



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
RESIDUOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: DISEÑO Y OPERACIÓN DE SISTEMAS DE
DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS**

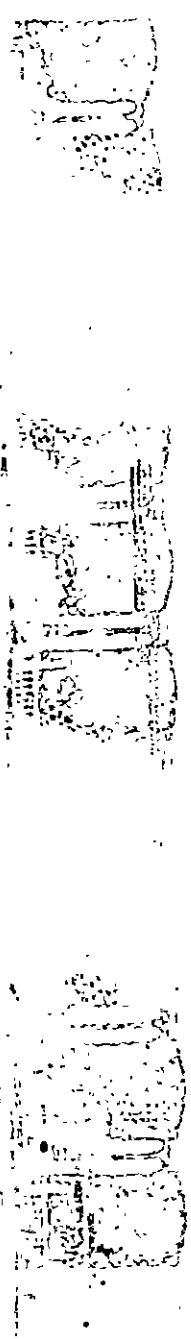
SITUACION ACTUAL DE LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS

Presentado por **ING. HORACIO RAMIREZ BERMEJO**
1996

CLERK OF SUPERIOR COURT
COUNTY OF HONOLULU

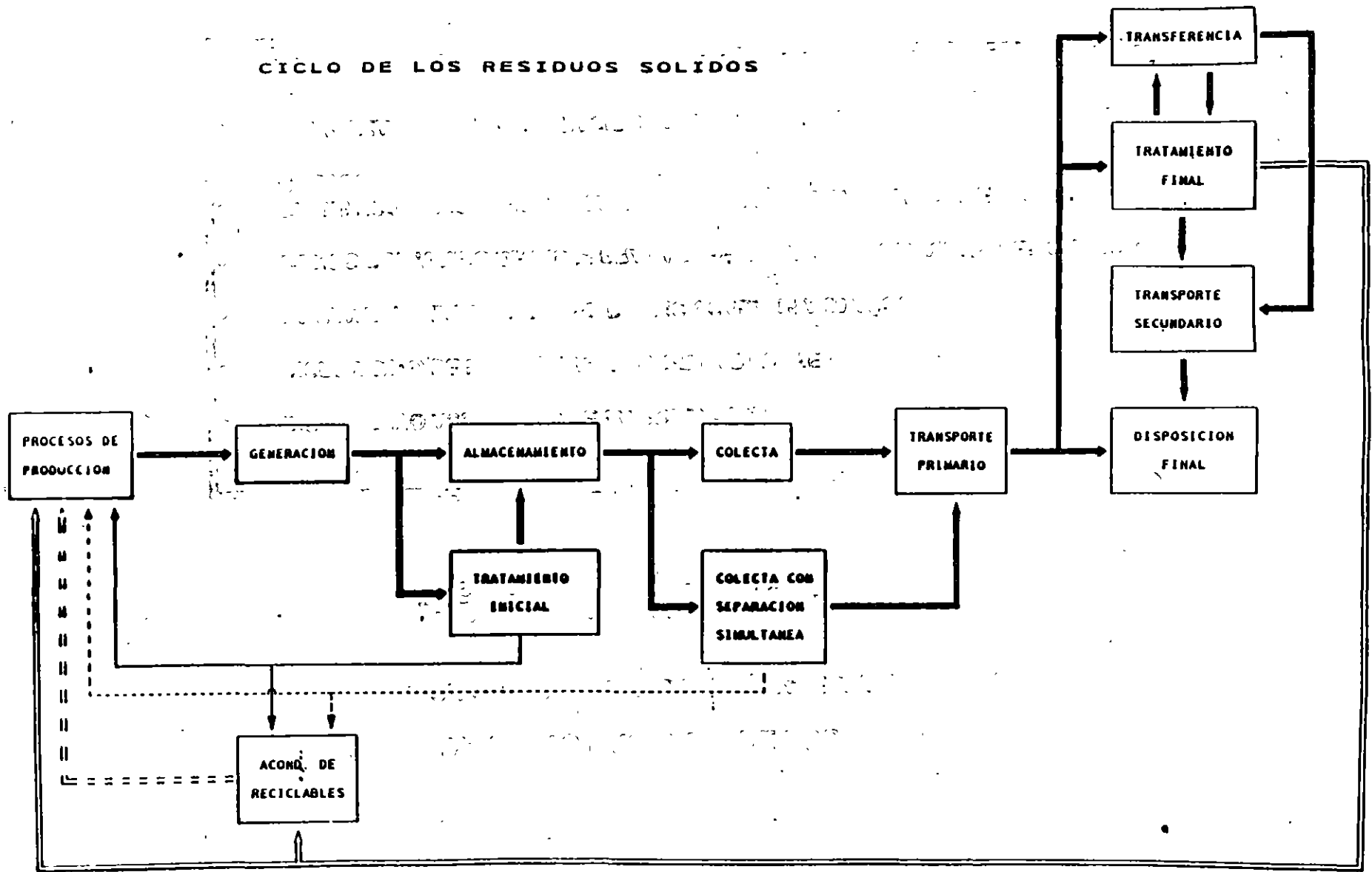
NOTICE OF
PUBLIC HEARING
ON THE
PROPOSED
REVISIONS TO THE
ZONING ORDINANCES
OF THE COUNTY OF HONOLULU
AND THE
PROPOSED
REVISIONS TO THE
ZONING MAPS OF THE COUNTY OF HONOLULU
ON
MAY 11, 1960
AT
THE
COURT HOUSE
ROOM 1000
HONOLULU, HAWAII

FILED FOR
RECORD



RECEIVED
MAY 11 1960

CICLO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS



- > FLUJO NATURAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.
- > FLUJO DE LOS INSUMOS RECUPERADOS CON EL TRATAMIENTO INICIAL
-> FLUJO DE LOS INSUMOS RECUPERADOS EN LA COLECTA CON SEPARACION SIMULTANEA
- > FLUJO DE LOS INSUMOS RECUPERADOS CON EL TRATAMIENTO FINAL
- =====> FLUJO DE LOS MATERIALES QUE SALEN DEL PROCESO DE ACONDICIONAMIENTO DE RECICLABLES

"COBERTURAS NACIONALES DE ASEO URBANO EN AMERICA LATINA"

"COBERTURAS NACIONALES DE ASEO URBANO EN AMERICA LATINA"

PAIS	POBLACION	RECOLECCION	RELLENO
	(Millones)		SANITARIO
	TOTAL		(u otro método)
	URB		
CHILE (84)	13.8	88%	75%
BRASIL (83)	155	71%	47%
CUBA (91)	10.9	95%	90%
COSTA RICA (90)	3.7	90%	20%
TRINIDAD	1.3	95%	70%
OTROS (estimado)		50-70%	0.30%

Fuente: OPS

"COBERTURAS DE RECOLECCION Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS EN LAS CAPITALS LATINOAMERICANAS Y EN ALGUNAS CIUDADES CON MAS DE UN MILLON DE HABITANTES"

Version oct. 94

CIUDAD	HABITANTES EN MILLONES	PILURA (ton/a)	COBERTURA RECOLECCION	COBERTURA DE RELLENO		TIRADERO A CIELO ABIERTO	TIPO DE INSTITUCION RESPONSABLE	SERVICIO PROPIO O CONTRATO	INGRESO COSTO (1)
				BUENO	REGULAR				
AM MEXICO (93)	17.5	14000	80	50	25	25	MUNICIPAL	MUNICIPAL	MAL (0%)
AM S PAULO (93)	18.0	12000	93	100	0	0	MUNICIPAL	PRIVADO	BIEN
AM B AIRES (94)	12.0	12500	100	100	0	0	- E M A	PRIV 87%	BIEN
AM LIMA (94)	8.8	4000	60	40	0	60	- E M A	MUNICIPAL	REGULAR
B JANEIRO	9.6	6000	86	0	100	0	- E M A	MUNICIPAL	REG
BOGOTA (94)	8.8	4200	92	100	0	0	- E M A	PRIV 87%	
BANTIAO (94)	8.0	3300	100	100	0	0	- E M A	PRIVADO	BIEN
CARACAS (94)	4.2	4000	80	0	100	0	- E M A	PRIVADO	MAL (15%)
LA HABANA (91)	3.0	1400	100	0	100	0	MUNICIPAL	MIXTO	S/D
STO DOMINGO (94)	2.8	1700	88	0	0	100	MUNICIPAL	PRIV 85%	MAL
QUITAGUAL (92)	2.0	1300	60	0	0	100	MUNICIPAL	MIXTO	
ME DEL L (91)	1.8	780	95	100	0	0	MUNICIPAL	MUNICIPAL	BIEN (100%)
MONTEVIDEO (91)	1.3	800	85	0	0	100	- E M A	MUNICIPAL	S/D
QUITO (96)	1.2	800	70	0	0	100	MUNICIPAL	MUNICIPAL	MAL (13%)
GUATEMALA (92)	1.2	1200	80	0	0	100	MUNICIPAL	MIXTO	BIEN
S SALVADOR (92)	1.2	700	60	0	0	100	MUNICIPAL	MUNICIPAL	REG (60%)
ASUNCION (93)	1.0	550	75	0	0	100	MUNICIPAL	MIXTO	REG
SAN JOSE (88)	1.0	800	80	0	100	0	MUNICIPAL	MUNICIPAL	BIEN
MANAGUA (88)	1.0	800	70	0	0	100	MUNICIPAL	MUNICIPAL	S/D
TEGUICIGALPA (92)	0.8	550	75	0	0	100	MUNICIPAL	MUNICIPAL	REG
LA PAZ (93)	0.7	300	85	100	0	0	- E M A	PRIVADO	MAL
P. SPAIN (93)	0.3	400	88	0	100	0	- E M A	MIXTO	MAL
SUMA TOTAL	89.9	71000	86	68	21	20			

(1) BUENO = RELLENO SANITARIO, REGULAR = RELLENO CONTROLADO.

(2) MAL C/B-33%, REG C/B-66%, BIEN C/B-66%

(3) TODOS LOS DATOS FUERON PROPORCIONADOS A LA OPS POR LOS FUNCIONARIOS RESPONSABLES DE LOS SERVICIOS.

(4) ESTE INFORME FUE PREPARADO PARA EL DOC. COND. DE SALUD EN LAS AMERICAS, ENERO DE 1994

* AÑO DE LA ULTIMA ACTUALIZACION

Fuente: OPS

**"TENDENCIAS MUNDIALES DEL TRATAMIENTO
Y LA DISPOSICION FINAL"**

TRATAMIENTO O DISPOSICION FINAL (90)			
PAIS O REGION	RELLENO SANITARIO	COMBUSTION	COMPOST
Estados Unidos	80	19	<1
Japón	30	70	2
Alemania	70	30	3
Francia	65	40	9
Suiza	20	80	-
Suecia	40	65	5
España	*80	15	5
América Latina	98	<1	<1

* Relleno Sanitario y/o Basurero a Cielo Abierto.

Fuente: OPS

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
DIRECCION GENERAL DE RESIDUOS, MATERIALES Y RIESGO

"ORGANIZACION"

CIUDADES GRANDES:

- | | |
|------------------------------------|---------------|
| - Unidad administrativa municipal | 60% |
| - Empresas municipales autónomas | 35% creciente |
| - Contratistas privados indep. | 5% |
| - Contratación priv. del municipio | 50 creciente |

CIUDADES PEQUEÑAS:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| - Principalmente operación municipal | 90% - 100% |
| - Contratación privada creciente | Principalmente Chile y Brasil
y recientemente en México |

METROPOLIS CONURBADAS (Varios Municipios):

- Tienen a tener una sola autoridad responsable cuando menos lo referente a transferencia y disposición final

Fuente: OPS/INE

REQUERIMIENTOS DEL PERSONAL

EMPLEADOS/10.000 HABS.

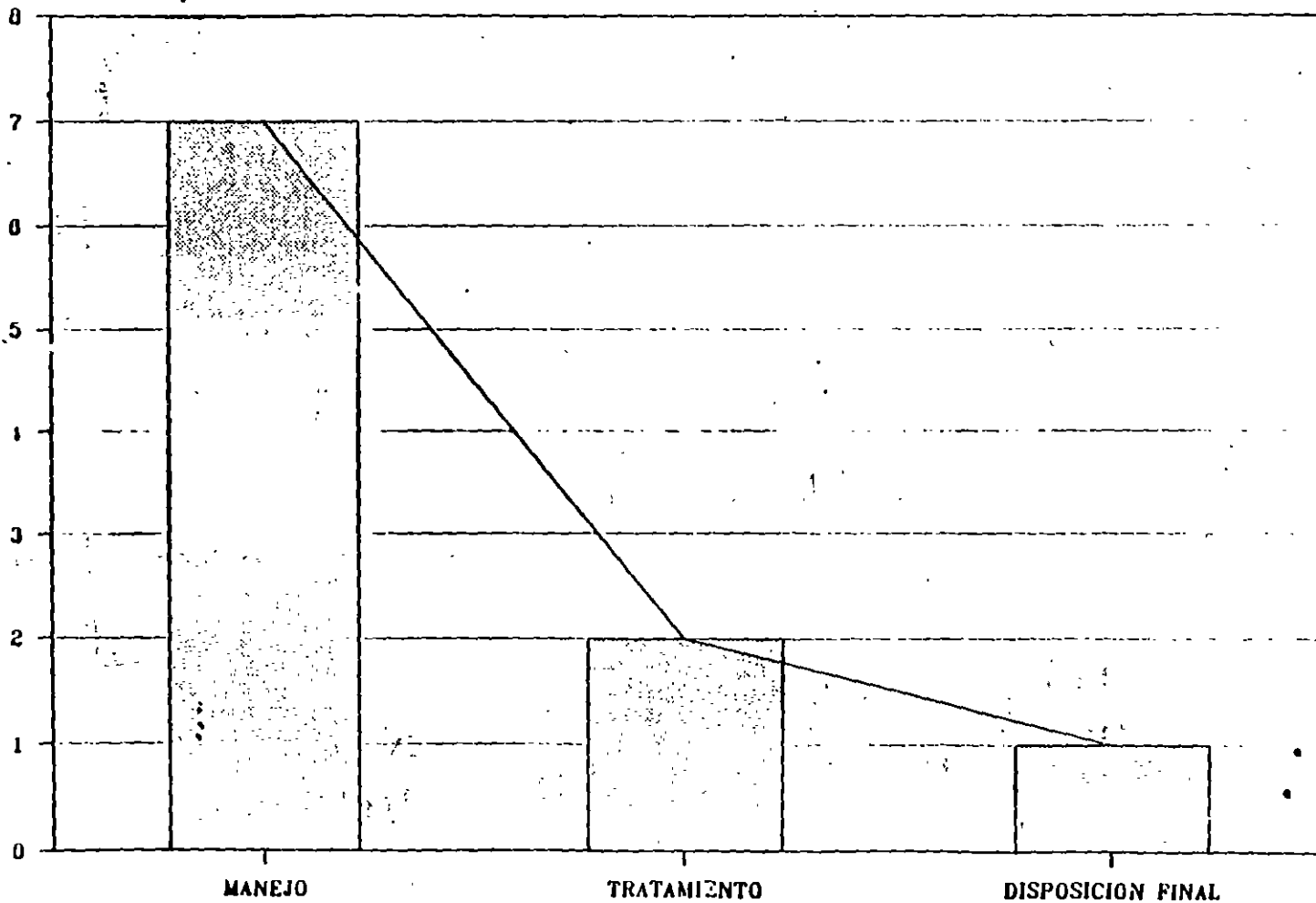


FIG. No. 2.2.1

REQUERIMIENTOS TECNOLOGICOS Y MANO DE OBRA ESPECIALIZADA

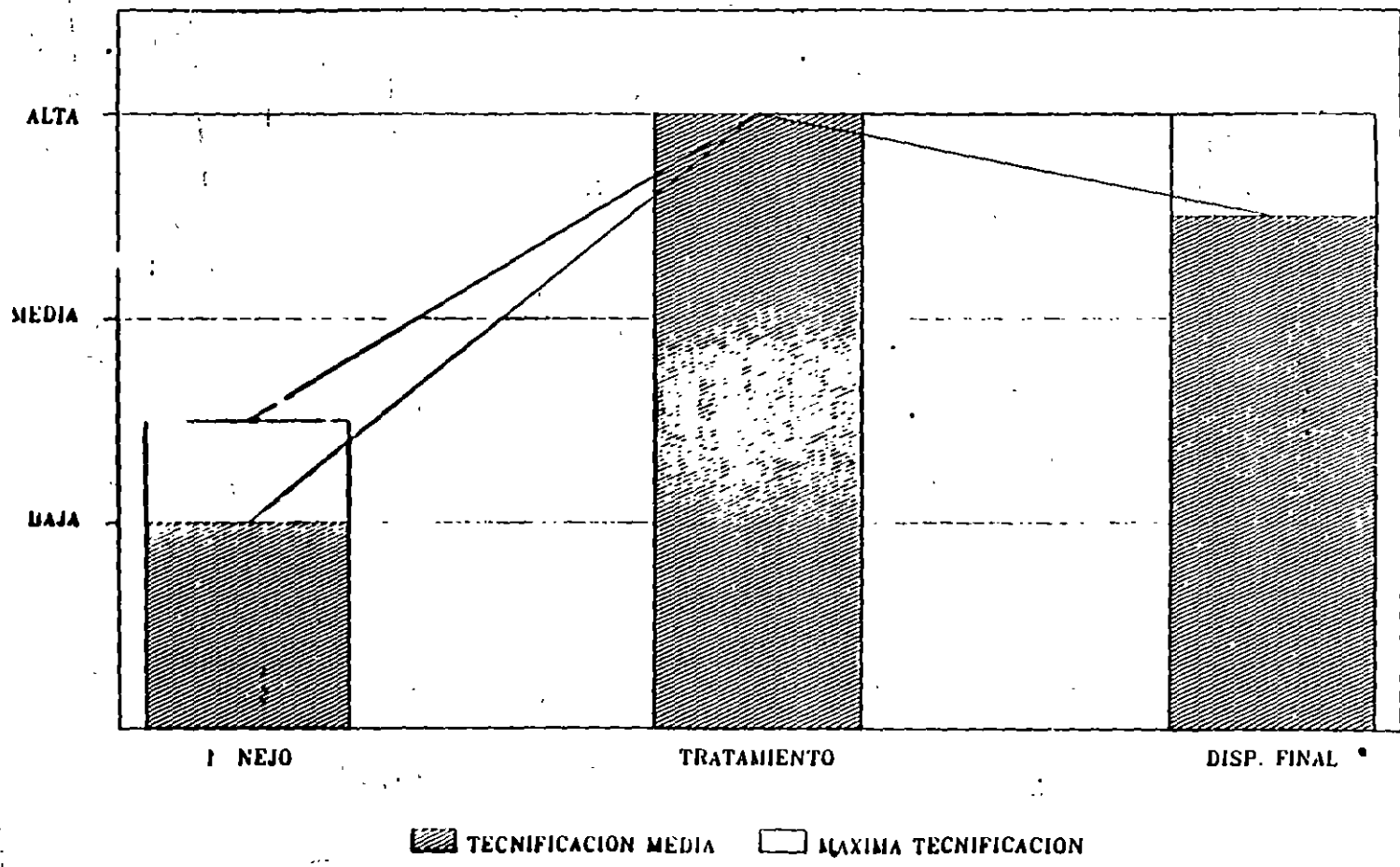


FIG No 2.2.2

IMPACTO AMBIENTAL E INQUIETUD POBLACIONAL

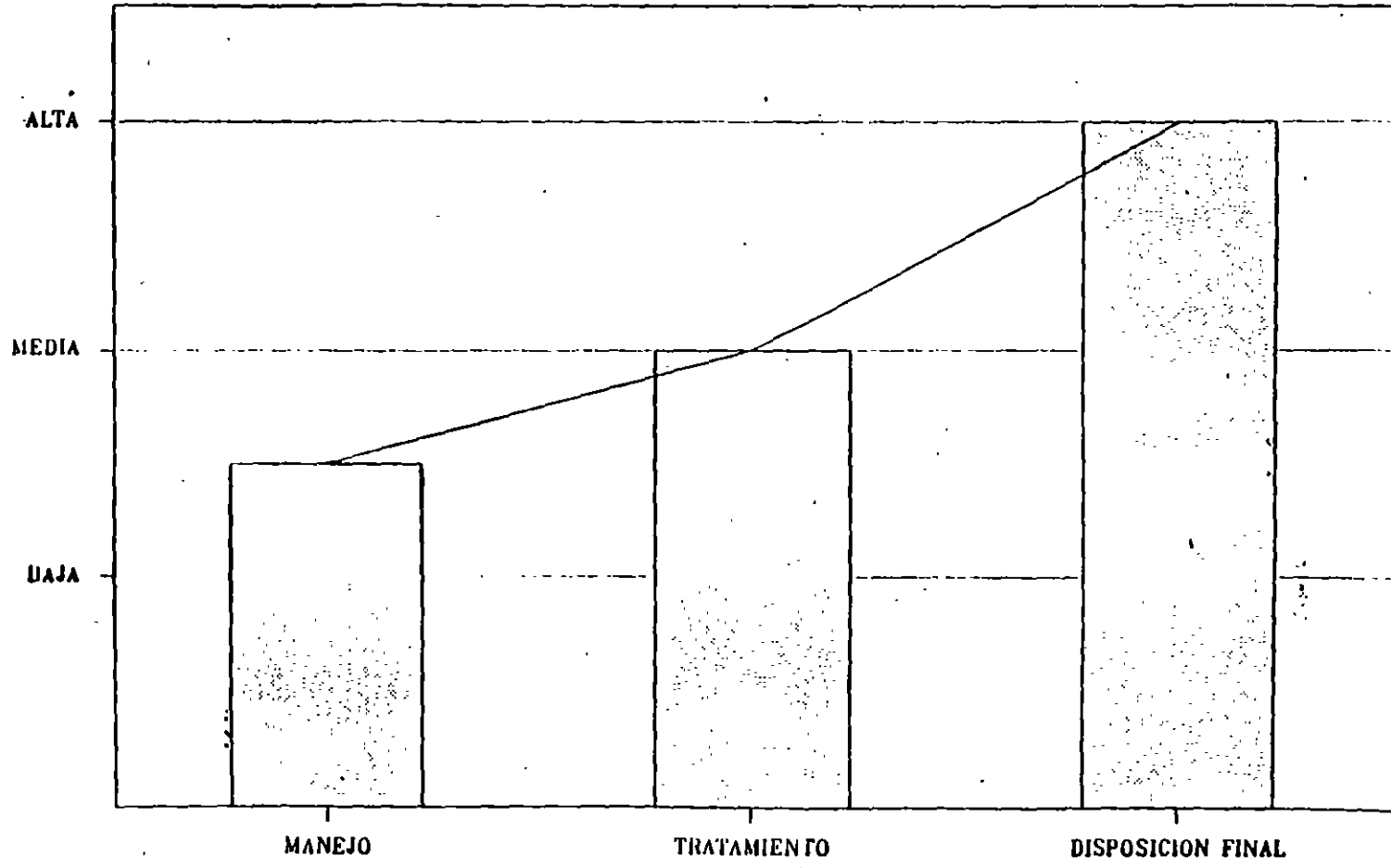


FIG. No. 2.2.3

12

"RELLENOS SANITARIOS EN AMERICA LATINA"

(CIUDADES CAPITALES)

Cobertura recolección	70%
De lo recolectado:	
Basurero a.c.a.	70%
Relleno baja calidad	20%
Relleno sanitario	10%
Tratamiento o recir. lixiv.	muy poco
Costos de Relleno:	
En desarrollo	3 - 10 \$/ton
Desarrollados	20 - 60 \$/ton

Fuente: OPS

"RELLENOS NO CONVENCIONALES"

BIOGAS

Chile: Santiago y Valparaíso

Sit. de distrib. de ciudad

Brasil: Río

Combustible vehículos (poco)

Sao Paulo

Cerraron operación

- RELLENOS MANUALES

Programas en Colombia

- RECOLECCION NO CONVENCIONAL

Perú, Colombia, Bolivia

Fuente: OPS

171

COSTOS OPERACIONALES

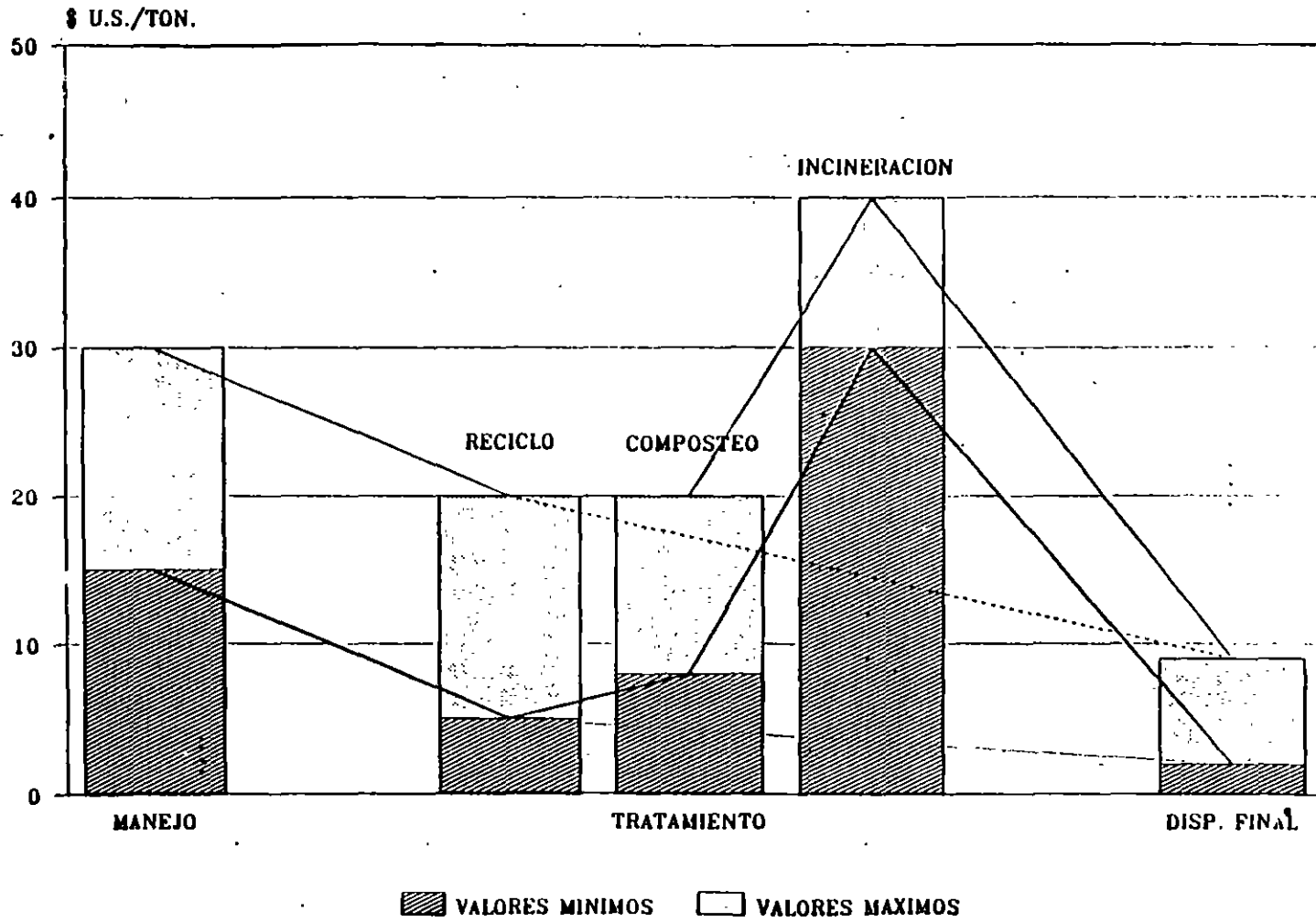


FIG. No. 2.2.4

15

"INFORMACION GENERAL SOBRE ASEO URBANO EN LAS CAPITALES DE LATINOAMERICA Y EL CARIBE"

COSTO POR PERSONA	7- 15 EU \$ / Año
COSTO POR TONELADA	20 - 40 EU \$ / Ton
BASURA DISPUESTA SANITARIAMENTE	20%
RECUPERACION COSTOS	30%
TRABAJADORES POR 1,000 HAB	1
CIUDADES GRANDES CON EMPRESAS PRIVADAS	40%

Fuente: OPS

Datos sobre rellenos sanitarios en algunas ciudades

Ciudad	Calidad del relleno (método)	Proporción rellenada lo recolectado	Ton/día relleno	Número relleno	Ventilan biogas	Aprovechan biogas	\$/ton
México, D.F.	Buena (Area)	50%	5000	1	Si	No	4.00 (op.)
Lima, Perú	Regular (Area)	30%	1500	1	Si	No	4.00 (op.)
Río de Janeiro, Brasil	Regular (Area)	60%	3000	1	Si	Si	
Sao Paulo, Brasil	Muy Buena (Area)	70%	6000	2	Si	No	9.00
Santiago, Chile	Muy Buena (Area)	100%	4000	2	Si	Si	6.00
La Habana, Cuba	Regular (Area)	80%	1500	2	No	No	
Caracas, Venezuela	Regular (Area)	100%	3400	2	Si	No	
San José, Costa Rica	Regular (Area)	100%	300	1	-	No	2.90
Bogotá, Colombia	Muy Buena (Area)	100%	4200	1	Si	No	2.70
Buenos Aires, Argentina	Buena	100%	3600	5	Si	No	10.00 (total)
San Juan, Puerto Rico	Buena	100%	1000	1	Si	No	10.00 (total)

17

A continuación se presentan los nombres de algunos sitios de disposición final de la región:

Nombre de los Rellenos Sanitarios

México, D.F.	Bordo Poniente, La Caldera
Buenos Aires	Pompeya, Norte II, Villa Dominico
Sao Paulo	Bandeirantes
Caracas	Bonanza
Bogotá	Doña Juana
Lima	El Zapallal
Medellín	Cuava de Rodas
Panamá	Cerro Patacón
La Paz	Mallasa
Managua	Achualinca
San José	Río Azul
Santiago	Lo Errázuriz
Quito	Zambiza

14

UBICACION	TON./DIA
DISTRITO FEDERAL (BORDO PONIENTE-SANTA CATARINA)	8,000
ZONA METROPOLITANA DE MONTERREY (NUEVE MUNICIPIOS)	2,600
XALAPA, VER.	350
TORREON, COAH.	550
QUERETARO, QRO.	750
CANCUN, Q. R.	250
NUEVO LAREDO, TAMPS.	400
PUEBLA, PUE.	800
TOTAL	13,700

Costos de tratamiento

Costos de métodos alternos de tratamiento		
Método	Costo inversión US\$ por tonelada instalada	Costo operación US\$ por tonelada
Relleno Sanitario EUA	S/D	\$30 (variable de 15 a 60)
Relleno Sanitario LAC	5,000 - 15,000	\$6 (variable de 3 a 10)
Compostaje	20,000 - 40,000	\$25 (variable de 20 a 40)
Incineración (EUA)*	125,000 - 160,000	\$60 (variable de 50 a 90)

* El costo por tonelada es el costo neto después de vender la energía. El costo bruto sería de US\$90 por tonelada.

Fuente: OPS/OMS

"CUADRO PARA ESTIMACIONES RAPIDAS DE INVERSION Y OPERACION"
(solo referencial)

CONCEPTO	INVERSION INICIAL (\$/Ton-Día)	OPERACION (\$/Ton)
Recolección	11,000	15 - 30
Refileno Sanitario	3,000 - 1000	3 - 10
Planta Compost	20,000 - 30,000	20 - 40
Incineración	100,000 150,000	70 - 100
Compost + Incineración	60,000	60 - 70

Fuente: OPS

Esquemas organizacionales típicos en la Región

Organización	Directo Cuerpo Directivo	Ejecutivo	Área de responsabilidad	Ejecución de la operación	Ejemplos
Municipal (un solo Municipio)	Alcalde	Jefe Asco	Servicio Total	Directo, Contratado ó Mixto	Algunas ciudades. La mayoría de ciudades pequeñas
Intermunicipal Metropolitano	Junta de Alcaldes o sus representantes	Jefe Asco Distrito Central	1) Serv. Total 2) Solo Transf. y disp. final	Idem	San José México, D.F.
Empresa Municipal	Alcalde y Cabildo	Gerente nombrado	Servicio Total	Idem	Río de Janeiro, Buenos Aires, Santa Cruz, La Paz, Quito, etc.
Parte Empresas Varias Municip.	-	Gerente	Servicio Total	Idem	Varias ciudades de Colombia
Empresa Intermunicipal	Junta de Alcaldes o de algunos de ellos	Gerente	1) Serv. Total 2) Solo Transf. y disp. final	Idem	Monterrey, Lima, Santiago
Instituto o Similar	Ministro	Director	1) Serv. Total 2) Solo Transf. y disp. final	Idem	Panamá (antes Catacas)
Municipal Metropolitano	Independiente cada municip. ó coordinado por Comité Institucional	Jefes de Asco	Total, c/u su Jurisdic. ó Se coordina, Transf. y Disp. Final	Idem	San Salvador, Sao Paulo

PARAMETROS A DETERMINAR DENTRO DEL PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL EN LAS INSTALACIONES DE DISPOSICION FINAL DE R.S.M.

IMPACTANTES	PARAMETRSO QUE SE DETERMINAN	AMBITO DE IMPACTO
BIOGAS	CH ₄ , CO ₂ , O ₂ , N ₂ , EXPLOSIVIDAD, TOXIXIDAD, TEMPERATURA Y FLUJO	ATMOSFERA
LIXIVIADOS	METALES PESADOS COMPUESTOS ORGANICOS OXIGENO DISUELTO pH, CONDUCTIVIDAD MICROORGANISMOS	CUIFERO A
PARTICULAS AEROTRANSPORTABLES	PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES PARTICULAS VIABLES	ATMOSFERA
RESIDUOS SOLIDOS	COMPOSICION FISICA, PESO VOLUME-TRICO, RADIOACTIVIDAD, PODER CALORIFICO, HUMEDAD, CENIZAS, RELACION C/N, ETC.	ENTORNO
RUIDO	INTENSIDAD DE RUIDO	ENTORNO
CALOR	TEMPERATURA DEL SUSTRATO	ENTORNO

OTROS PARAMETROS RELACIONADOS CON EL MONITOREO AMBIENTAL:

- TEMPERATURA
- HUMEDAD RELATIVA
- PRESION ATMOSFERICA
- PRECIPITACION
- VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
RESIDUOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: DISEÑO Y OPERACIÓN DE SISTEMAS DE
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS**

***LA GEOLOGIA Y LA HIDROGEOLOGIA EN LA SELECCION DE SITIOS
PARA EL CONFINAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS***

Presentado por: **ING HORACIO RAMIREZ BERMEJO**
1996

LA GEOLOGIA Y LA HIDROGEOLOGIA EN LA SELECCION DE SITIOS PARA EL CONFINAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS

Por: M. en I. Raúl Morales Escalante
Estudios y Proyectos Moro S.A. de C.V.
Tel. 608-99-39 y 695-15-30

I. INTRODUCCION

En todas las poblaciones de México diariamente se desechan una gran cantidad de desperdicios, tanto de tipo urbano, como industrial y hospitalario; normalmente estos desechos son acumulados en los bordes de ríos y arroyos, en cuerpos de agua o en sitios que presentan las características topográficas adecuadas, sin tomar en cuenta otros factores importantes como son la permeabilidad de los materiales sobre los que se depositan y la profundidad a la que se encuentran los acuíferos; esto ha traído como consecuencia, en muchos de los casos, la contaminación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos; por esta razón es que se escribe el presente documento, en el que se muestra la importancia que tienen la Geología y la Hidrogeología, en la selección y localización de sitios para acumular de forma segura residuos sólidos.

II. OBJETIVOS

El empleo de la Geología y la Hidrogeología en este tipo de actividades permitirá cumplir los siguientes objetivos:

1. Realizar un análisis a nivel regional que permita establecer los diferentes niveles de vulnerabilidad a la contaminación que la región presenta.
2. Identificar grandes áreas que sean aptas para soportar confinamientos.
3. Realizar estudios de semidetalle en estas áreas para localizar sitios con mayor aptitud para almacenar de forma segura residuos sólidos.
4. Realizar estudios de detalle en los sitios seleccionados para establecer si el confinamiento de residuos puede llegar a contaminar los recursos hídricos subterráneos.

III. DESCRIPCION DEL METODO DE ESTUDIO

Para cumplir con los objetivos planteados se debe llevar a cabo un análisis integral que inicia con trabajos a nivel regional, en el que se estudia una amplia superficie localizada en el entorno del punto generador de los residuos sólidos. El objetivo de estos trabajos es identificar áreas que por sus características naturales, presentan vocación para que se puedan acumular en ellas residuos sin provocar contaminación a los recursos hídricos subterráneos.

De esta forma lo que se pretende lograr en una primera instancia, es elaborar un plano a nivel regional de vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea, para identificar en él áreas no vulnerables en las que se pueda continuar realizando estudios de más detalle.

Lo anterior permite dirigir las inversiones relacionadas con la realización de estudios, hacia áreas técnicamente seleccionadas y no elegidas de forma arbitraria, desde el punto de vista natural, lo cual provoca en casi todos los casos que se gaste dinero y tiempo en zonas que no son adecuadas.

3.1 ANALISIS REGIONAL

Como se comentó tiene por objeto elaborar un plano de vulnerabilidad a la contaminación, en función de las características naturales de la región en estudio. El análisis inicia con la delimitación del área a estudiar, la cual debe ser tan amplia como sea posible; esto es función directa de las dimensiones que la población tenga, así como de la distancia máxima que pueda ser recorrida para transportar los residuos.

Una vez definida el área a estudiar se deberán realizar las siguientes actividades:

3.1.1 Recopilación de Información

Se deberán visitar oficinas oficiales y privadas, así como centros educativos y de investigación, para recopilar información de carácter topográfico, geológico, geofísico, hidrogeológico, de localización de obras de explotación de agua subterránea, hidrológico y de localización de zona protegidas (parque naturales, zonas de protección ecológica, zona urbanas, etc).

3.1.2 Análisis Geológico Regional

En esta etapa se identificarán y delimitarán en planos, las unidades geológicas (unidades de roca), estableciendo a partir de bibliografía sus características

físicas, con objeto de inferir su permeabilidad; de igual forma se identificarán estructuras geológicas como fallas y fracturas que puedan hacer variar la permeabilidad original.

3.1.3 Definición de Unidades Hidrogeológicas

Con base en el plano geológico y en las características físicas de los materiales, se realizará un agrupamiento de las unidades litológicas en función de que presenten un comportamiento similar ante el paso del agua a través de ellas; las unidades así definidas reciben el nombre de unidades hidrogeológicas; ésta es en esencia una zonificación en función de la permeabilidad, en la que se puede establecer la localización geográfica de las zonas de recarga e identificar los materiales que son capaces de conformar acuíferos.

3.1.4 Delimitación de Zonas de Concentración de Pozos

Es importante delimitar las zonas donde existe concentración de obras de extracción, debido a que representan puntos por los que pueden ingresar fluidos contaminados a los acuíferos, por lo que dentro de estas zonas no deberán existir actividades o acumulaciones de materiales que puedan poner en riesgo la calidad del agua subterránea.

3.1.5 Identificación de Cuerpos de Agua y Delimitación de sus Cuencas de Captación

Con esta actividad se evitará que los recursos hídricos superficiales puedan ser contaminados, ya que permitirá observar la ubicación de los cuerpos de agua naturales y artificiales (lagos, lagunas, presas, etc), así como la forma y distribución de sus cuencas de captación, que representan áreas a proteger, ya que el emplazamiento inadecuado de residuos puede provocar la conducción de lixiviados a través de los cauces de ríos y arroyos, contaminando las aguas acumuladas en los embalses ubicados aguas abajo.

3.1.6 Delimitación de Zonas Urbanas, Zonas Boscosas y de Cultivo

Es importante establecer la ubicación de estas zonas, para no poner en sus proximidades actividades que deterioren el ambiente o que afecten áreas productivas económicamente. Su protección incide directamente en la calidad de vida de las personas.

3.1.7 Delimitación de Zonas con Topografía Abrupta

Esta delimitación tiene por objeto no proponer como zonas aptas para el confinamiento de residuos, aquellas en las que la realización de cualquier obra de ingeniería sería más costosa. En estas zonas también se tiene el inconveniente de que durante época de lluvias torrenciales, la fuerza del agua puede provocar la erosión de los confinamientos establecidos y con esto la contaminación de suelos y agua.

3.1.8 Delimitación de Zonas Protegidas

Aunque éste es un factor muy importante se menciona hasta aquí debido a que no está gobernado por características naturales, ya que es el hombre quien delimita y define estas zonas; se consideran aquí a los parques nacionales y naturales, así como a las zonas de protección ecológica, que en conjunto son áreas en las que por reglamentación no es posible establecer confinamientos de residuos.

3.1.9 Ponderación de Factores para Realizar el Plano de Vulnerabilidad a la Contaminación

Una vez establecidos los diferentes factores a analizar y delimitar, conviene realizar una ponderación de los mismos, con objeto de establecer cuales son los más importantes o tienen más peso en el proceso de contaminación; de esta forma se realiza una separación de las áreas que presentan mayor vulnerabilidad a la contaminación y por eliminación, al final del proceso, quedan las áreas con mayor factibilidad para emplazar confinamientos.

De esta forma se propone realizar la zonificación de la siguiente forma:

1. En el plano base topográfico se delimitarán las zonas protegidas, así como las zonas urbanas; lo cual definirá de forma inmediata otras zonas que pueden denominarse como "no protegidas".
2. Dentro de estas zonas "no protegidas", se delimitarán las zonas que durante la definición de unidades hidrogeológicas fueron clasificadas como: "zonas de alta y media permeabilidad, que constituyen áreas de recarga y acuíferos"; esto permitirá conocer la distribución y amplitud de zonas que no caen en alguna de las clasificaciones anteriores.
3. El tercer paso consiste en delimitar dentro de las zonas restantes (zonas que no están protegidas o que no presentan materiales con permeabilidad alta o media), los cuerpos de agua superficiales y sus cuencas de captación.

nuevamente esto permitirá identificar zonas que aún se conservan sin ninguna clasificación.

4. En las áreas aún no clasificadas se delimitarán las "zonas de concentración de pozos".
5. El siguiente paso será delimitar, en el área restante, las zonas con bosques, cultivos, y topografía abrupta:
6. Finalmente se tendrán limitadas en el plano las zonas que no presentan algunas de las características o limitantes anteriores y que por consecuencia son las menos vulnerables a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, con lo cual se cumple el objetivo del análisis a nivel regional, esto es, definir los sitios donde realizar estudios de semidetalle.

3.2 ANALISIS DE SEMIDETALLE

En esta segunda etapa se estudian las áreas que en el análisis regional resultaron las más factibles para la ubicación de confinamientos; sin embargo debido a que aún pueden constituir áreas de extensión amplia, no es posible realizar en ellas estudios de detalle, ya que implicaría un alto costo de inversión, por lo que se debe realizar un análisis a nivel de semidetalle, que tendrá por objetivo seleccionar sitios con potencialidad para constituir confinamientos, en los que se desarrollen estudios de detalle que confirmen esta posibilidad o que permitan elegir el más adecuado.

Las actividades a este nivel consistirán en:

3.2.1 Realizar visitas de campo con objeto de establecer la presencia de unidades de roca permeables y no permeables, sus espesores, distribución, etc.

3.2.2 Ubicar obras de captación de agua subterránea, recientemente perforadas o bien que no se habían ubicado por no formar parte de zonas de concentración de pozos; estas obras aisladas permitirán adicionalmente conocer la profundidad a la que se encuentra el nivel piezométrico y el tipo de materiales que están conformando al o los acuíferos.

3.2.3 Integrar las actividades anteriores con las de la primera etapa de trabajo, con objeto de identificar uno o varios sitios en los que sea posible realizar estudios a nivel de detalle.

3.3 ESTUDIOS DE DETALLE

Esta conforma la tercera etapa de trabajo y consiste en practicar estudios detallados en sitios de menores dimensiones y técnicamente seleccionados, para establecer si es posible almacenar residuos sin provocar problemas de contaminación a los recursos hídricos, o bien definir las medidas que se deben tomar para evitarlo.

Las actividades a realizar en esta última etapa son las siguientes:

3.3.1 Recopilación de Información Complementaria

Al llegar a esta etapa se tiene ya un conocimiento profundo de la zona, por lo que la recopilación de información se enfoca a trabajos de detalle realizados en o cerca del sitio; uno de estos trabajos a recopilar son los de carácter sísmico, para evaluar si en el entorno próximo se localizan focos sísmicos, así como la intensidad y magnitudes registradas durante estos eventos; otro tipo de trabajos que conviene recopilar son los de tipo geotécnico y de bancos de materiales.

3.3.2 Geología de Detalle

Esta actividad tendrá dos enfoques, el primero consiste en llevar a cabo las acciones necesarias para fundamentar el modelo de funcionamiento hidrogeológico de la zona y el segundo realizar actividades que permitan conocer algunas características geotécnicas de referencia del sitio y localizar bancos de materiales.

En ambos casos es importante realizar reconocimientos de detalle en campo, en los que se establezcan los diferentes tipos de materiales que existen, su secuencia estratigráfica, así como su granulometría, grado de compactación cementación y soldamiento, según sea el origen del material; será también importante establecer los diferentes tipos de estructuras que los afectan, como fallas, fracturas, estratos, disolución, etc, definiendo como afectan la permeabilidad natural de los materiales.

Los estudios geológicos relacionados con la localización de bancos de materiales, que pueden servir como interfase entre el suelo natural y los residuos a confinar, o bien para cubierta de estos últimos, consistirán en: definir la naturaleza y espesor de las unidades litológicas superficiales y del subsuelo, establecer su facilidad de remoción, y establecer la programación de la exploración geotécnica del subsuelo con perforaciones de pequeño diámetro (alrededor de 3 pulgadas), pozos a cielo abierto, trincheras, etc. El aspecto relacionado con remoción de materiales es también importante analizarlo en el

sitio donde se ubicará el confinamiento, pues el costo de construcción, tiene una relación directa con la facilidad que los materiales tienen para ser excavados.

3.3.3 Geofísica

Como una conclusión de las actividades anteriores se puede establecer un modelo conceptual geológico, definido a partir de las evidencias de superficie y de inferencias realizadas sobre las características del subsuelo; sin embargo este modelo debe ser conocido con mayor precisión y confiabilidad, por lo que se plantea la realización de estudios geofísicos (normalmente sondeos eléctricos verticales), en puntos en donde se pretende conocer con mayor detalle la geología del subsuelo, por lo que la ubicación exacta de los sondeos eléctricos verticales se establecerá a partir de los resultados del estudio geológico de detalle. Resulta siempre conveniente ubicar algún sondeo eléctrico muy próximo a un pozo, cuando se conoce el corte litológico del mismo, ya que esto permite realizar una buena correlación de resistividad contra litología.

3.3.4 Actividades de Carácter Hidrogeológico

Esta actividades tienen por objetivo establecer el modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico del sitio en estudio, el cual se fundamenta en los resultados de la geología y la geofísica; las actividades que se deben realizar durante esta etapa son:

1. Verificación de las características físicas de las unidades litológicas, así como de las estructuras geológicas que los afectan.
2. Censo detallado de obras de captación como son: pozos, norias y manantiales.
3. Definición y delimitación de las unidades hidrogeológicas.
4. Identificación del tipo o tipos de acuíferos que existen.
5. Definición de la trayectoria que sigue el agua en el subsuelo.
6. Evaluación de la calidad del agua subterránea.
7. Identificación de la forma en que el o los acuíferos se recargan y descargan.
8. Perforación de pozos de pequeño diámetro para establecer en forma directa las características y tipo de materiales presentes en el subsuelo, así como para llevar a cabo determinaciones cuantitativas de su permeabilidad.

9. Si es conveniente, perforar un pozo que permita establecer la profundidad a la que se encuentra el límite superior del acuífero, el tipo de acuífero de que se trata y la calidad de agua que contiene.

Con la integración de toda la información anterior, se podrá definir el modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico y cumplir con el objetivo originalmente planteado, que era definir si el sitio elegido con los estudios previos, permitía la ubicación de confinamientos sin riesgo a contaminar los recursos hídricos, así como establecer que medidas se deben tomar para evitar este problema.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: "DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS
PELIGROSOS"**

**TEMA: "PORCENTAJE DE APORTACION DEL PIB POR SECTOR
ECONOMICO EN 1994"**

EXPOSITOR ING LUIS A PINEDA B

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso
Teléfonos. 512-8955 512-5121 512-5122

Ciudad de México México D.F. APDO Postal M. 0435
Teléfono 510 0573 521-4020 AL 26

PORCENTAJE DE APORTACION DEL PIB POR SECTOR ECONOMICO EN 1994

CONCEPTOS	¹ PIB ANUAL 1994 (En miles de nuevos pesos)	PORCENTAJE
I Agropecuario, silvicultura y pesca.	101'391,678	7.72
II Minería.	21'344,111	1.63
III Industria manufacturera.	250'543,009	19.09
IV Construcción	66'749,973	5.09
V Electricidad, gas y agua.	18'739,474	1.43
VI Comercio, restaurantes y hoteles.	280'228,015	21.35
VII Transporte, almacenamiento y comunicaciones.	127'157,638	9.69
VIII Financieros, seguros e inmuebles.	185'121,502	14.10
IX Servicios comunales, sociales y personales.	261'362,100	19.91
Servicios bancarios imputados	39'838,131	3.03
TOTAL	1'272,799,367	96.97

1. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cálculo Preliminar 1994, INEGI.

**CONTRIBUCION DEL
PIB DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA
POR RAMA DE ACTIVIDAD (1994)**

INDUSTRIA MANUFACTURERA	PIB (1994) (Miles de nuevos pesos)	PORCENTAJE POR GIRO
DI Alimentos, bebidas y tabaco.	64'309.847	25.65
DII Textiles, vestido y cuero.	21'567.432	8.61
DIII Madera y sus productos.	7.399.174	2.95
DIV Imprenta y editoriales	12'630.114	5.04
DV Químicos, derivados del petróleo, caucho y plástico.	45'139.726	18.02
DVI Minerales no metálicos excepto derivados del petróleo.	17'805.012	7.11
DVII Industrias metálicas básicas.	15'420.636	6.15
DVIII Productos metálicos, maquinaria y equipo.	60'229.357	24.04
DIX Otras industrias manufactureras.	6'101.711	2.44
TOTAL	250'543,008	100.00

¹ Datos tomados del Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cálculo Preliminar 1994, INEGI. (Los valores del PIB de 1994, se obtuvieron a partir de las cifras anualizadas a precios de 1980).

**PIB Y GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS POR REGIONES.
(1994)**

REGION	PIB 1994 INDUSTRIA MANUFACTURERA (MILES DE PESOS)	PORCENTAJE DE PARTICIPACION NACIONAL	GENERACION (TON/AÑO)	GENERACION (TON/DIA)
FRANJA FRONTERIZA	1'954.235	0.78	62.400	171
NORTE	62'836.186	25.08	2'006.400	5.497
CENTRO	158'693.943	63.34	5'067.200	13.883
GOLFO	18'840.834	7.52	601.600	1.647
SURESTE	8'217.811	3.28	262.400	719
TOTALES	250'543.009	100.00	8'000.000**	21.917

Ahora bien, con las idea de identificar prioridades para el control de los residuos peligrosos, se clasificó el territorio nacional en cinco zonas, obteniéndose el PIB para cada una de ellas. Los Estados que conforman cada una de estas zonas, se indican a continuación.

FRONTERIZA: Principales ciudades ubicadas en la franja en los Estados Unidos de América

NORTE: Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Sonora, Nuevo Leon, Durango, Nayarit, San Luis Potosi, Sinaloa, Zacatecas, Aguascalientes, Colima y Jalisco.

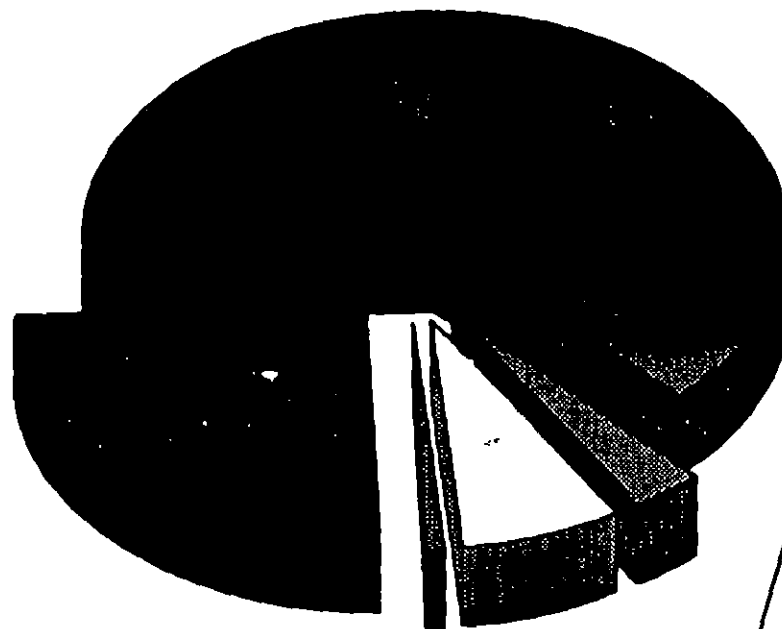
CENTRO: Guanajuato, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, Estado de México, Tlaxcala, Hidalgo y el Distrito Federal.

GOLFO: Tamaulipas, Veracruz y Tabasco.

SURESTE: Campeche, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Yucatán y Quintana Roo.

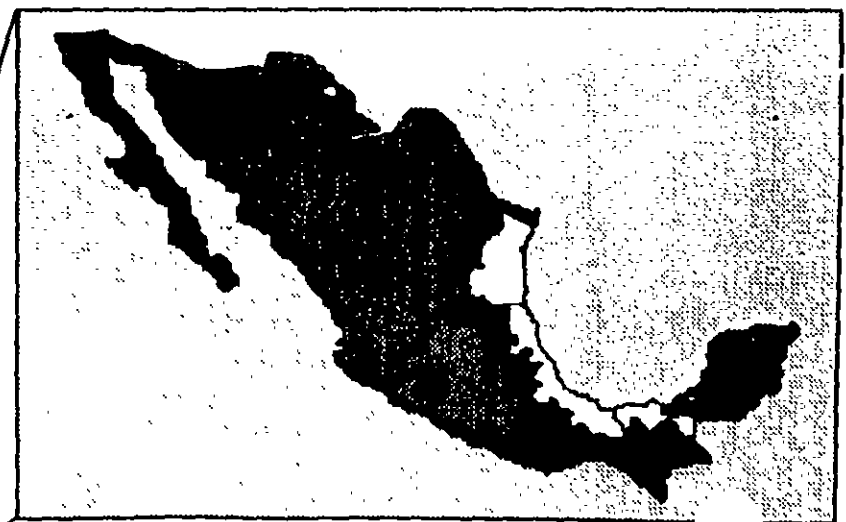
GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS POR REGIONES (1994)

Regiones Generadoras



■ Franja Fronteriza
■ Norte
■ Centro
■ Sureste
□ Golfo

- El total generado es de 8 millones de ton por año
- En la región norte y centro se genera el 88%
- La región centro genera 63 %



REGION CENTRO



- Se generan el 63 % de los residuos peligrosos de México
- Concentra al 40% de la población del país
- Se obtiene el 55% del PIB
- Representa el 7% de la superficie del país

**PIB Y GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS
POR ZONAS INDUSTRIALES PRIORITARIAS.
(1994)**

ZONAS INDUSTRIALES	PIB ¹ (Miles de nuevos pesos)	GENERACION ² (Ton/año)	SUPERFICIE ³ INDUSTRIAL INSTALADA (Ha)	SUPERFICIE TOTAL DESTINADA (Ha)
Monterrey, N.L.	25'027,464	804.551	764	3,561.6
Guadalajara, Jal.	17'653,145	567.491	333.8	2,291.9
Veracruz, Ver.	13'113,228	421.548	261.7	3,645.6
Centro	103'927,043	3'349.598	2'087.49	2576.36
TOTAL	159'720,880	5'143,188	3'446.99	12'075.46

De acuerdo con la información que se presenta en la tabla No. 3.5, tenemos que la generación total estimada de residuos peligrosos en las zonas mencionadas es de 5 143 188 ton/año lo que representa el 64.29%.

Por otra parte, se observa que del total del área destinada para las zonas industriales mencionadas, sólo se tiene aprovechado con instalaciones el 28.55%, quedando aproximadamente 8'628.47 Ha disponibles para el desarrollo de instalaciones destinadas al tratamiento "in-situ" de los residuos peligrosos.

Es importante mencionar que la Zona Centro, que comprende a ocho Estados y al Distrito Federal, tiene una contribución del PIB del 63% y aporta una generación estimada del 63.83 toneladas por día de residuos peligrosos en el país, representando aproximadamente el 7% de la superficie nacional y donde se concentra el 40% de la población.

¹ Estimación realizada con base en el PIB (1994)

² Dirección General de Promoción de las micro, pequeña y mediana empresas y de desarrollo regional, Cárteles, Zonas Avenidas y Corredores Industriales, S. de C. v. c. n. o. 295

PIB Y GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS. (1994)

ESTADO	PIB (MILES DE PESOS)	GEN. DE RES. PEL. (TON/AÑO)
AGUASCALIENTES	1'978.495	63.602
B.C.N.	4'497.253	144.572
B.C.S.	328.895	10.573
CAMPECHE	371.185	11.932
COAHUILA	9'617.964	309.186
COLIMA	342.764	11.018
CHIAPAS	1'838.324	59.096
CHIHUAHUA	6'587.400	211.763
DISTRITO FEDERAL	58'125.978	1'877.243
DURANGO	3'152.573	101.345
ESTADO DE MEXICO	45'801.065	1'472.355
GUANAJUATO	7'960.087	255.891
GUERRERO	888.709	28.569
HIDALGO	4'598.108	147.814
JALISCO	17'653.145	567.491
MICHOACAN	3'499.078	112.484
MORELOS	3'652.263	117.408
NAYARIT	1'383.679	44.481
NUEVO LEON	25'027.464	804.551
OAXACA	2'433.020	78.214
PUEBLA	7'648.722	245.882
QUERETARO	5'551.803	178.473
QUINTANA ROO	335.477	10.785
SAN LUIS POTOSI	5'255.784	168.956
SINALOA	2'247.401	72.246
SONORA	4'281.798	137.646
TABASCO	1'458.874	46.898
TAMAULIPAS	4'268.732	137.226
TLAXCALA	1'882.435	60.514
VERACRUZ	13'113.228	421.548
YUCATAN	2'351.096	75.580
ZACATECAS	455.975	14.658
TOTAL	250'543,009	8'000,000

INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

A NIVEL NACIONAL:

3 instalaciones que preparan combustible alternativo

- **7 instalaciones que llevan a cabo reciclaje energético de combustibles alternos**

2 confinamientos controlados (sólo se incluyen los que ofrecen servicio a terceros)

0 centros integrales para el reciclaje, tratamiento y confinamiento

INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

¿ EN DONDE SE CONTROLAN LOS RESIDUOS INDUSTRIALES ?



Recibe el 1% , y se localiza a 2,000
Km de la Ciudad de México



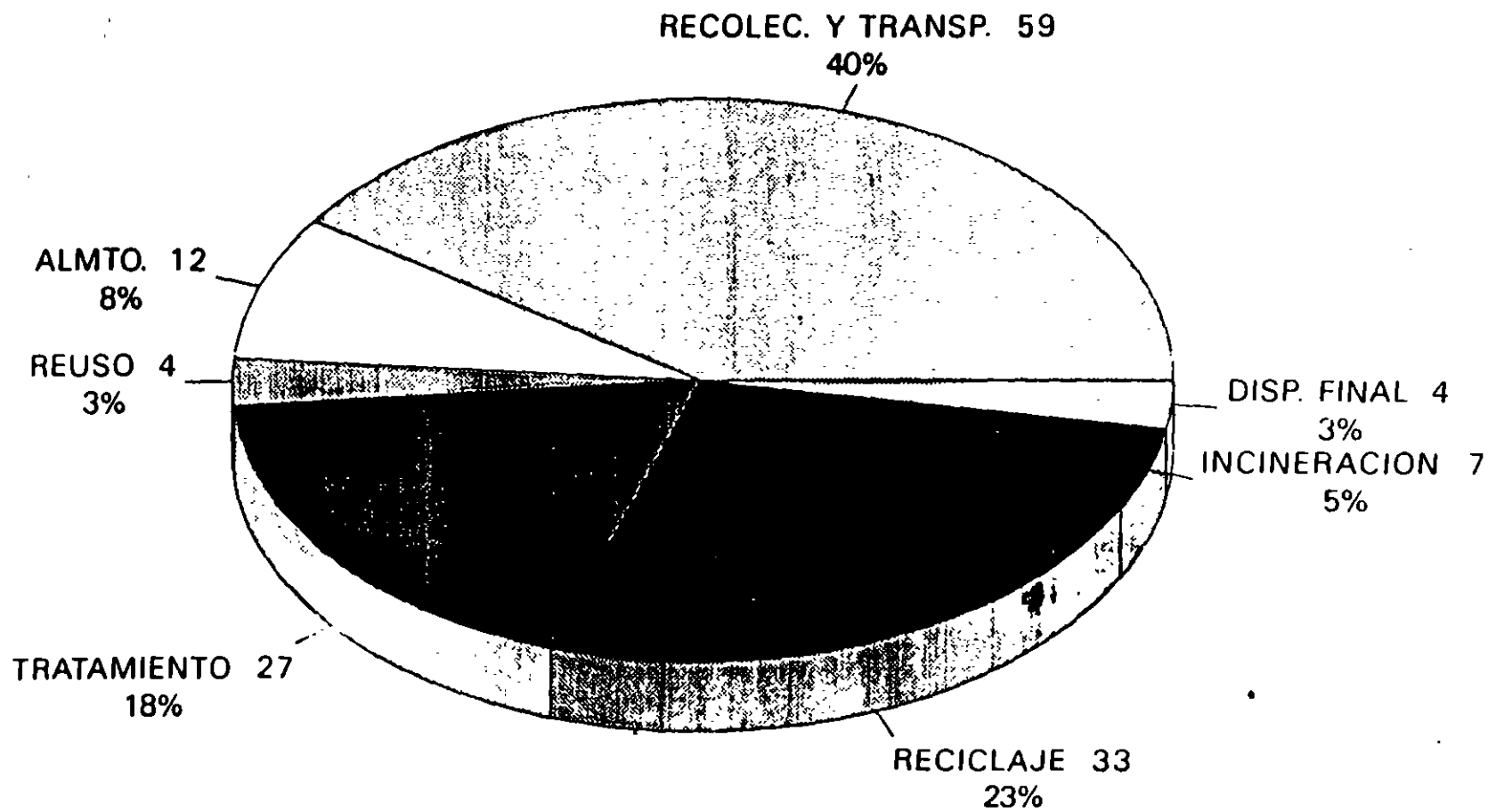
Recibe el 5% , y se localiza a 950
Km de la Ciudad de México

- Un 6% se utiliza como combustible alternativo y se maneja en confinamientos e instalaciones “in - situ”
- El resto de los residuos industriales se dispone empleando prácticas inadecuadas

TABLA No. 2 INFRAESTRUCTURA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS (PERIODO 1988 - JUNIO 1990)

ACTIVIDAD			No. DE AUTORIZACIONES
I RECOLECCION Y TRANSPORTE			59
II ALMACENAMIENTO (ACTIVIDAD TEMPORAL DE EMPRESAS DE SERVICIO)			12
III ALOJAMIENTO			0
IV REUSO			4
V. TRATAMIENTO	V.1 TRATAMIENTO DE ACEITES CONTAMINADOS CON BIFENILOS POLICLORADOS	1	27
	V.2 TRATAMIENTO DE RESIDUOS "IN SITU"	22	
	V.3 TRATAMIENTO "IN SITU" DE SITIOS CONTAMINADOS POR RESIDUOS PELIGROSOS	4	
VI RECICLAJE	VI.1 RECICLAJE DE SOLVENTES SUCIOS	16	33
	VI.2 RECICLAJE DE LUBRICANTES USADOS	9	
	VI.3 RECICLAJE DE METALES	5	
	VI.4 MANEJO INTEGRAL PARA PREPARACION DE COMBUSTIBLE ALTERNO	3	
VII INCINERACION	VII.1 INCINERACION DE COMBUSTIBLE ALTERNO	3	7
	VII.2 INCINERACION DE RESIDUOS	4	
VIII DISPOSICION FINAL			4
IX ELIMINACION			0
TOTAL			148

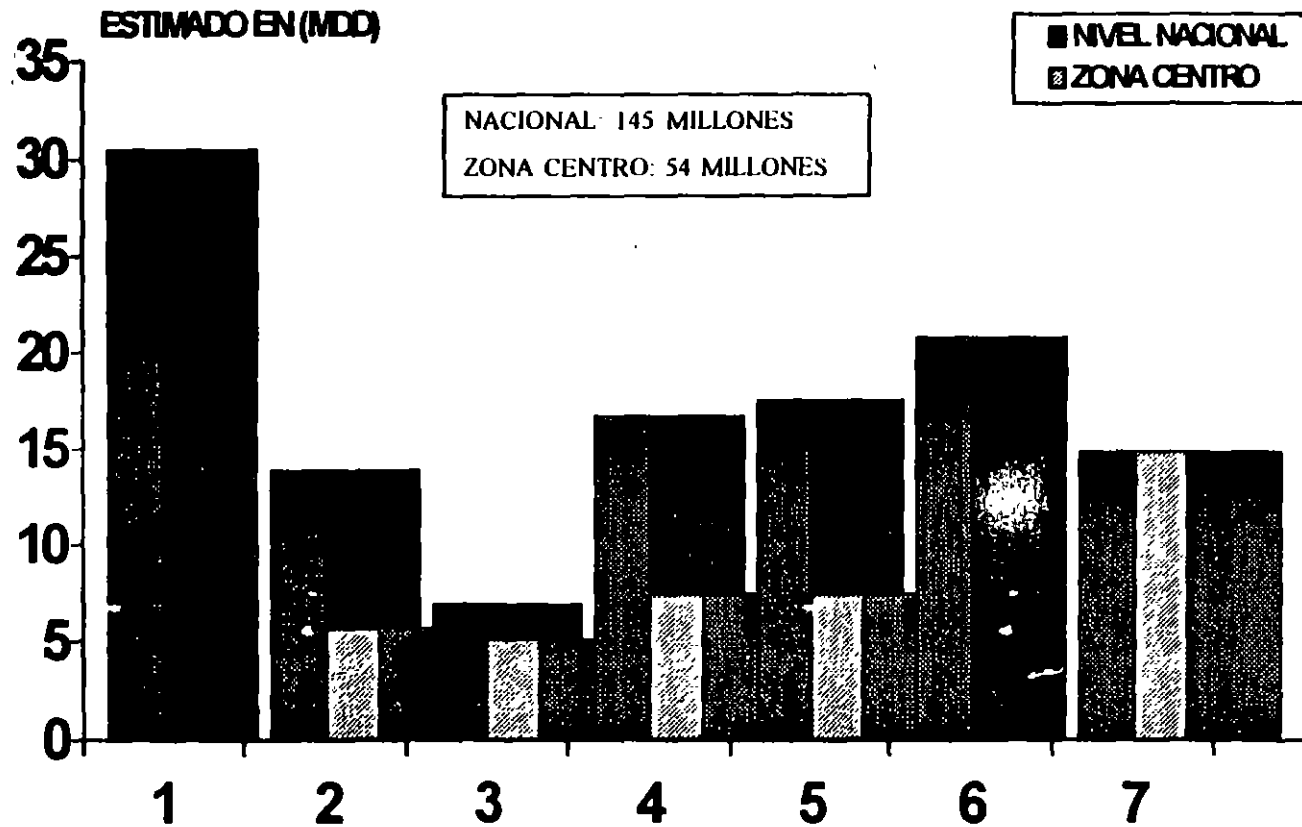
INFRAESTRUCTURA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS



TOTAL = 146 EMPRESAS AUTORIZADAS

INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

INVERSION ACTUAL



1 CONFINAMIENTO

2 RECICLAJE DE SOLVENTES

3 RECICLAJE DE ACEITES

4 RECICLAJE ENERGETICO DE RESIDUOS

INDUSTRIALES COMBUSTIBLES

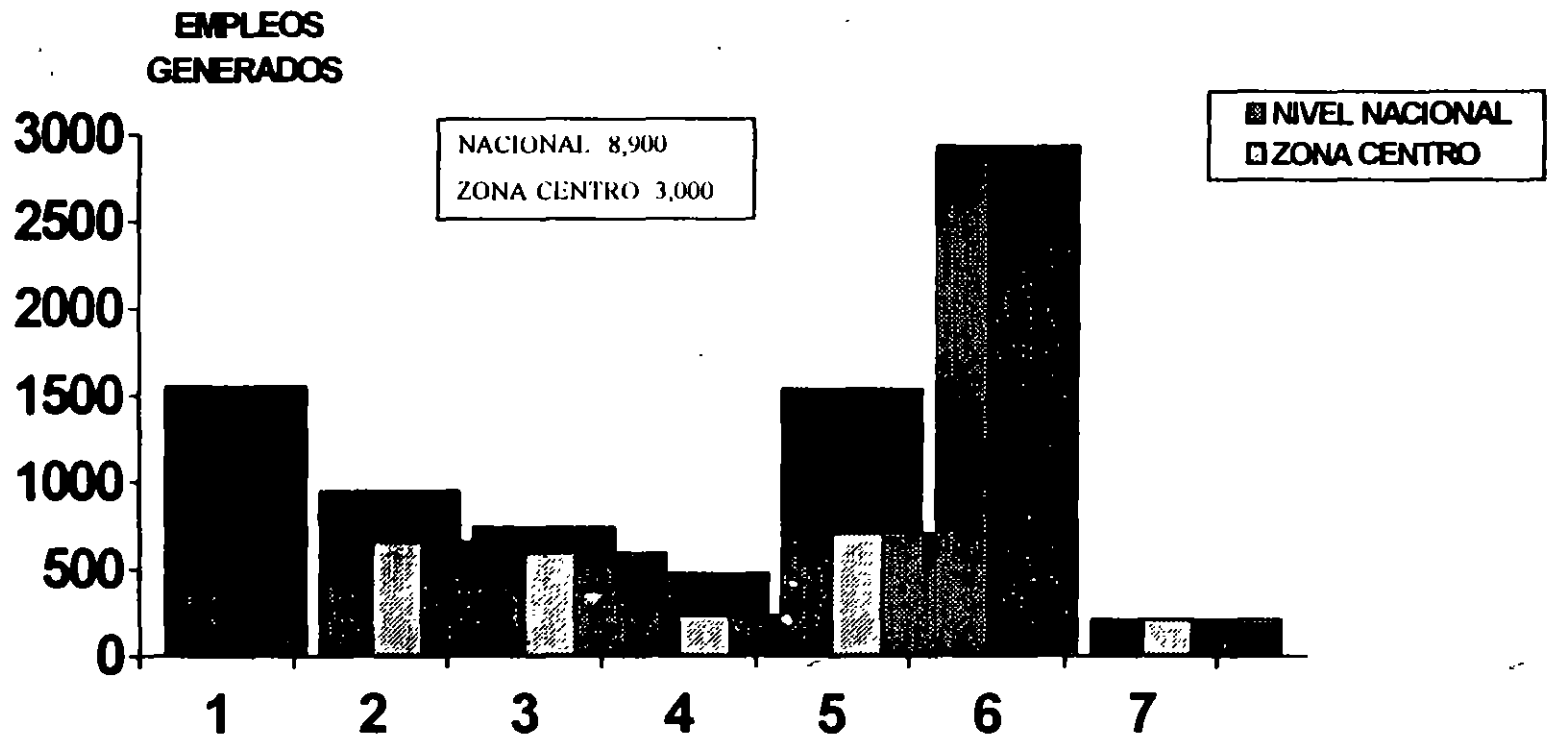
5 FORMULACION DE COMBUSTIBLES ALTERNOS

6 RECICLAJE DE RESIDUOS CON ELEMENTOS METALICOS

7 ACEITES CONTAMINADOS CON PCB's

INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

EMPLEOS GENERADOS (DIRECTOS E INDIRECTOS)



1 CONFINAMIENTO

2 RECICLAJE DE SOLVENTES

3 RECICLAJE DE ACEITES

4 RECICLAJE ENERGETICO DE RESIDUOS INDUSTRIALES COMBUSTIBLES

5 FORMULACION DE COMBUSTIBLES ALTERNOS

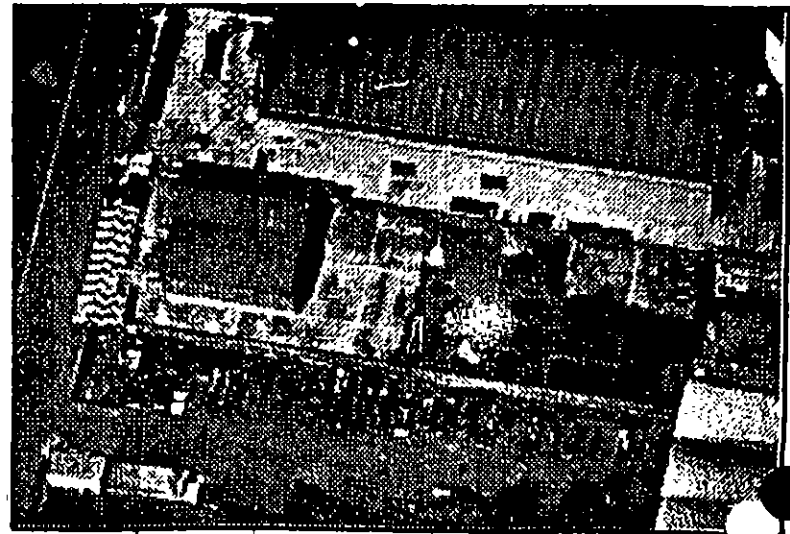
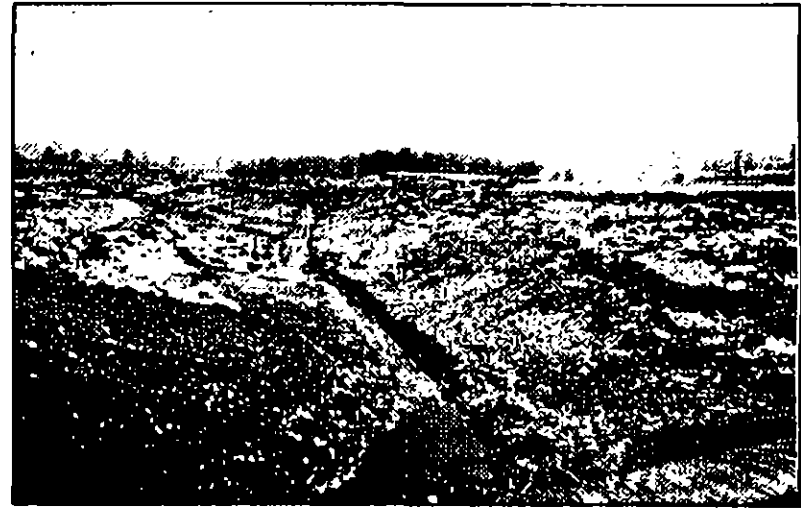
6 RECICLAJE DE RESIDUOS CON ELEMENTOS METALICOS

7 ACEITES CONTAMINADOS CON PCB's

CONSECUENCIAS

→ AMBIENTALES :

- Amplia disposición clandestina de residuos industriales en:
 - Tiraderos municipales
 - Barrancas
 - Derechos de vía
 - Drenajes municipales
 - Cuerpos de agua
 - Ladrilleras



CONSECUENCIAS

→ AMBIENTALES:

- Lixiviación de residuos
- Volatilización de contaminantes
- Afectación a las cadenas tróficas
- Contaminación de acuíferos
- Afectación a la salud pública
- Deterioro generalizado de los recursos naturales, ambientes productivos y calidad de vida

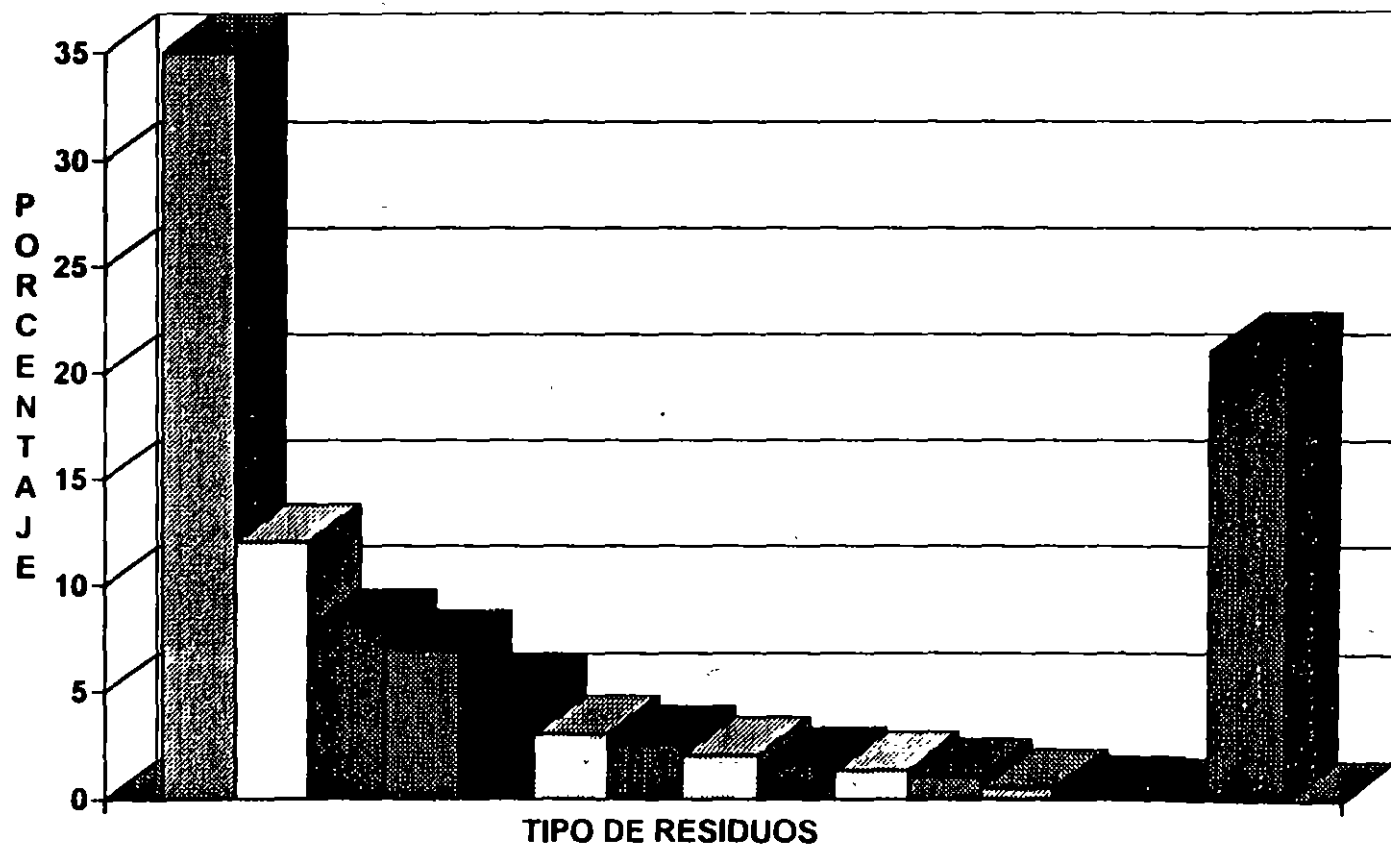


PERCEPCION SOCIAL DEL PROBLEMA

- **ESCASA O NULA CONCIENCIA DE ESTE PROBLEMA**
- **ESCASA O NULA REACCION SOCIAL Y DE OPINION PUBLICA “SALVO EN EPISODIOS EXTRAORDINARIOS”**
- **SIN EMBARGO LAS ACCIONES PARA CREAR INFRAESTRUCTURA Y RESOLVER LA PROBLEMÁTICA EXISTENTE SI GENERAN INQUIETUD SOCIAL Y PROTESTA DE GRUPOS DE PRESION**

GIROS INDUSTRIALES Y RESIDUOS GENERADOS

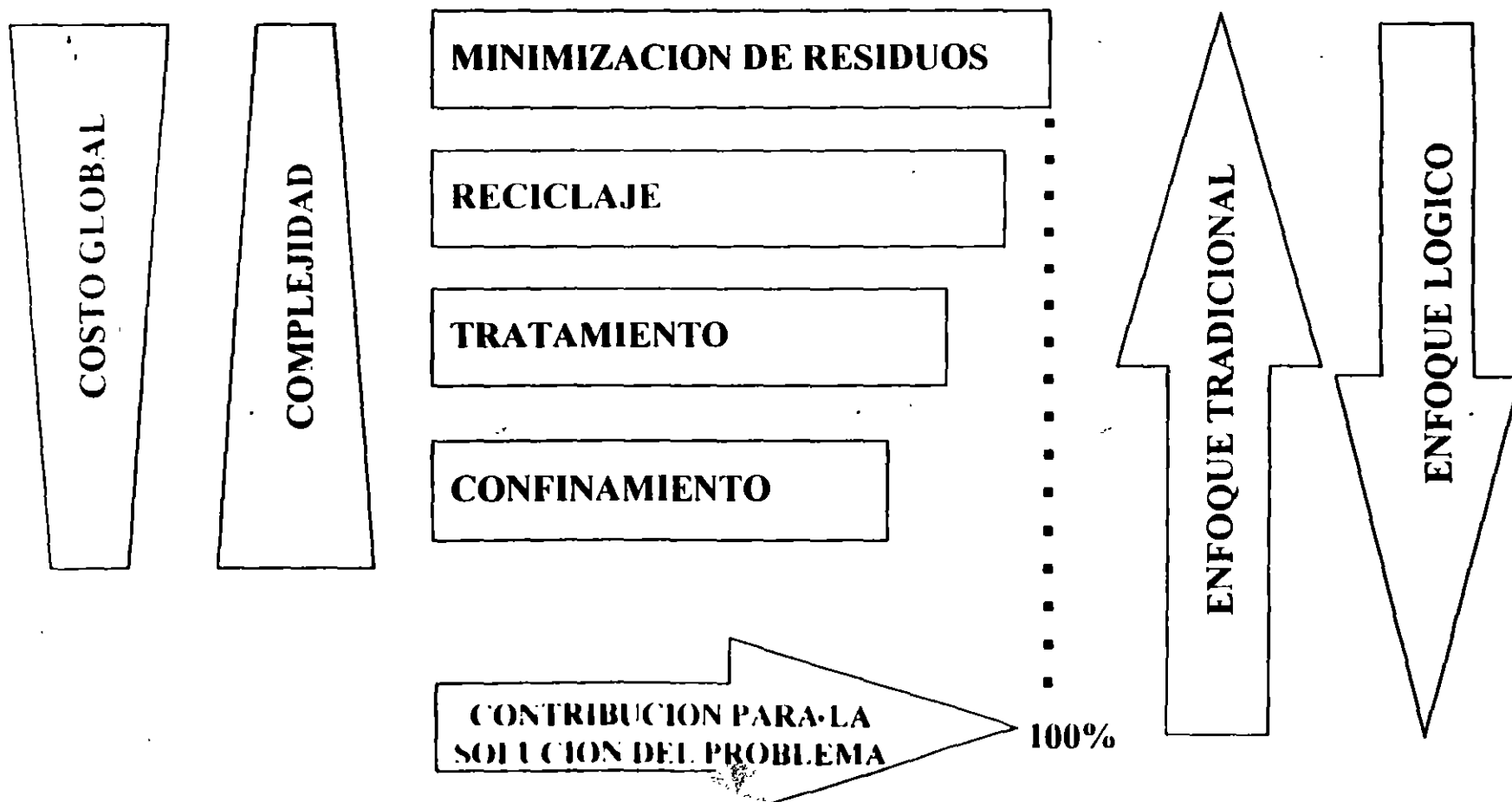
- Alimentos
- Textiles
- Madera
- Imprenta
- Químico
- No metálicos
- Metálicos básicos
- Maquinaria



■ Solventes	□ Aceites y grasas	■ Pinturas y barnices
■ Soldaduras	■ Resinas	□ Acidos y bases
■ Derivados del petróleo	□ Metales pesados	■ Adhesivos
□ Freón	■ Lodos	■ Silicón
Tintas	Plásticos	Otros

LINEAMIENTOS Y POLITICAS DE CONTROL

ESQUEMA DE PRIORIDADES PARA EL CONTROL DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS



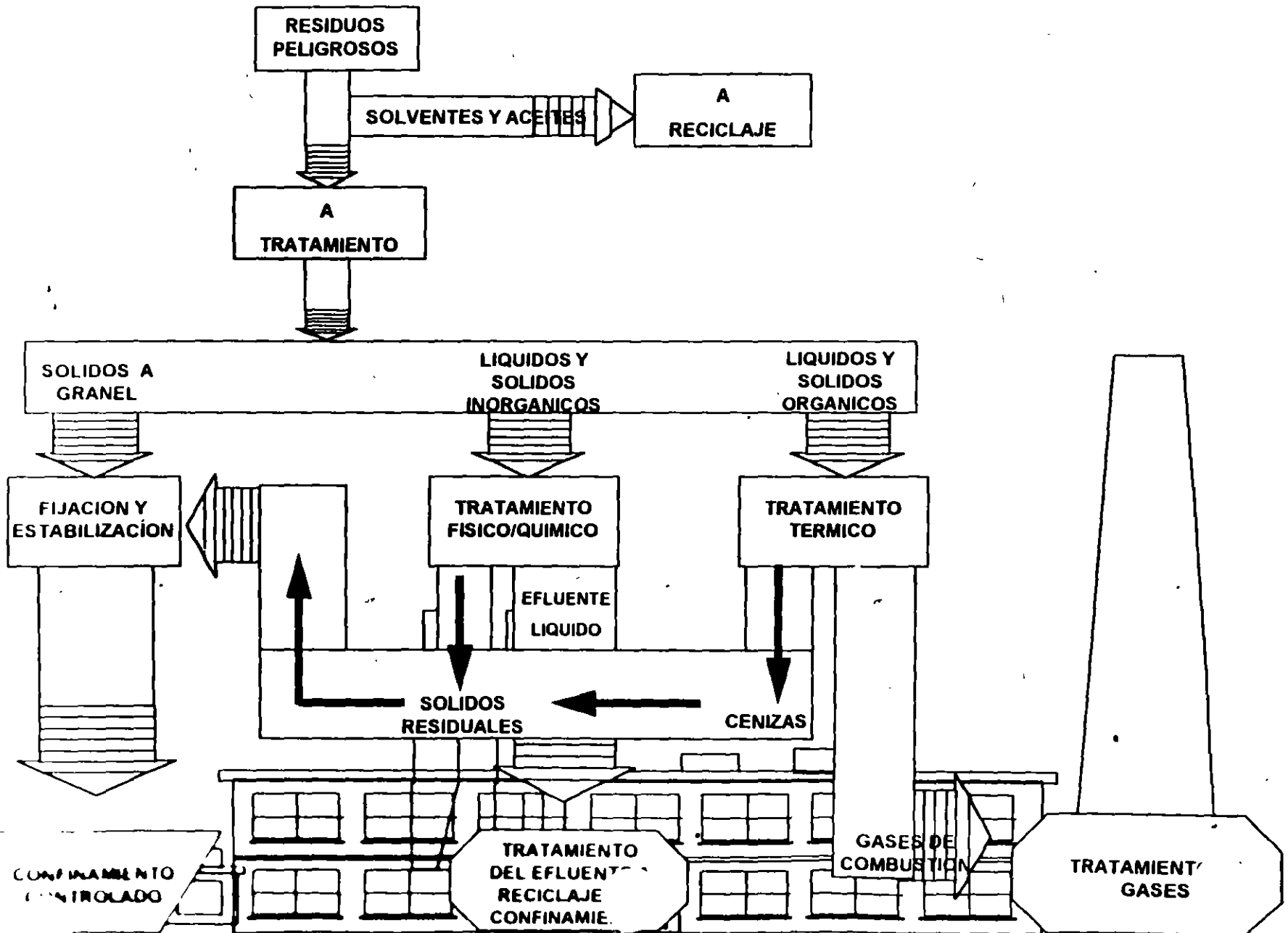
GENERACION Y DEMANDA

Con base en el esquema de prioridades antes indicado, es fundamental formular, promover e instrumentar instalaciones integrales para el reciclaje, tratamiento y confinamiento de los residuos, los cuales se denominarán:

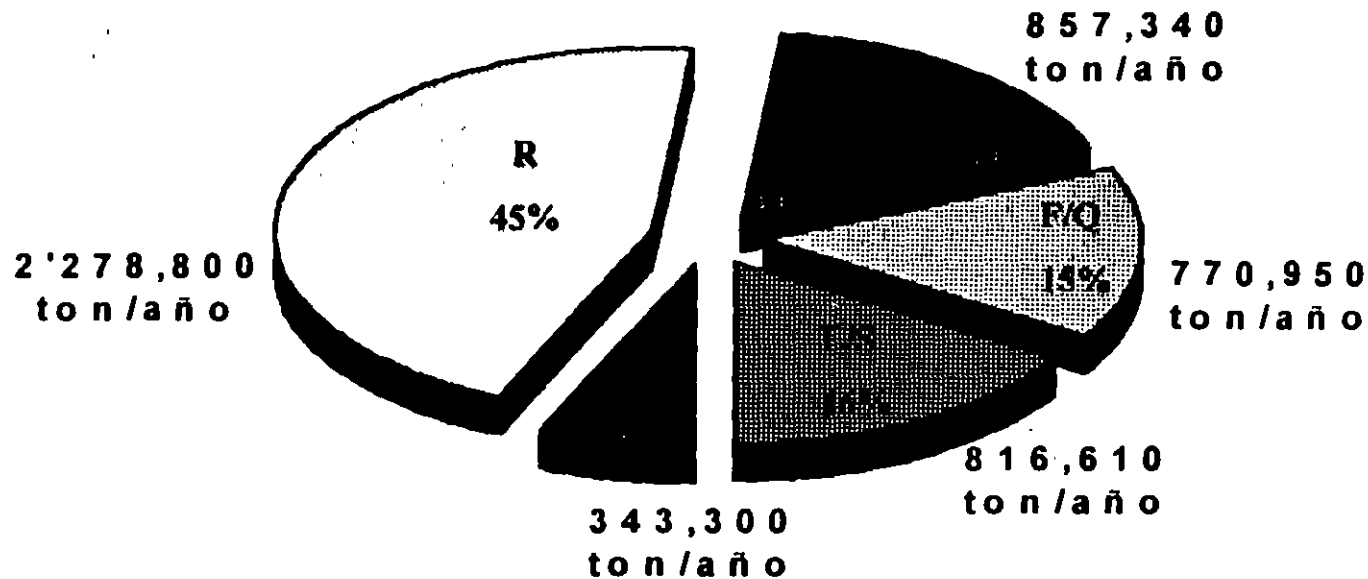
CIMARI

Centro Integral de Manejo y Aprovechamiento de
Residuos Industriales

DIAGRAMA CONCEPTUAL DE UN "CIMARI"



NECESIDADES DE MANEJO



- **RECICLAJE ENERGETICO (RE)**
- **RECICLAJE (R)**
- **OXIDACION TERMICA (OT)**
- **PROCESOS FISICO/QUIMICOS (F/Q)**
- **ESTABILIZACION Y SOLIDIFICACION (E/S)***

T DESPUES DE ESTE PROCESO LOS RESIDUOS SON ENVIADOS AL CONFINAMIENTO (C)

ESPECTATIVAS PARA EL AÑO 2000

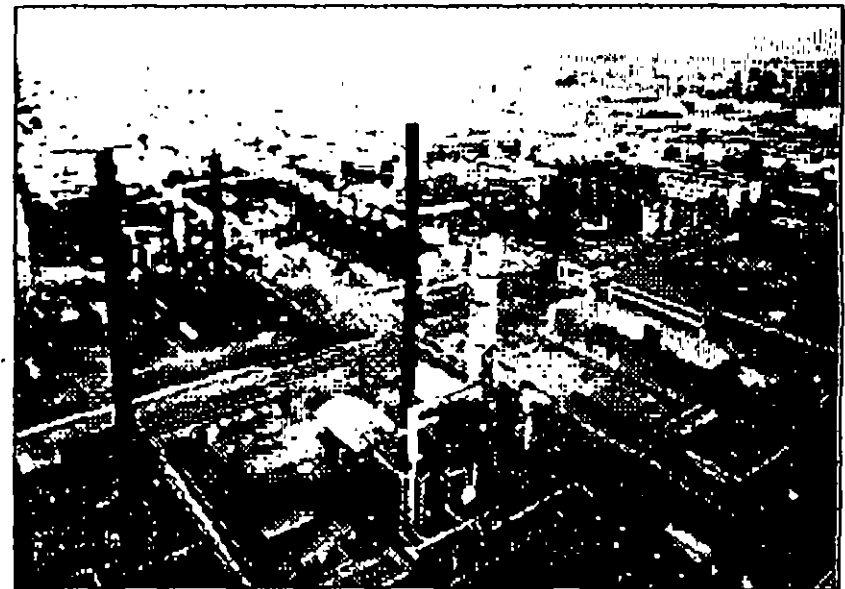
- ☞ Se fortalecerá el esquema actual de reciclaje, debido a que es una actividad con un mercado atractivo para la inversión nacional y extranjera y por la próxima entrada en vigor de NOM's para promover esta actividad.
- ☞ Es posible disminuir para el año 2000 la generación en un 5% por normas ISO 14000, aplicación de programas de calidad total y empleo de tecnologías limpias, en los grandes consorcios industriales.

ESPECTATIVAS PARA EL AÑO 2000

- ☞ Es posible que para el año 2000 la generación disminuya en un 10%, sobre todo en aquellos sectores que generan residuos que requieren ser tratados y/o confinados, debido a los cambios que han sufrido las normas, en especial la NOM-052.
- ☞ Debido al crecimiento esperado del sector industrial para el año 2000, se estima que la generación de residuos se incrementará en por lo menos un 15%. Por lo tanto entonces, la generación será semejante a la actual.

PARQUES INDUSTRIALES

ENTIDAD FEDERATIVA	No DE PARQUES INDUSTRIALES
↳ Distrito Federal	*
↳ Hidalgo	4
↳ México	41
↳ Michoacán	8
↳ Morelos	3
↳ Puebla	12
↳ Querétaro	9
↳ Tlaxcala	15
TOTAL	92



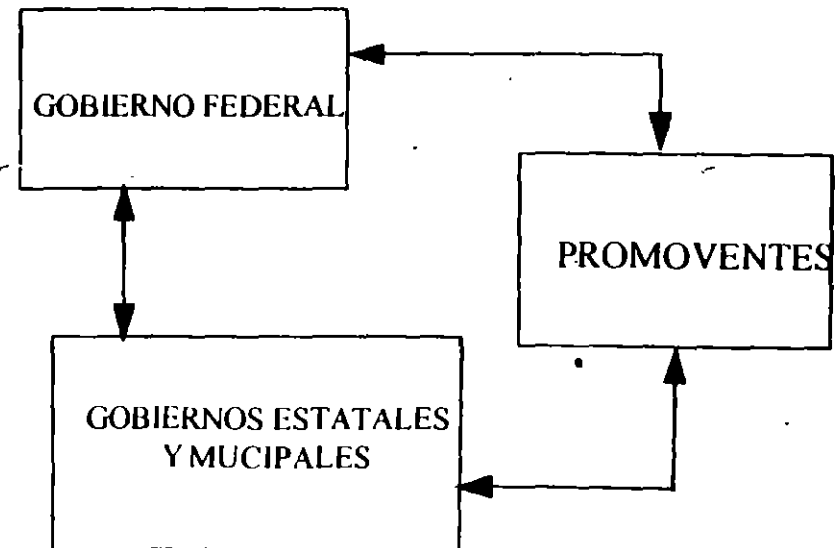
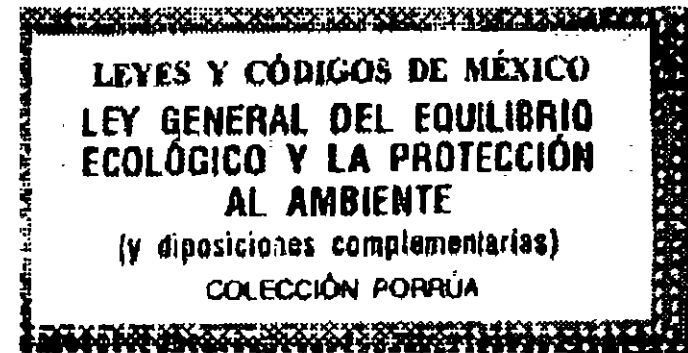
* Considera a un gran número de industrias distribuidas en la Cd.

DEMANDA DE CIMARI's

- *Para una mayor rentabilidad de la instalación, un CIMARI puede recibir alrededor de 500,000 toneladas por año.*
- Tomando en cuenta que la generación para el año 2000 será de aproximadamente 5 millones de toneladas, se infiere que se requerirán del orden de 10 CIMARI's para la zona centro.

ESTRATEGIAS

1. Fortalecimiento del marco jurídico y normativo
2. Sistemas de información ambiental
3. Análisis de vocación territorial (Geohidrología y Vulnerabilidad)
4. Promoción y desarrollo
5. Programación



RESULTADOS

- Verificación de campo de 150 sitios con altas posibilidades
- Identificación y ponderación de 87 sitios con aptitud natural, ubicados en 9 entidades y 35 municipios de la República

SITIO: UNIDAD TERRITORIAL CON VOCACION NATURAL PARA UBICAR CIIMARI's; CON DIMENSIONES VARIABLES, NORMALMENTE MAYORES A 1 KM²

**INFRAESTRUCTURA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS
PELIGROSOS A NIVEL ESTATAL**

E S T A D O	No. DE EMPRESAS AUTORIZADAS
AGUASCALIENTES	3
BAJA CALIFORNIA	18
BAJA CALIFORNIA SUR	0
CAMPECHE	1
COAHUILA	10
COLIMA	0
CHIAPAS	0
CHIHUAHUA	9
MEXICO	24
DURANGO	1
GUANAJUATO	4
GUERRERO	1
HIDALGO	1
JALISCO	6
EDO. DE MEXICO	26
MICHOACAN	0
MORELOS	3
NAYARIT	0
NUEVO LEON	16
OAXACA	0
PUEBLA	2
QUERETARO	1
QUINTANA ROO	0
SAN LUIS POTOSI	2
SINALOA	1
SONORA	4
TABASCO	0
TAMAULIPAS	7
TLAXCALA	2
VERACRUZ	3
YUCATAN	1
ZACATECAS	0
TOTAL	146



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

SELECCION DE SITIOS

Presentado por : **ING. JORGE SANCHEZ GOMEZ**
1996

MONITOREO AMBIENTAL DE LOS SITIOS

RELLENO SANITARIO		CONFINAMIENTO DE SEGURIDAD	
CRITERIOS A CONSIDERAR	FUNDAMENTO DE NORMATIVIDAD	CRITERIOS A CONSIDERAR	FUNDAMENTO DE NORMATIVIDAD
3 - PROGRAMA DE MONITOREO AL ACUIFERO		3.- PROGRAMA DE MONITOREO AL ACUIFERO	
3.1 - FRECUENCIA DE MONITOREO 3.2 - PUNTOS DE MONITOREO 3.3 - PARAMETROS A DETERMINAR pH DUREZA TOTAL DBO5 COLIFORMES TOTALES SOLIDOS DISUELTOS TOTALES 3.4 - EQUIPO Y TECNICA EMPLEADA		3.1.- FRECUENCIA DE MONITOREO 3.2 - PUNTOS DE MONITOREO 3.3.- PARAMETROS A DETERMINAR	
4 MONITOREO DE AEROTRANSPORTABLES			
4.1 FRECUENCIA DE MONITOREO 4.2 PUNTOS DE MONITOREO 4.3 PARAMETROS A DETERMINAR 4.4 PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES 4.5 MICROORGANISMOS 4.6 EQUIPO Y TECNICA EMPLEADA			
5 MONITOREO DE RUIDO			
5.1 - FRECUENCIA DE MONITOREO 5.2 - PUNTOS DE MONITOREO 5.3 - PARAMETRO A DETERMINAR 5.4 - INTENSIDAD DE RUIDO 5.5 EQUIPO Y TECNICA EMPLEADA			

MONITOREO AMBIENTAL DE LOS SITIOS

RELLENO SANITARIO		CONFINAMIENTO DE SEGURIDAD	
CRITERIOS A CONSIDERAR	FUNDAMENTO DE NORMATIVIDAD	CRITERIOS A CONSIDERAR	FUNDAMENTO DE NORMATIVIDAD
1- PROGRAMA DE MONITOREO DE BIOGAS		1.- PROGRAMA DE MONITOREO DE GASES	
1.1- FRECUENCIA DE MONITOREO DE BIOGAS 1.2- PUNTOS DE MONITOREO 1.3- DETERMINACION DE PARAMETROS METANO (CH ₄) BIOXIDO DE CARBONO (CO ₂) ACIDO SULFHIDRICO (H ₂ S) OXIGENO (O ₂) NITROGENO (N ₂) MERCAPTANOS EXPLOSIVIDAD TOXICIDAD TEMPERATURA FLUJO 1.4 EQUIPO Y TECNICA EMPLEADA		1.1.- FRECUENCIA DE MONITOREO 1.2.- PUNTOS DE MONITOREO 1.3.- PARAMETROS A DETERMINAR 1.4.- EQUIPO Y TECNICA EMPLEADA	1.1.- (7.0 MONITOREO SOLO MENCIONA LA REALIZACION DEL MONITOREO) NOM-CRP-007-ECOL-1993
2- PROGRAMA DE MONITOREO DE LIXIVIADOS		2- PROGRAMA DE MONITOREO DE LIXIVIADOS	
2.1- FRECUENCIA DE MONITOREO 2.2- PUNTOS DE MONITOREO 2.3- DETERMINACION DE PARAMETROS METALES PESADOS COMPUESTOS ORGANICOS OXIGENO DISUELTO pH CONDUCTIVIDAD MICROORGANISMOS 2.4 EQUIPO Y TECNICA EMPLEADA		2.1.- FRECUENCIA DE MONITOREO 2.2.- PUNTOS DE MONITOREO 2.3.- PARAMETROS A DETERMINAR 2.4- EQUIPO Y TECNICA EMPLEADA	2.1.- (7.0 MONITOREO SOLO MENCIONA EL MONITOREO DE LIXIVIADO) NOM-CRP-007-ECOL-1993

OPERACION DE LOS SITIOS

RELLENO SANITARIO		CONFINAMIENTO DE SEGURIDAD	
CRITERIOS A CONSIDERAR	FUNDAMENTO DE NORMATIVIDAD	CRITERIOS A CONSIDERAR	FUNDAMENTO DE NORMATIVIDAD
4.- OPERACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL		4.- OPERACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL	
4.1.- OPERACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE BIOGAS. 4.2.- OPERACION DEL SISTEMA LIXIVIADOS.		4.1.- OPERACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE LIXIVIADOS. 4.2.- OPERACION DEL SISTEMA DE VENTEO 4.3.- OPERACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE AGUAS PLUVIALES	4.3.- (8.7 MANTENIMIENTO DE DRENAJES EXTERIORES E INTERIORES) NOM-CRP-007-ECOL-1993.
5.- OBRAS COMPLEMENTARIAS		5.- OBRAS COMPLEMENTARIAS	
5.1.- SISTEMAS DE SEÑALAMIENTO 5.2.- SEGURIDAD E HIGIENE 5.3.- SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACION 5.4.- CONTROL DE MATERIALES ARRASTRADOS POR EL VIENTO		5.1.- TRATAMIENTO Y ESTABILIZACION DE RESIDUOS 5.2.- SISTEMAS DE SEÑALAMIENTO 5.3.- SISTEMAS DE SEGURIDAD E HIGIENE 5.4.- SISTEMA DE RADIOCOMUNICACION 5.5.- SISTEMAS DE EMERGENCIA 5.6.- ALMACENAMIENTO TEMPORAL	5.1.- (6.4 TRATAMIENTO A LOS QUE REBASEN LAS CONCENTRACIONES MAXIMAS) NOM-CRP-007-ECOL-1993 5.2.- (8.1.3 SEÑALAMIENTOS) NOM-CRP-007-ECOL 1993 5.3.- (6.5.4 UTILIZACION DE EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL) NOM-CRP-007-ECOL 1993 5.4.- (8.16 PROGRAMA DE CONTINGENCIAS) NOM-CRP-007-ECOL 1993 5.5.- (8.15 AREA DE EMERGENCIA) NOM-CRP-007-ECOL 1993 5.6.- (8.5 AREA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL) NOM-CRP-007-ECOL-1993

OPERACION DE LOS SITIOS

RELLENO SANITARIO			CONFINAMIENTO DE SEGURIDAD	
CRITERIO	CONSIDERAR	FUNDAMENTO DE NORMATIVIDAD	CRITERIOS A CONSIDERAR	FUNDAMENTO DE NORMATIVIDAD
1 - PREPARACION DEL SITIO			1.- PREPARACION DEL SITIO	
1.1	IMPERMEABILIZACION		1.1-	IMPERMEABILIZACION
1.2	CONSTRUCCION DE CAMINOS		1.2-	CAMINOS
1.3	DRENAJES		1.3-	DRENAJES
1.4	OFICINAS TEMPORALES		1.4-	OFICINAS
2 - CONTROL E IDENTIFICACION DE RESIDUOS			2.- CONTROL E IDENTIFICACION DE RESIDUOS	
1.1	CONTROL DE ACCESO		2.1-	CONTROL DE ACCESO
1.2	IDENTIFICACION DE LOS RESIDUOS		2.2-	IDENTIFICACION DE LOS RESIDUOS
1.3	PESAJE Y REGISTRO DE INGRESOS		2.3-	PESAJE Y REGISTRO DE INGRESOS
3 - OPERACION DE CELDAS			3.- OPERACION DE CELDAS	
3.1	METODO DE OPERACION		3.1-	METODO DE OPERACION
3.2	AREAS DE OPERACION		3.2-	AREAS DE OPERACION
3.3	MAQUINARIAS Y EQUIPO		3.3-	MAQUINARIA Y EQUIPO
3.4	TRANSITO INTERNO		3.4-	TRANSITO INTERNO
3.5	RECEPCION Y DESCARGA DE VEHICULOS		3.5-	ASIGNACION DE CELDAS
3.6	PREPARACION DEL MATERIAL DE COBERTURA		3.6-	RECEPCION Y DESCARGA DE VEHICULOS
3.7	EMPUJE Y COMPACTACION DEL MATERIAL DE COBERTURA		3.7-	COLOCACION DE COBERTURAS
3.8	OPERACION EN TEMPORADAS DE LLUVIA		3.8-	LIMPIEZA DE VEHICULOS
			3.9-	OPERACION EN TEMPORADA DE LLUVIAS
				3.1.- (9.1.1. OPERACION CON DOS FRENTES DE TRABAJO) NOM-CRP-006-ECOL-1993
				3.3.- (10. EQUIPO Y PROTECCION) NOM-CRP-006-ECOL-1993 (6.5.4. UTILIZACION DE EQUIPOS CORRESPONDIENTES) NOM-CRP-007-ECOL-1993
				3.5.- (8.4 VELOCIDAD DE CIRCULACION) NOM-CRP-007-ECOL-1993 (6.5 ASIGNACION DE AREAS Y CELDAS CORRESPONDIENTES) NOM-CRP-007-ECOL-1993.
				◦ DESCARGA DE RESIDUOS NOM-CRP-007-ECOL-1993.
				◦ CIERRE DE CELDA NOM-CRP-007-ECOL-1993
				3.8.- (8.10 AREA DE LIMPIEZA) NOM-CRP-007-ECOL-1993.
				◦ EVITAR OPERACION EN LLUVIA NOM-CRP-006-ECOL-1993.
				◦ ALMACENAMIENTO TEMPORAL NOM-CRP-007-ECOL-1993

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA

RELLENO SANITARIO		CONFINAMIENTO DE SEGURIDAD	
CRITERIOS A CONSIDERAR	FUNDAMENTO DE NORMATIVIDAD	CRITERIOS A CONSIDERAR	FUNDAMENTO DE NORMATIVIDAD
4 - DISEÑOS ESPECIFICOS		4 - DISEÑOS ESPECIFICOS	
4.1- SISTEMA DE IMPERMEABILIZACION 4.2- SISTEMA DE CONTROL DE BIOGAS 4.3- DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE LIXIVIADOS 4.4- SISTEMA DE CONTROL DE ESCURRIMIENTOS PLUVIALES 4.5- SISTEMAS DE MONITOREO AMBIENTAL 4.6- CALCULO DE LA INTERFACE DE SUELO NECESARIO 4.7- CAMINOS DE ACCESO E INTERIORES	4.1- (21 SISTEMA DE IMPERMEABILIZACION) PROY. NOM-084-ECOL-1994 4.2- (24 SISTEMA DE CAPTACION DE BIOGAS) PROY. NOM-084-ECOL-1994 4.3- (22 SISTEMA DE CAPTACION Y EXTRACCION DE LIXIVIADOS) PROY. NOM-084-ECOL-1994 4.4- (18 DRENAJES) PROY. NOM-084-ECOL-1994 4.5- (23 POZOS DE MONITOREO DE LIXIVIADOS) (SISTEMAS DE MONITOREO DE BIOGAS) PROY. NOM-084-ECOL-1994 4.7- (15 CAMINOS) PROY. NOM-084-ECOL-1994	4.1- SISTEMA DE IMPERMEABILIZACION 4.2- SISTEMA DE CONTROL DE LIXIVIADOS 4.3- SISTEMA DE CONTROL DE BIOGASES 4.4- SISTEMA DE CONTROL DE ESCURRIMIENTOS PLUVIALES 4.5- SISTEMA DE MONITOREO AMBIENTAL 4.6- CAMINOS DE ACCESO E INTERIORES	4.1- (5 14 IMPERMEABILIZACION DE CELDAS) NOM-CRP-006-ECOL-1993 4.2- (6 EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE SISTEMAS DE CAPTACION DE LIXIVIADOS) NOM-CRP-006-ECOL-1993 4.3- (7 DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE VENTEO) NOM-CRP-006-ECOL-1993 (14 DRENAJE) NOM-CRP-005-ECOL-1993 4.5- (17 POZOS DE MONITOREO) NOM-CRP-005-ECOL-1993 4.6- (10 CAMINOS)
5 - INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS		5.- INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS	
5.1- OFICINAS 5.2- TALLERES Y ALMACEN 5.3- AREA DE BASCULA 5.4- CASETA DE VIGILANCIA 5.5- AREA DE AMORTIGUAMIENTO 5.6- CERCA PERIMETRAL 5.7- INSTALACIONES DE ENERGIA ELECTRICA 5.8- BAÑOS Y VESTIDORES 5.9- SEÑALAMIENTOS 5.10- AREA DE ESTACIONAMIENTO 5.11- ZONA DE EMERGENCIA	5.1- (28 AREA ADMINISTRATIVA) PROY. NOM-084-ECOL-1994 5.2- (27 ALMACEN Y COBERTIZO) PROY. NOM-084-ECOL-1994 5.3- (14 CASETA DE PESAJE Y BASCULA) PROY. NOM-084-ECOL-1994 5.4- (13 CASETA DE VIGILANCIA) PROY. NOM-084-ECOL-1994 5.5- (26 AREA DE AMORTIGUAMIENTO) PROY. NOM-084-ECOL-1994 5.6- (12 CERCA PERIMETRAL) PROY. NOM-084-ECOL-1994 5.7- (19 INSTALACIONES DE ENERGIA ELECTRICA) PROY. NOM-084-ECOL-1994 5.8- (29 SERVICIOS SANITARIOS) PROY. NOM-084-ECOL-1994 5.9- (20 SEÑALAMIENTOS) PROY. NOM-084-ECOL-1994 5.10- (11 AREAS DE ACCESO) PROY. NOM-084-ECOL-1994 5.11- (17 AREAS DE EMERGENCIA) PROY. NOM-084-ECOL-1994	5.1- OFICINAS 5.2- TALLERES Y ALMACEN 5.3- AREA DE BASCULA 5.4- LABORATORIO DE ANALISIS 5.5- AREA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL 5.6- AREA DE EMERGENCIA 5.7- AREA DE ENFERMERIA 5.8- AREAS DE ESTABILIZACION DE TRANSPORTE 5.9- AREA DE BAÑOS Y VESTIDORES 5.10- CASETA DE VIGILANCIA 5.11- CERCA PERIMETRAL 5.12- AREA DE ESTACIONAMIENTO 5.13- AREA DE AMORTIGUAMIENTO 5.14- INSTALACIONES DE ENERGIA ELECTRICA 5.15- SEÑALAMIENTOS	5.1- (20 AREA ADMINISTRATIVA) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.2- (19 TALLER DE MANTENIMIENTO) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.3- (8 CASETA DE PESAJE Y BASCULA) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.4- (9 LABORATORIO) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.5- (11 AREA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.6- (12 AREA DE EMERGENCIA) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.7- (21 SERVICIOS DE PRIMEROS AUXILIOS) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.8- (13 AREA DE LIMPIEZA) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.9- (22 SERVICIOS SANITARIOS) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.10- (7 CASETA DE VIGILANCIA) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.11- (6 CERCA PERIMETRAL Y DE SERVICIOS) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.12- (5 AREA DE ALMACENAMIENTO Y ESPERA) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.13- (18 AREA DE AMORTIGUAMIENTO) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.14- (15 INSTALACIONES DE ENERGIA ELECTRICA) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.15- (16 SEÑALAMIENTOS) NOM-CRP-005-ECOL-1993

DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA

RELLENO SANITARIO		CONFINAMIENTO DE SEGURIDAD	
CRITERIOS A CONSIDERAR	FUNDAMENTO DE NORMATIVIDAD	CRITERIOS A CONSIDERAR	FUNDAMENTO DE NORMATIVIDAD
4 - DISEÑOS ESPECIFICOS		4.- DISEÑOS ESPECIFICOS	
4.1.- SISTEMA DE IMPERMEABILIZACION 4.2.- SISTEMA DE CONTROL DE BIOGAS 4.3.- DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE LIXIVIADOS 4.4.- SISTEMA DE CONTROL DE ESCURRIMIENTOS PLUVIALES 4.5.- SISTEMAS DE MONITOREO AMBIENTAL 4.6.- CALCULO DE LA INTERFACE DE SUELO NECESARIO 4.7.- CAMINOS DE ACCESO E INTERIORES	4.1.- (21 SISTEMA DE IMPERMEABILIZACION) PROY. NOM-084-ECOL-1994 4.2.- (24 SISTEMA DE CAPTACION DE BIOGAS) PROY. NOM-084-ECOL-1994 4.3.- (22 SISTEMA DE CAPTACION Y EXTRACCION DE LIXIVIADOS) PROY. NOM-084-ECOL-1994 4.4.- (18 DRENAJES) PROY. NOM-084-ECOL-1994 4.5.- (23 POZOS DE MONITOREO DE LIXIVIADOS) (SISTEMAS DE MONITOREO DE BIOGAS) PROY. NOM-084-ECOL-1994 4.7.- (15 CAMINOS) PROY. NOM-084-ECOL-1994	4.1.- SISTEMA DE IMPERMEABILIZACION 4.2.- SISTEMA DE CONTROL DE LIXIVIADOS 4.3.- SISTEMA DE CONTROL DE BIOGASES 4.4.- SISTEMA DE CONTROL DE ESCURRIMIENTOS PLUVIALES 4.5.- SISTEMA DE MONITOREO AMBIENTAL 4.6.- CAMINOS DE ACCESO E INTERIORES	4.1.- (5 14 IMPERMEABILIZACION DE CELDAS) NOM-CRP-006-ECOL-1993 4.2.- (6 EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE SISTEMAS DE CAPTACION DE LIXIVIADOS) NOM-CRP-006-ECOL-1993 4.3.- (7 DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE VENDEO) NOM-CRP-006-ECOL-1993 (14 DRENAJE) NOM-CRP-005-ECOL-1993 4.5.- (17 POZOS DE MONITOREO) NOM-CRP-005-ECOL-1993 4.6.- (10 CAMINOS)
5 - INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS		5.- INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS	
5.1.- OFICINAS 5.2.- TALLERES Y ALMACEN 5.3.- AREA DE BASCULA 5.4.- CASITA DE VIGILANCIA 5.5.- AREA DE AMORTIGUAMIENTO 5.6.- CERCA PERIMETRAL 5.7.- INSTALACIONES DE ENERGIA ELECTRICA 5.8.- BAÑOS Y VESTIDORES 5.9.- SEÑALAMIENTOS 5.10.- AREA DE ESTACIONAMIENTO 5.11.- ZONA DE EMERGENCIA	5.1.- (28 AREA ADMINISTRATIVA) PROY. NOM-084-ECOL-1994 5.2.- (27 ALMACEN Y COBERTIZO) PROY. NOM-084-ECOL-1994 5.3.- (14 CASETA DE PESAJE Y BASCULA) PROY. NOM-084-ECOL-1994 5.4.- (13 CASETA DE VIGILANCIA) PROY. NOM-084-ECOL-1994 5.5.- (26 AREA DE AMORTIGUAMIENTO) PROY. NOM-084-ECOL-1994 5.6.- (12 CERCA PERIMETRAL) PROY. NOM-084-ECOL-1994 5.7.- (19 INSTALACIONES DE ENERGIA ELECTRICA) PROY. NOM-084-ECOL-1994 5.8.- (29 SERVICIOS SANITARIOS) PROY. NOM-084-ECOL-1994 5.9.- (20 SEÑALAMIENTOS) PROY. NOM-084-ECOL-1994 5.10.- (11 AREAS DE ACCESO) PROY. NOM-084-ECOL-1994 5.11.- (17 AREAS DE EMERGENCIA) PROY. NOM-084-ECOL-1994	5.1.- OFICINAS 5.2.- TALLERES Y ALMACEN 5.3.- AREA DE BASCULA 5.4.- LABORATORIO DE ANALISIS 5.5.- AREA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL 5.6.- AREA DE EMERGENCIA 5.7.- AREA DE ENFERMERIA 5.8.- AREAS DE ESTABILIZACION DE TRANSPORTE 5.9.- AREA DE BAÑOS Y VESTIDORES 5.10.- CASETA DE VIGILANCIA 5.11.- CERCA PERIMETRAL 5.12.- AREA DE ESTACIONAMIENTO 5.13.- AREA DE AMORTIGUAMIENTO 5.14.- INSTALACIONES DE ENERGIA ELECTRICA 5.15.- SEÑALAMIENTOS	5.1.- (20 AREA ADMINISTRATIVA) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.2.- (19 TALLER DE MANTENIMIENTO) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.3.- (8 CASETA DE PESAJE Y BASCULA) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.4.- (9 LABORATORIO) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.5.- (11 AREA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.6.- (12 AREA DE EMERGENCIA) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.7.- (21 SERVICIOS DE PRIMEROS AUXILIOS) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.8.- (13 AREA DE LIMPIEZA) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.9.- (22 SERVICIOS SANITARIOS) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.10.- (7 CASETA DE VIGILANCIA) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.11.- (6 CERCA PERIMETRAL Y DE SERVICIOS) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.12.- (5 AREA DE ACCESO Y ESPERA) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.13.- (18 AREA DE AMORTIGUAMIENTO) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.14.- (15 INSTALACIONES DE ENERGIA ELECTRICA) NOM-CRP-005-ECOL-1993 5.15.- (16 SEÑALAMIENTOS) NOM-CRP-005-ECOL-1993

DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA

RELLENO SANITARIO		CONFINAMIENTO DE SEGURIDAD	
CRITERIOS A CONSIDERAR	FUNDAMENTO DE NORMATIVIDAD	CRITERIOS A CONSIDERAR	FUNDAMENTO DE NORMATIVIDAD
1- ESTUDIOS BASICOS A DESARROLLAR		1.- ESTUDIOS BASICOS A DESARROLLAR	
11- ESTUDIO GEOLOGICO 12- ESTUDIO GEOHIDROLOGICO 13- ESTUDIO GEOTECNICO 14- ESTUDIO GEOFISICO 15- ESTUDIOS TOPOGRAFICOS	1.5.- (4.1.1. TOPOGRAFIA) (PLANIMETRIA) (4.1.1.2 ALTIMETRIA) PROY. NOM-084-ECOL-1994 (4.1.1.3 SECCIONES) (4.1.1.4 CONFIGURACION TOPOGRAFICA)	11.- ESTUDIO GEOLOGICO 12.- ESTUDIO GEOHIDROLOGICO 13.- ESTUDIO GEOTECNICO	
2- PARAMETROS DE DISEÑO A DETERMINAR Y ANALISIS POR EFECTUAR		2.- PARAMETROS DE DISEÑO A DETERMINAR Y ANALISIS POR EFECTUAR	
21- GENERACION Y COMPISICION DE RESIDUOS SOLIDOS 22- CARACTERISTICAS FISICAS, QUIMICAS Y BIOLOGICAS DE LOS RESIDUOS 23- CAPACIDAD DE APOYO 24- ANALISIS PLUVIOMETRICO 25- ANALISIS DEL BALANCE DE AGUA 26- NECESIDADES DE AGUA PARA LA ESTABILIZACION DE RESIDUOS 27- PRODUCCION DE BIOGAS 28- GASTOS DE DISEÑO DE LOS ESCURRIMIENTOS PLUVIALES 29- PARAMETROS DE CELDA DIARIA	2.1.- (4.1.2 CANTIDADES Y CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS) PROY. NOM-084-ECOL-1994	21.- DEFINICION DE TIPOS Y CANTIDADES DE RESIDUOS POR RECIBIR 22.- TALUDES 23.- ANALISIS PLUVIOMETRICO 24- ANALISIS DEL BALANCE DE AGUA 25- GASTOS DE DISEÑO DE LOS ESCURRIMIENTOS PLUVIALES 26- PARAMETROS DE CELDAS DIARIAS	25 (14.4 GASTOS DE DISEÑO) NOM-CRP-006-ECOL-1993
3- DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO		3- DISEÑO DEL CONFINAMIENTO DE SEGURIDAD	
31- DISEÑO DE CELDA DIARIA 32- METODO DE OPERACION 33- SELECCION DE EQUIPO Y MAQUINARIA 34- CAPACIDAD VOLUMETRICA 35- CURVA ALTURA-VOLUMEN 36- PLANEACION 37- CALENDARIZACION	3.1.- (9 DIMENSIONAMIENTO DE LA CELDA DIARIA) PROY. NOM-084-ECOL-1994 3.2.- (5 SELECCION DEL METODO) PROY. NOM-084-ECOL-1994 3.4.- (6. REQUERIMIENTOS VOLUMETRICOS) (7. CALCULO DE LA CAPACIDAD VOLUMETRICA) PROY. NOM-084-ECOL-1994	3.1.- DISEÑO DE CELDA 32.- METODO DE OPERACION 33- SELECCION DE EQUIPO Y MAQUINARIA 34.- CAPACIDAD VOLUMETRICA 35- CURVA ALTURA-VOLUMEN 36- PLANEACION 37.- CALENDARIZACION	3.1.- (5.1 DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CELDAS) NOM-CRP-006-ECOL-1993

EVALUACION Y SELECCION DE SITIOS

RELLENO SANITARIO		CONFINAMIENTO DE SEGURIDAD	
CRITERIOS A CONSIDERAR	FUNDAMENTO DE NORMATIVIDAD	CRITERIOS A CONSIDERAR	FUNDAMENTO DE NORMATIVIDAD
34.- INCIDENCIA DEL VIENTO 35.- VISIBILIDAD DEL SITIO 36.- UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUA SUPERFICIAL Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE 37.- UBICACION DEL SITIO DENTRO DE LA CUENCA APORTANTE 38.- PERMEABILIDAD 39.- CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO 310.- PROFUNDIDAD DEL MANTO FREATICO 311.- EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO	3.6.- (4.4 UBICACION CON RESPECTO A CUERPOS DE AGUA) PROY. NOM-083-ECOL-1994 3.7.- (4.6 DRENAJE) PROY. NOM-083-ECOL-1994 3.8.- (4.1.4 CARACTERISTICAS DEL SUELO) PROY. NOM-083-ECOL-1994 3.10.- (4.1 PROFUNDIDAD DEL MANTO FREATICO) PROY. NOM-083-ECOL-1994 3.11.- (4.5 UBICACION CON RESPECTO A CENTROS DE POBLACION Y VIAS DE ACCESO) PROY. NOM-083-ECOL-1994 - (4.3 VIDA UTIL DEL SITIO) - (4.8 ZONA FRACTURADA) PROY. NOM-083-ECOL-1994	34.- INCIDENCIA DEL VIENTO 35.- VISIBILIDAD DEL SITIO 36.- UBICACION CON RESPECTO A CUERPOS DE AGUA SUPERFICIAL Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE 37.- UBICACION DEL SITIO DENTRO DE LA CUENCA APORTANTE 38.- PERMEABILIDAD 39.- CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO 310.- PROFUNDIDAD DEL MANTO FREATICO 311.- EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO	34.- (5.1.4 CLIMATICO) NOM-CRP-004-ECOL-1993 36.- (5.1.1. GEOHIDROLOGICO) (5.1.1.1 NO TENGA CONEXION CON ACUIFEROS) (5.1.2 HIDROLOGIA SUPERFICIAL) NOM-CRP-011-ECOL-1993 310.- (5.1.1 GEOHIDROLOGICOS) (5.1.1.2 PROFUNDIDAD AL ACUIFERO DE 200 M) NOM-CRP-004-ECOL-1993 311.- (5.1.5 CRECIMIENTO DE CENTROS DE POBLACION) NOM-CRP-004-ECOL-1993
• PROYECTO DE NORMA NOM-083-ECOL-1994 ESTABLECE LAS CONDICIONES QUE DEBEN REUNIR LOS SITIOS DESTINADOS A RELLENO SANITARIO PARA LA DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.		• NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-CRP-004-ECOL-1993 ESTABLECE LOS REQUISITOS QUE DEBEN REUNIR LOS SITIOS DESTINADOS AL CONFINAMIENTO CONTROLADO DE RESIDUOS PELIGROSOS EXCEPTO DE LOS RADIOACTIVOS	

EVALUACION Y SELECCION DE SITIOS

RELLENO SANITARIO		CONFINAMIENTO DE SEGURIDAD	
CRITERIOS A CONSIDERAR	FUNDAMENTO DE NORMATIVIDAD	CRITERIOS A CONSIDERAR	FUNDAMENTO DE NORMATIVIDAD
1.- ESTUDIOS REGIONALES		1.- ESTUDIOS REGIONALES	
1.1.- ESTUDIO DE LAS AREAS PROTEGIDAS 1.2.- ESTUDIOS GEOLOGICOS 1.2.1.- LITOLOGIA 1.2.2.- RIESGO ECOLOGICO 1.3.- GEODROLOGIA 1.3.1.- ZONAS DE CONCENTRACION DE POZOS 1.3.2.- UNIDADES GEOHIDROLOGICAS 1.3.3.- ZONAS DE DESCARGA 1.4.- TOPOGRAFIA	 1.3.3.- (4.1.1 ZONA DE RECARGA) PROY. NOM-083-ECOL-1994 1.4.- (4.7 TOPOGRAFIA) PROY. NOM-082-ECOL-1994	1.1.- ESTUDIO DE LAS AREAS PROTEGIDAS 1.2.- ESTUDIOS GEOLOGICOS 1.2.1.- LITOLOGIA 1.2.2.- RIESGO GEOLOGICO 1.3.- GEOHIDROLOGIA 1.3.1.- ZONA DE CONCENTRACION DE POZOS 1.3.2.- UNIDADES GEOHIDROLOGICAS 1.3.3.- ZONAS DE RECARGA 1.4.- TOPOGRAFIA	1.1.- (5.1.3 ECOLOGICAS) NOM-CRP-004-ECOL-1993 1.2.- (5.1.6 SISMICOS) NOM-CRP-004-ECOL-1993 1.4.- (5.1.7 TOPOGRAFIA) NOM-CRP-004-ECOL-1993
2.- ESTUDIOS DE SEMIDETALLE		2.- ESTUDIOS DE SEMIDETALLE	
2.1.- VERIFICACION GEOLOGICA 2.2.- DEFINICION Y VERIFICACION DE UNIDADES GEOHIDROLOGICAS	 2.2.- (5.1 ESTUDIO GEOFISICO) (5.2 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO) PROY. NOM-083-ECOL-1994	2.1.- VERIFICACION GEOLOGICA 2.2.- DEFINICION Y VERIFICACION DE UNIDADES GEOHIDROLOGICAS	2.2.- (5.1.1 GEOHIDROLOGICOS) NOM-CRP-004-ECOL-1993
3.- IDENTIFICACION DE PARAMETROS		3.- IDENTIFICACION DE PARAMETROS	
3.1.- EXISTENCIA DE MATERIAL DE CUBIERTA 3.2.- ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO 3.3.- CERCANIA A ZONAS URBANAS	3.1.- (4.2 MATERIAL PARA COBERTURA) PROY. NOM-083-ECOL-1994 3.3.- (4.5 UBICACION CON RESPECTO A CENTROS DE POBLACION Y VIAS DE ACCESO) PROY. NOM-083-ECOL-1994	3.1.- EXISTENCIA DE MATERIAL DE CUBIERTA 3.2.- ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO 3.3.- CERCANIA A ZONAS URBANAS	3.3.- (5.1.5 CRECIMIENTOS DE CENTROS DE POBLACION) NOM-CRP-004-ECOL-1993



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

EMPRESAS AUTORIZADAS PARA MANEJAR RESIDUOS PELIGROSOS

1996



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
SEMARNAP

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
DIRECCION GENERAL DE RESIDUOS, MATERIALES Y RECURSOS
EMPRESAS AUTORIZADAS PARA MANEJAR RESIDUOS PELIGROSOS
CONFORME AL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE
EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS (ART 10)

RELACION ACTUALIZADA AL 31 DE JULIO DE 1998 TOTAL DE EMPRESAS 146

EMPRESA	DIRECCION	EMPRESA	DIRECCION
I. RECOLECCION Y TRANSPORTE			
1 - INGENIERIA Y ECOLOGIA No 24 PS 10194 RESIDUOS PELIGROSOS	RIO FUERTE Y FELIPE ANGELES No 599 COL VALLARTA MEXICALI B C	9 - AUTOLINEAS UNIDAS DE SALTILLO, S.A. DE C.V. No 5-30 PS 104-94 RESIDUOS PELIGROSOS	BOULEVARD ISIDRO L ZERTUCHE No 3705 COL ZONA INDUSTRIAL SALTILLO COAHUILA SR JOSE PEREZ S TEL 15 8121, 15 8061
2 - C EDUARDO MENDIAS MARQUEZ No 24 PS 10194 RESIDUOS PELIGROSOS	AV CANTU No 318 COL DAVILA TIJUANA B C C EDUARDO MENDIAS MARQUEZ TEL 91 66857658 91 69867658	10 - PETROBAJO, S.A. DE C.V. No 11 27 PS 102-94 RESIDUOS PELIGROSOS	PASEO RIO LEPMA No 16014 COL SAN JUAN DE LA PRESA SALAMANCA GTO ING JUAN CARLOS GONZALEZ M TEL 91 404 8 9955 7 1420
3 - INDUSTRIAS P. RAY DE MEXICO, S.A. DE C.V. No 24 PS 10194 RESIDUOS PELIGROSOS	CALLE DE LA BREA No 3 MESETA DEL CHEMA COL MONTE DE LOS OLIVOS TIJUANA B C SR RICARDO ZUÑIGA DIAZ TEL 91-66258365 91 65 258355	11 - C GUSTAVO MARTINEZ ZAMBRANO (TRANSPORTES GUSMAR) No 5-30 PS 105-94 RESIDUOS PELIGROSOS	LAGUNA DE TAMIAHUATIL 115 COL LA SILLA SALTILLO COAHUILA SR GUSTAVO MARTINEZ Z TEL 15 45 53
4 - TURBO EXPRES 27 S. DE R. L. DE C.V. No 24 PS 10194 RESIDUOS PELIGROSOS	BOULEVARD 3 OESTE No 17601 701 FRACC GARITA DE OTAY TIJUANA B C C HECTOR FELIX AHUMADO TEL 91-66232912 91-66232297	12 - C RAQUEL HERNANDEZ RAMOS Y/O JOSE BLACKALLER ROSAS No 5-35 PS 105-94 RESIDUOS PELIGROSOS	CERRADA ANTIMONIO 1P 41A COL RESIDENCIAL DEL NORTE TORREON COAHUILA C RAQUEL HERNANDEZ RAMOS TEL (17) 30 37-40
5 - DESARROLLO ECOLOGICO SOSTENIDO, S.A. DE C.V. No 22 PS 1007-94 RESIDUOS PELIGROSOS	ZUAZUA Y MIJA No 200-213 COL CENTRO MEXICALI B C C P MANUEL CARRASCO TEL 91 65-535819 535-5971	13 - C JOSE LUIS GARIBAY GARCIA No 14-53 PS 103-94 RESIDUOS PELIGROSOS	FRANCISCO I MADERO No 363 COL CENTRO OCOTLAN JALISCO C JOSE LUIS GARIBAY C TEL 2 09 83
6 - EMPRESAS DRAGON, S.A. DE C.V. No 9 15 PS 115-94 RESIDUOS PELIGROSOS	MARTILLO No 5 COL ARTES GRAFICAS VENUSTIANO CARRANZA D F LIC FEDERICO GARMENDIA C TEL 397-3633	14 - C JOSE LUIS GARIBAY CAMPOS No 14 63 PS 104-94 RESIDUOS PELIGROSOS	FRANCISCO I MADERO No 363 COL CENTRO OCOTLAN JALISCO SR JOSE LUIS GARIBAY C TEL 2-09 83
7 - SERVICIOS INDUSTRIALES ECOLOGICOS (C. JAVIER MACIAS ESCOBEDO) No 1-1 PS 101-94 RESIDUOS PELIGROSOS	GENERAL BARRAGAN 1502 COL GREMIAL AGUASCALIENTES AGS C JAVIER MACIAS ESCOBEDO TEL 91-49 14-7332 14-2477	15 - RED TRANSPORTADORA NACIONAL DE CARGA, S.A. DE C.V. No 19-39 PS-1-12-94 RESIDUOS PELIGROSOS	DR COSS No 3330 HITE MONTERREY NUEVO LEON LIC JOSE FRANCISCO GONZALEZ M TEL 351-5222
8 - SERVICIO DE TRANSPORTE DE CARGA (ARTURO Y PABLO GUERRA RODRIGUEZ) No 28 22 PS 103-94 RESIDUOS PELIGROSOS	16 DE SEPTIEMBRE ESQ CON MICHOACAN No 72 MATAMOROS, TAMAULIPAS C PABLO GUERRA R TEL 91-88-170722, 17-0723	16 - INTEGRACION DE SERVICIOS PARA EL SANEAMIENTO AMBIENTAL, S.A. DE C.V. No 9-3-PS-1-13-94 RESIDUOS PELIGROSOS	CALZ DE TLALPAN No 1220 COL ZACAHUITZIO BENITO JUAREZ, D F ING FELIX MARTINEZ HERNANDEZ TEL 674-7171, 674-7273



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
SEMARNAP

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
DIRECCION GENERAL DE RESIDUOS, MATERIALES Y RIESGO
EMPRESAS AUTORIZADAS PARA MANEJAR RESIDUOS PELIGROSOS
CONFORME AL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE
EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS (ART.10)

RELACION ACTUALIZADA AL 31 DE JULIO DE 1996. TOTAL DE EMPRESAS: 146

EMPRESA	DIRECCION	EMPRESA	DIRECCION
17 - DESPERDICIOS INDUSTRIALES DE CUERNAVACA, S.A. DE C.V. No 17-11 PS-101-94 RESIDUOS PELIGROSOS	CARR CUERNAVACA-CUAUTLA KM 13.8 COL PROGRESO JUITEPEC MORELOS ARQ ELFEGO CALDERON AYALA TEL 91-73 203221	25.- EXPRESS CALIFORNIA, S.A. DE C.V. No 2-4 PS 109-94 RESIDUOS PELIGROSOS	SEBASTIAN VIZCAINO No 206 FRACC GARITA DE OTAY, TIJUANA B.C SR SALVADOR RUIZ ZEPEDA TEL 5165-232970 232971
18 - TRANSPORTES ESPECIALIZADOS SEGUTAL, S.A. DE C.V. No 30-58 PS-102-94 RESIDUOS PELIGROSOS	CALLE 11 SUR SAN COL AZALIAS FORTIN DE LA FLORES VERACRUZ C FERNANDO DELL'OCCHIO TEL 91-271 32742 D.F. 741 0765	26 - TRANSERVICIOS, S.A. DE C.V. No 6-37 PS 103-94 RESIDUOS PELIGROSOS	RAMON RIVERA LARA No 5415 COL PARTIDO IGLESIAS CD JUAREZ CHIHUAHUA SR ARNOLDO CONTRERAS TEL 13-64 93 16-30 19
19 - LUBRICANTES PEMEX DE QUERETARO, S.A. DE C.V. No 16-11 PS-104-94 RESIDUOS PELIGROSOS	MORADITO RUBIO No 45-C COL CASABLANCA QUILRETAO ORO SR SERGIO AGUIRRE BARCENAS TEL 16 2834	27 - TRANSPORTES ESPECIALIZADOS SAN ARTURO, S.A. DE C.V. No 15-5 PS 111-94 RESIDUOS PELIGROSOS	ANTIGUO CAMINO A SAN JAVIER DE LOS RIOS TAMPALIA APODACA NUEVO LEON SR ARTURO CARDENAS ESPARZA TEL 386-0498
20 - AUTOTRANSPORTADORA GENESIS, S.A. DE C.V. No 31-11 PS-105-94 RESIDUOS PELIGROSOS	AV CHAPULTEPEC No 802-A COL STA MARGARITA GUADALUPE NUEVO LEON ARQ JESUS ANGEL MALDONADO TREVIÑO TEL 355 6981	28 - TRANSPORTES ECOLOGICOS 2000, S.A. DE C.V. No 9-4 PS 114-94 RESIDUOS PELIGROSOS	CAMARGO No 2 COL PETROLERA TAMPOLAN COYOACAN D.F. ING LUIS NOGUEDA RUIZ TEL 6-09 4972
21 - TRANSPORTADORA DE CARGA SONOT, S.A. DE C.V. No 25-43 PS 103-94 RESIDUOS PELIGROSOS	DR MARTINEZ OCHOA No 2 COL PANTEON DE LOS CIPRESSES NOGALES SONORA ING JAIME OLAIZ AVALOS TEL 237-58 751 27	29 - C LILIA ESTHER MARTINEZ AVILA No 2-4 PS 108-94 RESIDUOS PELIGROSOS	SEBASTIAN VIZCAINO No 301-14 COL GARITA DE OTAY TIJUANA, B.C SRA LILIA ESTHER MARTINEZ AVILA
22 - ECO-TRANSPORTES INTERNACIONALES, S.A. DE C.V. No 8-37 PS-102-94 RESIDUOS PELIGROSOS	AV ADOLFO LOPEZ MATEOS No 1925 NORTE COL CORDOVA AMERICAS CD JUAREZ CHIHUAHUA SR JOSE LUIS ACOSTA BUSTILLOS TEL 11-20 75	30.- VALLEY SOLVENT, Co. OFICIO No 411 5811 DEL 20 DE OCTUBRE DE 1989	HERRERA 4 Y 5 No 9 COL CENTRO MATAMOROS TAMAULIPAS SR WILLIAMS A, DAVIS TEL 91-88-13-36-35
23 - TRANSQUIMICA NACIONAL S.A. DE C.V. No 12-15 PS 110-94 RESIDUOS PELIGROSOS	AV LAZARO CARDENAS No 2400 PONIENTE RESIDENCIAL SAN AGUSTIN GARZA GARCIA N.L C MANUEL ESTEBAN ROSADAS TEL 3 63-7812	31 - C. OLGA BELIA PATINO MARTINEZ No 8-37 PS 101-95 RESIDUOS PELIGROSOS	NEPTUNO No 1919 COL SATELITE CD JUAREZ CHIHUAHUA TEL 9116-871474
24 - LUBRICAL DE LEON, S.A. DE C.V. No 11-20 PS 101-94 RESIDUOS PELIGROSOS	BOULEVARD HILARIO MEDINA No 3007 COL EL CORTIJO LEON GTO SR FRANCISCO JAVIER GUARRO G TEL 14-36-97 16 9431	32 - TRANSPORTES EMILIANO ZAPATA, S.A. DE C.V. No 8-19 PS-104 95 RESIDUOS PELIGROSOS	AV OCTAVIO PAZ No 167 COMPLEJO INDUSTRIAL CHIHUAHUA, CHIHUAHUA, CHIH C ENRIQUE DAVILA CARDONA TEL 91-14 81-0531, 91-14-81-0795



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
SEMARNAP

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
DIRECCION GENERAL DE RESIDUOS, MATERIALES Y RIESGO
EMPRESAS AUTORIZADAS PARA MANEJAR RESIDUOS PELIGROSOS
CONFORME AL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE
EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS (ART.10)

RELACION ACTUALIZADA AL 31 DE JULIO DE 1996. TOTAL DE EMPRESAS: 146

EMPRESA	DIRECCION	EMPRESA	DIRECCION
33 - C. JESUS BERNARDO PARRA CORONADO No 25 30 PS 1 04 95 RESIDUOS PELIGROSOS	CALLE DE LOS TARAHUMARAS No 5 PARQUE INDUSTRIAL HERMOSILLO. SONORA	41.- TRANSPORTES CAMACHO, S A DE C.V. No 02-4B-PS-1-11-95 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS	BLD TERCERA OESTE No 413 FRACC GARITA DE OTAY TIJUANA B.C SR FERNANDO DE JESUS CAMACHO GONZALEZ TEL 91(66) 27 14 06 AL 08
34 - C ALEJANDRO MERIN WINNITZKY No 15 25 PS 1 12 95 RESIDUOS PELIGROSOS	ALONSO DE VILLASECA No 209-2 COL INDEPENDENCIA BENITO JUAREZ D.F TEL 84-20203 860-0203 860 1549	42 -ARMANDO SOTELO SUAREZ No 08-37 PS 1-05 95 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS	CACAMATZUUM No 7115 COL FRACC DEL REAL 32650 CD JUAREZ CHIH TEL 19 25 57
35 - LAIDLAW ENVIRONMENTAL SERVICES DE MEXICO S A DE C V No 8 37 PS 1-05 95 RESIDUOS PELIGROSOS	BLVD MIGUEL DE LA MADRID Y RODRIGUEZ BORBUJA S/N COL AEROPUERTO CD JUAREZ CHIHUAHUA C GUIMARO VALENZUELA RAMIREZ TEL 91-16 14 7037	43.- TRANSPORTES INTER-MEX, S A DE C V No 15 121 PS 1-10 95 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS	AV INDUSTRIALES No 26 ZONA INDUSTRIAL QUANTILAN EDO DE MEXICO 54730 EDO DE MEXICO
36 - C GLORIA ELENA GARAY GONZALEZ No 30 118 PS 1 01 95 RESIDUOS PELIGROSOS	CALLE PONIENTE 7 No 1035 CRIZABA, VERACRUZ TEL 5 1047 5-1819	44.- DESPERDICIOS Y RECUPERACIONES INDUSTRIALES DE MEXICO, S A DE C V No 15-57 PS 1 03 95 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS	PASEO DE LA PRIMAVERA No 130 2º PISO COL LA FLORIDA 53310 NAUCALPAN EDO DE MEXICO TEL 3 60 30 78 3 60 63 10 FAX 3 60 45 48
37 - CLEAN MEX, S A DE C V. No 28 22 PS 1 05 95 RESIDUOS PELIGROSOS	AV LAURO VILLAR No 1117 COL LAS PALMAS MATAMOROS TAMAULIPAS C ING ENRIQUE VALENZUELA VALADEZ TEL 91 88-138802 13 0589 12 2035	45 - FRANCISCA BURGOS VIZCARRA No 2-2B-PS 1 01 95 TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS	MIGUEL NEGRETE No 1999 B COL NUEVA MEXICALI B.C.
38.- FABRICACION INDUSTRIAL MEXICANA, S A DE C V. No 28-32 PS 1 04 95 RESIDUOS PELIGROSOS	CARRETERA REYINOSA MONTERREY KM 5.2 COL CENTRAL DE ABASTOS REYINOSA TAMAULIPAS ARO GUILLERMO MARQUEZ RUIZ TEL D.F 662-1293	46 - TRANSPORTES AGUILA DE CD. JUAREZ S A DE C V No 08-37B PS 1-17 95 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS	AVENIDA DE LAS AMERICAS No 961 COL MARGARITAS CD JUAREZ CHIH C JOSE MANUEL VILLASANA ASTORGA TEL 13 77-20
39 - MIGUEL RIOS ROSA No 02 4B PS 1 07-95 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS	BLVD TERCERA OESTE FRACC GARITA DE OTAY TIJUANA B.C SR MIGUEL RIOS ROSA TEL 91(66) 23 00 36	47.- TRANSPORTES PG, S A. DE C.V. No 02-4B PS 1 01-96 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS	POPOCATEPETL No 8 FRACC LA SIERRA 22170 TIJUANA B.C C EDUARDO PETERSON GONZALEZ TEL 84-49 48
40 - ADD EXPRESS S A DE C.V. No 02 4B PS 1 07-95 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS	CALLE MAQUILADORAS No 107 SECC DORADA CD INDUSTRIAL MESA DE OTAY TIJUANA B.C SR ABEL DELGADILLO DIAZ TEL 91(66) 23 52 88 AL 90 Y FAX 91(66) 23 52 91	48.- SISTEMAS ECOLOGICOS PARA LA PROTECCION AMBIENTAL, S A. DE C.V. No 02 4B PS 1-03 96 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS	JUAN DE UGARTE No 11062-4 FRACC GARITA DE OTAY TIJUANA B.C C MARIO A SALGUERO R TEL 66 24-44 66-24-72



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
DIRECCION GENERAL DE RESIDUOS, MATERIALES Y RIESGO
EMPRESAS AUTORIZADAS PARA MANEJAR RESIDUOS PELIGROSOS
CONFORME AL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE
EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS (ART.10)

RELACION ACTUALIZADA AL 31 DE JULIO DE 1996. TOTAL DE EMPRESAS: 146

EMPRESA	DIRECCION	EMPRESA	DIRECCION
49 - LAIDLAW ENVIRONMENTAL SERVICES DE MEXICO, S.A. DE C.V. (ANTES OLIMPIA INDUSTRIAL) No 837 PS 165 95 (01) RECOLECCION Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS	HONDURAS 132 NORTE CD JUAREZ, CHIHUAHUA TEL 16-14 7037	56 - JOSE I. VAZQUEZ MARIN Y/O ROSARIO VAZQUEZ MARIN No 21-5-PS-V 03 94 (01) RECOLECCION ALMACENAMIENTO Y ENTREGA DE ACEITES LUBRICANTES USADOS	DOMICILIO CONOCIDO EN EL EX RANCHO SAN JOSE LA LAGUNA AMOZOC PUEBLA TEL 91-227-10434 104 85
50 QUIMICA OMEGA S A DE C V	INDUSTRIA MECANICA DEL PLASTICO INDUSTRIAL CARRILLO ARTEAGA SAN LUIS POTOSI	57 - C JOSE M LAGO CASAREZ SERVICIOS DE MEJORAMIENTO ECOLOGICO CARRILLO ARTEAGA SAN LUIS POTOSI RECOLECCION ALMACENAMIENTO Y ENTREGA DE ACEITES LUBRICANTES USADOS	CALLE 45 No 350 MERIDA YUCATAN SR JOSE M LAGO CASAREZ TEL 24 2582
51 PROAMBIENTE S A DE C V	AV DEL ACERO No 104 COL PARQUE INDUSTRIAL MARIANO ESCOBEDO ESCOBEDO NUEVO LLON	58 PROAMBIENTE S A DE C V (ESTACION TLALNEPANTLA) CARRILLO ARTEAGA SAN LUIS POTOSI RECOLECCION ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE ACEITES LUBRICANTES USADOS	VIA GUSTAVO BARRIO EN EL EX RANCHO SAN JOSE TLALNEPANTLA EDO DE MEXICO TEL 310 2400 310 1525
52 QUIMICA OMEGA S A DE C V	CARRILLO ARTEAGA SAN LUIS POTOSI	59 - QUIMICA OMEGA, S A DE C V (OMEGA TANK) No 9 11 PS II 01-93 (01) RECOLECCION Y TRANSPORTE DE ACEITES LUBRICANTES USADOS	AV MORELOS No 70 B COL PARQUE IND NAUCALPAN NAUCALPAN EDO DE MEXICO TEL 300-4514 300-6781, 3007363 300 7609 300 7832
53 - QUIMICA OMEGA S A DE C V No 24 28 PS II 03 94 (01) RECOLECCION TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO TEMPORAL	CARRILLO ARTEAGA SAN LUIS POTOSI	60. ELECTRO TABLEROS DE CONTROL, S.A. DE C.V. No 10 07-PS III 01-95 (01) RECOLECCION TRANSPORTE ALMACENAMIENTO Y REUSO DE ACEITE LUBRICANTE USADO	BLVD ARMANDO DEL CASTILLO FRANCO No 777 PARQUE INDUSTRIAL LAGUNERO GOMEZ PALACIOS, DGO
54 - NOVACEITES, S A DE C V No 19 19 PS I 14 25 (01) RECOLECCION MANEJO ALMACENAMIENTO TEMPORAL Y ENTREGA DE ACEITES LUBRICANTES	SIMON DE HERRERA Y LEYVA No 112 A COL BUROCRATAS MONTERREY N.L SR LUIS MANUEL SOLIS DE LA FUENTE TEL 3 73 77 69 3 73 97 29	61 - RESIDUOS INDUSTRIALES MULTIQUM, S A DE C.V PLANTA TIJUANA (ANTES CHEMICAL WASTE) LIC No 4165 OFICIO 411 5387 DEL 09 DE SEPTIEMBRE DE 1988	KM 14.5 CARR TIJUANA-ENSENADA TIJUANA B C SR R DAVID McCONNELL TEL 202-7909
55 CASA GALVEZ	CARR TENANGO MARQUEZA KM 21 LOC SANTIAGO TILAPA MPIO SANTIAGO TIANGUISTENCO EDO DE MEXICO SR LUIS GALVEZ GOMEZ TEL 91(713) 10707	62. CHEMEL, S A DE C.V. No 9 3-PS VI-12-94 EXPORTACION DE PCBs	AV INSURGENTES SUR No 1480 PISO 12 COL INSURGENTES MIXCOAC MEXICO D F ING JOSE MANUEL AVELAN G TEL 5-243960, 529 9809



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
SEMARAT

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
DIRECCION GENERAL DE RESIDUOS, MATERIALES Y RIESGO
EMPRESAS AUTORIZADAS PARA MANEJAR RESIDUOS PELIGROSOS
CONFORME AL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE
EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS (ART 10)

RELACION ACTUALIZADA AL 31 DE JULIO DE 1996. TOTAL DE EMPRESAS: 146

EMPRESA	DIRECCION	EMPRESA	DIRECCION
63.- ECOLOGIA, LABORATORIOS Y CONSULTORES DE MEXICO S.A. DE C.V. No. 5-10 PS-101-95 EXPORTACION DE PCBs	DIVISION DEL NORTE No. 126 COL DEL VALLE BENITO JUAREZ 03100 MEXICO D.F. M.C. EDITH EMIKO MIYASAKI K TEL 543-9799 536 6114	68.- DOFESA, S.A. DE C.V. No. 10-11-PS-101-95 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO INFECTIOSOS	MARIANA NACIONAL No. 205 COL TACUBA 11410 MEXICO D.F. TEL 359-5144 359-7455
64.- AARON FERER AND SONS Co. No. 5-10 PS-101-95 EXPORTACION DE CENIZAS CON PENTOXIDO DE SODIO	TEPIC 111-A COL LOS HIERROS FIEBRAS NEGRAS COAHUILA SR. JOSE R. BARROSA SOSA TEL 583-4162	69.- SOCIEDAD COOPERATIVA DE DESPERDICIOS INDUSTRIALIZABLES JOYSA, S.C.L. No. 08-37B PS-101-95 RECOLECCION, TRANSPORTE Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS BIOLÓGICO INFECTIOSOS	TEPECUILTEPEC No. 519 COL MEXICO D.F. CARR. PANAMA 1000 TEL 424-4555
65.- INGESAN S.A. DE C.V. No. 5-10 PS-101-95 EXPORTACION DE PCBs	BOSQUES DE CIRILOS No. 100 COL BOSQUES DE LAS LOMAS 11700 MEXICO D.F. SR. MANUEL BENET GIRALT TEL 251-3881 251-4621	70.- RECONSTRUCTORA DE MAQUINARIA MUNICIPAL S.A. DE C.V. No. 15-18 PS-101-95 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO INFECTIOSOS	AV. DEL ACERO No. 104 COL PARQUE INDUSTRIAL MARIANO ESCOBEDO NUEVO LEON TEL 202-7544 202-7412
66.- ECOSISTEMAS NACIONALES, S.A. DE C.V. No. 5-10 PS-101-95 EXPORTACION DE PCBs	MORELOS No. 70 B PARQUE INDUSTRIAL NAUCALPAN NAUCALPAN EDO DE MEXICO	71.- C. OSCAR FERNANDO RODRIGUEZ ROJAS No. 15-33-PS-106-95 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE ACEITE LUBRICANTE GASTADO	PEMEX No. 13 COL SANTA MARIA TULPETLAC C.P. 55400 ECATEPEC EDO DE MEXICO C. OSCAR FERNANDO RODRIGUEZ ROJAS
67.- SEGURIDAD ELÉCTRICA MEXICANA, S.A. No. 5-10 PS-101-95 EXPORTACION DE PCBs	TABASCO No. 275 COL ROMA 05740 MEXICO D.F. TEL 5-14-28-88		
II.- ALMACENAMIENTO (ACTIVIDAD TEMPORAL DE EMPRESAS DE SERVICIO)			
1.- LAIDLAW ENVIRONMENTAL SERVICES DE MEXICO, S.A. DE C.V. (ANTES OLIMPIA INDUSTRIAL) No. 8-37 PS-105-95 (02) RECOLECCION Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS	HONDURAS 132 NORTE CD. JUAREZ CHIHUAHUA TEL 16-14-7037	4.- PROAMBIENTE, S.A. DE C.V. No. 19-21 PS-II-03-94 (02) RECOLECCION, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO TEMPORAL	AV DEL ACERO No. 104 COL PARQUE INDUSTRIAL MARIANO ESCOBEDO ESCOBEDO NUEVO LEON
2.- QUIMICA OMEGA, S.A. DE C.V. No. 14-120 PS-II-01-93 (02) RECOLECCION, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO TEMPORAL	INDUSTRIA MECANICA No. 2168 FRACC INDUSTRIAL ZAPOPAN NORTE, ZAPOPAN JALISCO TEL 202-7544	5.- QUIMICA OMEGA, S.A. DE C.V. No. 24-28-PS-II-03-94 (02) RECOLECCION, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO TEMPORAL	CARR A ZACATECAS No. 430 FRACC STA ROSA SAN LUIS POTOSI S.L.P. TEL 202-7544 202-7412
3.- PACIFIC TREATMENT ENVIRONMENTAL SERVICES S.A. DE C.V. No. 2-4 PS-II-07-93 (02) RECOLECCION, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO TEMPORAL	CALLE DOS ORIENTE No. 6926 CD INDUSTRIAL NUEVA TIJUANA TIJUANA B.C. TEL 9166-235200	6.- NOVACEITES, S.A. DE C.V. No. 19-39 PS-I-14-95 (02) RECOLECCION, MANEJO, ALMACENAMIENTO TEMPORAL Y ENTREGA DE ACEITES LUBRICANTES	SIMON DE HERRERA Y LEYVA No. 212 A COL BUROCRATAS MONTERREY, N.L. SR. LUIS MANUEL SOLIS DE LA FUENTE TEL 3-73-77-09 3-73-97-29



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
SERVICIO 11

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
DIRECCION GENERAL DE RESIDUOS, MATERIALES Y RIESGO
EMPRESAS AUTORIZADAS PARA MANEJAR RESIDUOS PELIGROSOS
CONFORME AL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE
EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS (ART.10)

RELACION ACTUALIZADA AL 31 DE JULIO DE 1996. TOTAL DE EMPRESAS: 146

EMPRESA	DIRECCION	EMPRESA	DIRECCION
7.- CASA GALVEZ No 15 101-PS V 15 95 (02) RECOLECCION TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE RESIDUOS PELIGROSOS	CARR TENANGO MARQUEZA KM 21 LOC SANTIAGO TILAPA MPIO SANTIAGO TIANGUISTENCO EDO DE MEXICO SR LUIS GALVEZ GOMEZ TEL 91(713) 10707	10.- PROAMBIENTE, S.A. DE C.V. (ESTACION TLALNEPANTLA) No 15-104 PS-II-11-94 (02) RECOLECCION TRANSPORTE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE ACEITES LUBRICANTES USADOS	VIA GUSTAVO BAZ No 4865 COL BARRIENTOS TLALNEPANTLA EDO DE MEXICO TEL 310 2400 310 1525
8.- JOSE I VAZQUEZ MARIN Y/O ROSARIO VAZQUEZ MARIN No 21 51 PS V 33 84 (02) RECOLECCION ALMACENAMIENTO Y ENTREGA DE ACEITES LUBRICANTES USADOS	DOMICILIO CONOCIDO EN EL EX RANCHO SAN JOSE LA LAGUNA AMOZOC PUEBLA TEL 91 227 10434 104 85	11.- QUIMICA OMEGA, S.A. DE C.V (OMEGA TANK) No 9-11-PS II-01-93 (02) RECOLECCION Y TRANSPORTE DE ACEITES LUBRICANTES USADOS	AV MORELOS No 70 B COL PARQUE IND NAUCALPAN NAUCALPAN EDO DE MEXICO TEL 300-4514 300-5781 300-7711 300-7809 300-7832
9.- C. JOSE M LAGO CASAREZ SERVICIOS DE MEJORAMIENTO ECOLOGICO No 24 101 PS V 24 101 TRANSPORTE ALMACEN Y ENTREGA DE ACEITES LUBRICANTES USADOS	CALLE 45 No 350 MERIDA YUCATAN SR JOSE M LAGO CASAREZ TEL 24 2982	12.- ELECTRO TABLEROS DE CONTROL, S.A. DE C.V. No 10 07 PS III 01 95 (02) RECOLECCION TRANSPORTE ALMACENAMIENTO Y REUSO DE ACEITE LUBRICANTE USADO	BLVD ARMANDO DEL CASTILLO TRAFICO No 777 PARQUE INDUSTRIAL LAGUNA RD GOMEZ PALACIOS EDO
III.- ALOJAMIENTO			
IV.- REUSO			
1.- RECUPERADORA RUMA, S.A. DE C.V No 15 33 PS V 14 95 RECOLECCION TRANSPORTE ALMACENAMIENTO Y REACONDICIONAMIENTO DE TAMBORES METALICOS	ERNESTO PUGIBET No 36 FRACC INDUSTRIAL XALOSTOC ECATEPEC EDO DE MEXICO SR RUBEN MONROY CASAS TEL 7 14 05 73	3.- C. EUSTACIO GARCIA LOPEZ No 15-02 PS-V-22-95 RECOLECCION TRANSPORTE LAVADO Y PINTADO DE ENVASES VACIOS DE PLASTICO Y METAL	VEJUSTIANO CARRANZA No 130 COL LOS ANGELES MPIO DE TOTOLCINGO) ACOLMAN EDO DE MEXICO SR EUSTACIO GARCIA LOPEZ TEL 915 9 57 09 82
2.- BARRILES METALICOS, S.A. DE C.V. No 19 03 PS V 15 95 RECOLECCION TRANSPORTE ALMACENAMIENTO Y REACONDICIONAMIENTO DE TAMBORES METALICOS	EUGENIO A BENAVIDES 205 B COL MOISES SAENZ 55615 APODACA J.L TEL (518) 3 85 08-74 3 85 08 78 3 85-09 64	4.- ENVASES SAN MIGUEL, S.A. DE C.V. No 15 13 PS V-21 95 RECOLECCION TRANSPORTE Y REACONDICIONAMIENTO DE TAMBORES METALICOS	COATLICUE No 11 COL SAN MIGUEL XOCHIMANGA ATIZAPAN DE ZARAGOZA EDO DE MEXICO SR PEDRO RIOS PALOMO TEL 5 97 49 20
V.- TRATAMIENTO			
V.1 TRATAMIENTO DE ACEITES CONTAMINADOS CON BIFENILOS POLICLORADOS			



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
SEMARNAP

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
DIRECCION GENERAL DE RESIDUOS, MATERIALES Y RIESGO
EMPRESAS AUTORIZADAS PARA MANEJAR RESIDUOS PELIGROSOS
CONFORME AL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE
EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS (ART.10)

RELACION ACTUALIZADA AL 31 DE JULIO DE 1996. TOTAL DE EMPRESAS 146

EMPRESA	DIRECCION	EMPRESA	DIRECCION
V.2.- TRATAMIENTO DE RESIDUOS "IN SITU"			
1.- GRUPO ECOLOGICO MUSA, S.A. DE C.V. LIC 4773 TRATAMIENTO "IN SITU" DE RESIDUOS CON HIDROCARBUROS	RIO TIBER No 103 602 COL. CUAUHTEMOC 05500 MEXICO D.F. SR MARCO A GONZALEZ	8.- GEO PETROL, S.A. DE C.V. No 9 3 PS V 08 94 TRATAMIENTO "IN SITU" DE RESIDUOS DE HIDROCARBUROS	TEHUACAN No 17 COL. NAPOLES MEXICO D.F. C. MARTHA A. BERNAL TRUJANO TEL. 682 54 21 093 23 28 562 52 72
2.- CONSORCIO GHES INDUSTRIAL, S.A. DE C.V. No 9 1 PS V 04 94 TRATAMIENTO "IN SITU" DE RESIDUOS CON HIDROCARBUROS	CALLE DEL VALLE No 371 COL. AMPLIACION MAGISTERIO SALTILLO COAHUILA ING ENRIQUE SANCHEZ TEL 31-2394 31 3325	9.- INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL SERVICE, S.A. DE C.V. No 9 9 PS V-01 94 TRATAMIENTO "IN SITU" DE RESIDUOS DE HIDROCARBUROS	CARLOS J. FERRAZ No 6 FISCOS COL. FISCOS MEXICO D.F. ING. GERARDO COLLA TEL. 281-7470
3.- HABILITACION PETROLERA INTEGRAL, S.A. DE C.V. No 9 1 PS V 04 94 TRATAMIENTO "IN SITU" DE RESIDUOS DE HIDROCARBUROS	FRANCIA No 171 COL. FLORIDA ALVARO OBREGON D.F. C. ING. ANGEL PECINA SANCHEZ TEL 689-3353 652-0002 662-5131	10.- ALL WASTE SERVICIOS INDUSTRIALES DE CONTROL ECOLOGICO, S.A. DE C.V. No 9 11 PS V 09 94 TRATAMIENTO "IN SITU" DE RESIDUOS DE HIDROCARBUROS	EDGAR ALLAN POE No 55 COL. ENLAFRANCO MEXICO D.F. ING. GUILLERMO ROCA TEL 280 2488 280 2453 FAX 281-4919
4.- CONSTRUCTORA Y ARRENDADORA GANDARA, S.A. DE C.V. No 9 1 PS V 04 94 TRATAMIENTO "IN SITU" DE RESIDUOS DE HIDROCARBUROS	FRANCIA No 171 COL. FLORIDA ALVARO OBREGON D.F. C. ING. ANGEL PECINA SANCHEZ TEL 689 3353 652 0002 662-5131	11.- TECNOLOGIA ESPECIALIZADA DE CONTROL AMBIENTAL, S.A. DE C.V. No 28 38 PS V-01 94 TRATAMIENTO "IN SITU" DE RESIDUOS DE HIDROCARBUROS	ALVARO OBREGON No 103 ORIENTE ESPACHO 604 ZONA CENTRO TAMPICO TAMAULIPAS LIC. ROGERIO AILLOUD CONTRERAS TEL (12) 12 43 66 12 79 72 FAX (12) 12 91-54
5.- CONSTRUCTORA 21 DE ABRIL, S.A. DE C.V. No 9 1 PS V 05 94 TRATAMIENTO "IN SITU" DE RESIDUOS DE HIDROCARBUROS	FRANCIA No 171 COL. FLORIDA ALVARO OBREGON D.F. C. ING. ANGEL PECINA SANCHEZ TEL 689-3353 652 0002 662-5131	12.- SUMINISTROS INDUSTRIALES CARRIZALES, S.A. DE C.V. No 4-3 PS-V-01-94 TRATAMIENTO "IN SITU" DE RESIDUOS DE HIDROCARBUROS	CALLE 35 B No 45 COL. FATIMA CD. DEL CARMEN CAMPECHE ING. JORGE R. NORDHAUSEN TEL 91-938 22-938
6.- INGENIERIA Y CALDERAS, S.A. DE C.V. No 9 1 PS V 05 94 TRATAMIENTO "IN SITU" DE RESIDUOS DE HIDROCARBUROS	FRANCIA No 171 COL. FLORIDA ALVARO OBREGON D.F. C. ING. ANGEL PECINA SANCHEZ TEL 689-3353 652 0002 662 5131	13.- LEMARGO INDUSTRIAL, S.A. DE C.V. No 30 39 PS-V-01 94 TRATAMIENTO "IN SITU" DE RESIDUOS DE HIDROCARBUROS	AV. UNIVERSIDAD VERACRUZANA KM 6.7 FRACC. RANCHO ALEGRE II COATZACOALCOS VERACRUZ ARO. CARLOS LEYVA TEL 867-38
7.- GRUPO PERIOTEC S.A. DE C.V. No 9 4 PS V 04 94 TRATAMIENTO "IN SITU" DE RESIDUOS DE HIDROCARBUROS	AV. PACIFICO No 468-F COL. EL ROSEDAL COYOACAN D.F. ING. GUILLERMO ELIZONDO B. CALDERON TEL 689 9588 689 5042 689 9673 689 5476	14.- CONSTRUCTORA AMERICANA CONTINENTAL, S.A. DE C.V. No 15 104 PS V 10 94 TRATAMIENTO "IN SITU" DE RESIDUOS DE HIDROCARBUROS	VIVEROS DE ASIS No 30 B COL. VIVEROS LA LOMA TLALHEPANTLA EDO DE MEXICO ING. JESUS MEYER TEL 361 3854 361-3923



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
SINIAENAF

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
DIRECCION GENERAL DE RESIDUOS, MATERIALES Y RIESGO
EMPRESAS AUTORIZADAS PARA MANEJAR RESIDUOS PELIGROSOS
CONFORME AL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE
EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS (ART. 10)

RELACION ACTUALIZADA AL 31 DE JULIO DE 1996. TOTAL DE EMPRESAS: 146

EMPRESA	DIRECCION	EMPRESA	DIRECCION
15 - CONSTRUCTORA Y PERFORADORA AZTECA, S.A. DE C.V. No. 19 PS-V-13-95 TRATAMIENTO "IN SITU" DE RESIDUOS DE HIDROCARBUROS	RIO VERDE No. 109 COL. MIRAVALLE C.P. 64560 MONTERREY, NL ING. TOMAS COMPEAN BARRIOS TEL. 51(8) 3 78 79 04 3 78 64 40	19.- ZAPATA INTERNACIONAL, S.A. DE C.V. No. 9 5 PS-V-19-95 TRATAMIENTO "IN SITU" DE RECORTES DE LA PERFORACION DE POZOS PETROLEROS IMPREGNADOS CON DIESEL Y DERIVADOS DE HIDROCARBUROS (LOCOS DE EMULSION INVERSA)	CALLE SAN LUIS POTOSI No. 1245 COL. RODRIGUEZ REYNOSA TAMAULIPAS ING. JUAN RENE RIVERA MARTINEZ TEL. 24 6172
16 - ECOLOGICA DEL CENTRO, S.A. DE C.V. No. 11 PS-V-13-95 TRATAMIENTO "IN SITU" DE RESIDUOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS	EMILIANO ZAPATA No. 328 BARRIO DE GUACALUPÉ C.P. 20555 AGUASCALIENTES, AGS SR. JUAN ALBERTO ESCOBAR CORTES TEL. 51(45) 17 34 57	20 - LOI SERGIO A. CABRERA Y/O SERVICIOS DE INGENIERIA Y CONSULTORIA AMBIENTAL No. 15 32 PS-V-19-95 (TEMPORAL) TRATAMIENTO "IN SITU" DE RECORTES DE LA PERFORACION DE POZOS DE GAS O PETROLEO CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS	MIGUEL ALFONSO MARTINEZ COL. LUIS ECHEVERRIA C.P. 60 MONTERREY, TAMAULIPAS LOI SERGIO A. CABRERA Y/O
17 - GRUPO INTERNACIONAL MARC, S.A. DE C.V. No. 11 PS-V-13-95 TRATAMIENTO "IN SITU" DE LOCOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS	CAMELIATO No. 1 COL. GUERRERO DELGO CUAUHTEMOC MEXICO D.F. C. APOLINAR LEON BETANZOS TEL. 7 72 07 99 5 25 70 55	21 - GEA NIRO DE MEXICO, S.A. DE C.V. No. 15 57 PS-V-28-96 (TEMPORAL) TRATAMIENTO "IN SITU" DE LODOS ACEITOSOS PROVENIENTES DEL ALMACENAMIENTO EXPLOTACION Y REFINACION DEL PETROLEO CRUDO	AV. LOMAS VERDES No. 291 FINCA COL. JARDINES DE SATELITE 53125 NAUCALPAN (DE JUAREZ) EDO. DE MEXICO C.P. ERNESTO JAVIER CAMPOS CERRANOS TEL. 343-99-33
18 - SISTEMAS INTEGRALES AMBIENTALES S.A. DE C.V. No. 9 4 PS-V-22-95 REMEDIACION DE SUELOS "IN SITU" DE MATERIALES CONTAMINADOS CON COMPUESTOS ORGANICOS E INORGANICOS HIDROCARBUROS	PENNSYLVANIA 151-A DESP. 103 COL. PARQUES SAN ANDRES 04040 MEXICO D.F. C. OLIVIA REYES REYES TEL. 5 44 67 17	22.- PRESION Y VACIO, S.A. DE C.V. (PYVSA) No. 28-38 PS-V-06-95 TRATAMIENTO "IN SITU" DE LODOS ACEITOSOS	BEFUNIA No. 401 COL. FLORES 89220 TAMPICO TAMAULIPAS ING. GUILLERMO DAVILA MORA TEL. 13-12-89 13-12-91 17-20-39
V.3.- TRATAMIENTO "IN SITU" DE SITIOS CONTAMINADOS POR RESIDUOS PELIGROSOS			
1 - ECOPROTECCION AMBIENTAL, S.A. DE C.V. No. 15 57 PS-V-13-95 REMEDIACION DE AREAS SUPERFICIALES CONTAMINADAS CON HIDROCARBUROS Y LODOS	SAN ANDRES ATOTO No. 19 COL. INDUSTRIAL ATOTO NAUCALPAN EDO. DE MEXICO ING. JESUS SORIA DIAZ TEL. 5 76 18 44	3 - DALGETY, S.A. DE C.V. No. 8 37 PS-V-06-95 TRATAMIENTO "IN SITU" DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS	RIO NILO No. 4049 6 COL. CORDOBA AMERICANA CD. JUAREZ CHIH. C.P. RUBEN G. ESCALANTE SANDOVAL TEL. 91(16) 13 81 84 91(5) 6 87 15 53
7 - SERVICIOS ECOLOGICOS INTEGRAL, S.A. DE C.V. No. 11 PS-V-13-95 TRATAMIENTO "IN SITU" DE SUELOS Y LODOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS	FELIX CUEVAS No. 301 DESP. 107 Y 112 COL. DEL VALLE 03100 MEXICO D.F. LIC. CARLOS MENDEZ OROZCO TEL. 5 24 48 18	4 - SAYE, S.A. DE C.V. No. 9 5 PS-V-19-95 TRATAMIENTO "IN SITU" DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS	PASEO DE LA REFORMA 2977 COL. EL MOLINITO 05000 CUAJIMALPA DE MORELOS MEXICO D.F. ING. FRANCISCO PEREZ VAZQUEZ TEL. 6 26 54 00



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA
SEMARNAP

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA
DIRECCION GENERAL DE RESIDUOS, MATERIALES Y RIESGO
EMPRESAS AUTORIZADAS PARA MANEJAR RESIDUOS PELIGROSOS
CONFORME AL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE
EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS (ART.10)

RELACION ACTUALIZADA AL 31 DE JULIO DE 1996. TOTAL DE EMPRESAS. 146

EMPRESA	DIRECCION	EMPRESA	DIRECCION
VI.- RECICLAJE			
VI.1.- RECICLAJE DE SOLVENTES SUCIOS			
1.- QUIMICA OMEGA, S.A. DE C.V. (OMEGA TANK) No. 211 PS V-01 93 (03) RECOLECCION, TRANSPORTE E INSTALACION DE TANQUES PARA ALMACENAMIENTO DE SOLVENTES	AV MORELOS No 70 B PARQUE INDUSTRIAL NAUCALPAN NAUCALPAN EDO DE MEXICO TEL 320 4514 320 5781 320 320 320 326 320 1832	8.- RECICLADOS CALIFORNIA LIC No 7620 RECOLECCION, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE SOLVENTES	CALLE 25 SUBDIVISION 15 MZ/A 8 CD INDUSTRIAL TIZAYUCA HIDALGO TEL 91 (779) 635-47 91 (800) 562-44
2.- SOLVENTES SAN MARTIN No. 211 PS V-01 93 RECICLAJE DE SOLVENTES USADOS Y LAVADO DE TAMBORES	FRACC INDUSTRIAL BENITO JUAREZ QUERETARO TEL 17-0141 17-0497	9.- SOLVER S.A. DE C.V. No. 15 29 PS V-04 94 RECOLECCION, TRANSPORTE Y RECICLAJE DE SOLVENTES Y MEZCLAS ACUOSAS CON LAVADO DE TAMBORES	AV DEL ACERO No. 102 COMPLEJO INDUSTRIAL MARIANO ESCOBEDO RIVERO LEON ING. MARCELO FERNANDEZ TEL 384 8421 384 8245 FAX 348 8301
3.- RECUPERACION INDUSTRIAL DE DESECHOS LIC No 4904 RECICLAJE DE SOLVENTES	TECAMAZUCHITL S/N COL AMPLIACION STA CATERINA CHALCO EDO DE MEXICO TEL 842-0203 539-3692 860-0203 860-1549	10.- QUIMCOMPUESTOS S.A. DE C.V. No. 13 65 PS V-01 94 RECOLECCION, TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO TEMPORAL Y RECICLAJE DE SOLVENTES	ACCESO II No. 14 FRACC INDUSTRIAL BENITO JUAREZ QUERETARO ORO ING. ALEJANDRO MOISIDELES TEL 17-0141 17-0497
4.- QUIMICA OMEGA S.A. DE C.V. LIC No 4904 RECICLAJE DE SOLVENTES	CALLE LITICE No. 9 PARQUE INDUSTRIAL TENATIGO DEL VALLE EDO DE MEXICO TEL 282-4732 Y 282-9236	11.- ECOQUIM No. 19 21 PS-V-04 94 RECOLECCION, TRANSPORTE Y RECICLAJE DE SOLVENTES Y MEZCLAS ACUOSAS CON LAVADO DE TAMBORES	LOTE 5 SUBDIVISION 15 MZ/A 8 CD INDUSTRIAL TIZAYUCA HIDALGO ING. FRANCISCO CADEJA URIBE TEL 91 (779) 635-47 91 (800) 562-44
5.- REIND QUIMICA, S.A. DE C.V. No. 15 29 PS V-04 94 RECICLAJE DE SOLVENTES Y RECONDICIONAMIENTO DE TAMBORES	CAMINO ANTIGUO A CHIMALHUACAN S/N SAN JOSE CHICULOAPAN CHICULOAPAN DE JUAREZ EDO DE MEXICO TEL (91-592)15 378 15320 15921 15938	12.- PROVEEDORES QUIMICOS Y MATERIALES, S.A. DE C.V. No. 22-14 PS-V-01 94 RECOLECCION, TRANSPORTE Y RECICLAJE DE SOLVENTES MATAS DE PINTURA Y EMULSIONES ACEITE-AGUA	REPUBLICA DOMINICANA No. 306 FRACC LAS AMERICAS C.P. 20203 AGUASCALIENTES AGS SR GILBERTO CORNEJO PEREZ TEL 91(49) 78 24 57
6.- RESIDUOS INDUSTRIALES MULTIQUIM, S.A. DE C.V. PLANTA TIJUANA (ANTES CHEMICAL WASTE) LIC No 4453 OFICIO No 411-4132 DEL 21 DE JUNIO 89 RECICLAJE DE SOLVENTES	KM 14.5 CARR TIJUANA ENSENADA TIJUANA B.C. GENE DAVIDSON GERENTE GENERAL TEL 91-150 84-1735	13.- TIZAQUIM, S.A. DE C.V. No. 13 65 PS V-01 94 RECOLECCION, TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y RECICLAJE DE SOLVENTES	
7.- QUIMICA WIMER S.A. DE C.V. No. 15 29 PS V-04 94 RECICLAJE DE RESIDUOS PELIGROSOS	CALLE TECAMAZUCHITL S/N COL AMPLIACION STA CATERINA CHALCO EDO DE MEXICO TEL 842-0203 539-3692 860-0203 860-1549	14.- OXISOLV DE AGUASCALIENTES No. 1-1 PS V-02 95 TRATAMIENTO DE SOLVENTES BIODEGRADABLES COMPUESTOS DE GRASAS Y ACEITES	



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
IN-ENAP

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
DIRECCION GENERAL DE RESIDUOS, MATERIALES Y RIESGO
EMPRESAS AUTORIZADAS PARA MANEJAR RESIDUOS PELIGROSOS
CONFORME AL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE
EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS (ART.10)

RELACION ACTUALIZADA AL 31 DE JULIO DE 1996. TOTAL DE EMPRESAS: 146

EMPRESA	DIRECCION	EMPRESA	DIRECCION
15.- CROM QUIMICA, S.A. DE C.V. No 9 08 PS-V-18-95 RECICLAJE Y MAQUILA DE SOLVENTES INDUSTRIALES	CALLE DOS No 189 COL PANTITLAN DELEG IZTACALCO MEXICO D F ING JUAN MANUEL SAID OLVERA TEL 558 07 15 558 16 53	17.- PROTECCION ANTICORROSIVA DE CUAUTITLAN, S.A. DE C.V. No 15-24-PS III 25-95 REUSO DE SOLVENTES RECUPERADOS PARA LA FABRICACION DE IMPERMEABILIZANTES ASFALTICOS	TECOA No 1 COL BARRIO TECOA 54800 CUAUTITLAN EDO DE MEXICO SR VICTOR MANUEL OLVERA VILLANUEVA TEL 8 72-75-44 FAX 8 72-30 19
16.- CROM QUIMICA BLOCK, S.A DE C.V. No 31-27-PS III 4-95 RECOLECCION TRANSPORTE ALMACENAMIENTO Y MAQUILA DE SOLVENTES	KM 65 (ANTES KM 306) CARR DELAYA SALAMANCA SALAMANCA GTO SR MARCO AURELIO CALERCO FIGUEROA TEL 555 44 2 65 16 43		
VI 2 - RECICLAJE DE LUBRICANTES USADOS			
1. JUAN R SANTOS NIETO No 11-20-PS V 03-95 RECICLAJE DE ACEITES LUBRICANTES USADOS	EDIFICIO CONOCIDO PRIMER BARRIO DE SAN AGUSTIN NICOLAS ROMERO EDO DE MEXICO TEL 94 559 2444	6.- DIATOR DE MEXICO, S.A DE C.V. No 11-20 PS V 03-95 FORMULACION DE ACEITES LUBRICANTES LIQUIDOS Y GRASAS	MAR ROJO 301 COL LINDAS TLAQUEPAN 37300 LEON GTO TEL 91(47) 1715 00 1719 95 TEL (MEX) 3 92 72 72
2. NOVACEITES S.A DE C.V. CALLE DEL AGUA 2393 DEL 1504/93 MANEJO DE ACEITES LUBRICANTES USADOS	SIMON HUENIPPA Y LEYVA No 212-A COL BUROCRATAS MONTERREY NUEVO LEON TEL 73 7709 73-9729	7 - INDUSTRIA NACIONAL DE LUBRICANTES, S.A DE C.V (INLUBSA) No 14 120-PS V 05 95 RECOLECCION TRANSPORTE ALMACENAMIENTO Y RECICLAJE DE ACEITES LUBRICANTES USADOS	PRIVADA DE LOS OLIVOS No 100 C P 45150 ZAPOPAN JALISCO APARTADO POSTAL 4 ING E GUSTAVO PEÑA QUIRARTE TEL 656 12 38 656 13 49
3. ECOLOGIA Y LUBRICANTES, S.A DE C.V. No 15 13-PS V 03 93 RECICLAJE DE ACEITE LUBRICANTE USADO INCLUYE RECOLECCION TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO	AV ADOLFO LOPEZ MATEOS No 3 MEXICO NUEVO ATIZAPAPAN PARAGOZA EDO DE MEXICO TEL 822 7 7 52-5843	8.- TEBO, S.A DE C.V. No 15 57-PS-V-18-95 ALMACENAMIENTO Y RECICLAJE DE PERCLOROETILENO-ACEITE DE CORTE	FERROCARRIL No 5 FRACC IND ALCE BLANCO TUAUCALPAN DE JUAREZ EDO DE MEXICO SR ARTURO MARTINEZ RUIZ TEL 5 53 49 68 5 53 71 56 5 76 58 77
4.- PRODUCTOS LUBRIFORM, S.A DE C.V. No 9 3 PS V 07 93 TRATAMIENTO IN SITU DE ACEITES INDUSTRIALES	RUMATIA No 923 BENITO JUAREZ, D.F SR JORGE ELIZARRAZ TEL 604 6394 604-6688	9.- MASTIQUES Y CONSTRUPLASTICOS, S.A. DE C.V. No 15-62-PS III-26 95 RECOLECCION TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y REUSO DE ACEITE LUBRICANTE USADO PARA LA FABRICACION DE MASTIQUE	KM 2 CAMINO AMOMOLULCO OCOYOACAC ZONA INDUSTRIAL OCOYOACAC EDO DE MEXICO ING JOSE ANGEL VERDUGO PEREZ TEL 917 2 85 18 99 2 16 15 82 2 87 58 99
5. MAQUILADORA DE LUBRICANTES, S.A DE C.V. No 11-20-PS V 03-95 RECOLECCION TRANSPORTE ALMACENAMIENTO Y MAQUILA DE ACEITES LUBRICANTES USADOS	PORFIRIO TREVIÑO ARREOLA No 233 COL DEL NORTE MONTERREY NUEVO LEON		

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
DIRECCION GENERAL DE RESIDUOS MATERIALES Y PELIGROSOS
EMPRESAS AUTORIZADAS PARA MANEJAR RESIDUOS PELIGROSOS
CONFORME AL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE

EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS (ART 10)

RELACION ACTUALIZADA AL 31 DE JULIO DE 1996 TOTAL DE EMPRESAS: 146

EMPRESA	DIRECCION	EMPRESA	DIRECCION
VI.3.- RECICLAJE DE METALES			
1.- INDUSTRIAS DEUTCH, S.A. DE C.V. No 15 121 PS V 09 94 RECOLECCION TRANSPORTE ALMACENAMIENTO Y RECICLAJE DE ESCORIA DE PLOMO	ANTONIO LAVOISIER No 51 COL PARQUE INDUSTRIAL CUAMAHTLA CUAUTITLAN IZCALLI EDO DE MEXICO	4.- OAPA, S.A. DE C.V. No 29 33 PS III-02 95 RECICLAJE DE PESQUIS INDUSTRIALES (CON CONTENIDO DE ASBESTO)	CARR PUERBA TLAXCALA KM 14.5 CORRI (COR INDUSTRIAL XICCHITICATEL PAPALOTLA TLAXCALA ING ALEJANDRO OLARTE PUERBA TEL 911245) 20 05 55
2.- ACUMULADORES MEXICANOS, S.A. DE C.V. (PLANTA TLAXCALA) TEL 911245 RECICLAJE DE PLOMO DE BATERIAS USADAS	KM 24 CARRETERA TLAXCALA PUERBA COL SAN FRANCISCO PAPALOTLA TLAXCALA ING LUIS L. CASAS MORALES TEL 51 22 810177	5.- PROCESOS QUIMICOS ESPECIALIZADOS, S.A. DE C.V. No 16 49 PS V 01 95 RECUPERACION DE OIL Y GRASA VEGETAL RETIENIDA EN CANTINACUPE ASOCIADOS DE NIQUEL Y HIERRO (ESTOMACAS)	AFARIA (CORRI) DE SAN JUAN RECUPERACION DE OIL Y GRASA VEGETAL ING LUIS A. BLANCO GONZALEZ TEL 3 55 51 34 3 81 02 71 (CORRI)
3.- ACUMULADORES MEXICANOS, S.A. DE C.V. (PLANTA CIENEGA DE FLORES, N.L.) No 33 111 PS V 02 94 RECOLECCION TRANSPORTE ALMACENAMIENTO Y RECUPERACION DEL PLOMO DE BATERIAS USADAS	KM 24 CARRETERA MONTERREY Y NVO LAREDO CIENEGA DE FLORES NUEVO LEON ING ROMAN VILLARREAL GONZALEZ TEL 329 8000		
VI.4.- MANEJO INTEGRAL PARA PREPARACION DE COMBUSTIBLE ALTERNO			
1.- PROAMBIENTE, S.A. DE C.V. No 5 35 PS V 02 94	BOULEVARD CEMENTOS PEÑALES KM 4 TORREON COAHUILA ING MARTIN ESPINOZA TEL 91-8-3635411 FAX 91-8-3-63 5755	3.- QUIMICA OMEGA, S.A. DE C.V. No 15 90 PS V 03 93 RECOLECCION TRANSPORTE Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS PARA ELABORAR COMBUSTIBLE ALTERNO	AV MORELOS No 70 B PARQUE INDUSTRIAL NAUCALPAN NAUCALPAN EDO DE MEXICO TEL 300 4514 300 6781 300 7363 300 7809 300-7832
2.- ECOLTEC S.A. DE C.V. No 5 27 PS V 03 94	CARR SALTILLO-MONTERREY KM 23 5 RAMOS ARIZPE, COAHUILA ING MIGUEL M DE LA ROSA TFL 202 8474		
VII.- INCINERACION			
VII.1.- INCINERACION DE COMBUSTIBLE ALTERNO			
1.- CEMENTOS PORTLAND MOCTEZUMA OFICIO No. AHO (GNA-10992 QUEMA EN HORNO CEMENTERO	INSURGENTES No 33 JIUTEPEC MORELOS ING RODOLFO ANGUIANO TEL 19-0015 19 0610	2.- CEMENTOS APASCO, S.A. DE C.V. (ECOLTEC) No 5-27-PS-VI-08 95 QUEMA EN HORNO CEMENTERO	KM 23 5 CARR SALTILLO-MONTERREY RAMOS ARIZPE COAHUILA ING VICENTE GALDEANO BAZAN TEL (84) 11 33 00 11 33 94



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
SEMARNAP

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
DIRECCION GENERAL DE RESIDUOS, MATERIALES Y RIESGO
EMPRESAS AUTORIZADAS PARA MANEJAR RESIDUOS PELIGROSOS
CONFORME AL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE
EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS (ART. 10)

RELACION ACTUALIZADA AL 31 DE JULIO DE 1996. TOTAL DE EMPRESAS: 146

EMPRESA	DIRECCION	EMPRESA	DIRECCION
3 - CEMENTOS MEXICANOS, S.A. DE C.V. No. 35 PS-VI-69-95 QUEMA EN HORNO CEMENTERO	CARR No 30 KM 3.5 FRACC LORETO TORREGI COAH ING EUGENIO POMAH MARK TEL (17) 30 50 52		
VII.2 INCINERACION DE RESIDUOS			
1 - BAYER DE MEXICO SA DE CV No. 17 11 GM VI-02 95 INCINERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS	VIA MORELOS No 300 E COL STA CLARA CUAUTILAN 55540 ECATEPEC EDO DE MEXICO TEL 250 2055 529 1544 EXT 3635	3 - SYNTEX, S.A. DE C.V. No. 17 11 GM VI-02 95 INCINERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS	KM 4 CARR CUERNAVACA CUAUTILAN COL CIVAC JIUTEPEC MOR ING MARIO LAISECA VIRUEGA TEL (73) 19 11-22
2 - CIBA GEIGY DE MEXICO S.A. DE C.V. No. 14 30 PG-02-93 RECOLECCION, TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS	ATOTONILQUILLO JALISCO ING LUIS ESPINOZA DIRECTOR TEL 67-1088	4 - MAREPEL, S.A. DE C.V. No. 25 5B PS VI 01 95 INCINERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO INEFECTIVOS	LAGUNA DEL CARMEN No 1314 COL LAS QUINTAS C.P. 80060 CULIACAN SINALOA ING FRANCISCO JAVIER AROQUEST Y DE IBARRCLA
VIII.- DISPOSICION FINAL			
1. RESIDUOS INDUSTRIALES MULTIQUIM, S.A. DE C.V. No. 15 37-PS VII-01-93 RECOLECCION, TRANSPORTE, TRATAMIENTO, RECICLO, ELABORACION DE COMBUSTIBLE ALTERNIVO Y CONFINAMIENTO CONTROLADO	AV LAZARO CARDEJAS No 2400 POCHENTE EDIFICIO LOS SOLES GARZA GARCIA NL TEL 83 63 3905 53-2135	4.- CIBA GEIGY MEXICANA, S.A. DE C.V. No. 14-30-PG-02-93 CONFINAMIENTO CONTROLADO DE LAS CENIZAS DE SU INCINERADOR (SERVICIO PARTICULAR)	KM 43.5 CARR GUADALAJARA OCOTLAN ATOTONILQUILLO JAL ING ALFREDO CRUZ G TEL D.F. 677-1088
2. CONFINAMIENTO TECNICO DE RESIDUOS INDUSTRIALES, S.A. DE C.V. (CONFIN) No. 24 17 PS VII 01-93 CONFINAMIENTO CONTROLADO	GRACIANO SANCHEZ No 450 COL DEL VALLE SAN LUIS POTOSI S.L.P. C.P. 78220 ING SALVADOR ALBERTI TEL (48) 13 44 52 13 44 83		
3. CONFINAMIENTO PARQUE INDUSTRIAL DE HERMOSILLO O.P.D. (CYTRAR)	CARR A SAHUARIPA KM 4.5 HERMOSILLO SONORA LIC FERNANDO DURAN TEL 51 62 510450 510 148 FAX 510 064		
IX.- ELIMINACION			



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
DIRECCION GENERAL DE RESIDUOS, MATERIALES Y RIESGO
EMPRESAS AUTORIZADAS PARA MANEJAR RESIDUOS PELIGROSOS
CONFORME AL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE
EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS (ART. 10)
RELACION ACTUALIZADA AL 31 DE JULIO DE 1996. TOTAL DE EMPRESAS. 146

**REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO
ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE EN MATERIA
DE RESIDUOS PELIGROSOS.**

Art. 3º. Para efectos de este reglamento se considerarán las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y las siguientes

Almacenamiento Acción de retener temporalmente residuos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección, o se dispone de ellos

Disposición final Acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuados para evitar daños al ambiente

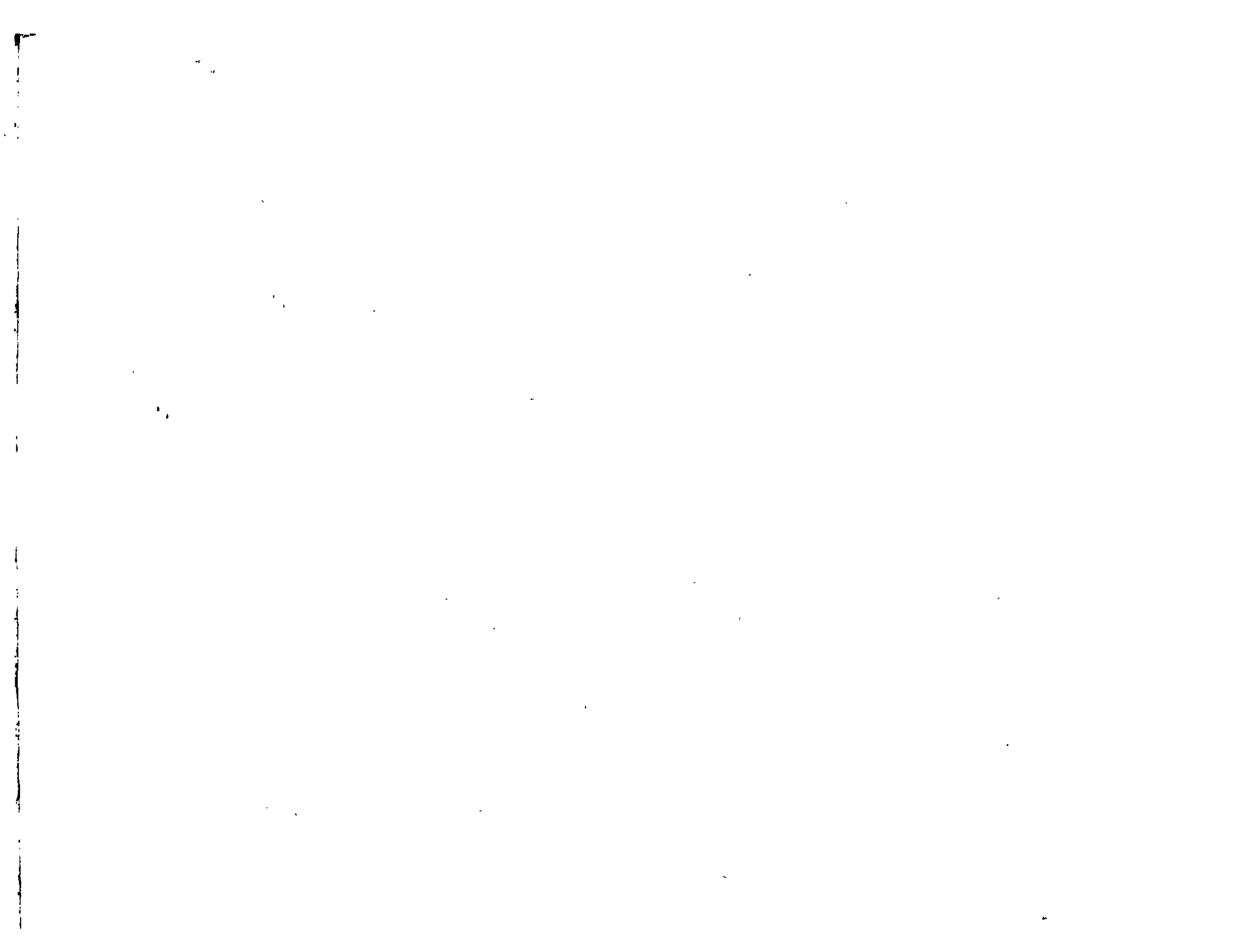
Incineración Método de tratamiento que consiste en la oxidación de los residuos, vía combustión controlada

Reciclaje Método de tratamiento que consiste en la transformación de los residuos con fines productivos

Recolección Acción de transferir los residuos al equipo destinado a conducirlos a las instalaciones de almacenamiento, tratamiento o reuso, o a los sitios para su disposición final

Reuso Proceso de utilización de los residuos peligrosos que ya han sido tratados y que se aplicarán a un nuevo proceso de transformación o de cualquier otro

Tratamiento Acción de transformar los residuos, por medio del cual se cambian sus características





FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

***DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS***

Presentado por **ING VIRGILIO REYNA VERGARA**
1996

DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS.

– NORMATIVIDA

-
- 1971.- SE PUBLICA EN EL DOF, LA LEY FEDERAL DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN, ESTABLECIENDO LOS PROCEDIMIENTOS NECESARIO PARA APLICARSE A LOS RESIDUOS SOLIDOS
- DIC.-1982.- LA REFORMA A LA LEY ORGANICA DE LA ADMINISTRACION PUBLICA FEDERAL, INCLUYE LA CREACION DE SEDESOL, CON LAS ATRIBUCIONES Y FACULTADES PARA PRESERVAR LOS RECURSOS NATURALES Y DESDE LUEGO , PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL EN EL AIRE, EL AGUA Y EL SUELO.
- 28-ENE-1988.-SE PUBLICA EN EL DOF LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE.

NORMATIVIDAD (CONT)

- ◆ 25-DIC-1988.- SE PUBLICA EN EL DOF EL REGLAMENTO DE LA LEY DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS
- ◆ (LGEEPA) EN SU ARTICULO 6o FRACCION XIII. "COMPETE A LAS ENTIDADES FEDERATIVAS Y MUNICIPIOS, EN EL AMBITO DE SUS CIRCUNSCRIPCIONES, LA REGULACION DEL MANEJO Y DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS QUE NO SEAN PELIGROSOS, CON FORME A ESTA LEY Y SUS DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS"
- ◆ LA LGEEPA FACULTA A LA SEMARNAP A TRAVES DEL INE A EMITIR LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS, ASI COMO A PROMOVER ACUERDOS DE COORDINACION Y ASESORIA CON LOS GOBIERNOS ESTATALES Y MPALES.

NORMATIVIDAD (CONT)

- ◆ (LGEEPA) EN SU ARTICULO 5o FRACCION XIX "SON ASUNTOS DE ALCANCE GENERAL EN LA NACION O INTERES DE LA FEDERACION, LA REGULACION DE LAS ACTIVIDADES RELACIONADAS CON MATERIALES O RESIDUOS PELIGROSOS"

SECRETARIA DE MEDIO
AMBIENTE, RECURSOS
NATURALES Y PESCA

NORMA OFICIAL MEXICANA
NOM-083-ECOL-1996

QUE ESTABLECE LAS CONDICIONES QUE DEBEN REUNIR LOS SITIOS
DESTINADOS A LA DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS
MUNICIPALES.

JULIA CARABIAS LILLO,
Secretaria de Medio Ambiente,
Recursos Naturales y Pesca,
con fundamento en los
artículos 32 Bis fracciones
I, II, IV y V de la Ley
Orgánica de la Administración
Pública Federal; 5o.
fracciones I y VIII, 6o.
fracción XIII y último
párrafo, 36, 37, 137, 160 y
171 de la Ley General del
Equilibrio Ecológico y la
Protección al Ambiente; 38
fracción II, 40 fracción X,
41, 43, 44, 45, 46 y 47 de la
Ley Federal sobre Metrología
y Normalización; y

CONSIDERANDO

Que en cumplimiento a lo
dispuesto en la fracción I
del artículo 47 de la Ley
Federal sobre Metrología y
Normalización, el 22 de junio
de 1994 se publicó en el
Diario Oficial de la
Federación con carácter de
Proyecto la presente Norma
Oficial Mexicana bajo la
denominación de NOM-083-ECOL-
1994, que establece las
condiciones que deben reunir
los sitios destinados a
relleno sanitario para la
disposición final de los
residuos sólidos municipales,

a fin de que los interesados
en un plazo de 90 días
naturales presentaran sus
comentarios al Comité
Consultivo Nacional de
Normalización para la
Protección Ambiental, sito en
Río Elba No. 20, Colonia
Cuauhtémoc código postal
06500, México, D.F.

Que durante el plazo a que se
refiere el considerando
anterior, de conformidad con
lo dispuesto en el artículo
45 del ordenamiento legal
citado en el párrafo
anterior, estuvieron a
disposición del público los
documentos a que se refiere
dicho precepto.

Que de acuerdo con lo que
disponen las fracciones II y
III del artículo 47 de la Ley
Federal sobre Metrología y
Normalización, los
comentarios presentados por
los interesados fueron
analizados en el seno del
citado Comité, realizándose
las modificaciones
precedentes, entre las cuales
y para mayor entendimiento se
encuentra el título de la
presente Norma y publicadas
en el **Diario Oficial de la
Federación** de fecha 1o. de
diciembre de 1995 las
respuestas a los comentarios

recibidos en el plazo de Ley, así como la aclaración correspondiente a las mismas el 30 de mayo de 1996 en el referido Organó Informativo.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas, el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 12 de junio de 1995, aprobó la presente Norma Oficial Mexicana bajo la denominación de NOM-083-ECOL-1996, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales; por lo que he tenido a bien expedir la siguiente

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-083-ECOL-1996, QUE ESTABLECE LAS CONDICIONES QUE DEBEN REUNIR LOS SITIOS DESTINADOS A LA DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.

I N D I C E

0. Introducción

1. Objetivo y campo de aplicación
2. Definiciones
3. Especificaciones
4. Procedimientos
5. Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales
6. Bibliografía
7. Observancia de esta norma

0. INTRODUCCION

0.1 Los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales generan lixiviados que contienen diversos grupos de contaminantes que pueden afectar los recursos naturales. La aplicación de esta norma permitirá proteger el ambiente, preservar el equilibrio ecológico y minimizar los efectos contaminantes.

1. **OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION**

1.1 Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos de ubicación de tipo, hidrológicos, geológicos e hidrogeológicos que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales, y es de observancia obligatoria para aquellos que tienen la responsabilidad de la disposición final de los residuos sólidos municipales.

2. DEFINICIONES

2.1 Acuífero

Es cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas, que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento.

2.2 Acuífero confinado

Es aquel acuífero que está limitado en su parte superior por una unidad de baja conductividad hidráulica y el nivel piezométrico presenta una presión superior a la atmosférica.

2.3 Acuífero libre

Es un acuífero en el cual el nivel freático o nivel de saturación se encuentra a la presión atmosférica.

2.4 Acuífero semiconfinado

Aquel acuífero que tiene una unidad saturada de baja conductividad hidráulica en su parte superior o inferior que contribuye con un pequeño caudal (goteo) debido a los gradientes inducidos por bombeo del acuífero.

2.5 Acuitardo

Es cualquier formación geológica por la que circula muy lentamente agua subterránea, por lo que generalmente no son utilizados para su explotación, uso o aprovechamiento.

2.6 Agua subterránea

Es el agua que se encuentra en el subsuelo, en formaciones geológicas parcial o totalmente saturadas.

2.7 Areas naturales protegidas

Las zonas del territorio nacional y aquellas zonas que la nación ejerce soberanía y jurisdicción, en que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del hombre, y que han quedado sujetas al régimen de protección.

2.8 Capacidad de intercambio catiónico

Es el total de cationes intercambiables que puede absorber un suelo, expresadas en miliequivalentes de los cationes por cada 100 g (cientos de gramos) de masa de suelo seco.

2.9 Carga hidráulica

Es la energía presente en un acuífero, normalmente tiene dos componentes: a) la carga relacionada con la elevación con respecto a un punto de referencia que es normalmente el nivel medio del mar; y b) la carga de presión, o presión de poro.

2.10 Conductividad hidráulica

Es la propiedad de un medio geológico de permitir el flujo de agua subterránea en un acuífero o acuitardo, considerando las condiciones de densidad y viscosidad del agua.

2.11 Contaminantes no reactivos

Son los contaminantes que viajan en solución, a la misma velocidad lineal que el agua subterránea. No sufren reacciones químicas ni biológicas con el medio granular.

2.12 Descripción estratigráfica

Es la descripción de los estratos del subsuelo en cuanto a sus propiedades físicas, químicas e hidráulicas, de acuerdo al código de nomenclatura estratigráfica vigente.

2.13 Discontinuidades

Superficie marcada por modificaciones radicales de las propiedades físicas de las rocas. Estas discontinuidades pueden ser por ejemplo, fallas o fracturas.

2.14 Disposición final

La acción de depósitos permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuados para evitar daños al ambiente.

2.15 Falla

Es cuando se producen desplazamientos relativos de una parte de la roca con respecto a la otra, como resultado de los esfuerzos que se generan en la corteza terrestre.

2.16 Falla activa

Son aquellas fallas que han sufrido desplazamiento durante el Holoceno (último millón de años).

2.17 Fracción de carbono orgánico

La fracción de carbono orgánico se refiere al porcentaje de carbono orgánico en el suelo, derivado de restos de plantas. Es importante en la retención de contaminantes orgánicos.

2.18 Fractura

Es una discontinuidad en las rocas producida por un sistema de esfuerzos.

2.19 Freatofitas

Son plantas que extienden sus raíces por debajo del nivel freático y extraen sus requerimientos de humedad directamente de la zona saturada.

2.20 Geofísica

La ciencia que estudia las propiedades físicas de la tierra y el conocimiento de la estructura geológica de los materiales que la constituyen.

2.21 Geología

Es el estudio de la formación, evolución, distribución, correlación y comparación de los materiales terrestres.

2.22 Hidrogeología

Es el concepto de actividades tales como perforaciones, determinación de la recarga,

profundidades a nivel estático, interacción química agua-roca y propiedades hidráulicas que permiten conocer y localizar los sistemas de aguas subterráneas, su dirección y velocidad de movimiento.

2.23 Hidrología

La ciencia que estudia los componentes primarios del ciclo hidrológico y su relación entre sí. Considera la interacción y dinámica de la atmósfera con cuerpos de agua superficial tales como ríos, arroyos, lagunas, lagos, etc.

2.24 Infiltración

Introducción suave de un líquido entre los poros de un sólido referido al agua, el paso lento de ésta a través de los intersticios del suelo y del subsuelo.

2.25 Lixiviado

Líquido proveniente de los residuos, el cual se forma por reacción, arrastre o percolación y que contiene, disueltos o en suspensión,

componentes que se encuentran en los mismos residuos.

2.26 Nivel freático

La superficie de agua que se encuentra en el subsuelo bajo el efecto de la fuerza de gravitación y que delimita la zona de aireación de la de saturación.

2.27 Nivel piezométrico

Es el valor de la carga hidráulica observado de un acuífero o acuitardo a diferente profundidad en el mismo y en el medio saturado.

2.28 Parámetros hidráulicos

Son la conductividad hidráulica, la porosidad, la carga hidráulica, los gradientes hidráulicos de una unidad hidrológica, así como su coeficiente de almacenamiento.

2.29 Percolación

Es el movimiento descendente de agua a través del perfil del suelo debido a la influencia de la gravedad.

2.30 Porosidad efectiva

Es la relación del volumen de vacíos o poros interconectados de una roca o suelo dividido por el volumen total de la muestra.

2.31 Potencial de contaminación

Es la interacción entre el tipo, intensidad, disposición y duración de la carga contaminante con la vulnerabilidad del acuífero; está definida por las condiciones de flujo del agua subterránea y las características físicas y químicas del acuífero.

2.32 Residuo sólido municipal

El residuo sólido que proviene de actividades que se desarrollan en casa-habitación, sitios y servicios públicos, demoliciones, construcciones establecimientos comerciales y de servicios, así como residuos industriales que no se deriven de su proceso.

2.33 Sistema de flujo

Es definido por la dirección de flujo que sigue el agua

subterránea, considerando las zonas de recarga y descarga, las cargas y gradientes hidráulicos a profundidad y el efecto de fronteras hidráulicas. Incluye además la interacción con el agua superficial y comprende sistemas locales, intermedios y regionales.

2.34 Talud

Es la inclinación formada por la acumulación de fragmentos del suelo con un ángulo de reposo del material del terreno del que se trate.

2.35 Unidades litológicas

Conjunto de materiales geológicos compuestos predominantemente de cierta asociación de minerales que tienen un origen común.

2.36 Volumen de extracción

Se refiere a la cantidad de agua subterránea que se extrae de un acuífero a través de pozos o norias.

2.37 Zona de aireación

La zona que contiene agua bajo presión menor a la de la

atmósfera, está delimitada entre la superficie del terreno y el nivel freático.

2.38 Zona de descarga

Es la porción del drenaje subterráneo de la cuenca en la cual el flujo de agua subterránea fluye de mayor profundidad hacia el nivel freático; es decir el flujo subterráneo es ascendente.

2.39 Zona de inundación

Area sujeta a variaciones de nivel de agua por arriba del nivel del terreno asociadas con la precipitación pluvial, el escurrimiento y las descargas de agua subterránea.

2.40 Zona de recarga

Es la porción del drenaje subterráneo de la cuenca en la cual el flujo del agua subterránea fluye del nivel freático hacia mayor profundidad; es decir el flujo subterráneo es descendente.

2.41 Zona de saturación

El área que se caracteriza por tener sus poros o fracturas llenas de agua, su límite superior corresponde al nivel freático y su límite inferior es una unidad impermeable.

2.42 Zona no saturada

Es el espesor que existe entre la superficie del terreno y el nivel freático. Es equivalente a la profundidad del nivel freático.

3. ESPECIFICACIONES

3.1 Con el fin de cumplir con las diferentes especificaciones de ubicación que debe satisfacer un sitio para la disposición final de residuos sólidos municipales y facilitar la toma de decisiones en las diferentes etapas de los estudios que se describen en el punto 4 de esta Norma Oficial Mexicana, debe ser considerado el diagrama de flujo que se describe en el Anexo 1.

3.2 Las condiciones mínimas que debe cumplir un sitio de disposición final de residuos sólidos municipales son las siguientes:

3.2.1 Aspectos generales

3.2.1.1 Restricción por afectación a obras civiles o áreas naturales protegidas.

3.2.1.1.1 Las distancias mínimas a aeropuertos son:

a) De 3000 m (tres mil metros) cuando maniobren aviones de motor a turbina.

b) De 1500 m (mil quinientos metros) cuando maniobren aviones de motor a pistón.

3.2.1.1.2 Respetar el derecho de vía de autopistas, ferrocarriles, caminos principales y caminos secundarios.

3.2.1.1.4 Se deben respetar los derechos de vía de obras públicas federales, tales como oleoductos, gasoductos, poliductos, torres de energía eléctrica, acueductos, etc.

3.2.1.1.5 Debe estar alejado a una distancia mínima de 1500 m, a partir del límite de la traza urbana de la población por servir, así como de poblaciones rurales de hasta 2500 habitantes. En caso de no cumplirse con esta restricción, se debe demostrar que no existirá afectación alguna a dichos centros de población.

3.2.1.2 La localización de sitios de disposición final de residuos sólidos municipales, para aquellas localidades con una población de hasta 50,000 habitantes, o cuya recepción sea de 30 toneladas por día, de estos residuos; se debe hacer considerando exclusivamente las especificaciones establecidas en los puntos 3.2.3 y 3.2.4 de esta Norma Oficial Mexicana.

3.2.2 Aspectos hidrológicos

3.2.2.1 Se debe localizar fuera de zonas de inundación con períodos de retorno de 100 años. En caso de no cumplir lo anterior se debe demostrar que no exista la obstrucción del flujo en el

area de inundación o posibilidad de deslaves o erosión que provoquen arrastre de los residuos sólidos.

3.2.2.2 El sitio de disposición final de residuos sólidos municipales no se debe ubicar en zonas de pantanos, marismas y similares.

3.2.2.3 La distancia de ubicación del sitio, con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, debe ser de 1000 m (mil metros) como mínimo y contar con una zona de amortiguamiento tal que pueda retener el caudal de la precipitación pluvial máxima presentada en los últimos 10 años en la cuenca, definida por los canales perimetrales de la zona.

3.2.3 Aspectos geológicos

3.2.3.1 Debe estar a una distancia mínima de 60 m (sesenta metros) de una falla activa que incluya desplazamiento en un período de tiempo de un millón de años.

3.2.3.2 Se debe localizar fuera de zonas donde los taludes sean inestables, es decir que puedan producir movimientos de suelo o roca, por procesos estáticos y dinámicos.

3.2.3.3 Se deben evitar zonas donde existan o se puedan generar asentamientos diferenciales que lleven al fracturamiento o fallamiento del terreno, que incrementen el riesgo de contaminación al acuífero.

3.2.4 Aspectos hidrogeológicos

3.2.4.1 En caso de que el sitio para la disposición final de los residuos sólidos municipales esté sobre materiales fracturados, se debe garantizar que no exista conexión con los acuíferos de forma natural y que el factor de tránsito de la infiltración (f) sea $< 3 \times 10^{-1}$ seg^{-1} .

3.2.4.2 En caso de que el sitio para la disposición final de los residuos sólidos

municipales esté sobre materiales granulares, se debe garantizar que el factor de tránsito de la infiltración (f) sea $\leq 3 \times 10^{-10}$ seg^{-1} .

3.2.4.3 La distancia mínima del sitio a pozos para extracción de agua potable, uso doméstico, industrial, riego y ganadero tanto en operación como abandonados, debe estar a una distancia de la proyección horizontal por lo menos de 100 m de la mayor circunferencia del cono de abatimiento, siempre que la distancia resultante sea menor a 500 m, esta última será la distancia a respetar.

3.2.5 Consideraciones de selección

3.2.5.1 En caso de que exista una probable contaminación a cuerpos de agua superficial y subterránea, se debe recurrir a soluciones mediante obras de ingeniería.

4. PROCEDIMIENTOS

4.1 La selección de un sitio para la disposición final de residuos sólidos municipales requiere de estudios

geológicos, hidrogeológicos y otros complementarios.

4.2 Estudios geológicos

4.2.1 Se deben realizar estudios geológicos de tipo regional y local de acuerdo con las siguientes características:

4.2.1.1 Estudio geológico regional

Determinar el marco geológico regional con el fin de obtener su descripción estratigráfica, así como su geometría y distribución, considerando también la identificación de discontinuidades, tales como fallas y fracturas. Asimismo se debe incluir todo tipo de información existente que ayude a un mejor conocimiento de las condiciones del sitio; esta información puede ser de cortes litológicos de pozos de agua, exploración geotécnica, petrolera, o de otra índole.

4.2.1.2 Estudio geológico local

Determinar las unidades litológicas en el sitio, su geometría, distribución y presencia de fallas y fracturas. Asimismo debe

incluir estudios geofísicos para complementar la información sobre las unidades litológicas. El tipo de método a utilizar y el volumen de trabajo, debe garantizar el conocimiento tridimensional del comportamiento y distribución de los materiales en el subsuelo hasta una profundidad y distribución horizontal adecuada a las características geológicas e hidrogeológicas del área en que se ubica el sitio.

4.2.1.3 Si los resultados geológicos y geofísicos preliminares muestran que no existe conexión aparente entre las rocas fracturadas con acuíferos o que la distribución de unidades litológicas de baja permeabilidad sea amplia, se debe realizar un mínimo de una perforación en la periferia del sitio.

4.3 Estudios hidrogeológicos

4.3.1 Los estudios hidrogeológicos deben considerar cinco etapas:

Evidencias y uso del agua subterránea.

Identificación del tipo de acuífero.

Determinación de parámetros hidráulicos de las unidades hidrogeológicas, características físico-químicas del agua subterránea y características elementales de los estratos del subsuelo.

Análisis del sistema de flujo.

Evaluación del potencial de contaminación.

4.3.1.1 Evidencias y uso del agua subterránea

Definir la ubicación y distribución de todas las evidencias del agua subterránea, tales como manantiales, pozos y norias, a escala regional y local. Asimismo se debe determinar el volumen de extracción, tendencias de la explotación y planes de desarrollo en la zona de estudio.

4.3.1.2 Identificación del tipo de acuífero

Identificar las unidades hidrogeológicas, extensión y geometría, tipo de acuífero (libre, confinado, semi-

confinado) y relación entre las diferentes unidades hidrogeológicas que definen el sistema acuífero.

4.3.1.3 Determinación de parámetros hidráulicos de las unidades hidrogeológicas, características físico-químicas del agua subterránea y características elementales de los estratos del subsuelo

Determinar la profundidad al nivel piezométrico en el sistema acuífero, dirección y velocidad del agua subterránea a partir de los parámetros de conductividad hidráulica, carga hidráulica y porosidad efectiva.

Conocer la composición química del agua subterránea. Determinar la conductividad hidráulica (K), la fracción de carbono orgánico (FCO) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de los diferentes estratos del subsuelo de la zona no saturada.

4.3.1.4 Análisis del sistema de flujo

Con base en la información geológica y de los puntos

4.3.1.1, 4.3.1.2 y 4.3.1.3 de esta Norma Oficial Mexicana y de otros elementos hidrogeológicos, tales como zonas de freatofitas, zonas de recarga y descarga, etc., se debe definir el sistema de flujo local y regional del área de estudio.

4.3.1.5 Evaluación del potencial de contaminación

Se debe integrar toda la información obtenida de los puntos 4.3.1.1, 4.3.1.2, 4.3.1.3 y 4.3.1.4 de esta Norma Oficial Mexicana, para determinar si el sitio es apto o si requieren obras de ingeniería. Para ello se debe considerar la gráfica del Anexo 2.

Esta gráfica define la condición de tránsito de la infiltración aceptable que deben tener los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales, su valor de frontera está definido por $(f) \leq 3 \times 10^{-10} \text{seg}^{-1}$ que representa el factor de tránsito de la infiltración, el cual relaciona a la velocidad promedio final de infiltración contra los diferentes espesores de la

zona no-saturada (d), se aplica la siguiente fórmula:

$$f = (K \cdot i) / (U \cdot d)$$

Donde:

f = factor de tránsito de la infiltración, (1/s).

d = espesor de la zona no-saturada, (m).

U = porosidad promedio efectiva de los materiales de la zona no-saturada, (adimensional).

i = gradiente hidráulico, (adimensional).

K = conductividad hidráulica promedio de los materiales de la zona no-saturada, (m/s).

La velocidad promedio (v) se calcula a partir de la conductividad hidráulica saturada (K) de los materiales del subsuelo en la zona no-saturada, dividida por la porosidad promedio efectiva (U), considerando un gradiente hidráulico unitario (i), de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$V = Ki/U.$$

El valor de (f) obtenido, para el caso de que se trate, debe graficarse para determinar su aptitud y viabilidad. Los sitios aptos son aquéllos cuyo factor de tránsito de la infiltración es:

$$f \leq 3 \times 10^{-10} \text{ seg}^{-1}.$$

4.3.1.6 Aplicación de tecnologías y sistemas equivalentes

Previa autorización de los Gobiernos de los Estados o en su casos de los Municipios, con arreglo a las disposiciones de la presente Norma Oficial Mexicana, se pueden elegir sitios de disposición final de residuos sólidos municipales cuando se realicen obras de ingeniería, cuyos efectos resulten equivalentes a los que se obtendrían del cumplimiento de los requisitos previstos en los puntos 3.2.1.1, 3.2.2.1, 3.2.2.3, 3.2.3.2, 3.2.3.3, 3.2.4.1, 3.2.4.2, 3.2.5.1 de esta Norma Oficial Mexicana se debe acreditar

técnicamente que no se aplican
negativamente al medio
ambiente.

5. GRADO DE CONCORDANCIA CON NORMAS Y RECOMENDACIONES INTERNACIONALES

5.1 No hay normas
equivalentes, las
disposiciones de carácter
técnico que existen en otros
países no reúnen los
elementos y preceptos de
orden técnico y jurídico que
en esta Norma se integran y
complementan de manera
coherente con base en los
fundamentos técnicos y
científicos reconocidos
internacionalmente.

6. BIBLIOGRAFIA

6.1 Manual de Relleno
Sanitario SEDUE,
Subsecretaría de Ecología,
1984.

6.2 Manual de Hidráulica
Azevedo Alvarez (Editorial
Harla).

6.3 Mecánica de Suelos. E.
Juárez Badillo y A. Rico
Rodríguez (1970).

6.4 Sanitary Landfill Design
and Operation Dr. Brunner &
D.J. Keller, U.S.E.P.A. 1971.
(Diseño y operación de un
relleno sanitario).

6.5 Buranek, D. (1987)
Construction Guide Liners,
Civil Engineering, Nov. 1987.
(Lineamientos de construcción
en ingeniería civil).

6.6 EPA Liners Workshop for
Region VI and State Permit
Writes, Dallas, Texas
Environmental Protection
Agency (1985).

6.7 Standard Number 54
Flexible Membrane Liners, Ann
Arbor, Michigan. National
Sanitation Foundation (1985).

6.8 Poly-America Inc.
Reference Manual. An
Engineering Approach to
Groundwater Protection, Grand
Prairie, Texas.

6.9 Polyfelt Ts. Chemie Linz
(Manual de Diseño y
Práctica).

6.10 Hazardous Waste
Engineering Research
Laboratory. U.S.A.
Environmental Protection
Agency. (Laboratorio de
investigación para ingeniería
de residuos peligrosos).

6.11 Geosynthetic Design
Guidance for Hazardous Waste
Cells and Surface
Impoundments. Cincinnati,
Ohio. Soil 6 Materia
Engineers, Inc.

6.12 Dura-Flex An Innovation
for the Environmental
Containment Industry. Grand
Prairie, Texas. Yazdani G.
And Robert J.

6.13 Manual de Manejo de
Desechos Sólidos Caterpillar,
Caterpillar.

6.14 Guía de Diseño,
Construcción y Operación de
Rellenos Sanitarios. Manuales
de la Organización
Panamericana de la Salud.
Jorge Jaramillo y Francisco
Zepeda (1991).

6.15 Practical Waste
Management. John R. Holmes
(1983). Editorial John Wiley
& Sons (Manejo práctico de
residuos).

6.16 Estudio de
Comportamiento de un Relleno
Sanitario mediante una celda
de control (1992). Dirección
General de Servicios Urbanos
D.D.F.

6.17 Groundwater, R. Allan
Freeze / John A. Cherry,
Prentice Hall Inc. (1979)
(Agua subterránea).

6.18 Diccionario de
Mineralogía y Geología, Lexis
22, Barcelona, España (1980).

6.19 Dictionary of Geological
Terms. The American
Geological Institute, (1984)
E.U.A. (Diccionario de
términos geológicos).

6.20 The geochemistry of
Natural Waters, Drever, J.
Prentice Hall E.U.A. (1982).

6.21 Determinación del Riesgo de Contaminación de Aguas Subterráneas, CEPIS, OPS, Foster S., Hirata R., Lima Perú, (1988).

6.22 Introduction to Geochemistry, Segunda Edición, Mc. Graw-Hill Book Co, Krauskopf K. E.U.A. (1979). (Introducción a la geoquímica).

6.23 Earth, W. H. Freeman and Company, Press F., Siever R. E.U.A. (1986). (La Tierra).

7. OBSERVANCIA DE ESTA NORMA

7.1 La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, a los Gobiernos del Distrito Federal, de los Estados y Municipios en el ámbito de su jurisdicción y competencia, cuyo personal realizará los trabajos de

inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

7.2 La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

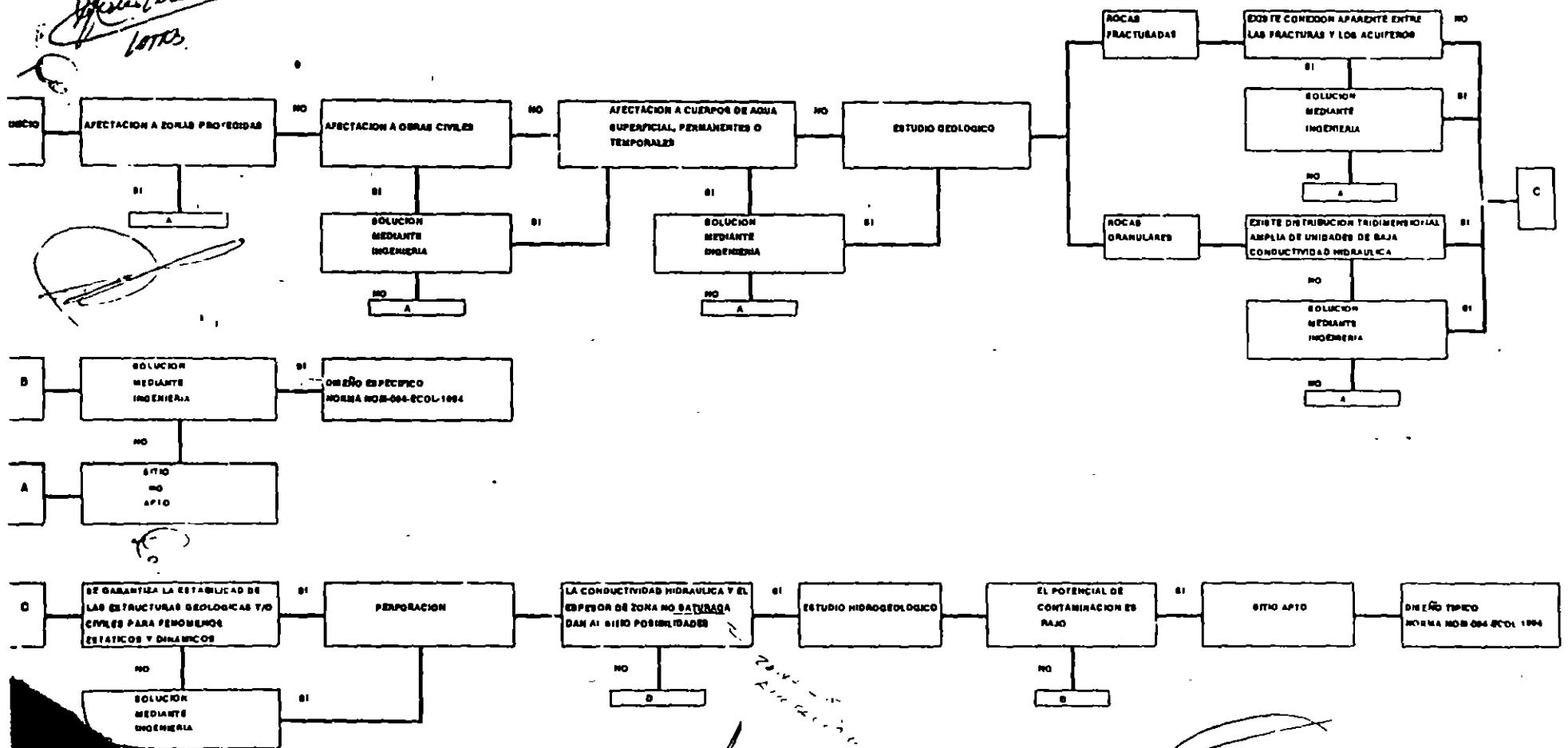
México, Distrito Federal a los catorce días del mes de agosto de mil novecientos noventa y seis.

LA SECRETARIA DE MEDIO
AMBIENTE, RECURSOS
NATURALES Y PESCA

JULIA CARABIAS LILLO

14-agosto-1996
12:10 horas

ANEXO 1. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE LOS ESTUDIOS



Handwritten signature and notes at the top left.

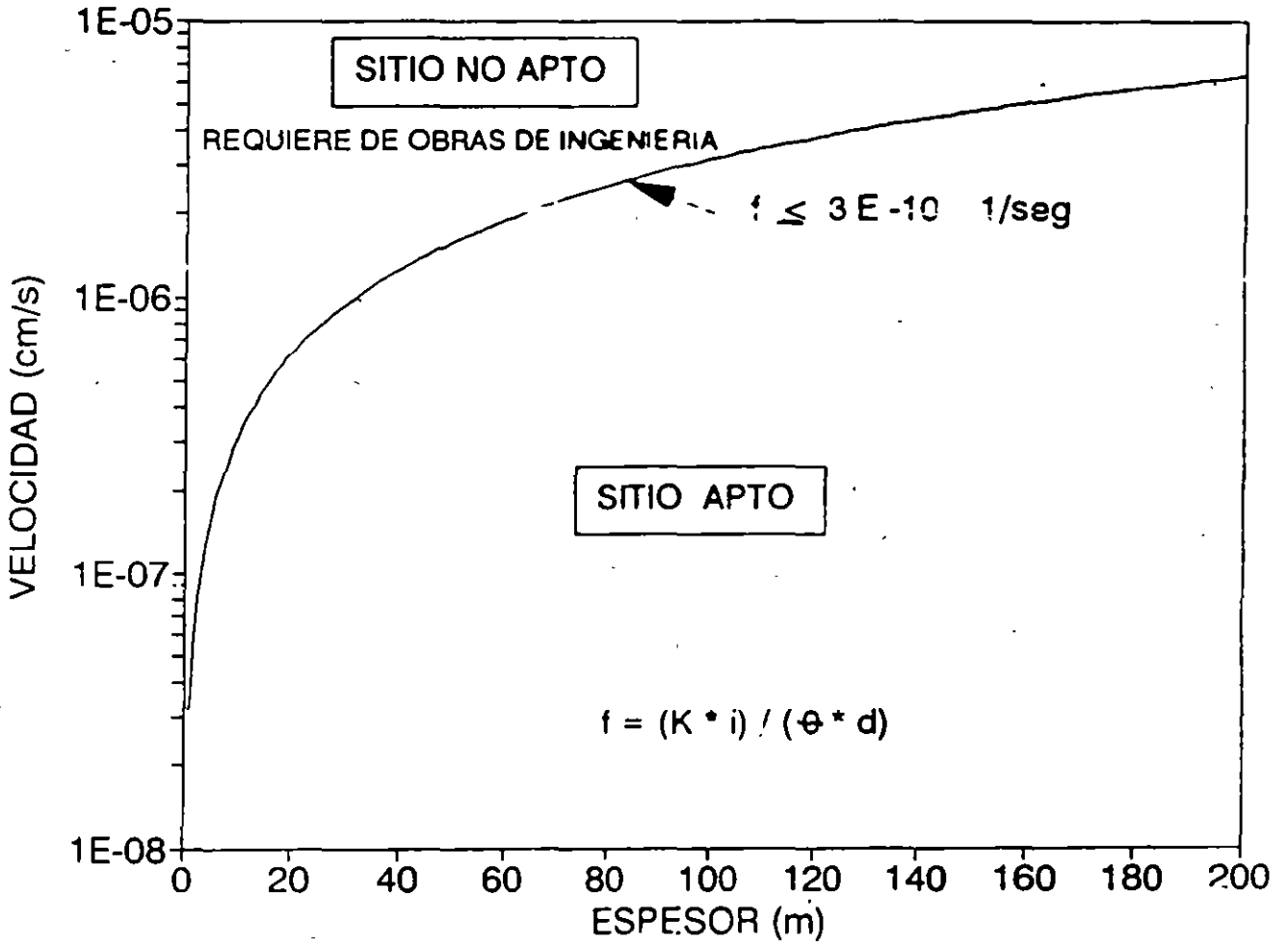
Handwritten scribble and notes on the left side.

Handwritten notes and boxes labeled 'B' and 'A' on the left side.

Handwritten notes and boxes labeled 'C' at the bottom of the flowchart.

Large handwritten signatures and notes at the bottom of the page.

ANEXO 2



~~Handwritten signatures and scribbles, including a large signature that appears to be 'MONTES' and another that appears to be 'Luis...'. There are also several smaller, less legible signatures and marks.~~

SECRETARIA DE MEDIO
AMBIENTE, RECURSOS
NATURALES Y PESCA

PROYECTO DE NORMA OFICIAL
MEXICANA
NOM-055-ECOL-1996

QUE ESTABLECE LOS REQUISITOS QUE DEBEN REUNIR LOS SITIOS
DESTINADOS PARA UN CONFINAMIENTO CONTROLADO Y A LA INSTALACION
DE CENTROS INTEGRALES PARA EL MANEJO DE RESIDUOS INDUSTRIALES.

PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-055-ECOL-1996, QUE ESTABLECE LOS REQUISITOS QUE DEBEN REUNIR LOS SITIOS DESTINADOS PARA UN CONFINAMIENTO CONTROLADO Y A LA INSTALACION DE CENTROS INTEGRALES PARA EL MANEJO DE RESIDUOS INDUSTRIALES.

FRANCISCO GINER DE LOS RIOS, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental con fundamento en los artículos 45, 46 fracción II y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, expide el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-055-ECOL-1996, que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados para un confinamiento controlado y a la instalación de centros integrales para el manejo de residuos industriales.

Con fecha 22 de octubre de 1993 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-004-ECOL/1993, que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos

peligrosos, excepto de los radiactivos, y de conformidad con el Acuerdo mediante el cual se reforma la nomenclatura de 58 normas oficiales mexicanas, publicado en el referido Organó Informativo el día 29 de noviembre de 1994, se cambió la nomenclatura de la norma en cuestión, quedando como Norma Oficial Mexicana NOM-055-ECOL-1993.

En virtud de las diferentes opiniones y observaciones vertidas sobre la norma en mención de los sectores público, privado y académico, la misma se sometió a un proceso de revisión con el objeto de hacerle algunas adecuaciones para su mejor aplicación, haciéndose precedente incluirla en el Programa Nacional de Normalización 1996.

El presente proyecto de Norma Oficial Mexicana, fue sometido y aprobado por el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión celebrada el de de 1995, y se publica para consulta pública de conformidad con el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre

Metrología y Normalización, a efecto de que dentro de los siguientes 90 días naturales contados a partir de la fecha de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**, los interesados presenten sus comentarios ante el citado Comité ubicado en Av. Revolución No. 1425, Mezzanine planta alta, Colonia Campestre, Código Postal 01040, México, D.F.

Durante el mencionado plazo, los estudios que sirvieron de base para la elaboración del citado proyecto de norma, estarán a disposición del público para su consulta en el Centro Documental del Instituto Nacional de Ecología, sito en el domicilio antes señalado.

I N D I C E

- 0. Introducción
- 1. Objetivo y campo de aplicación
- 2. Referencias
- 3. Definiciones
- 4. Especificaciones

- 5. Procedimientos
- 6. Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales
- 7. Bibliografía
- 8. Observancia de esta norma

0: INTRODUCCION

La identificación y definición segura de los sitios para la instalación de sistemas donde se pueda realizar el manejo controlado de residuos peligrosos, tiene como finalidad proteger el ambiente en general, preservar el equilibrio ecológico y eliminar los efectos contaminantes que ocasionan estos residuos, por la mala práctica que se emplea en su manejo, en particular, para su disposición final.

Al contar con sitios idóneos para el manejo integral y para el confinamiento de

residuos peligrosos se evita el deterioro del medio y de los recursos naturales, esencialmente de los acuíferos y de cuerpos superficiales de agua.

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados para el confinamiento controlado, de residuos peligrosos y a los centros integrales para el manejo de residuos industriales, de acuerdo a las características geológicas, hidrogeológicas, hidrológicas y climatológicas, y es de observancia obligatoria para los responsables de la autorización, evaluación, análisis y selección de los mismos.

2. REFERENCIAS

Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993, que establece las características de los residuos peligrosos, el

listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993.

Norma Oficial Mexicana NOM-053-ECOL-1993, que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993.

Norma Oficial Mexicana NOM-054-ECOL-1993, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993.

Norma Oficial Mexicana NOM-056-ECOL-1993, que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos, publicada en el Diario

Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993.

Norma Oficial Mexicana NOM-057-ECOL-1993, que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993.

Norma Oficial Mexicana NOM-058-ECOL-1993, que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993.

Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-1995, que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos que se generan en establecimientos que presten atención médica, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de noviembre de 1995.

3. DEFINICIONES

3.1 Acuífero

Es cualquier formación geológica por la que circulan y se almacenan aguas subterráneas, que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento.

3.2 Acuífero confinado

Es aquel acuífero que está limitado en su parte superior por una unidad de baja conductividad hidráulica y el nivel piezométrico presenta una presión superior a la atmosférica.

3.3 Acuífero libre

Es un acuífero en el cual el nivel freático o nivel de saturación se encuentra a la presión atmosférica .

3.4 Acuífero semi confinado

Aquel acuífero que tiene una unidad saturada de baja conductividad hidráulica en

su parte superior o inferior que contribuye con un pequeño caudal (goteo) debido a los gradientes inducidos por bombeo del acuífero.

3.5 Acuitardo

Es cualquier formación geológica en la que circula muy lentamente el agua subterránea, por lo que generalmente no son utilizados para su explotación, uso o aprovechamiento.

3.6 Agua subterránea

Es el agua que se encuentra en el subsuelo, en formaciones geológicas parcial o totalmente saturadas.

3.7 Areas naturales protegidas

Las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del hombre,

y que han quedado sujetas al régimen de protección.

3.8 Carga hidráulica

Es la energía presente en un acuífero, normalmente tiene dos componentes: a) la carga relacionada con la elevación con respecto a un punto de referencia, que es normalmente el nivel medio del mar y b) la carga de presión, o presión de poro.

3.9 Centro integral para el manejo de residuos industriales

Son instalaciones en donde se llevan a cabo actividades de tratamiento, almacenamiento, reciclaje y confinamiento de residuos industriales peligrosos.

3.10 Centro de población

Es la agrupación de casas o edificaciones que forman una población o ciudad, en donde el centro es el punto de expansión o crecimiento y referencia geométrica hacia cualquier dirección.

3.11 Climatología

Es la parte de la meteorología que estudia las características físicas de la atmósfera, propia de cada región o comarca.

3.12 Conductividad hidráulica

Es la propiedad de un medio geológico de permitir el flujo de agua subterránea en un acuífero o acuitarso, considerando las condiciones de densidad y viscosidad del agua.

3.13 Confinamiento controlado

Es la obra de ingeniería para la disposición final de residuos peligrosos, que garantice su aislamiento definitivo.

3.14 Contaminantes no reactivos

Son los contaminantes que viajan en solución, a la misma velocidad lineal que el agua subterránea. No sufren reacciones químicas

ni biológicas con el medio granular.

3.15 Discontinuidades

Superficie marcada por modificaciones radicales de las propiedades físicas de las rocas. Estas discontinuidades pueden ser por ejemplo, fallas y fracturas.

3.16 Disposición final

Es la acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuados para evitar daños al ambiente.

3.17 Falla

Es cuando se producen desplazamientos relativos de una parte de la roca con respecto a la otra, como resultado de los esfuerzos que se generan en la corteza terrestre.

3.18 Falla activa

Son aquellas fallas que han sufrido desplazamiento

durante el Holoceno (último millón de años).

3.19 Fractura

Es una discontinuidad en las rocas producida por un sistema de esfuerzos.

3.20 Freatofitas

Son plantas que extienden sus raíces por debajo del nivel freático y extraen sus requerimientos de humedad directamente de la zona saturada.

3.21 Geofísica

La ciencia que estudia las propiedades físicas de la tierra y el conocimiento de la estructura geológica de los materiales que la constituyen.

3.22 Geología

La ciencia que estudia la tierra y su evolución. Considera también los procesos externos e internos del planeta.

3.23 Hidrogeología

La ciencia que estudia el agua subterránea y el medio geológico que la contiene, así como los procesos físicos y químicos asociados a su movimiento y origen.

3.24 Hidrología

La ciencia que estudia los componentes primarios del ciclo hidrológico y su relación entre sí. Considera la interacción y dinámica de la atmósfera con cuerpos de agua superficial tales como ríos, arroyos, lagunas, lagos, etc.

3.25 Jales

Son los residuos generados en las operaciones primarias de separación y concentración de materiales.

3.26 Lixiviado

Líquido proveniente de los residuos, el cual se forma por reacción, arrastre o percolación y que contiene, disueltos o en suspensión, componentes que se encuentran en los mismos residuos.

3.27 Nivel de fondo

Es la concentración de un compuesto o elemento, la cual se encuentra en forma natural en las aguas subterráneas del sitio.

3.28 Nivel piezométrico

Es el valor de la carga hidráulica observado en un acuífero o acuitardo a diferente profundidad en el mismo y en el medio saturado.

3.29 Obras civiles

Se consideran obras civiles las construcciones diseñadas

través del perfil del suelo debido a la influencia de la gravedad.

3.32 Permeabilidad

La propiedad que tiene una sección unitaria de terreno para permitir el paso de un fluido a través de ella sin deformar su estructura, bajo la carga producida por un gradiente hidráulico.

3.33 Porosidad efectiva

Es la relación del volumen de vacíos o poros interconectados de una roca o suelo dividido entre el volumen total de la muestra.

3.30 Parámetros hidráulicos

Son la conductividad hidráulica, la porosidad efectiva, la carga hidráulica, los gradientes hidráulicos de una unidad hidrológica así como su coeficiente de almacenamiento.

3.31 Percolación

Es el movimiento descendente del agua a

contaminación

Es la interacción entre el tipo, intensidad, disposición y duración de la carga contaminante con la vulnerabilidad del acuífero; está definida por las condiciones de flujo del agua subterránea y las características físicas y químicas del acuífero.

3.35 Presa de jales

Obra de ingeniería para el almacenamiento o disposición final de jales.

3.36 Residuos peligrosos

Todos aquellos residuos en cualquier estado físico que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas infecciosas o irritantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

3.37 Residuos industriales peligrosos

Son los residuos peligrosos que provienen de actividades que se desarrollan en los variados giros industriales.

3.38 Riesgo sísmico

Posibilidad de daño a obras civiles existentes o por construir, debido a la aceleración máxima esperada en una zona sujeta a sismos naturales, asociado a estructuras geológicas regionales o locales.

3.39 Sistema de flujo

Es definido por la dirección de flujo que sigue el agua subterránea, considerando las zonas de recarga y descarga, las cargas y gradientes hidráulicos a profundidad y el efecto de fronteras hidrogeológicas. Incluye además la interacción del agua subterránea con el agua superficial y comprende sistemas locales, intermedios y regionales.

3.40 Talud

Es la inclinación formada por la acumulación de fragmentos del suelo sobre un ángulo de reposo del material del terreno del que se trate.

3.41 Unidades litológicas

Conjunto de materiales geológicos compuestos predominantemente de cierta asociación de minerales que tienen un origen común.

3.42 Volumen de extracción

Se refiere a la cantidad de agua subterránea que se

extrae de un acuífero a través de pozos o norias.

3.43 Zona de cultivo

Es aquella superficie del suelo que se ha dedicado a la producción de especies agrícolas en los últimos cinco años.

3.44 Zona de descarga

Es la porción del drenaje subterráneo de la cuenca en la cual el flujo de agua subterránea fluye de mayor profundidad hacia el nivel freático; es decir el flujo subterráneo es ascendente.

3.45 Zona de impacto sísmico

Es aquella en la cual se tiene una probabilidad del 10% a mayor, de que la aceleración horizontal en roca dura (expresada como un porcentaje de la aceleración de la fuerza de gravedad g) exceda $0.10 g$ en un periodo de 250 años.

3.46 Zona de inundación

Area sujeta a variaciones del nivel de agua por arriba del nivel del terreno

asociadas con la precipitación pluvial, el escurrimiento y las descargas de agua subterránea.

3.47 Zona de recarga

Es la porción del drenaje subterráneo de la cuenca en la cual el flujo del agua subterránea fluye del nivel freático hacia mayor profundidad; es decir el flujo subterráneo es descendente.

3.48 Zona no saturada

Es el espesor que existe entre la superficie del terreno y el nivel freático. Es equivalente a la profundidad del nivel freático.

3.49 Zona urbana

Es el conjunto de edificaciones e instalaciones que forman una ciudad, con un desarrollo más amplio que una población rural.

4. ESPECIFICACIONES

4.1 Con la finalidad de cumplir con las diferentes especificaciones de ubicación que debe satisfacer un sitio destinado al confinamiento controlado, de residuos peligrosos o bien de un centro integral para el manejo de residuos industriales y para facilitar la toma de decisiones en las diferentes etapas de los estudios que se describen en el punto 5, debe ser considerado el diagrama de flujo que se describe en el Anexo 1 de esta Norma Oficial Mexicana.

4.2 Las condiciones mínimas que debe cumplir un sitio para el emplazamiento de las instalaciones a las cuales se refiere esta norma, deben ser las siguientes:

4.2.1 Aspectos generales

4.2.1.1 Se debe observar los siguientes criterios.

4.2.1.1.1 No se deben ubicar sitios para confinamiento controlado dentro de áreas naturales protegidas.

4.2.1.1.2 En el caso de que un sitio para confinamiento controlado se encuentre próximo a una área natural protegida, debe dejarse una distancia de 2,500 m (dos mil quinientos metros) para protección del ambiente.

4.2.1.1.3 Un sitio para confinamiento controlado debe estar ubicado a una distancia mínima de 2,500 m (dos mil quinientos metros) de zonas de cultivo.

4.2.1.2 Para la ubicación del sitio de un confinamiento controlado respecto de obras civiles, se deben observar las distancias mínimas siguientes:

4.2.1.2.1 100 m (cien metros) de autopistas y caminos primarios (federales, estatales y municipales).

4.2.1.2.2 100 m (cien metros) de vías principales de ferrocarril.

4.2.1.2.3 100 m (cien metros) de redes de conducción de energía eléctrica.

4.2.1.2.4 2,500 m (dos mil quinientos metros) de gasoductos, oleoductos y poliductos.

4.2.1.2.5 100 m (cien metros) de redes de comunicación regionales (teléfono, telégrafo, etc.).

4.2.1.2.6 300 m (trescientos metros) de acueductos y canales.

4.2.1.3 Respecto a centros de población un confinamiento controlado se debe ubicar a una distancia mínima de 5,000 metros a partir del límite de la traza urbana para el caso de concentraciones urbanas y para poblaciones rurales con hasta 1,000 habitantes, del centro geográfico de éstas.

4.2.1.4 Cuando existan zonas o edificaciones consideradas patrimonio histórico o cultural, se deben tomar las medidas necesarias para que no se afecten.

4.2.2 Aspectos climatológicos e hidrológicos

4.2.2.1 El sitio se debe localizar fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 (cien) años.

4.2.2.2 El sitio no debe ubicarse en zonas de pantanos, marismas y similares.

4.2.2.3 La distancia de ubicación del sitio con respecto a cuerpos de aguas superficiales con caudal continuo todo el año, debe ser de 1,000 m (mil metros) como mínimo a partir del nivel de agua máxima extraordinaria para garantizar que no exista afectación a dichos cuerpos de agua.

4.2.2.4 La distancia de ubicación del sitio con respecto a cuerpos de aguas superficiales con caudal intermitente debe ser de 200 m (doscientos metros) como

mínimo y garantizar que no exista afectación a dichos cuerpos de agua.

4.2.2.5 El sitio no debe estar localizado en zonas que por la dirección y velocidad del viento afecten a áreas naturales protegidas y poblaciones.

4.2.3 Aspectos geológicos

4.2.3.1 Si el sitio donde se pretendan construir instalaciones, como las que precisa esta norma, se encuentre próximo a una falla, se debe demostrar con los estudios cuantitativos, que el sitio es seguro desde el punto de vista hidrogeológico y de estabilidad de las obras de ingeniería.

4.2.3.2 Se debe localizar fuera de zonas donde los taludes sean inestables, como puede ser el caso de decompresión de laderas y deslizamientos del terreno por movimientos estáticos y dinámicos.

4.2.3.3 Se deben evitar zonas donde existan o se puedan generar asentamientos diferenciales que lleven al

fracturamiento o fallamiento del terreno y/o estructuras.

4.2.4 Aspectos hidrogeológicos

4.2.4.1 En caso de que el sitio esté sobre materiales fracturados, se debe garantizar, que de forma natural no exista conexión con los acuíferos y que el factor (f) sea $\leq 1 \times 10^{-10} \text{ seg}^{-1}$.

4.2.4.2 En caso de que el sitio para el confinamiento controlado de residuos peligrosos esté sobre materiales granulares debe garantizar que el factor (f) sea $\leq 1 \times 10^{-10} \text{ seg}^{-1}$.

4.2.4.3 La distancia mínima del sitio a pozos para abastecimiento de agua, tanto en operación como abandonados, debe ser mayor a 500 m (quinientos metros) y además garantizar que no exista afectación a dichos cuerpos de agua.

5. PROCEDIMIENTOS

5.1 La selección de un sitio para el emplazamiento de un confinamiento controlado de residuos peligrosos, o bien de un centro integral para el manejo de residuos industriales, requiere de estudios geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos, climatológicos y de riesgo sísmico, así como análisis de afectación de áreas naturales protegidas, obras civiles y centros de población y zonas catalogadas como patrimonio histórico o cultural.

5.2 **Análisis de afectación de áreas naturales protegidas, obras civiles, centros de población y zonas catalogadas como patrimonio histórico o cultural.**

5.2.1 Se deben respetar zonas que por sus características estén decretadas como áreas naturales protegidas de competencia federal o local.

5.2.2 Se deben identificar y delimitar obras civiles que puedan ser afectadas.

5.2.3 Se deben realizar análisis para identificar y delimitar los centros de población (considerando su proyección a futuro), que pueden ser afectados.

5.2.4 Se deben respetar zonas que por sus características estén catalogadas como patrimonio histórico o cultural.

5.3 Estudios de climatología e hidrología superficial

5.3.1 Se deben realizar estudios climatológicos para determinar el potencial de generación de lixiviados, evaluar la velocidad y dirección predominante del viento que permita el movimiento de partículas aerotransportables, el potencial de generación de lixiviados así como la velocidad del viento, deben ser usados dentro de los parámetros para la evaluación de los sitios, donde se pretendan construir instalaciones a las que se refiere esta norma.

5.3.2 Se debe realizar un estudio de hidrología

superficial para identificar y delimitar las corrientes superficiales de agua, así como de inundación, así como establecer los períodos de retorno de las máximas avenidas. Se deben calcular las elevaciones máximas de agua esperada en la zona, por la precipitación máxima presentada en los últimos 10 años en la cuenca donde se ubique el sitio o centro a que se refiere esta norma.

5.4 Estudios geológicos

5.4.1 Se deben realizar estudios geológicos de carácter regional y local, de acuerdo con las siguientes características:

5.4.1.1 Estudio geológico regional

Determinar el marco geológico regional con el fin de identificar las diferentes unidades litológicas, su geometría, distribución e identificación de discontinuidades, tales como fallas y fracturas. Asimismo, se debe incluir todo tipo de información existente que ayude a un mejor conocimiento de las condiciones del sitio; esta

información puede ser de tipo geológico superficial, cortes litológicos de pozos de agua, o debido a la exploración geotécnica, petrolera, o de otra índole.

5.4.1.2 Estudio geológico local

Determinar las unidades litológicas en el sitio, su geometría, distribución y presencia de fallas y fracturas. Asimismo, incluir estudios geofísicos para complementar la información sobre las unidades litológicas. El tipo de método a utilizar y el volumen de trabajo, debe garantizar el conocimiento tridimensional del comportamiento y distribución de los materiales en el subsuelo, a una profundidad mínima de 300 m (trescientos metros) y con distribución horizontal adecuada a las características geológicas e hidrogeológicas del área en que se ubica el sitio.

5.4.1.3 Si los resultados geológicos y geofísicos preliminares muestran que no existe conexión aparente entre el sitio, las rocas fracturadas y acuíferos o

que la distribución de unidades litológicas de baja conductividad hidráulica sea amplia, se debe realizar un mínimo de 2 perforaciones en la periferia del sitio para el confinamiento controlado, la profundidad de cada perforación se debe realizar a 20 m (veinte metros) abajo del nivel freático o a 300 m (trescientos metros) en caso de no encontrarse el nivel freático. La información a obtener en cada perforación, los criterios para obtenerla y los procedimientos de trabajo se deben realizar en función de las recomendaciones que establezca la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

5.5 Estudios hidrogeológicos

5.5.1 Los estudios hidrogeológicos deben considerar cinco etapas:

- Evidencias y uso del agua subterránea.
- Identificación del tipo de acuífero.

- Determinación de parámetros hidráulicos de las unidades hidrogeológicas y características físico-químicas del agua subterránea.

- Análisis del sistema de flujo.

- Evaluación del potencial de contaminación.

5.5.1.1 Evidencias y uso del agua subterránea

Se debe establecer la ubicación y distribución de todas las evidencias del agua subterránea, tales como manantiales, pozos y norias, a escala regional y local. Asimismo, se debe determinar el volumen de extracción, tendencias de la explotación de agua y planes de desarrollo en la zona de estudio.

5.5.1.2 Identificación del tipo de acuífero

Se deben identificar las unidades hidrogeológicas, extensión y geometría, tipo de acuífero (libre, confinado, semi-confinado) y relación entre las diferentes unidades hidrogeológicas, que definan el sistema acuífero de la zona. Lo anterior debe estar apoyado en forma integral con base en los estudios geológicos, geofísicos, hidrogeoquímicos y de los reportes de las perforaciones.

5.5.1.3 Determinación de parámetros hidráulicos de las unidades hidrogeológicas y características físico-químicas del agua subterránea

Se deben determinar los valores de la conductividad hidráulica, carga hidráulica y porosidad efectiva en partículas del sistema de flujo, con los cuales se va a definir la dirección y velocidad del agua subterránea, siguiendo los elementos y preceptos de orden con fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente.

Se debe conocer la composición físico-química del agua subterránea con el fin de:

- I). Calcular los niveles de fondo de la calidad del agua y
- II). Apoyar a la definición de los sistemas de flujo.

5.5.1.4 Análisis del sistema de flujo

Con base en la información geológica y de los puntos 5.5.1.1, 5.5.1.2 y 5.5.1.3 y de otros elementos hidrogeológicos tales como zonas de freatofitas, zonas de recarga y descarga, se debe definir el sistema de flujo local y regional del área de estudio.

5.5.1.5 Evaluación del potencial de contaminación

Integrar toda la información obtenida de los puntos 5.5.1.1, 5.5.1.2, 5.5.1.3 y 5.5.1.4, para determinar las características de las obras de ingeniería de los sitios a que se refiere esta

norma. Para ello se debe considerar la gráfica del Anexo 2 de esta Norma Oficial Mexicana.

Dicha gráfica representa el valor de infiltración que pueden tener los sitios destinados a la disposición final de los residuos peligrosos. Su valor en la frontera está definido por la siguiente fórmula: $f \leq 1 \times 10^{-10} \text{ seg}^{-1}$, y relaciona a la velocidad promedio lineal del agua subterránea en los diferentes espesores de materiales de la zona no-saturada, incluyendo a la porosidad de ellas, según la siguiente expresión:

$$f = (k * i) / (U * d)$$

en donde:

f = factor de tránsito de la infiltración, (1/s).

d = espesor de la zona no saturada, (m).

U = porosidad promedio efectiva de los materiales de la zona no-saturada, (adimensional).

i = gradiente hidráulico, (adimensional).

K = conductividad hidráulica promedio de los materiales de la zona no-saturada, (m/s).

La velocidad promedio (V) se calcula a partir de la conductividad hidráulica saturada (K) de los materiales del subsuelo en la zona no-saturada, dividida por la porosidad efectiva (U); considerando un gradiente hidráulico unitario (i), de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$V = Ki/U$$

Estos parámetros del sitio se deben representar en la gráfica antes mencionada, para determinar su aptitud y viabilidad. Los sitios aptos, son aquellos donde el factor de tránsito de infiltración sea:

$$f \leq 1 \times 10^{-10} \text{ seg}^{-1}.$$

5.6 Estudios de riesgo sísmico

5.6.1 Se deben realizar estudios de riesgo sísmico para establecer el marco sismotectónico de la zona, identificar el potencial sísmico de las estructuras geológicas regionales y locales, definir la aceleración máxima esperada en el sitio, asignando un sismo máximo creíble para cada estructura en función de sus dimensiones y tipo. Los resultados de este punto se deben tomar en cuenta para el diseño de las instalaciones.

5.7 Aplicación de tecnologías y sistemas equivalentes

5.7.1. La autoridad competente puede autorizar la realización de medidas y obras de ingeniería, cuyos efectos resulten equivalentes a los que se obtendrían del cumplimiento de los requisitos previstos en los puntos 4.2.3.2, 4.2.4.1 y 4.2.4.2 de la presente Norma Oficial Mexicana, cuando se acredite técnicamente su efectividad.

5.8 Confinamiento "in situ" de residuos peligrosos específicos

Para el caso de confinamientos "in situ" de residuos peligrosos específicos previamente tratados como son: jales mineros, lodos de plantas de tratamiento de agua residual, las condiciones que deben atender son:

- La distancia a centros de población debe ser como mínimo un kilómetro.
- En relación con la hidrogeología del sitio se debe asegurar una interfase natural o inducida que garantice la no afectación de los mantos acuíferos y el tránsito de infiltración sea:

$$f \leq 1 \times 10^{-10} \text{ seg}^{-1}.$$

5.9 La evaluación de los estudios debe ser reconocida por las áreas competentes de

la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

6. GRADO DE CONCORDANCIA CON NORMAS Y RECOMENDACIONES INTERNACIONALES

6.1 No hay normas equivalentes, las disposiciones de carácter interno que existen en otros países no reúnen los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico que esta Norma Oficial Mexicana se integran y complementan de manera coherente con base en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente.

7. BIBLIOGRAFIA

7.1 Practical Waste Management. John R. Holmes (1983) Editorial John Wiley & Sons (Manejo práctico de residuos).

7.2 Groundwater, r. Allan Freeze / John A. Cherry, Prentice Hall Inc. (1979) (Agua subterránea).

7.3 CNA, Ley de Aguas Nacionales, México, D.F. (1992).

7.4 The Geochemistry of Natural Waters, Drever, J. Prentice Hall U.S.A. (1982) (La Geoquímica de las Aguas Naturales).

7.5 Determinación del Riesgo de Contaminación de Aguas Subterráneas, CEPIS, OPS, Foster S., Hirata R., Lima Perú (1988).

7.6 Introduction to Geochemistry, Segunda Edición, Mc. Graw-Hill Book Co, Krauskopf K. E.U.A. (1979) (Introducción a la Geoquímica).

7.7 CNA, Manual de Interpretación de Pruebas de Bombeo, Última Edición. 1995.

7.8 United National Educational and Cultural Organization (1980). Aquifers contamination and protection. Project 8.3 of

the Int. Hydrological Programme. UNESCO, Paris. Contaminación y protección de acuíferos).

7.9 Environmental Protection Agency. Part 11 40 CFR parts 257 and 258, Solid Waste Disposal Facility Criteria; Final Rule. October 9th, 1991. (Agencia de Protección Ambiental. Parte II. partes 257 y 258, Criterios para facilitar la disposición de residuos sólidos).

Protección al Ambiente, Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

8.2 Esta Norma Oficial Mexicana modifica a la NOM-055-ECOL-1993, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993.

8.OBSERVANCIA DE ESTA NORMA

8.1 La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la

8.3 La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los ciento ochenta días naturales después de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

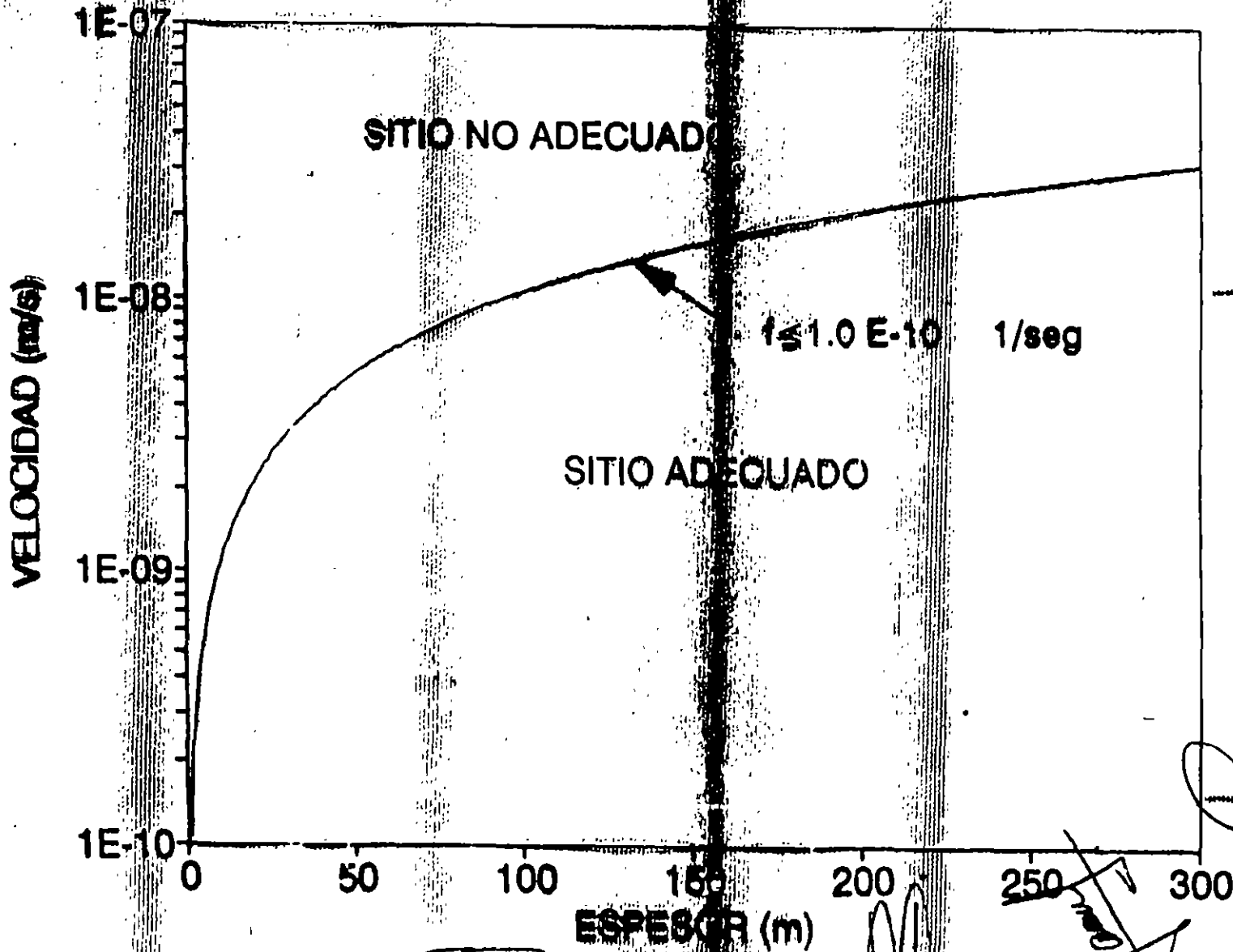
México, Distrito Federal, a los días del mes de de mil novecientos noventa y seis.

EL PRESIDENTE DEL COMITE
CONSULTIVO NACIONAL DE
NORMALIZACION PARA LA
PROTECCION AMBIENTAL

FRANCISCO GINER DE LOS RIOS

14-AGOSTO-1996
18:55

ANEXO. 2



Handwritten notes and signatures on the right side of the page, including a vertical line of text that appears to say 'Demanda'.

Handwritten signature at the bottom left of the graph area.

Handwritten signature at the bottom center of the graph area.

Handwritten signature at the bottom right of the graph area.

Handwritten signature at the bottom right of the graph area.

Handwritten signature at the bottom right of the graph area.

SECRETARIA DE MEDIO
AMBIENTE, RECURSOS
NATURALES Y PESCA

NORMA OFICIAL MEXICANA
NOM-084-ECOL-1995

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-084-ECOL-1995, QUE ESTABLECE LOS
REQUISITOS PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION, OPERACION Y MONITOREO
DE UN RELLENO SANITARIO.

JULIA CARABIAS LILLO,
Secretaria de Medio Ambiente,
Recursos Naturales y Pesca,
con fundamento en los
artículos 32 Bis fracciones
I, II, IV y V de la Ley
Orgánica de la Administración
Pública Federal; 5o.
fracciones I y VIII, 6o.
fracción XIII y último
párrafo, 36, 37, 137, 160 y
171 de la Ley General del
Equilibrio Ecológico y la
Protección al Ambiente; 38
fracción II, 40 fracción X,
41, 43, 44, 45, 46 y 47 de la
Ley Federal sobre Metrología
y Normalización; y

presentaran sus comentarios
al Comité Consultivo Nacional
de Normalización para la
Protección Ambiental, sito en
Río Elba No 20, colonia
Cuauhtémoc, código postal
06500, México, D.F.

Que durante el plazo a que se
refiere el considerando
anterior, de conformidad con
lo dispuesto en el artículo
45 del ordenamiento legal
citado en el párrafo
anterior, estuvieron a
disposición del público los
documentos a que se refiere
dicho precepto.

C O N S I D E R A N D O

Que en cumplimiento a lo
dispuesto en la fracción I
del artículo 47 de la Ley
Federal sobre Metrología y
Normalización, el 22 de junio
de 1994 se publicó en el
Diario Oficial de la
Federación con carácter de
Proyecto la presente Norma
bajo la denominación de NOM-
084-ECOL-1994, que establece
los requisitos para el diseño
de un relleno sanitario y la
construcción de sus obras
complementarias, a fin de que
los interesados en un plazo
de 90 días naturales

Que de acuerdo con lo que
disponen las fracciones II y
III del artículo 47 de la Ley
Federal sobre Metrología y
Normalización, los
comentarios presentados por
los interesados fueron
analizados en el seno del
citado Comité, realizándose
las modificaciones
precedentes, entre las cuales
y para mayor entendimiento se
encuentra el título de la
presente Norma y publicadas
en el **Diario Oficial de la
Federación** de fecha de
de las
respuestas a los comentarios
recibidos en el plazo de Ley.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas, el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 11 de diciembre de 1995, aprobó la presente Norma Oficial Mexicana bajo la denominación de NOM-084-ECOL-1995, que establece los requisitos para el diseño, construcción, operación y monitoreo de un relleno sanitario; por lo que he tenido a bien expedir la siguiente

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-084-ECOL-1995, QUE ESTABLECE LOS REQUISITOS PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION, OPERACION Y MONITOREO DE UN RELLENO SANITARIO.

I N D I C E

- 0. Introducción
- 1. Objetivo y campo de aplicación
- 2. Referencias

- 3. Definiciones
- 4. Diseño de un relleno sanitario
- 5. Criterio constructivo
- 6. Operación de un relleno sanitario
- 7. Monitoreo ambiental en rellenos sanitarios
- 8. Presupuesto
- 9. Aplicación de tecnologías o sistemas equivalentes
- 10. Grado de concordancia con Normas y recomendaciones internacionales
- 11. Bibliografía
- 12. Observancia de esta Norma

0. INTRODUCCION

El crecimiento demográfico, y el de las actividades productivas y de servicio, han rebasado con mucho la capacidad del medio para absorber los millones de toneladas de desechos que ...

generan, por lo que es necesario auxiliar a los procesos naturales mediante sistemas de recolección, tratamiento y disposición final para evitar daños ecológicos irreversibles, contando con rellenos sanitarios cuyo diseño, construcción, operación y monitoreo se lleve a cabo de acuerdo a lineamientos técnicos que garanticen el cumplimiento de dichos objetivos.

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

La presente Norma Oficial Mexicana establece los requisitos para el diseño, construcción, operación y monitoreo, para un relleno sanitario, para la disposición final de los residuos sólidos municipales y es de observancia obligatoria para los responsables de la autorización del establecimiento de los mismos, concesionarios y encargados de su operación.

2. REFERENCIAS

Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1995. Que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el día.

Norma Mexicana NMX-AA-15-1985. Muestreo-Método de cuarteo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 18 de marzo de 1985.

Norma Mexicana NMX-AA-19-1985. Determinación del peso volumétrico "In Situ", publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 18 de marzo de 1985.

Norma Mexicana NMX-AA-22-1985. Selección y cuantificación de subproductos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 18 de marzo de 1985.

Norma Mexicana NMX-AA-61-1985. Determinación de la generación, publicada en el Diario Oficial de la

Federación el día 8 de agosto de 1985.

3. DEFINICIONES

3.1 Acuífero

Es cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas, que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento.

3.2 Biogas

La mezcla de gases, producto de la descomposición biológica de la fracción orgánica de los residuos sólidos.

3.3 Camino de acceso

Es la vialidad que permite llegar o ingresar al relleno sanitario, desde una carretera externa a él.

3.4 Camino interior

La vialidad que permite el tránsito interno para la operación del relleno sanitario.

3.5 Capa

La constituye la unión de todas las franjas ubicadas en un mismo plano.

3.6 Cárcamo

Es la obra civil que sirve para almacenar líquidos provenientes de alguna operación y bombearlos a otro lugar, se construye bajo el nivel del terreno o en sitios donde los líquidos pueden llegar por gravedad.

3.7 Carga catiónica

Cantidad de iones cargados positivamente generados por el proceso de lixiviación en un relleno sanitario por unidad de área por unidad de tiempo.

3.8 Carga orgánica

Cantidad de sustancias orgánicas generadas por el proceso de lixiviación en un relleno sanitario por unidad de área por unidad de tiempo.

3.9 Celda

Es el bloque unitario de construcción de un relleno sanitario.

3.10 Celda diaria

Las áreas definidas donde se esparcen y compactan los residuos durante el día, siendo cubiertos al final del mismo, con una capa de algún material que en caso de ser suelo, también se compacte.

3.11 Cementar

Procedimiento constructivo que se utiliza para el sellado de alguna perforación a base de cemento-arena.

3.12 Conducto de venteo

Estructuras de ventilación que permiten la salida de los gases producidos por la biodegradación de los residuos sólidos municipales.

3.13 Conductividad hidráulica

Es la propiedad de un medio geológico de permitir el flujo de agua subterránea en un acuífero o acuitardo, considera las condiciones de

densidad y viscosidad del agua.

3.14 Controlador de descarga

Es la persona con conocimiento y autoridad para indicar el sitio apropiado de vaciado de los residuos sólidos municipales.

3.15 Cubierta diaria

La capa de material natural o sintético con que se cubre a los residuos depositados durante un día de operación.

3.16 Cubierta intermedia

El estrato de material natural o sintético con que se cubre una franja o capa de residuos en un relleno sanitario.

3.17 Cubierta final

El revestimiento de material natural o sintético que confina el total de las capas de que consta un relleno sanitario.

3.18 Disposición

La descarga, depósito, inyección, vertido, derrame o colocación de cualquier tipo de residuo en o sobre el suelo o cualquier cuerpo de agua.

3.19 Disposición final

La acción de depositar permanentemente los residuos sobre el suelo, en condiciones seguras, para evitar daños al ambiente.

3.20 Estratigrafía

Rama de la geología concerniente con todas las características y atributos de las rocas y con su interpretación en términos de origen e historia geológica.

3.21 Evaporación

Paso del estado líquido al gaseoso en la superficie de los líquidos y a cualquier temperatura.

3.22 Franja

Unión de extremo a extremo de las celdas diarias de la parte más alta a la más baja de la superficie de la celda.

3.23 Frente de trabajo

Ancho mínimo de la celda diaria del relleno sanitario, destinada para que los vehículos descarguen durante la jornada de trabajo.

3.24 Gasto

Es la cantidad de agua que pasa en un determinado tiempo.

3.25 Gasto de diseño

Valor del gasto empleado para diseñar obras de conducción captación o almacenamiento de líquidos.

3.26 Generación

La cantidad de residuos sólidos originados por el componente unitario de una determinada fuente en un intervalo de tiempo.

3.27 Hora crítica

Período de mayor afluencia de vehículos recolectores o de transferencia para descarga al relleno sanitario.

3.28 Lixiviado

Líquido proveniente de los residuos, el cual se forma por reacción, arrastre o percolación y que contiene, disueltos o en suspensión, componentes que se encuentran en los mismos residuos, así como el agua que los atraviesa.

3.29 Manifiesto de impacto ambiental

Documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo.

3.30 Material de cubierta

El material de origen natural o sintético, utilizado para cubrir los residuos sólidos con el propósito de controlar el ingreso de diversos organismos, así como controlar la humedad de los estratos de residuos,

favorece la degradación de la materia orgánica, el movimiento de gas producido por la degradación de la materia orgánica, el inicio y propagación de incendios, la dispersión de residuos y también proporcionar al sitio una apariencia adecuada.

3.31 Monitoreo ambiental

Sistema continuo de observación de medidas y evaluaciones para propósitos definidos, el monitoreo es una herramienta importante en el proceso de evaluación de impactos ambientales y en cualquier programa de seguimiento y control.

3.32 Mortero

Es una mezcla de agregados pétreos para formar un cementante.

3.33 Muestras alteradas

Es una muestra representativa del suelo en la cual no prevalecen las propiedades mecánicas en sitio.

3.34 Muestras inalteradas

Es una muestra representativa del suelo en el cual prevalecen las propiedades mecánicas en sitio.

3.35 Nivel freático

La superficie de agua que se encuentra únicamente bajo el efecto de la fuerza de gravitación y que delimita la zona de aireación de la de saturación.

3.36 Obras complementarias

Conjunto de instalaciones y edificaciones mínimas necesarias, para la correcta operación de un relleno sanitario.

3.37 Obras de control

Conjunto de instalaciones empleadas para el manejo y control de contaminantes generados en el relleno sanitario.

3.38 Peso volumétrico

El peso de los residuos sólidos contenidos en una unidad de volumen.

3.39 Pozo a cielo abierto

Excavación en el terreno de manera manual o mecánica, con dimensiones estándares de 1.5 m X 1.5 m y profundidad máxima de 5 m para extraer muestras cúbicas inalteradas de cualquier estrato y conocer sus propiedades físicas y mecánicas.

3.40 Propiedades físicas

Son las propiedades del suelo en cuanto a sus características índice (límites de plasticidad, densidad de sólidos, peso volumétrico máximo y humedad óptima).

3.41 Propiedades mecánicas

Son las características en cuanto a los parámetros de resistencia de esfuerzo cortante y deformabilidad.

3.42 Relleno sanitario

Es un método de ingeniería para la disposición de residuos sólidos en el suelo, de manera que se le dé protección al ambiente mediante el esparcido de los residuos en pequeñas capas, compactándolas al menor volumen práctico y cubriéndolos con suelo al final del día de trabajo.

3.43 Residuo sólido municipal

El residuo sólido que se genera de actividades que se desarrollan en casa habitación, sitios y servicios públicos, demoliciones, construcciones, establecimientos comerciales en servicio, así como industriales que no se generen en sus procesos.

3.44 Sondeo mecánico

Es la excavación o perforación en el terreno utilizando máquinas para penetrar por medio de rotación o percusión. La maquinaria debe contar con el equipo necesario para la extracción de muestras estratigráficas.

3.45 Subsuelo

Zona por debajo de la superficie del terreno, cuyos rasgos geológicos (ejem. estratigrafía y estructura), son interpretados con base en registros de perforación y varios tipos de evidencia geofísica.

3.46 Suelo

Medio natural propicio para el crecimiento de plantas, compuesto por materiales no consolidados encima de la roca sana y caracterizado por su estructura, color, textura, contenido de materia orgánica, grado de acidez o alcalinidad y origen.

3.47 Tractor

El tractor agrícola adaptado con cuchillas para la operación de un relleno sanitario.

3.48 Vehículo recolector

Vehículo empleado en la recolección de los residuos sólidos municipales y que los traslada hacia una estación de transferencia, planta de tratamiento o sitio de disposición final.

3.49 Vehículo de transferencia

Transporte de gran capacidad, que recibe la carga de varios vehículos recolectores en una estación de transferencia y la traslada hacia el sitio de disposición final.

3.50 Zampeado

Elemento constructivo a base de mampostería de roca, tabique, concreto o cualquier otro material que sirva para recubrir un talud de tierra.

4. DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO

Cuando en la selección del sitio para la disposición final de los residuos sólidos municipales, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1995 referida en el punto 2 de la presente Norma Oficial Mexicana se

4.1.1.1 Planimetría

Es el trazo que determina la ubicación de los límites del predio, cursos o cuerpos de agua superficial, áreas de inundación, caminos en servicio, líneas de conducción existentes en el sitio (luz, agua, drenaje, gas, teléfono, etc.), así como todo tipo de estructuras y construcciones existentes dentro del predio.

Todos los puntos en sus vértices deben estar referenciados a elementos fijos con objeto de rehacer

requieran obras de ingeniería para resolver problemas particulares, dichas obras se deben considerar en el diseño.

4.1 Estudios y análisis previos

Para realizar el diseño de un relleno sanitario, se debe contar con los siguientes estudios y análisis:

4.1.1 Estudios topográficos

Información referente a la poligonal del sitio, así como la configuración del terreno, en su planimetría y altimetría.

la poligonal cuantas veces se requiera.

La poligonal del terreno debe estar referida a un sistema de coordenadas.

4.1.1.2 Altimetría

Los bancos de nivel deben estar referidos a la altitud y a los bancos oficiales de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.

Las curvas de nivel se deben trazar de acuerdo a los siguientes requerimientos: En equidistancias de curvas a

cada medio metro para sitios planos y ligeramente ondulados y cada metro para ondulados, hondonadas profundas y valles escarpados.

Una vez establecido un banco de nivel fijo y de fácil localización, se debe efectuar una nivelación a lo largo de las poligonales abierta y cerrada con puntos de nivelación a cada 20 m como máximo y especificar la altura de los sistemas de conducción que atreviesen el sitio, incluyendo sus sistemas de sujeción.

Para la poligonal cerrada, se debe establecer un eje central que divida al predio en dos áreas aproximadamente iguales y definir ejes paralelos a cada 50 m, mismos que deben seccionarse transversalmente a cada 25 m aproximadamente para superficies de 8 hectáreas o menos y cada 50 m en terrenos mayores a 8 hectáreas.

4.1.1.3 Memoria de cálculo

Los levantamientos planimétricos y altimétricos deben estar respaldados en una memoria de cálculo y libretas de campo.

4.1.1.4 Trazo de caminos

De acuerdo al trazo del proyecto en campo, se debe trazar un perfil longitudinal con estaciones a cada 20.00 m en cada una de las estaciones se debe hacer un trazo transversal que abarque 20.00 m, en equidistancia con estos datos se deben proyectar las secciones del camino y determinar los cortes o terraplenes para la obtención de los volúmenes a mover.

4.1.2 Estudios geotécnicos

El propósito de realizar estos estudios es el de llevar a cabo una exploración detallada de los suelos, identificando zonas permeables y bancos de materiales, así como determinar las características físicas y mecánicas de los suelos, las cuales deben tomarse en cuenta para el diseño específico, diseño de sistemas de control y de las obras complementarias del relleno sanitario.

Los estudios geotécnicos deben cubrir las siguientes actividades:

4.1.2.1 Exploración y muestreo

Definir de manera precisa la estratigrafía del sitio, para ello se debe realizar una perforación, por cada diez hectáreas, con una profundidad mínima de diez metros por debajo de la cota inferior del relleno sanitario.

Tomar muestras inalteradas en aquellos estratos que se consideren críticos para fines de la estabilidad de las excavaciones.

Al término de cada sondeo, se debe cementar la perforación, a fin de evitar la contaminación de los acuíferos del sitio.

4.1.2.2 Pruebas de permeabilidad del subsuelo

Determinar la permeabilidad de los estratos del subsuelo, aplicando técnicas de ensayo,

en perforaciones previamente realizadas, vecinas a los sondeos que se refiere el punto 4.1.2.1 de esta Norma Oficial Mexicana, la profundidad de cada prueba se debe definir con el perfil de estos sondeos.

Terminadas las pruebas de permeabilidad en cada perforación, se debe cementar, a fin de evitar la contaminación futura de los acuíferos del sitio.

4.1.2.3 Localización de bancos de préstamo

Con base en el estudio geológico regional, realizado para la selección del sitio, según la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1995, se deben ubicar bancos potenciales de préstamo para la construcción del revestimiento del fondo, taludes y las cubiertas intermedias y final del relleno sanitario.

Realizar pozos a cielo abierto de tres a cinco metros de profundidad y obtener muestras alteradas de la pared para efectuar los ensayos de laboratorio que se mencionan en el punto 4.1.2.4;

de esta Norma Oficial Mexicana.

4.1.2.4 Ensayes de laboratorio

Estas pruebas se deben aplicar a las muestras obtenidas y referidas en los puntos 4.1.2.1 y 4.1.2.3 de esta Norma Oficial Mexicana, para definir las propiedades físicas y mecánicas de los suelos.

4.1.2.4.1 Propiedades físicas

Para conocer las propiedades físicas de los suelos, se deben realizar las siguientes determinaciones:

clasificación SUCS, contenido natural de agua, granulometría por mallas, contenido de finos, límite de Atterberg, densidad de sólidos, contracción lineal, permeabilidad mediante parámetros de carga constante o de carga variable según el tipo de material, peso volumétrico natural, peso volumétrico seco máximo y humedad óptima.

Practicar ensayes de permeabilidad a las muestras recuperadas en los bancos de préstamo, con parámetros de

carga constante o de carga variable, en probetas reconstituidas a diferentes grados de compresión.

4.1.2.4.2 Propiedades mecánicas

Para determinar las propiedades mecánicas de los suelos, es necesario realizar las siguientes pruebas: compresión simple, triaxial rápida, triaxial consolidada rápida y consolidación unidimensional.

4.1.3 Estudio de impacto ambiental

Se debe realizar y presentar para su evaluación ante las autoridades correspondientes, el manifiesto de impacto ambiental en su modalidad específica.

4.1.4 Estudios de generación y caracterización de los residuos sólidos municipales

Se debe recabar información referente a las cantidades y características de los residuos sólidos en la actualidad y proyectar las

cantidades para un período mínimo de 10 años o bien igual al período de vida útil del sitio. En caso de que estos datos no se encuentren disponibles se deben realizar los muestreos correspondientes conforme a lo establecido en las normas mexicanas referidas en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana.

4.1.5 Estudios climatológicos

Se debe recabar información confiable de los siguientes parámetros climatológicos: temperatura, precipitación y vientos, registrados en estaciones climatológicas cercanas al relleno sanitario en un período de 25 años como mínimo.

4.1.5.1 Temperatura

Se debe obtener y analizar la información correspondiente a este parámetro, para determinar la temperatura media mensual en un período de observación de al menos 25 años.

4.1.5.2 Precipitación

Determinar la precipitación mensual media, la precipitación promedio

diaria, correspondiente al mes más lluvioso registrado en todo el período de observación y la intensidad de lluvia máxima horaria promedio, a partir de registros que abarquen un período de 25 años como mínimo.

4.1.5.3 Vientos

Con base en los registros obtenidos de la estación climatológica, se debe determinar la dirección y velocidad promedio de los vientos reinantes, la dirección promedio de los vientos dominantes, así como su posible variación en las diferentes épocas del año.

4.1.6 Generación de lixiviados (análisis del balance de agua)

Se debe aplicar un modelo matemático para conocer de manera confiable la cantidad de lixiviados a generarse en el relleno sanitario.

Para determinar la generación de lixiviados se deben tomar en cuenta los factores climatológicos, así como las características de los residuos sólidos municipales

por depositar, las características del material de cobertura que se piense utilizar, así como las diferentes opciones de diseño de las celdas.

El análisis de la generación de lixiviados a producirse en el relleno sanitario, se debe realizar aplicando el modelo HELP (The Hydraulic Evaluation of Landfill Performance. Evaluación Hidráulica para el Funcionamiento de un Relleno Sanitario), siempre y cuando exista información suficiente del sitio para alimentar de forma adecuada al modelo.

En el caso de no poderse aplicar el modelo HELP, el balance de agua puede llevarse a cabo empleando el método sugerido por la EPA en 1975 (Método de balance de agua desarrollado por C.W. Thornthwaite y adaptado por Dennis G. Fenn y colaboradores).

4.1.7 Cálculo de interfase

Realizar la determinación de la interfase de suelo necesaria entre la base del relleno sanitario y el nivel freático, que garantice que

las aguas subterráneas no serán contaminadas.

El cálculo de la interfase necesaria se debe realizar por carga catiónica y por carga orgánica.

4.2 Diseño específico del relleno sanitario

4.2.1 Selección del método de operación

La selección del método a utilizar para la operación del relleno sanitario, se debe realizar con base a las condiciones topográficas, geomorfológicas, geotécnicas e hidrogeológicas del terreno elegido, seleccionando de entre los siguientes: operación a volteo en superficies horizontales u operación en superficies inclinadas.

4.2.2 Requerimientos volumétricos del sitio

Los requerimientos volumétricos para el diseño del relleno sanitario se deben obtener para los años estimados, mediante los volúmenes totales anuales

acumulados tanto de los residuos sólidos municipales como del material de cubierta, empleando para ello la proyección de generación de residuos y los pesos volumétricos obtenidos como se señala en el punto 4.1.4 de esta Norma Oficial Mexicana.

4.2.3 Cálculo de la capacidad volumétrica del sitio

El cálculo de la capacidad volumétrica del sitio se debe realizar considerando la configuración topográfica que presente el predio donde se alojará el relleno sanitario, así como sus niveles de desplante, se debe reportar por cada curva de nivel la capacidad volumétrica parcial y acumulada.

4.2.4 Dimensiones de la celda diaria

4.2.4.1 Altura de la celda

La altura máxima de la celda diaria debe ser de 5.00 m incluyendo el espesor de los residuos a disponer y el material de cubierta requerido.

4.2.4.2 Ancho de la celda diaria

El ancho de la celda diaria (frente de trabajo) debe estar determinado por la longitud necesaria para el funcionamiento adecuado y ejecución de maniobras del equipo, tanto de compactación como de transporte.

4.2.4.3 El largo de la celda diaria se debe calcular en función de la altura y el ancho previamente determinados.

4.2.4.4 Material de cobertura

La celda diaria de residuos, se debe cubrir con tierra y compactarla al final del día. Este recubrimiento debe poseer un espesor suficiente para cubrirlos totalmente y corregir las irregularidades de residuos compactados, de manera que las superficies terminadas queden limpias y las pendientes entre 1 y 2% necesarias para prevenir la erosión y permitir un drenaje controlado de los escurrimientos pluviales superficiales. La cubierta diaria debe tener un espesor mínimo de 0.15 m elevándose a

0.30 m cuando quede expuesto a los agentes erosivos por tiempos prolongados. La cubierta o sello final del relleno debe tener un espesor mínimo de 0.60 m y pendiente de 1%. El espesor del materia de cubierta final puede reducirse si en el balance de agua descrito en el punto 4.1.5 de esta Norma Oficial Mexicana se justifica.

4.2.5 Cálculo de la vida útil del sitio

El cálculo de la vida útil del sitio se obtiene determinando el año para el cual los resultados encontrados para los requerimientos volumétricos acumulados del relleno sanitario sean sensiblemente iguales a la capacidad volumétrica del sitio.

4.2.6 Calendarización

Elaborar un programa de llenado de celdas diarias, por capas o por etapas del relleno sanitario, donde se indique la fecha en que se ocupan, así como sus niveles de desplante y de piso terminado.

4.2.7 Sistema de impermeabilización

4.2.7.1 El sistema de impermeabilización es utilizado para aquellos rellenos sanitarios donde el cálculo de la interfase indique que el subsuelo no es capaz de absorber o atenuar la carga contaminante de los lixiviados, o que el factor de infiltración (f) sea mayor al establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1995 referida en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana.

4.2.7.2 El sistema de impermeabilización se debe diseñar para toda la base y paredes del relleno sanitario y puede ser de origen natural, sintético, o alguna combinación de éstos. Se deberá demostrar que los materiales que integran dicho sistema no se deterioran ni pierden sus propiedades y ser resistentes a los esfuerzos físicos que resulten del peso de los materiales y residuos que se coloquen sobre este sistema de impermeabilización.

4.2.7.3 Los materiales de origen natural pueden ser importados o bien del mismo sitio y en ambos casos se debe especificar el manejo o trato que se les debe dar para garantizar que cumple con el factor de infiltración $f \leq 3 \times 10^{-10}$ l/s establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1995 referida en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana y que es capaz de absorber o atenuar la carga contaminante de los lixiviados evitando la migración de éstos hacia los acuíferos y del biogas en forma horizontal.

4.3 Diseño de las obras de control

4.3.1 Sistema de las obras de captación, extracción y monitoreo de lixiviados

4.3.1.1 Se debe instalar un sistema de captación de lixiviados inmediatamente por encima del sistema de impermeabilización.

4.3.1.2 Los sistemas de captación de lixiviados deben ser capas drenantes, ubicadas principalmente en la base del relleno y sobre cualquier capa superior donde se espera tener acumulación de líquidos y estar diseñadas para conducir de la forma más rápida posible hasta cárcamos de recolección. Estas capas drenantes pueden constituirse en forma de redes de drenes (tuberías perforadas) o trincheras. Su pendiente mínima debe ser de 0.4% y su conductividad hidráulica de 1×10^{-5} m/s.

El lixiviado extraído no puede ser dispuesto en sistemas de colección de aguas residuales.

4.3.1.3 El monitoreo de los lixiviados se puede realizar aprovechando las instalaciones de captación y extracción de los mismos, tomando muestras en el cárcamo de almacenamiento o al ser extraídos del relleno sanitario, o bien construyendo e instrumentando pozos especiales para el monitoreo de lixiviados.

4.3.2 Sistema de extracción de biogas

4.3.2.1 Se deben instalar estructuras verticales de 60 a 100 cm de lado o diámetro a manera de chimenea, esta estructura se debe desplantar desde el fondo del relleno y en la parte superior se cubre con una placa de concreto dejando un tubo de venteo u otro sistema dependiendo de la cantidad generada de gas y el tratamiento que se le dará.

4.3.2.2 Se deben instalar dos pozos por hectárea de relleno.

4.3.2.3 Si el biogas extraído del relleno sanitario es quemado, el diseño de la instalación y del quemador deben reunir las condiciones adecuadas para una óptima combustión.

4.3.3 Sistema de monitoreo al acuífero

4.3.3.1 Los sistemas de monitoreo para el acuífero deben contar por lo menos con dos pozos de muestreo que se sitúen uno en la dirección del flujo de las aguas subterráneas a 100 m antes de

llegar al sitio del relleno sanitario y otro a 100 m. aguas abajo del sitio, y se deben instalar siempre y cuando el nivel de agua freática esté a menos de 25 m.

4.3.3.2 Los pozos de monitoreo deben profundizar 2 m dentro del acuífero.

4.3.3.3 La construcción de los pozos de monitoreo al acuífero se debe realizar únicamente con materiales y técnicas que aseguren la no contaminación del acuífero y pueden ser de un diámetro mínimo que permita la introducción y recuperación del sistema muestreador, el cual debe ser resistente a la corrosión.

4.3.4 Sistema de monitoreo de biogas

4.3.4.1 El sistema de monitoreo de biogas se debe utilizar en cualquier relleno sanitario que se construya en oquedades, barrancas, depresiones, zanjas, etc., o en su caso que exista el contacto directo de los residuos sólidos con paredes, en las cuales se puede

presentar la migración de biogas en forma horizontal.

4.3.4.2 Los sistemas de monitoreo para identificar la migración de biogas deben estar integrados por pozos distribuidos a lo largo del perímetro del relleno sanitario.

Estos se deben construir con una separación máxima de 50 m. entre pozo y pozo y a una distancia mínima de 2 m del límite de los residuos sólidos. La profundidad máxima debe ser igual al espesor de residuos sólidos más un metro.

4.4 Diseño de sus obras complementarias

El relleno sanitario debe contar con las obras complementarias que se indican en la Tabla 1.

Tabla 1
OBRAS COMPLEMENTARIAS

INSTALACIONES	POBLACIONES MAYORES DE 50,000
AREA DE ACCESO Y ESPERA	*
CERCA PERIMETRAL	*
CASETA DE VIGILANCIA	*
CASETA DE PESAJE Y BASCULAS	*
CAMINOS PERMANENTES	*
AREA DE EMERGENCIA	*
DRENAJES PERIMETRALES E INTERIORES	*
INSTALACIONES DE ENERGIA ELECTRICA	*
SEÑALAMIENTOS FIJOS Y MOVILES	*
AREA DE AMORTIGUAMIENTO	*
ALMACEN Y COBERTIZO	*
AREA ADMINISTRATIVA	*
SERVICIOS SANITARIOS	*

Las poblaciones con menos de 50,000 habitantes, deben contar con las instalaciones mínimas siguientes: cerca perimetral, caseta de vigilancia, caminos perimetrales, drenajes perimetrales e interiores, instalaciones de energía

eléctrica, señalamientos, área de amortiguamiento y área de servicios generales.

4.4.1 Drenaje pluvial

4.4.1.1 Las obras de drenaje pluvial deben ser de tipo permanente y temporal.

4.4.1.1.1 Las obras de drenaje permanentes se construirán en los límites del relleno que tienen como objeto la captación del escurrimiento de aguas arriba, los canales se deben revestir con mortero: cemento-arena en proporción de 1:3 o mediante un zampeado de piedra junteada con mortero cemento-arena en proporción 1:5, la velocidad del agua dentro de los canales no debe ser menor de 0.60 m/s ni mayor de 2.00 m/s.

4.4.1.1.2 Las obras de drenaje temporal se deben construir mediante canales de sección triangular con taludes de 3:1, rellenos de grava de 5 cm de tamaño máximo para evitar socavaciones y captar las aguas pluviales para conducir las fuera del área de trabajo.

4.4.1.1.3 Para los drenajes permanentes y temporales, el dimensionamiento de canales, se debe efectuar mediante la fórmula de Manning obteniendo

el gasto de diseño a partir del método racional americano o la fórmula de Burklieziegler, considerando la pendiente generadora.

Estas obras de drenaje, se debe diseñar con capacidad para manejar caudales iguales o mayores al de una tormenta con período de retorno de 10 años.

4.4.2 Areas de acceso y espera

4.4.2.1 Las áreas de acceso y espera tienen como propósito el control de entradas y salidas del personal y de los vehículos de recolección.

4.4.2.2 El camino de acceso al relleno sanitario debe tener un ancho de 8.0 m como mínimo.

4.4.2.3 Antes del acceso al frente de trabajo se debe tener un área de espera con la capacidad suficiente para el estacionamiento de los vehículos recolectores y de transferencia en la hora pico.

4.4.3 Cerca perimetral

4.4.3.1 El relleno sanitario debe estar cercado

mínimo con alambre de púas de cinco hilos de 1.50 m de alto, a partir del nivel del suelo con postes de concreto o tubos galvanizados cédula 40, debidamente empotrados y colocados a cada 3 m entre sí, combinándolos con los accesos.

4.4.4 Caseta de vigilancia

4.4.4.1 Las dimensiones de la caseta de vigilancia debe tener como mínimo 4 m² y se debe instalar a la entrada del relleno sanitario, se puede construir con materiales propios de cada región.

4.4.5 Caseta de pesaje y báscula

4.4.5.1 Las dimensiones de la caseta de pesaje deben tener como mínimo 16 m² para alojar el dispositivo indicador de la báscula y el mobiliario necesario para el registro y archivo de datos.

4.4.5.2 La báscula se debe ubicar cerca de la entrada del relleno sanitario y contar con:

4.4.5.3 Superficie de dimensiones suficientes para dar servicios a la unidad

recolectora o de transferencia de mayor volumen de carga.

4.4.5.4 Capacidad acorde a la unidad recolectora o de transferencia de mayor volumen de carga.

4.4.5.5 La báscula debe ser de una precisión de 5 kg y su instalación debe cumplir con las especificaciones del fabricante.

4.4.6 Caminos

4.4.6.1 Los caminos deben ser de dos tipos, exteriores e interiores.

4.4.6.2 Los caminos exteriores deben cumplir como mínimo las especificaciones siguientes:

4.4.6.2.1 Ser de trazo permanente, y

4.4.6.2.2 Garantizar el tránsito por ellos en cualquier época del año, a todo tipo de vehículos que acudan al relleno sanitario

4.4.6.3 Cuando por volumen de tránsito y de la capacidad de carga de los vehículos, se haga necesaria la colocación de la carpeta asfáltica, esta superficie de rodamiento debe

estar sobre el nivel de despalme, misma que define la subrasante, en este caso, para recibir la carpeta se debe construir:

4.4.6.3.1 Una sub-base con espesor mínimo de 12 cm formada de material natural producto de la excavación o explotación de bancos de materiales.

4.4.6.3.2 Una base con espesor de 12 cm de grava controlada y arena compactada al grado que alcancen estos materiales.

4.4.6.3.3 El espesor de la carpeta asfáltica, cuya finalidad es proporcionar una superficie estable, uniforme, impermeable y de textura apropiada, se debe calcular en función del valor relativo de soporte del suelo, de la carga del diseño y del volumen de tránsito.

4.4.6.4 Los caminos internos deben cumplir las especificaciones siguientes:

4.4.6.4.1 Deben permitir la doble circulación de los vehículos recolectores o de transferencia hasta el frente de trabajo del relleno sanitario.

4.4.6.4.2 Deben ser de tipo temporal.

4.4.6.5 Los caminos interiores y exteriores deben ser diseñados y construidos conforme a los criterios básicos establecidos en la norma para diseño de caminos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

4.4.8 Instalaciones de energía eléctrica

4.4.8.1 Las instalaciones de energía eléctrica deben satisfacer las necesidades de iluminación de energía en señalamientos exteriores e interiores, requerimientos en oficinas e instalación de alumbrado en los frentes de trabajo, cuando se opere de noche.

4.4.9 Señalamientos

4.4.9.1 Los señalamientos se deben dividir en tres géneros: informativos, preventivos y restrictivos, pudiendo ser de tipo móvil o fijo y se deben ajustar a lo establecido en el "Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Calles y Carreteras", editado por la

Secretaría de Comunicaciones
y Transportes.

**4.4.10 Area de
amortiguamiento**

4.4.10.1 El área de amortiguamiento se debe diseñar y construir en una franja perimetral de 50 m de ancho.

4.4.10.2 Esta franja debe estar forestada con especies vegetales de talla y follaje suficiente para que reduzca la salida de polvos, ruidos y materiales ligeros durante la operación.

**4.4.11 Almacén y
cobertizo**

4.4.11.1 Se debe construir un cobertizo para guardar equipo, herramienta, materiales que sean de uso para el relleno, así como un área para realizar reparaciones mecánicas menores, el tamaño dependerá del equipo que se disponga, y debe tener en el frente un patio de maniobras lo suficientemente grande para poder recibir vehículos que vengan a descargar materiales al almacén.

**4.4.12 Area
administrativa**

4.4.12.1 El área administrativa debe contar con el espacio suficiente para la instalación de las oficinas respectivas, así como el mobiliario que se requiera, incluyendo un área para primeros auxilios.

**4.4.13 Servicios
sanitarios**

4.4.13.1 Los servicios sanitarios se deben instalar conforme a los requisitos que establezcan las disposiciones legales aplicables.

4.4.14 Area de emergencia

4.4.14.1 El área de emergencia debe ser destinada para la recepción de los residuos municipales, cuando por situaciones climatológicas no permita la operación en el frente de trabajo para facilitar la operación del relleno además, se debe contar con lonas plásticas, residuos provenientes de demolición, o del barrido de calles para cubrir los residuos.

4.4.14.2 El área de emergencia deberá:

4.4.14.2.1 Estar ubicada en el área que presente las mejores condiciones para su operación.

4.4.14.2.2 Tener capacidad suficiente para una operación ininterrumpida de 3 meses.

4.4.14.2.3 Contar con material adecuado y en condiciones suficientes para cubrir diariamente los residuos.

4.5 Cierre y uso final del sitio

Se debe diseñar el cierre del relleno sanitario, para cuando finalice su vida útil tomando en cuenta su conformación final, estabilidad de taludes, mantenimiento, monitoreo y control de contaminantes, así como el uso final que se le pretenda dar.

4.5.1 Conformación final

La forma final que se debe dar a los residuos sólidos

depositados en el relleno sanitario, debe contemplar las restricciones relacionadas con el aprovechamiento que se dé al sitio, estabilidad de taludes, límites del predio, características de la cubierta final y drenajes superficiales.

4.5.2 Estabilidad de taludes

La configuración de los taludes definitivos del relleno, se debe definir de acuerdo a los lineamientos, que marque un análisis de estabilidad de taludes, realizado previamente.

4.5.3 Mantenimiento

Se debe elaborar un programa de mantenimiento de post-clausura para todas las instalaciones del relleno sanitario.

También se debe elaborar un programa de mantenimiento de la cubierta final, para reparar hundimientos provocados por la degradación de los residuos sólidos municipales, así como los daños por erosión pluvial y eólica.

4.5.4 Monitoreo y control de contaminantes

4.5.4.1 Se debe elaborar un programa de monitoreo y control de biogas y lixiviados.

4.5.4.2 El programa de monitoreo y control, se debe extender hasta un período en el cual se garantice, que los residuos sólidos depositados en el relleno sanitario se hayan estabilizado, dejando de generar contaminantes, también se debe asegurar que todos los contaminantes generados en este tiempo sean controlados.

4.5.5 Uso final del sitio

El diseño de cierre del relleno sanitario, debe incluir el aprovechamiento que se le dé al sitio una vez concluida su vida útil, el cual debe estar acorde con el uso de suelo permitido.

5. CRITERIO CONSTRUCTIVO

5.1. Criterio constructivo de celdas

5.1.1 Con base en el método de operación a volteo en superficies horizontales, las celdas se deben construir a partir de un terraplén elaborado con material propio del sitio o residuos de construcción o residuos municipales compactados y cubiertos con material de cobertura.

I. Se prepara el terreno para trabajarlo a base de terrazas y al mismo tiempo extraer material para cubierta.

II. El frente de trabajo o ancho de la celda se debe calcular de acuerdo a lo establecido en el punto 4.2.4.2 de esta Norma Oficial Mexicana.

III. Los cortes al terreno se deben hacer, siguiendo la topografía del sitio para formar terrazas y aprovechar al máximo el terreno.

IV. El talud de la celda diaria no debe ser menor a la relación. 2.5:1 ni mayor a 4:1.

V. Cada celda del relleno debe ser contigua con la del día anterior y así sucesivamente hasta formar una hilera de celdas que se denominan franjas. Estas

celdas se deben construir de acuerdo con la topografía del sitio.

VI. Las franjas al irse juntando forman capas, éstas se deben construir considerando la altura del sitio disponible para el relleno y ubicarse en el plano de construcción, se calendarizan y se numeran de abajo hacia arriba usando tres subíndices, uno que indique capa, el segundo la franja y un tercero para la celda diaria.

VII. Las cubiertas intermedias que sirven de separación de las celdas diarias deben ser de 0.3 m el espesor de la cubierta final debe ser de 0.6 m como mínimo en ambos casos, los espesores se consideran compactados.

VIII. La compactación de los residuos depende de su composición, del grado de humedad y del equipo utilizado para obtener entre un 50% a 70% de reducción de su volumen.

IX. Las cubiertas deben tener una pendiente del 2% para el drenado adecuado que impidan el paso del agua, para evitar la erosión se deben revegetar

con especies propias de la región .

5.1.2 En el método de operación para superficies inclinadas las celdas se deben construir sobre la base del talud donde los residuos son compactados en capas inclinadas, posteriormente deben ser cubiertas con el material excavado.

I. La profundidad de las excavaciones depende del criterio de diseño.

II. El fondo de la celda debe contar con una pendiente del 2% que permita el drenado de la excavación a lo largo de toda su longitud.

III. El ancho de la celda se debe calcular de acuerdo a lo establecido en el punto 4.2.4.2 de esta Norma Oficial Mexicana.

IV. El procedimiento constructivo, debe ser el mismo a partir de la fracción IV de los criterios de construcción de las celdas por el método de operación para superficies horizontales.

5.2 Criterio constructivo del sistema de impermeabilización

5.2.1 El sistema de impermeabilización se debe colocar en aquellos rellenos sanitarios donde el proyecto así lo requiera.

5.2.2 La instalación del sistema se debe realizar de acuerdo al tipo de material marcado en el diseño, el cual puede ser de origen natural, artificial o una combinación de ambos.

En cualquier caso, el proceso de instalación se debe realizar siguiendo las especificaciones y pruebas señaladas en el proyecto, así como las recomendaciones del fabricante, de manera que se garantice, que no exista migración de contaminantes hacia el exterior del relleno sanitario.

5.3 Criterio constructivo de los sistemas de control y monitoreo de contaminantes

5.3.1 Los procesos constructivos para los sistemas de drenaje, captación, extracción y monitoreo de lixiviados, extracción de biogas, monitoreo de biogas y monitoreo al acuífero, se deben llevar a cabo de acuerdo a las especificaciones marcadas en el proyecto ejecutivo del relleno sanitario.

5.4 Criterio constructivo de las obras complementarias

5.4.1 Las obras complementarias se deben construir de acuerdo a los procedimientos y especificaciones de diseño y construcción marcadas en el proyecto ejecutivo, el cual debe cumplir con los lineamientos señalados en el reglamento de construcción y cualquier otro aplicable (SCT, CFE, SAGAR, etc.).

6. OPERACION DE UN RELLENO SANITARIO

6.1 La operación de un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales

debe contar con un manual de operación que comprenda las siguientes disposiciones:

6.2 Preparación del sitio.

6.2.1 Considerando el programa general de avance en el relleno, se debe realizar el desmonte por etapas para eliminar la vegetación existente y reubicarla en otra zona de acuerdo a las medidas de mitigación propuestas en el estudio de impacto ambiental.

La superficie del sitio para el relleno sanitario debe reunir las características necesarias para albergar los sistemas de impermeabilización, control de lixiviados y biogas.

6.3 Pesaje y registro de ingresos

Los vehículos recolectores, municipales y particulares que lleguen al sitio, deben ser controlados a través de una bitácora que contemple su registro y pesado (el pesaje se requiere únicamente para las localidades mayores de 50,000 habitantes), anotando su procedencia mediante el formato presentado en la Tabla 2.

T a b l a 2

VEHICULO No. O PLACA	HORA DE INGRESO	PROCEDEN CIA	PESO TOTAL	PESO DEL VEHICULO	PESO DE LOS R. S.	HORA DE SALIDA	FRANJA No.

El control diario se debe llevar manualmente, por parte del controlador de pesaje e ingreso o bien a través de la adquisición de un sistema computarizado instalado en la báscula, el cual genera una base de datos e informes diarios, semanales y anuales de los ingresos al sitio.

6.4 Señalamientos

Se debe contar con señalamientos que indiquen el tránsito hacia el frente de trabajo y desde éste hacia la salida del sitio, dichos señalamientos deben ser diseñados de acuerdo a lo establecido por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

6.5 Operación en caso de emergencia

Dentro del sitio seleccionado para el relleno sanitario, se debe elegir una área que presente las mejores condiciones para operar en caso de emergencia sin alterar el funcionamiento establecido.

6.6 Restricción de acceso

Solo se debe permitir el paso al operador del vehículo y un ayudante, el resto de la cuadrilla debe esperar en la zona de entrada.

6.7 Velocidad máxima

Los vehículos recolectores o de transferencia deben transitar solo por los caminos interiores establecidos y respetar los señalamientos e instrucciones que reciban y a una velocidad máxima de 20 km/hr.

6.8 Descarga de vehículos

El controlador debe indicar al operador del vehículo el lugar en que se descarguen los residuos al frente de trabajo.

6.9 Operación de la celda diaria

El procedimiento de operación de la celda diaria debe observar lo siguiente:

6.9.1 Los vehículos recolectores o de

transferencia, que lleguen a descargar sus residuos, se deben acomodar de acuerdo a su arribo, dentro de los límites del frente de trabajo.

6.9.2 Los residuos se deben descargar en el suelo o sobre la cepa terminada de la celda al pie del talud frontal.

6.9.3 El equipo mecánico utilizado debe empujar los residuos, de abajo hacia arriba contra el talud, desplazándose sobre ellos para compactarlos hasta alcanzar la altura del proyecto.

6.9.4 Al finalizar la jornada, los residuos compactados y nivelados deben ser cubiertos progresivamente con material seleccionado, en todas las caras expuestas, talud frontal y flancos.

6.9.5 El material de cubierta se debe depositar en la parte alta de la celda.

6.9.6 El material de cubierta debe ser esparcido y compactado hasta lograr el

espesor requerido mediante capas sucesivas.

6.9.7 El material de cubierta final se debe vertir sobre los taludes uniformizando el grueso de la cubierta de acuerdo con la etapa en la que se esté trabajando, así como para cubiertas intermedias con un espesor determinado de tierra.

6.9.8 La cubierta final se debe hacer con una pendiente mínima de 2% para permitir su drenado, fuera del área del relleno sanitario.

6.10 Control de materiales esparcidos por el aire

Se deben instalar elementos en el área de descarga de los residuos y en los frentes de operación, que eviten que el aire esparza los componentes ligeros de los residuos sin control, como puede ser el empleo de rejillas móviles.

6.11 Programa de mantenimiento

Se debe establecer un programa de mantenimiento a fin de conservar el relleno

sanitario en condiciones óptimas de funcionamiento.

De acuerdo con el tipo y número de instalaciones con que se haya dotado el sitio de disposición final, se debe trazar un programa de mantenimiento y conservación de las mismas, incluyendo la maquinaria pesada y el equipo empleado.

6.12 Reparación de cubiertas

Los agrietamientos y asentamientos en las coberturas diaria y final del relleno sanitario deben ser reparados y nivelados.

6.13 Seguridad e higiene

Todo el personal que labore en el relleno sanitario debe observar el reglamento general de seguridad e higiene en el trabajo.

6.14 Maquinaria a emplear

Para operar el relleno sanitario se debe determinar el equipo a emplear especificando las características, en cuanto a tipo, número, potencia y accesorios, las cuales deben estar en función de la

cantidad de residuos a disponer y del material de cubierta a manejar. Además se debe elaborar un análisis de costos por el empleo de equipo y maquinaria.

6.15 Operación de rellenos sanitarios en localidades menores de 80,000 habitantes

En localidades menores de 80,000 habitantes, se pueden operar los rellenos sanitarios con un tractor agrícola modificado, observándose lo siguiente:

6.15.1 En la operación de un relleno sanitario, el tractor agrícola requiere de una distancia mínima de 5 m para que se impulse y pueda empujar con el cucharón, los residuos contra el talud del terreno natural o de la celda anterior.

6.15.2 Las celdas construidas con el tractor agrícola, deben tener una altura de 1.80 m y un frente de trabajo de 20 m como máximo.

6.15.3 La excavación de canchas o trincheras, se debe

realizar con equipo mecánico pesado de apoyo, como; cargador sobre carriles o traxcavo, empujado sobre carriles o bulldozer frontal y la profundidad máxima debe estar en función de lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1995, que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados para la disposición final de los residuos sólidos municipales.

6.16 Operación de rellenos sanitarios en localidades menores de 50,000 habitantes

En localidades menores de 50,000 habitantes, se pueden operar los rellenos sanitarios en forma manual, observándose lo siguiente:

6.16.1 Se deben delimitar las obras complementarias y celdas del relleno sanitario.

6.16.2 La operación manual del relleno sanitario, se debe realizar abriendo una trinchera de 2 m de ancho, con una profundidad de acuerdo al tipo de terreno existente y el largo de la celda debe estar en función de la cantidad de residuos depositados diariamente y de

la existencia de mano de obra.

a) El material de la excavación, se debe depositar a lo largo de uno de los bordes, dejando el otro borde accesible a los camiones para que descarguen los residuos.

b) En el método de área así como el de zanja, se deben remover y acomodar de arriba hacia abajo los residuos descargados, con la ayuda de rastrillos y palas.

6.16.3 Los residuos se deben descargar en la parte más alta del terreno de la celda o en el borde de la zanja, según sea el método de construcción de la celda.

6.16.4 Al término de las operaciones de descarga y acomodo, se deben cubrir los residuos depositados durante el día, con tierra producto de la excavación o material de cubierta trasladado de otro sitio, el cubrimiento de los residuos se debe realizar con palas, rastrillos y el auxilio de carretillas de mano.

El cubrimiento se debe hacer en capas horizontales de 0.20 m de espesor apisonadas hasta que al rebotar el pisón metálico se sienta que éste no haga bajar la tierra o material de cubierta.

7. MONITOREO AMBIENTAL EN RELLENOS SANITARIOS

Para asegurar la adecuada operación de los sitios de disposición final, se debe instrumentar un programa de monitoreo ambiental, que incluya la medición y control de los impactantes generados en dichos sitios.

7.1 Monitoreo de biogas

Se debe elaborar un programa de monitoreo de biogas que especifique los parámetros a determinar, equipos y técnicas empleadas, así como la frecuencia de muestreo, de acuerdo a la Tabla 3.

T a b l a 3

PROGRAMA DE MONITOREO DE BIOGAS

PARAMETRO	EQUIPO	TECNICA	FRECUENCIA
COMPOSICION DE BIOGAS. CH ₄ , CO ₂ , O ₂ , N ₂	CROMATOGRAFO DE GASES	CROMATOGRAFIA DE GASES	BIMESTRAL
EXPLOSIVIDAD Y TOXICIDAD	EXPLOSIMETRO DIGITAL	LECTURA DIRECTA EN CAMPO	DIARIA
FLUJO	FLUJOMETRO	LECTURA DIRECTA EN CAMPO	DIARIA

7.2 Monitoreo de lixiviados y acuífero

El programa de monitoreo del acuífero y lixiviados tiene como objetivo, conocer en forma precisa las condiciones del acuífero, aguas arriba y aguas abajo del sitio de disposición final. Con esto se puede determinar si el acuífero no ha sido contaminado por lixiviados.

Los parámetros a determinar tanto en el acuífero como en los lixiviados, así como la frecuencia de muestreo, equipos y técnicas empleadas, se indican en la Tabla 4.

T a b l a 4

PROGRAMA DE MONITOREO DE LIXIVIADOS Y ACUIFERO

PARAMETRO	EQUIPO	TECNICA	FRECUENCIA
PH	POTENCIOMETRO	LECTURA DIRECTA EN CAMPO	TRIMESTRAL
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	CONDUCTIMETRO	LECTURA DIRECTA EN CAMPO	TRIMESTRAL
OXIGENO DISUELTO	OXIMETRO	LECTURA DIRECTA EN CAMPO	TRIMESTRAL
METALES PESADOS	ESPECTROFOTOMETRO DE ABSORCION ATOMICA CON ACCESORIOS	ABSORCION ATOMICA	TRIMESTRAL
DQO, DBO	EQUIPO Y MATERIAL DE LABORATORIO PARA DETERMINACION DE DQO Y DBO	DILUCION-FILTRACION	TRIMESTRAL

7.3 Monitoreo de partículas aerotransportables

El programa de monitoreo de las partículas

aerotransportables debe tomar en cuenta las especificaciones establecidas en la Tabla 5.

T a b l a 5

PROGRAMA DE MONITOREO DE LAS PARTICULAS AEROTRANSPORTABLES

PARAMETRO	EQUIPO	TECNICA	FRECUENCIA
PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES	EQUIPO PARA MUESTREO DE ALTO VOLUMEN	MUESTREO DE ALTO VOLUMEN	SEMANAL
PARTICULAS VIABLES	EQUIPO ANDERSEN PARA MUESTREO DE PARTICULAS VIABLES, EQUIPO Y MATERIAL DE LABORATORIO PARA DETERMINACION DE UFC/M ³	METODO ANDERSEN PARA MUESTREO DE PARTICULAS VIABLES Y METODO ANALITICO DE LABORATORIO PARA CONTEO DE UFC/M ³	SEMANAL

7.4 Monitoreo de ruido, radiactividad y parámetros ambientales

emplear los equipos, técnicas y frecuencia de muestreo que se especifican en la Tabla 6.

Para la determinación de estos parámetros, se deben

T a b l a 6

PROGRAMA DE MONITOREO DE RUIDO, RADIATIVIDAD Y PARAMETROS AMBIENTALES

PARAMETRO	EQUIPO	TECNICA	FRECUENCIA
RUIDO	SONOMETRO	SEGUN MANUAL	DIARIA
RADIATIVIDAD	CONTADOR TIPO GEIGER	SEGUN MANUAL	DIARIA
PARAMETROS METEREOLÓGICOS . Precipitación . Humedad relativa (%)	ESTACION METEREOLÓGICA	LECTURA DIRECTA EN CAMPO	DIARIA

. Dirección y velocidad del viento.			
. Temperatura ambiente.			

7.5 Evaluación del monitoreo

La información obtenida en el monitoreo de los impactantes ambientales generados en el relleno sanitario, se debe almacenar en una base de datos, a partir de la cual, se pueden efectuar todos los análisis necesarios para conocer el comportamiento de los impactantes, y así poder establecer las medidas adecuadas para su control.

8. PRESUPUESTO

8.1 Los responsables en la gestión de la disposición final de los residuos sólidos municipales deben elaborar un presupuesto para cada una de las especialidades, diseño, construcción, operación y monitoreo.

8.1.1 El presupuesto debe estar fundamentado en un análisis de costo para cada uno de los conceptos que intervengan en las actividades.

8.1.2 La presentación de los presupuestos debe estar en base a la Ley de Adquisiciones y Obras Públicas.

9. APLICACION DE TECNOLOGIAS Y SISTEMAS EQUIVALENTES

9.1 Los responsables del diseño, construcción, operación y monitoreo del relleno sanitario, pueden proponer tecnologías o sistemas equivalentes a los requeridos en esta norma, siempre que acrediten técnicamente su efectividad.

9.2 Los responsables del diseño, construcción, operación y monitoreo del relleno sanitario, deben apegarse a la guía establecida en el Anexo 1 de esta Norma Oficial Mexicana.

10. GRADO DE CONCORDANCIA CON NORMAS Y

RECOMENDACIONES INTERNACIONALES

10.1 No hay normas equivalentes, las disposiciones de carácter interno que existen en otros países no reúnen los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico que en esta Norma Oficial Mexicana se integran y complementan de manera coherente, con base en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente.

11. BIBLIOGRAFIA

11.1 Manual del relleno sanitario SEDUE, Subsecretaría de Ecología, 1984.

11.2 Manual de Hidráulica Azevedo Alvarez (Editorial Harla).

11.3 Mecánica de suelos, E. Juárez Badillo y A. Rico Rodríguez (1970).

11.4 Sanitary Landfill Design and Operation, Dr. Brunner & D. J. Keller, U.S.E.P.A. 1971

(Diseño y operación de un relleno sanitario).

11.5 Buranek, D. (1987), "Construction Guide Liners", Civil Engineering, Nov. 1987.

11.6 EPA Liners Workshop for Region VI And State Permit Writers, Dallas,, Texas Environmental Protection Agency (1985).

11.7 Standard Number 54 flexible Membrane Liners, Ann Arbor, Michigan. National Sanitation Fundation (1985).

11.8 Poly-America Inc. Reference Manual. An Engineering Approach to Groundwater Protection, Gran Praire, Texas. (Manual de referencia. Una propuesta de ingeniería para la protección de aguas subterráneas).

11.9 Polyfelt Ts. Chemie Lienz (Manual de Diseño y Práctica).

11.10 Hazardous Waste Engineering Research Laboratory. U.S. Environmental Protection Agency (Laboratorio de

investigación de ingeniería en residuos peligrosos).

11.11 Geosynthetic Design Guidance for Hazardous Waste Landfill cells and Surface Impoundments. Cincinnati, Ohio. soil 6 materia Engineers, Inc.

11.12 Dura-flex. An Innovation for the environmental Containment Industry. Gran Praire, Texas. Yazdani G. and Nobert J.

11.13 Manual de manejo de desechos sólidos caterpillar.

11.14 Guía de Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios. Manuales Organización Panamericana de Salud. Jorge Jaramillo y Francisco Zepeda (1991).

11.15 Practical Wastes Management. John R. Holmes (1983) Editorial John Willey & sons (Manejo práctico de residuos).

11.16 Estudio de comportamiento de un relleno sanitario mediante una celda de control D.D.F. (1992).

12. OBSERVANCIA DE ESTA NORMA

12.1 La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, así como a los Gobiernos de los Estados y Municipios en el ámbito de sus respectivas competencias, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los ciento ochenta días naturales después de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

México, Distrito Federal, a los días del mes de de mil novecientos noventa y seis.

LA SECRETARIA DE MEDIO
AMBIENTE, RECURSOS
NATURALES Y PESCA

JULIA CARABIAS LILLO

17-junio-1996
12:00 horas

Proyecto de NOM-083-ECOL-1994, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales.

Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1995. Que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el día.

Proyecto de NOM-084-ECOL-1994, que establece los requisitos para el diseño de un relleno sanitario y la construcción de sus obras complementarias.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-084-ECOL-1996, QUE ESTABLECE LOS REQUISITOS PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION, OPERACION Y MONITOREO DE UN RELLENO SANITARIO.



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE INGENIERIA EN AMBIENTE Y SEGURIDAD

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

NORMA NOM-CRP-004-ECOL/1993

1996

NOM-CRP-004-ECOL/1993	De los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radiactivos.
-----------------------	--

Fundamento jurídico	LGEEPA: Artículos 5o. fracciones VIII y XIX, 8o. Fracciones II y VII, 36, 37, 43, 151, 160 y 171. RPCCA: Artículos 4o. fracciones II y X, 5o., 6o., 31 fracción I, 32 y 33.
Considerando	Que la construcción de confinamientos controlados para la disposición final de los residuos peligrosos debe reunir condiciones de máxima seguridad, a fin de garantizar la protección de la población y el equilibrio ecológico.
Proyecto de la Norma	NOM-PA-CRP-004/93
Objeto	Establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radiactivos.
Campo de aplicación	De observancia obligatoria para la selección de sitios destinados al confinamiento de residuos peligrosos.
Referencias	NOM-CRP-001-ECOL NOM-CRP-002-ECOL NOM-CRP-003-ECOL NOM-CRP-001-ECOL/1993
Definiciones	<p><i>Clima</i> El conjunto de condiciones atmosféricas de un lugar determinado, constituido por factores físicos y geográficos.</p> <p><i>Geohidrología</i> El estudio del comportamiento de las aguas subterráneas bajo el contexto del marco geológico que las contiene, en la cercanía del sitio destinado al confinamiento.</p> <p><i>Hidrología superficial</i> El estudio del comportamiento de las aguas superficiales de la cuenca hidrográfica donde se ubique el sitio destinado al confinamiento.</p> <p><i>Sismicidad</i> El grado de frecuencia y de intensidad de los fenómenos sísmicos que pueden tener lugar en el sitio destinado al confinamiento.</p> <p><i>Topografía</i> Las características de configuración de la superficie que presenta el área del sitio destinado a confinamiento.</p>
Especificaciones	Los requisitos que debe reunir el sitio destinado al confinamiento controlado de residuos peligrosos, son los siguientes:

- 1 Geohidrológicos.
 - 1.1 – Ubicarse preferentemente en una zona que no tenga conexión con acuíferos.
 - 1.2 – De no cumplirse la condición anterior, el acuífero subyacente debe estar a una profundidad mínima de 200 metros.
 - 1.3 – En caso de no cumplirse las condiciones anteriores, el acuífero subyacente debe ser un acuífero confinado y las características del material ubicado entre éste y la superficie, deben ser tales que cualquier elemento contaminante quede retenido en él antes de llegar al acuífero.
El tiempo de flujo de la superficie al manto freático debe ser mayor de 300 años.
- 2 Hidrología superficial.
 - 2.1 – Ubicarse fuera de llanuras de inundación con un período de retorno de 10,000 años delimitado con un ajuste de tipo Gumbell (Springall, 1980).
 - 2.2 – Estar alejado en desnivel 20 metros a partir del fondo del cauce de corrientes con un escurrimiento medio anual mayor de 100 metros cúbicos.
 - 2.3 – Estar alejado longitudinalmente 500 metros a partir del centro del cauce de cualquier corriente superficial, ya sea permanente o intermitente, sin importar su magnitud.
La cuenca de aportación hasta el sitio debe ser en lo posible, pequeña y cerrada.
 - 2.4 – De no cumplirse la condición anterior, debe ubicarse dentro de la cuenca hidrológica aguas abajo de asentamientos humanos mayores de 10,000 habitantes y de zonas con una densidad industrial mayor de 50 industrias.
- 3 Ecológicos.
 - 3.1 – Ubicarse fuera de las zonas que comprende el Sistema Nacional de Areas Naturales Protegidas y de las zonas del patrimonio cultural.
 - 3.2 – Ubicarse en áreas en donde no represente un peligro para las especies protegidas o en peligro de extinción, o en aquéllas en las que el impacto ambiental sea mínimo para los recursos naturales.
- 4 Climáticos.
 - 4.1 – Ubicarse en zonas en donde se evite que los vientos dominantes transporten las posibles emanaciones a los centros de población y sus asentamientos humanos.
 - 4.2 – La porción de la lluvia promedio diaria susceptible de infiltrarse, calculada a partir del coeficiente de escurrimiento promedio diario, debe ser menor que la capacidad de campo del terreno.
 - 4.3 – Evitar regiones con intensidad de precipitación media anual mayor de 2,000 milímetros.
 - 4.4 – La evaporación promedio mensual, debe ser al menos el doble de la lluvia promedio mensual.
- 5 Crecimiento de centros de población.
 - 5.1 – La distancia del límite del centro de población debe ser como mínimo de 25 kilómetros para poblaciones mayores de 10,000 habitantes con proyección al año 2010.

- 5.2 – La distancia del límite del centro de población debe ser como mínimo de 15 kilómetros para poblaciones entre 5,000 y 10,000 habitantes con proyección al año 2010.
- 6 Sísmicos.
- 6.1 – Ubicarse preferentemente en zona asísmica.
- 6.2 – De no cumplirse la condición anterior, el riesgo sísmico debe ser mínimo por lo que no deben haberse registrado más de cuatro sismos de magnitud mayores de 7 grados en la escala de Richter en los últimos 100 años.
- 7 Topográficos.
- 7.1 – La pendiente media del terreno natural del sitio de confinamiento no debe ser menor de 5 por ciento, ni mayor de 30 por ciento.
- 8 Acceso.
El camino de acceso que une al sitio con las vías principales de comunicación debe ser transitable en todo tiempo y estar en buenas condiciones de seguridad. El sitio debe localizarse a no menos de 500 metros de vías de comunicación federal o estatal.

Condicionantes

La Secretaría de Desarrollo Social podrá autorizar la realización de medidas y obras, cuyos efectos resulten equivalentes a los que se obtendrán del cumplimiento de los requisitos previstos en los puntos anteriores, cuando se acredite técnicamente su efectividad.

Bibliografía

- Chow, V.T. *Frequency Analysis of Hydrologic Data With Special Application to Rainfall Intensities*. Univ. Illinois Eng. Exp. Station Bulletin 414, 1953. (Análisis de frecuencia de datos hidrológicos con especial aplicación a la intensidad de lluvias).
- González, V.F.J. *Contribución al análisis de frecuencia de valores extremos de los gastos máximos en un río*. Pub. 277, Instituto de Ingeniería, UNAM, 1970.
- Gringorten, I.I. *Envelopes of ordered observations applied to meteorological extremes*. I. Geophysical Research, Vol. 68, 1963. (Acerca de observaciones reglamentadas aplicadas a extremos meteorológicos).
- Walton, W.C. *Groundwater Resource Evaluation*. McGraw Hill, 1970. (Evaluación de fuentes de aguas subterráneas).

Concordancia con normas internacionales

Esta norma oficial mexicana no coincide con ninguna norma internacional.

Normatividad a la que sustituye

Se aboga el Acuerdo por el que se expidió la norma técnica ecológica NTE-CRP-008/88, que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radiactivos, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 1988.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

NORMA NOM-CRP-005-ECOL/1993

1996

NOM-CRP-005-ECOL/1993	De los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
Fundamento jurídico	LGEEPA: Artículos 5o. fracciones VIII y XIX, 8o. Fracciones II y VII, 36, 37, 43, 151, y 171. RPCCA: Artículos 4o. fracciones II y X, 5o., 31 fracción I y 32.
Considerando	Que los confinamientos controlados para la disposición final de residuos peligrosos deben reunir las condiciones de máxima seguridad para garantizar la protección de la población y el equilibrio ecológico, por lo que es necesario establecer los requisitos para el diseño y construcción de sus obras complementarias.
Proyecto de la Norma	NOM-PA-CRP-005/93
Objeto	Establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
Campo de aplicación	De observancia obligatoria en el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
Referencias	NOM-CRP-004-ECOL NOM-CRP-006-ECOL NOM-CRP-007-ECOL
Definiciones	<p><i>Celda de confinamiento</i> El espacio creado artificialmente dentro de un confinamiento controlado para la disposición final de residuos peligrosos.</p> <p><i>Celda de tratamiento</i> El espacio creado artificialmente para reducir la peligrosidad y volumen de los residuos peligrosos.</p> <p><i>Obras complementarias</i> El conjunto de obras de apoyo necesarias para llevar a cabo la correcta operación del confinamiento controlado.</p> <p><i>Zonas restringidas</i> Las áreas del confinamiento controlado que requieren de equipo de protección personal, conocimiento del riesgo y entrenamiento preciso para permanecer en ellas.</p>
Áreas de acceso y espera	<p>Las áreas de acceso y espera tienen como propósito el control de entradas y salidas del personal y vehículos del confinamiento controlado.</p> <p>El área de acceso debe tener un ancho de 8.00 m como mínimo.</p> <p>El área de espera deberá tener la capacidad suficiente para el estacionamiento de los vehículos que transporten residuos peligrosos y que requieran esperar turno de acceso.</p>
Cerca perimetral y de seguridad	La cerca perimetral del confinamiento controlado deberá construirse con alambre de puas de cinco hilos de 1.50 m de alto, a partir del nivel del

suelo con postes de concreto o tubo galvanizado debidamente empotrados.

La cerca de seguridad para zonas restringidas del confinamiento controlado deberán ser de malla tipo ciclónica de 5 cm de separación, soportada con postes de tubo galvanizado de 2 pulgadas de diámetro, colocados como máximo cada 3 m entre sí y con una altura mínima de 2.60 m.

Caseta de vigilancia

La caseta de vigilancia deberá instalarse a la entrada del confinamiento controlado y tendrá dimensiones mínimas de 4 m².

Caseta de pesaje y báscula

La caseta de pesaje contará con una superficie mínima de 16 m² para alojar el dispositivo indicador de la báscula y el mobiliario necesario para el registro y archivo de datos.

La báscula deberá ubicarse cerca de la entrada del confinamiento controlado y contar con:

- Superficie de dimensiones suficientes para dar servicio a la unidad de transporte de mayor capacidad de carga y capacidad mínima de 60 toneladas.

La báscula podrá ser de operación manual o semiautomática, con divisiones mínimas de 2 a 5 kg; precisión de 2 a 4 kg y su instalación deberá apegarse a las especificaciones del fabricante.

Laboratorio

- El laboratorio de análisis físico-químico deberá contar con los dispositivos y equipos necesarios para la toma de muestreos, verificar la composición y características de peligrosidad de los residuos, así como para realizar los análisis de lixiviados y pruebas de campo.

El laboratorio debe reunir como mínimo las condiciones siguientes:

- Localizarse fuera del área administrativa y de las celdas de confinamiento.
- Contar con extracción de aire, con arreglos de bocatomas para las mesas de trabajo y vacío para flujo laminar.
- Iluminación a prueba de explosión.
- Pisos antiderrapantes y sellados.
- Mesas de trabajo con instalación eléctrica.
- Materiales de construcción no inflamables.
- Tarja de acero inoxidable.
- Tanque de recepción de agua para lavado de equipo.
- Regadera de emergencia.
- Lavaojos.
- Cuarto de albergue de gases para análisis.
- Múltiple con cinturón para sujeción de cilindros.
- Estantería para el almacenamiento de reactivos.
- Campana de extracción con flujo laminar.
- Área de instrumentos.
- Tanque o fosa de recepción de aguas de lavado de equipo.

Caminos

Los caminos serán de dos tipos, exteriores e interiores.

Los caminos exteriores deben cumplir como mínimo las especificaciones siguientes:

- Ser de tipo permanente

- Garantizar el tránsito a todo tipo de vehículos que acudan al confinamiento en cualquier época del año.

Cuando por requerimientos de carga de diseño y volumen de tránsito de los caminos exteriores, se haga necesaria la colocación de una carpeta asfáltica, ésta superficie de rodamiento deberá estar definida por el trazo del camino incluyendo cortes y terraplenes, misma que definirá la subrasante. En este caso, para recibir la carpeta se deberán construir:

- Una sub-base con un espesor mínimo de 12 cm formada de material natural producto de la excavación o explotación de bancos de materiales.
- Una base con espesor de 12 cm de grava controlada y arena compactada al 95% mínimo de la prueba proctor. 10.3.3 El espesor de la carpeta asfáltica, cuya finalidad es proporcionar una superficie estable, uniforme, impermeable y de textura apropiada, se calculará en función del valor relativo de soporte del suelo, de la carga de diseño y del volumen de tránsito.

Los caminos interiores deben cumplir las especificaciones siguientes:

- Facilitar la doble circulación de vehículos que transporten los residuos peligrosos, hasta el frente de operación de las celdas de confinamiento.
- Ser de tipo temporal o permanente y suficientes en número para dar acceso a las celdas en operación.
- Cuando sea requerido por carga de diseño, el camino interior estará integrado por base y sub-base, de acuerdo con las especificaciones establecidas en el punto 10.3 de esta norma oficial mexicana.

Los caminos exteriores e interiores deben estar diseñados y construidos conforme a los criterios básicos de la

Tabla 1
Criterios básicos para caminos

Clase de camino	Camino exterior			Camino interior	
	Plano y ondulado	Montañoso	Muy accidentado	Plano ondulado	Plano
Características					
Vel. de diseño en km/h	60	40	30	40	50
Grado máximo	11°00'	24°30'	44°00'	23°00'	11°00'
Radio mínimo en m	105	47	26	50	60
Ancho de corona en m	6	6	6	6	6
Pendiente máxima en ‰	8	9	10	5	5
Carga para diseño	HS-20			HS-10	
Superficie de rodamiento	revestida			terracota	

Área de almacenamiento temporal

El área de almacenamiento temporal estará destinada para la recepción de residuos peligrosos incompatibles: cuando sea necesario el tratamiento previo, no haya celda disponible o cuando no sea posible en forma inmediata realizar su confinamiento.

Esta área deberá:

- Tener una capacidad mínima de siete veces el volumen promedio de residuos peligrosos que diariamente se reciban.
- Contar con los compartimientos suficientes para la separación de los residuos, según sus características de incompatibilidad.
- Estar techada con material no inflamable, contar con equipo contra incendios y plataformas para la descarga de envases y embalajes.
- Tener capacidad para estibar como máximo tres tambores de 200 l conteniendo residuos peligrosos.

En el área de almacenamiento temporal no se deberán depositar residuos peligrosos a granel.

Área de emergencia

El área de emergencia estará destinada para la recepción de residuos peligrosos que:

- Provenzan de alguna contingencia.
- Requieran de almacenamiento temporal por un período no mayor de tres meses.
- Deban estabilizarse para su depósito en celdas especiales o, en su defecto, para ser retirados a otro confinamiento que cumpla con los requisitos de seguridad que señalen las normas oficiales mexicanas aplicables.

El área de emergencia deberá:

- Estar ubicada en un lugar separado de las demás obras complementarias.
- Tener una superficie de 20 m² como mínimo.
- Estar techada con material no inflamable.
- Contar con los compartimientos suficientes para mantener separados los residuos peligrosos en función de sus características físico-químicas y tóxicas.

Área de limpieza

El área de limpieza estará destinada para el aseo de vehículos de transporte, equipos y materiales utilizados en la operación del confinamiento y deberá reunir las condiciones siguientes:

- Estar ubicada a distancia del área administrativa y cerca de las celdas del confinamiento.
- Contar con iluminación suficiente.
- Estar dotada con equipo de agua y aire a presión.
- Tener pisos con acabado rugoso y juntas estructurales debidamente selladas a la losa de desplante.
- Tener instaladas en los pisos canaletas y rejillas con pendiente de un 2% para conducir los líquidos a un depósito con capacidad suficiente para captar los líquidos que se generen.
- Ser de fácil aseo y evitar espacios muertos.

Drenaje

Las obras de drenaje serán de tipo exterior e interior.

Las obras de drenaje exterior, conforme a las condiciones topográficas del sitio, deben ser a base de canales abiertos con diques o muros de contención y sujetarse a las bases siguientes:

- En condiciones topográficas suaves deben emplearse canales abiertos para el desvío de las corrientes provenientes de las áreas circundantes.
- En el caso de que el terreno sea plano el contorno se deberá proteger mediante muros de contención.
- Los canales exteriores deben revestirse con mortero, cemento-arena en proporción 1:3 o mediante un zampeado de piedra juntada con mortero, cemento-arena en proporción 1:5. La velocidad del agua dentro de los canales no debe ser menor de 0.60 m/seg, ni mayor de 3.00 m/seg.

Las obras de drenaje interior deberán:

- Construirse mediante canales de sección triangular con taludes 3:1, rellenos con grava de 3 cm de tamaño máximo, para evitar socavaciones.
- Captar las aguas pluviales y conducir las a una celda con impermeabilización natural o sintética en la base.

En los drenajes exteriores e interiores la dimensión de canales se efectuará mediante la fórmula de Manning, obteniendo el gasto de diseño a partir del Método Racional Americano o la fórmula de Burkli-Ziegler.

Fórmula del Método Racional Americano:

$$Q = \frac{C i A}{0.36}$$

Donde:

- Q = Gasto máximo en l/s
- C = Coeficiente de escurrimiento
- i = Intensidad de lluvia en mm/h
- A = Area por drenar en Ha
- 0.36 = Factor de conversión

Fórmula de Burkli-Ziegler:

$$Q = 27.78 C i S^{1/4} A^{3/4}$$

Donde:

- Q = Gasto máximo en l/s
- C = Coeficiente de escurrimiento (sin dimensiones)
- i = Intensidad de lluvia en cm/h
- S = Pendiente del terreno en milésimas
- A = Area por drenar en Ha

Instalaciones de energía eléctrica

Las instalaciones de energía eléctrica tendrán por objeto satisfacer las necesidades de iluminación de las áreas que lo ameriten, así como para el funcionamiento de los equipos y maquinaria que lo requieran.

La iluminación será interior y exterior, con base a las condiciones siguientes:

- En la iluminación interior, la cantidad de luces necesarias se determinará en atención a las áreas a iluminar y a las actividades que en las mismas se realicen.
- La iluminación exterior debe ser perimetral, con postes colocados a una distancia mínima de 50 m y altura mínima de 3 m. La instalación de las líneas de conducción será subterránea incluyendo la acometida.

El confinamiento deberá contar con una fuente de energía eléctrica para emergencias, que deberá reunir los siguientes requisitos:

- Estar ubicada en un lugar que permita la ventilación directa o la extracción de humos y gases por chimeneas.
- No estar instalada en lugares con atmósferas peligrosas.
- Tener la capacidad suficiente para el servicio a las áreas indispensables.
- Tener una instalación que permita que la carga del tanque de combustible se realice por tubería.

Para la selección de la fuente de energía eléctrica para emergencias se aplicará la tabla 2 o su equivalente:

Tabla 2
Selección de fuente de energía eléctrica para emergencias.

Tipo	Fuente de energía y operación	Características	Aplicación
Corriente alterna	Fuente de energía ininterrumpible	120 V ED una fase 3 hilos	Sistemas de control e instrumentos de medición
Corriente directa	Sistema central de baterías recargables, automático e instantáneo	120 V ED una fase 2 hilos	Alumbrado en cuartos de control o consolas de mando
Corriente alterna	Plantas generadoras con motor de combustión interna, manuales o automáticas	220/127 V ó 440/254 V 3 fases 4 hilos	Energía y alumbrado general

Señalamientos

Los señalamientos deberán instalarse en el área de acceso, en los caminos exteriores e interiores, andadores y zonas restringidas.

Los señalamientos deberán ser de tres tipos: informativo, preventivo y restrictivo.

Los señalamientos de tipo informativo deberán:

- Estar ubicados en sitios próximos a la caseta de pesaje, báscula y demás lugares de interés, a una distancia no menor de 60 m, ni mayor de 150 m de dicho sitio.
- Colocarse sobre placas de 0.60 x 0.40 m.
- Ser de colores en fondo blanco con biseles y letras negras.

Los señalamientos de tipo preventivo deberán:

- Estar ubicados en los sitios próximos a curvas o entronques, a una distancia no menor de 60 m, ni mayor de 150 m, en todos los casos.
- Colocarse sobre placas de 0.60 x 0.60 m.
- Ser de colores en fondo amarillo con biseles y letras negras.

Los señalamientos de tipo restrictivo deberán:

- Indicar la velocidad permitida, el sentido de circulación y el señalamiento de los sitios en los que se prohíba el estacionamiento de vehículos.
- Colocarse sobre placas de 0.45 x 0.60 m.
- Ser de colores en fondo blanco con biseles y letras rojas.

Las placas de señalamientos deberán estar fijas en postes tubulares galvanizados de 5 cm de diámetro, con una altura de 1.50 m a partir del nivel del piso a la parte inferior del señalamiento.

El anclaje de los postes para los señalamientos fijos debe tener su base a 0.30 m de profundidad; en los señalamientos móviles pueden emplearse llantas de automóvil rellenas de concreto o crucetas de solera de acero con sección en ángulo.

Pozos de monitoreo

Los pozos de monitoreo serán para lixiviados y para aguas subterráneas. Los pozos de monitoreo para lixiviados deberán:

- Estar ubicados dentro o fuera de la celda de confinamiento, considerando el sentido de las pendientes.
- Estar cimentados e impermeabilizados como se especifica en la norma oficial mexicana correspondiente.
- Reunir las características a que se refiere la norma oficial mexicana NOM-CRP-006-ECOL/1993 y conforme a las especificaciones establecidas en los Anexos 1 y 2 de esta norma oficial mexicana.
- Las emanaciones y vapores generados en el pozo de monitoreo deberán ser monitoreados, extraídos, analizados y tratados si es el caso; debiendo quedar asentada la información en bitácora.

El número de pozos se determinará por las dimensiones del confinamiento.

Los pozos de monitoreo para las aguas subterráneas deberán tener las características siguientes:

- La ubicación de los pozos se definirá por el sentido de circulación de las aguas subterráneas.
- Los pozos se instalarán fuera del predio del confinamiento, a una distancia entre 50 y 150 m a partir del límite de éste.
- La profundidad de los pozos será cuando menos de 10 metros por debajo del nivel dinámico del acuífero o bien, a 150 m.
- Tener como mínimo un diámetro de 10 cm; estar ademados en toda su longitud, mediante tubos de acero.
- Contar con un sistema de bombeo, cuya potencia se calculará en función de la profundidad del nivel freático.

Área de amortiguamiento

El área de amortiguamiento deberá diseñarse y construirse en un espacio perimetral interior, de por lo menos 12 m de ancho.

Taller de mantenimiento

El taller de mantenimiento será para el servicio de reparaciones de maquinaria pesada y vehículos, y deberá:

- Estar ubicado cerca de las celdas de confinamiento.
- Contar con cobertizo para el resguardo de maquinaria pesada y vehículos que incluya un almacén o bodega para las herramientas básicas, partes y refacciones que se requieran en las reparaciones mecánicas de tipo común.

Área administrativa

El área administrativa deberá contar con el espacio suficiente para la instalación de sus oficinas.

Servicio de primeros auxilios

El servicio de primeros auxilios deberá contar con el espacio suficiente mobiliario, equipo, material y medicamentos que se requieran, conforme a las disposiciones legales aplicables.

Servicios sanitarios	Los servicios sanitarios se instalarán conforme a las disposiciones legales aplicables.
Colocación de accesos	El área de acceso, la caseta de vigilancia, la caseta de pesaje, el laboratorio, el taller de mantenimiento y el área administrativa deberán ubicarse de preferencia, en la parte contraria a la máxima incidencia y dirección de los vientos, es decir a sotavento.
Bibliografía	<p>Benjamin, J. R. Cornell, California. <i>Probability, Statistics and Decisions for Civil Engineers</i>. MacGraw-Hill, 1970. (Probabilidad, estadística y decisiones para ingenieros civiles).</p> <p><i>Lighting Handbook</i>, Westinghouse Electric Corporation. (Manual de alumbrado).</p> <p><i>Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas</i>, 1980, México.</p> <p><i>Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y Normas complementarias</i>, 1990, México.</p> <p><i>Reglamento de Obras o Instalaciones Eléctricas</i>. 1970, México.</p>
Concordancia con normas internacionales	Esta norma oficial mexicana no coincide con ninguna norma internacional.
Normatividad a la que sustituye	Se abroga el Acuerdo por el que se expidió la norma técnica ecológica NTE-CRP-009/88, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de septiembre de 1989.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

NORMA NOM-CRP-006-ECOL/1993

1996

NOM-CRP-006-ECOL/1993	De los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
Fundamento jurídico	LGEEPA: Artículos 5o. fracciones VIII y XIX, 8o. Fracciones II y VII, 36, 37, 43, 151, 152, 160 y 171. RPCCA: Artículos 4o. fracciones II y X, 5o, 31 fracción I, 32 y 33.
Considerando	Que el diseño, construcción y operación de las celdas de los confinamientos controlados para la disposición final de residuos peligrosos deben reunir condiciones de máxima seguridad, a fin de garantizar la protección de la población y el equilibrio ecológico.
Proyecto de la Norma	NOM-PA-CRP-006/93
Objeto	Establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
Campo de aplicación	De observancia obligatoria en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.
Referencias	NOM-CRP-001-ECOL/1993 NOM-CRP-002-ECOL/1993 NOM-CRP-003-ECOL/1993
Definiciones	<p><i>Celda</i> El espacio creado natural o artificialmente dentro de un confinamiento controlado, apto para recibir residuos peligrosos compatibles.</p> <p><i>Cubierta</i> El material o materiales que se colocan en forma de capas en la parte superior de la celda, para aislar los residuos peligrosos de la intemperie.</p> <p><i>Estabilizar</i> Proceso físico, químico o biológico que al ser aplicado a un residuo, se logra la inactivación de éste.</p>
Diseño y construcción de celdas	<p>Para el diseño y construcción de las celdas de confinamientos controlados se deberán observar los siguientes requisitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las celdas deben contar con sistemas de captación de lixiviados. - Las celdas que contengan residuos que en su proceso de estabilización generen gases o vapores deben contar con sistemas de venteo. - Cuando en las celdas se depositen residuos peligrosos envasados, la estiba no debe exceder de una altura de 7 metros, podrá ser mayor la estiba cuando se justifique técnicamente y las características físicas del sitio lo permitan. - Las celdas deben impermeabilizarse en los términos de la norma oficial mexicana aplicable - Los muros de contención deben tener un espesor de 60 cm de concreto, con una resistencia de 240 Kg/cm² o su equivalente en otros materiales

- En las dos terceras partes del perímetro de la celda, como mínimo, debe existir un espacio suficiente para asegurar el acceso y maniobras del equipo necesario para movilizar los residuos.
- Las pendientes de los taludes de la celda deben ser igual o menores al ángulo de reposo del material del propio talud.
- Deberá efectuarse un análisis estructural de los taludes y fondo de la celda, que considere la acción de las siguientes cargas: presión de relleno, cargas de construcción, operación, reparación y sismo. Si la compactación resultara menor del 95% de la prueba proctor, deberán efectuarse las obras de ingeniería complementarias para alcanzar este porcentaje. El coeficiente sísmico del diseño será de 0.3 en todos los casos.
- La cubierta de la celda constará de dos capas. La inferior de arcilla, con un espesor, grado de compactación y humedad del material para obtener un coeficiente de permeabilidad 1×10^{-7} cm/seg; o con un material sintético equivalente en su permeabilidad; la capa superior de suelo vegetal de 40 cm de espesor. En el caso de celdas que contengan residuos susceptibles de generar gases o vapores, además de las capas mencionadas, deberá considerarse una capa subyacente de grava, con un espesor mínimo de 25 cm.

Restricciones

Además de lo dispuesto en el punto anterior, deberán considerarse en el diseño y construcción de la celda, las siguientes restricciones:

- Sólo podrán depositarse en la celda los residuos peligrosos previstos en la norma oficial mexicana NOM- CRP-001-ECOL/1993, con excepción de los que contengan sulfuros y cianuros reactivos, bifenilos policlorados con concentraciones > 50 ppm, dibenzo-dioxinas- policlorados y dibenzo-furanos-policlorados, hexas (hexacloro-benceno, hexacloro-etano y hexacloro- butadieno) o aquéllos que tengan características de inflamabilidad.
- En una misma celda no podrán depositarse residuos peligrosos incompatibles en los términos de la norma NOM-CRP-003-ECOL/1993.
- Sólo podrán depositarse en la celda residuos explosivos estabilizados.
- Los residuos inflamables cuyo punto de inflamación sea igual o inferior a 60°C , sólo podrán depositarse estabilizados.
- Sólo podrán depositarse en la celda residuos peligrosos a granel cuando el porcentaje de agua en los mismos no exceda del 30%. Los que excedan este porcentaje deberán depositarse envasados.
- No podrán depositarse residuos peligrosos cuyo contenido de aceite sea superior al 5%.
- Los residuos cuyo contenido de aceite sea igual o inferior al 5%, no podrán depositarse en la celda si contienen más del 25% de humedad.

Diseño y construcción de sistemas de captación de lixiviados

El sistema debe estar compuesto de colector, subcolector, cárcamo y pozos de monitoreo de lixiviados como mínimo.

Todos los subcolectores deben conducir los lixiviados hacia el colector y éste a su vez descargará en el cárcamo de los pozos de monitoreo del lixiviado

El colector y los subcolectores deben ser de 15 y 10 cm de diámetro como mínimo respectivamente

Debe existir un sistema de captación de lixiviados por cada 1000 m^2 de celda o fracción de la misma

La pendiente de escurrimiento del colector y subcolectores de lixiviados no debe ser menor del 2% en dirección al cárcamo.

Para el desplante del sistema de impermeabilización y del tubo captador del lixiviado previa preparación de la excavación, se conformará el terreno sobre el cual se tenderá una capa de arcilla de 50 cm de espesor compactada a 90% de la prueba proctor, sobre la cual se colocará el sistema de impermeabilización sintético, la cual tendrá que ser protegida con otra capa de arcilla de 5 cm de espesor compactada al 90% de la prueba proctor donde se colocará el sistema de captación y recolección del lixiviado teniendo que ser empacado con arcilla la parte inferior (no perforada) del tubo captador dejando la parte media superior (perforada) libre de arcilla con un ángulo de 45° la cual será cubierta con grava de 3/4 de pulgada (19 mm) hasta la parte superior de la base de la celda, posteriormente se colocará el material de contacto que cubrirá toda la base de la celda teniendo un espesor mínimo de 12 cm en el tubo captador y con una pendiente del 2% para su drenado.

La resistencia de las paredes y del piso del colector y subcolectores deberá ser igual a la de las paredes de la celda.

El sistema de captación debe ser tal, que cada subcolector captará la décima parte del área servida por el sistema.

La velocidad de captación y escurrimiento del sistema debe ser mayor que la de velocidad de difusión en las paredes y pisos de la celda.

El cárcamo

Primero y segundo pozo de monitoreo

- La capacidad del cárcamo debe calcularse en función de las dimensiones de la celda y de la precipitación pluvial promedio del sitio de confinamiento, así como la forma en que vayan a depositarse los residuos peligrosos en la celda. En cualquier caso, el volumen útil del cárcamo no deberá ser inferior a un metro cúbico.
- El sistema de captación de lixiviados debe contar con dos pozos de monitoreo independientes, uno para captar los lixiviados conducidos por los colectores sobre la membrana y otro para captar los lixiviados que penetren la primera barrera de impermeabilización.
- Cada pozo de monitoreo debe estar dotado de un sistema mecánico o eléctrico para la extracción de lixiviados.

Diseño y construcción del sistema de venteo

El sistema de venteo se sujetará a los siguientes requisitos:

- Debe existir un sistema de venteo por cada 300 m² de celda o fracción
- Los conductos de venteo deben tener como mínimo 20 cm de diámetro.
- Los subcolectores de captación de gases deben situarse a una altura máxima de 2 metros.
- El tubo colector y el primer subcolector deben colocarse a una distancia del fondo de la celda, equivalente al 20% de la altura de la misma.
- Cada subcolector debe cubrir un área equivalente a la sexta parte del área total de la celda
- El tubo de venteo debe terminar en cuello de ganso

Cubierta	Los suelos contaminados con residuos peligrosos no deberán utilizarse como parte de la cubierta de las celdas, ni en obras exteriores de un confinamiento controlado.
Operación	<p>En la operación de la celda de confinamiento se observarán además de los requisitos de diseño, los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se operará un frente de trabajo para el depósito de residuos peligrosos envasados y otro diferente para el depósito de los residuos a granel. La confluencia de ambos frentes debe estar claramente delimitada. En su caso, estos frentes deben quedar separados. - Los residuos peligrosos deben descargarse y colocarse en la celda en forma controlada, sin ser golpeados, arrastrados o arrojados. - Los residuos peligrosos envasados deben depositarse por grupos, tomando en cuenta sus características físico-químicas. - No podrán depositarse residuos envasados junto con residuos que hubieran sido depositados a granel, cuando los últimos puedan deteriorar los envases. - No podrán colocarse residuos envasados en recipientes metálicos junto con aquéllos que contengan agua libre en el porcentaje permitido para ser depositados a granel. - Los residuos peligrosos colocados a granel en la celda, deberán compactarse periódicamente para asegurar un 80% de la prueba proctor y cubrirse con tierra después de cada operación. - Debe evitarse la operación de celdas en caso de precipitación pluvial. - No deben depositarse residuos peligrosos mientras existan lixiviados en el primer pozo de monitoreo a que se refiere el punto <i>Primero y segundo pozo de monitoreo</i> de esta norma oficial mexicana. Para efectuar el depósito deben extraerse previamente los lixiviados. - Cuando existan lixiviados en el segundo pozo de monitoreo que se señala en el punto <i>Primero y segundo pozo de monitoreo</i> de esta norma, debe suspenderse el depósito de residuos peligrosos en la celda y cerrarla. - Cuando existan lixiviados en los pozos de monitoreo deberá determinarse su composición y darle el tratamiento en los términos de la norma oficial mexicana aplicable para que sean dispuestos en la misma celda que los generó. - Una vez cerrada la celda deberá verificarse la presencia de lixiviados por lo menos cada 30 días. - No deberá circular equipo mecánico con peso que exceda de 10 toneladas sobre las celdas de confinamiento controlado que contengan residuos peligrosos envasados. - Para contar con un control sobre el llenado de las celdas se utilizará un sistema de coordenadas para su ubicación.
Equipo de protección	Los operarios de las celdas de confinamiento controlado deberán contar con el equipo de protección personal que establezcan las disposiciones aplicables y las normas oficiales mexicanas de seguridad correspondientes.
Bibliografía	Black, C. A., Evans D. D., White J. L., Ensminger L. E. y Clark C. A. <i>Methods of Soil Analysis</i> , Vol. 1, II, 5a Reimpresión the American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 1979, U.S.A. (Métodos de análisis de suelos)

De Pablo L. *Las Arcillas / Clasificación, Identificación, Usos y Especificaciones Industriales*. Sobretiro del Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, tomo XXVIII, 1964, México.

Seaman Corporation *XR-5 Chemical Resistant Geomembrane*. 1989.
(Geomembrana químicamente resistente)

Shuckrow, Alan. J. *Hazardous waste leachate management manual*. 1989.
(Manual de manejo de residuos peligrosos y lixiviados).

SLT North America, Inc. for *Environmental liming solutions*, 1990.

Un sistema para la prevención, valoración y control de las exposiciones a sitios peligrosos y sus efectos en la salud. Department of Health and Human Services, 1991, U.S.A. (Tr. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, ECO.OMS/OPS, 1991).

**Concordancia
con normas internacionales**

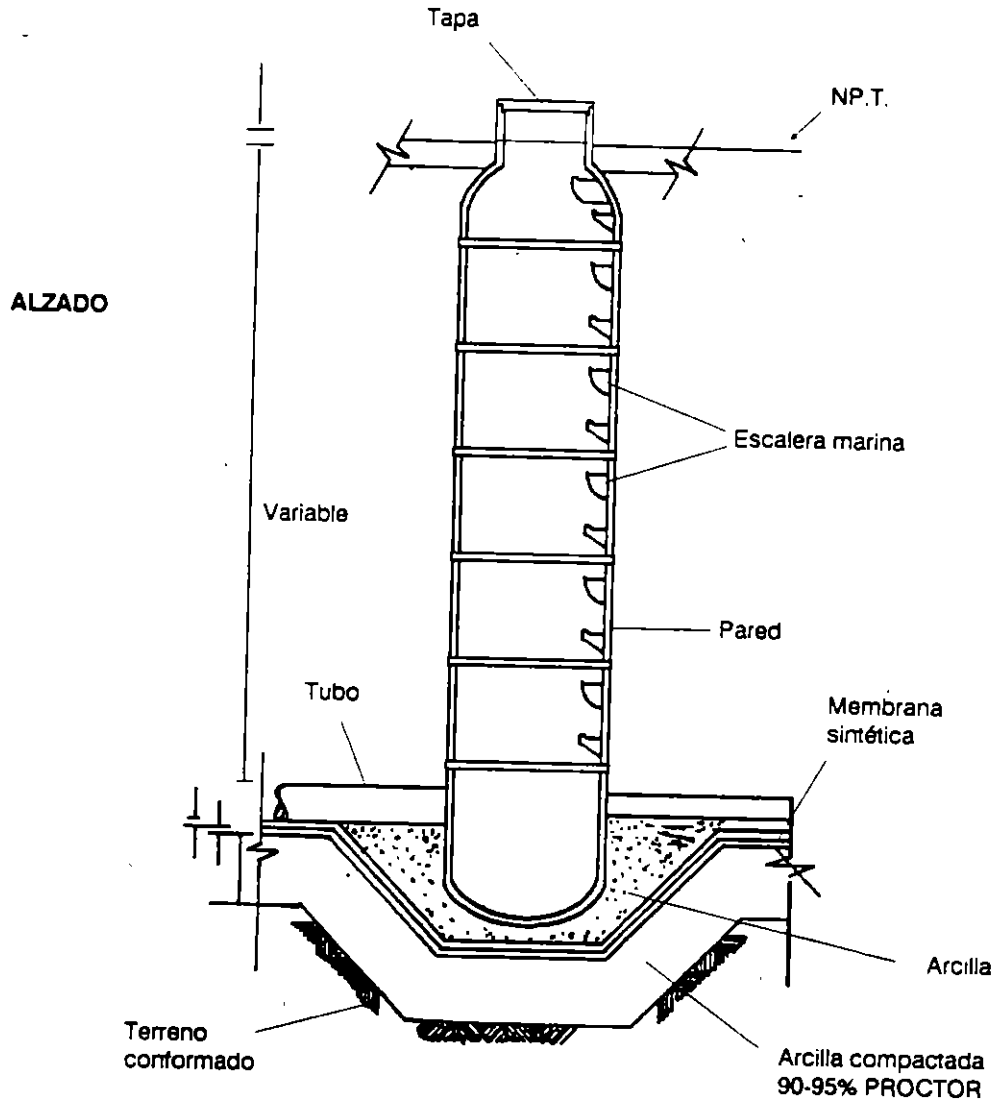
Esta norma oficial mexicana no coincide con ninguna norma internacional.

Normatividad a la que sustituye

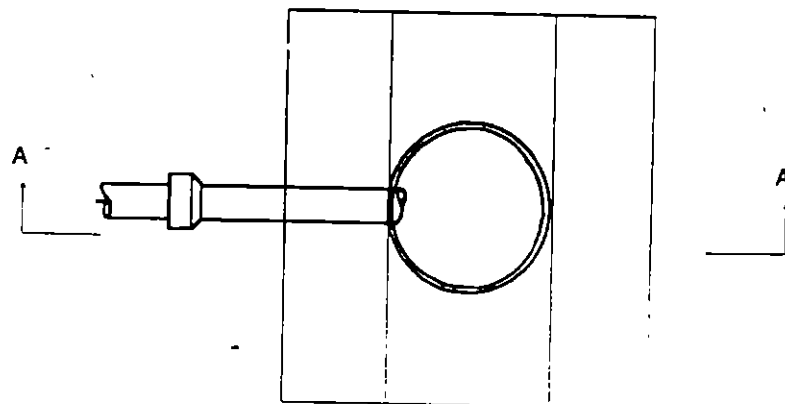
Se abroga el Acuerdo por el que se expidió la norma técnica ecológica NTE-CRP-010/88, que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos determinados por la norma técnica ecológica NTE-CRP-001/88, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de diciembre de 1988.

ANEXO 1

POZO DE MONITOREO PARA LIXIVIADOS
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

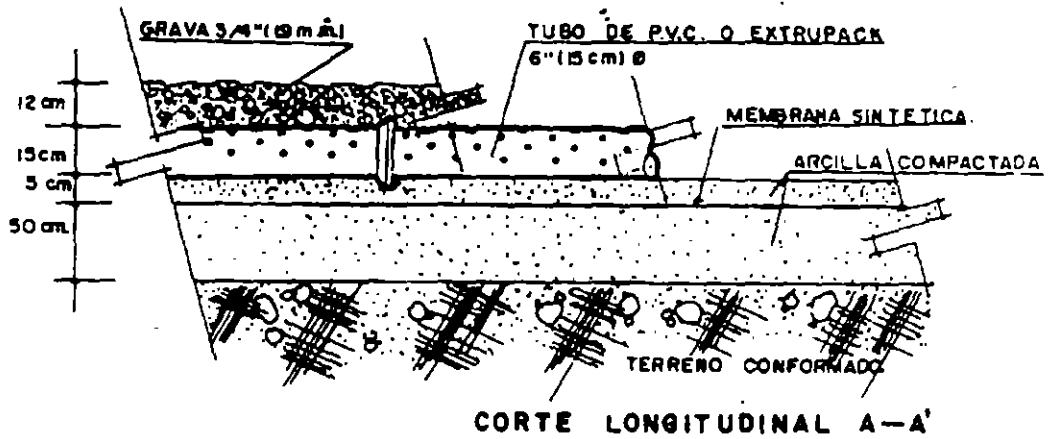
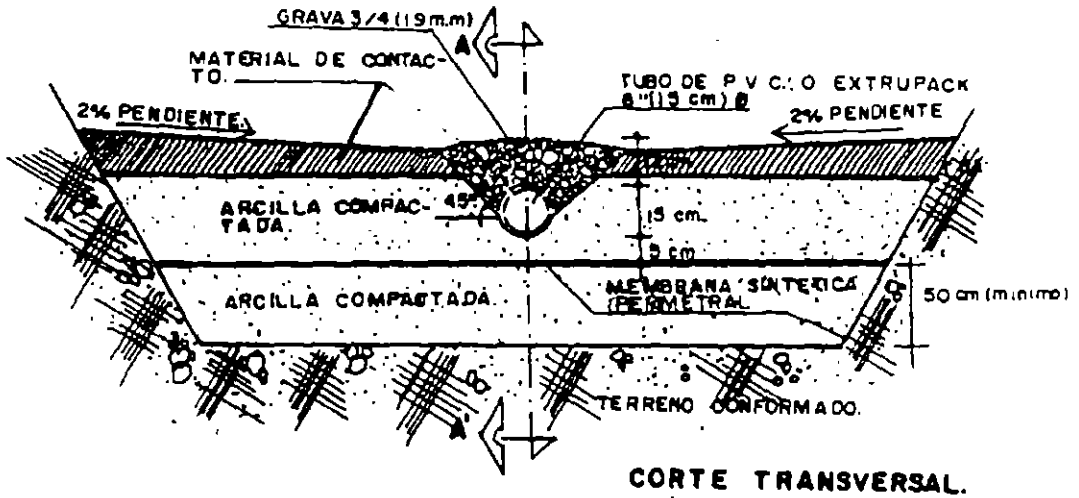
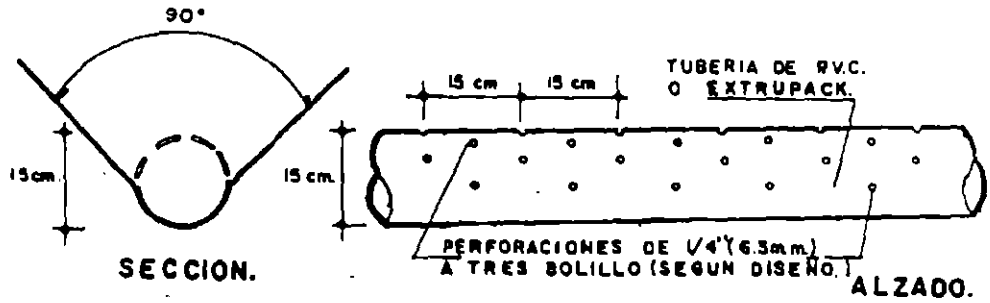


PLANTA



ANEXO 2

DETALLES DEL TUBO DE CAPTACIÓN DE LIXIVIADOS





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

NORMA NOM-CRP-007-ECOL/1993

1996

NOM-CRP-007-ECOL/1993	De los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
Fundamento jurídico	LGEEPA: Artículos 5o. fracciones VIII y XIX, 8o. Fracciones II y VII, 36, 37, 43, 151, 152, 160 y 171. RPCCA: Artículos 4o. fracciones II y X, 5o., 31 fracción I, 32 y 33.
Considerando	Que los confinamientos controlados para la disposición final de residuos peligrosos debe reunir condiciones de máxima seguridad, a fin de garantizar la protección a la población y el equilibrio ecológico, por lo que es necesario establecer los requisitos para su operación.
Proyecto de la Norma	NOM-PA-CRP-007/93
Objeto	Establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
Campo de aplicación	De observancia obligatoria para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
Referencias	NOM-CRP-001-ECOL NOM-CRP-002-ECOL NOM-CRP-003-ECOL NOM-CRP-004-ECOL NOM-CRP-005-ECOL NOM-CRP-006-ECOL
Definiciones	<p><i>Celda de confinamiento</i> El espacio creado artificialmente para la disposición final de residuos peligrosos.</p> <p><i>Celda de tratamiento</i> El espacio creado artificialmente para reducir la peligrosidad y volumen de los residuos peligrosos, así como para disminuir el riesgo de fuga de contaminantes.</p> <p><i>Lodo</i> La mezcla de líquido y sólido en proporciones normales de 3 a 7% en peso de sólido y el resto de agua u otro líquido.</p> <p><i>Obras complementarias</i> El conjunto de obras de apoyo para llevar a cabo la correcta operación del confinamiento controlado.</p> <p><i>Zonas restringidas</i> Las áreas del confinamiento controlado que requieran de equipo de protección personal, conocimiento de riesgo y entrenamiento específico para permanecer en ellas.</p>
Registros	Para la operación de un confinamiento controlado, además de cumplir con lo dispuesto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protec-

ción al Ambiente, su Reglamento en materia de Residuos Peligrosos y las normas oficiales mexicanas aplicables, se deberá:

- Llevar una bitácora de recepción foliada para registrar las entradas y salidas de los residuos, así como de los vehículos para su transporte.
- Llevar un libro de registro de pesaje y talonario foliados para hacer constar el peso de los residuos a depositar.
- Llevar un libro de registro de laboratorio en el que se anoten los resultados del muestreo y el análisis de la verificación de los residuos a depositar.
- Tener un plano general que represente e identifique el proceso de asignación de las áreas y celdas del confinamiento.
- Llevar un libro de registro de monitoreo foliado para hacer constar los casos de detección de posibles lixiviados, emisiones de gases y vapores generados en el interior de las celdas de confinamiento, así como de la calidad de las aguas subterráneas.

Operación

- 1 Para la recepción de residuos en un confinamiento controlado, el transportista presentará al destinatario el manifiesto correspondiente en original y una copia debidamente firmados por el generador y el propio transportista.
 - El destinatario deberá verificar en relación con el manifiesto presentado por el transportista:
 - Que el formato autorizado por la Secretaría de Desarrollo Social estén registrados los datos de los rubros indicados en el mismo.
 - Que los residuos especificados en el documento, deben corresponder a los que vayan a ser depositados en el confinamiento controlado de conformidad con la autorización respectiva.
 - Que en forma preliminar, la textura, peso volumétrico, envase, identificación y en general, las especificaciones del residuo correspondan a las señaladas en el manifiesto.
 - Que el residuo por recibir no contenga trazas de material radiactivo.
- 2 **Pesaje**
 - Una vez realizada la verificación preliminar del volumen de residuos de que se trate, el destinatario procederá al pesaje de los mismos para comprobar que la cantidad en peso corresponda a lo señalado en el manifiesto.
 - Una vez realizado el pesaje, el destinatario deberá asentar en el libro de registro y en el talonario foliados los datos siguientes:
 - Fecha y hora de recepción.
 - Características del residuo.
 - Número de placas y económico del vehículo de transporte.
 - Procedencia del residuo.
 - Peso bruto, tara y neto en Kgs.
 - Número de registro y firma del transportista.
 - En el caso de que el volumen de residuos a depositar cumpla con los requisitos de recepción y pesaje a que se refieren los párrafos anteriores, el destinatario procederá a su registro en la bitácora de recepción foliada, asentando los datos siguientes:
 - Fecha y hora de recepción.
 - Nombre del generador.

- Características del residuo.
 - Procedencia del residuo.
 - Cantidad en peso y volumen.
 - Número de registro y firma del transportista.
 - Observaciones.
- En caso de que el volumen de residuos a depositar no cumpla con alguno de los requisitos a que se refieren los numerales 1 y 2 de esta sección de *Operación*, el destinatario deberá dar aviso al generador y notificar a la Secretaría de Desarrollo Social.

3 Análisis

- Verificado el cumplimiento de los requisitos de recepción y pesaje de los residuos, el destinatario procederá al muestreo, análisis y clasificación de los mismos.
- Para llevar a cabo el análisis se tomarán muestras representativas de los residuos que permitan verificar las propiedades físicas y químicas de los mismos.
- La toma de muestras representativas de los residuos se deberá realizar por el personal técnico del laboratorio en el área de acceso y espera del confinamiento.
- El muestreo y manejo de muestras, análisis y clasificación de los residuos debe realizarse por personal técnico con experiencia en el manejo de los mismos conforme a lo establecido en las normas oficiales mexicanas aplicables.
- El análisis de las muestras de los residuos según se trate de lodos, sólidos orgánicos e inorgánicos deberá realizarse en el laboratorio del confinamiento controlado, para verificar sus características de acuerdo a la

Tabla 1
Indicadores para el análisis de verificación de residuos en un confinamiento controlado.

Indicador	Lodos	Sólidos orgánicos	Sólidos inorgánicos
pH	X		
Gravedad específica		X	X
Agua (%)	X	X	X
Aceite	X	X	X
Reactividad al agua		X	X
Inflamabilidad	X	X	X

- Una vez realizado el muestreo y análisis de verificación de los residuos, el responsable del laboratorio anotará en el libro de registro correspondiente los datos siguientes:
 - Método de muestreo.
 - Técnica de laboratorio utilizada.
 - Resultados del análisis.
 - Fecha.
 - Nombre y firma del técnico analista.

- En caso de que en los análisis de verificación de los residuos detecte alguna diferencia con lo expresado en el manifiesto, el responsable del confinamiento controlado deberá dar aviso al generador y notificar a la Secretaría de Desarrollo Social.
- Con base en los resultados obtenidos del análisis de verificación de los residuos, el responsable del laboratorio procederá a la clasificación de los mismos para determinar de acuerdo a su estado físico, presentación, incompatibilidad y peligrosidad, su tratamiento o disposición final.

4 Tratamiento

- Una vez realizado el análisis de verificación y clasificación de los residuos, el responsable del confinamiento procederá al tratamiento de aquéllos que rebasen las concentraciones máximas permisibles conforme a la norma oficial mexicana aplicable y fijará, estabilizará o reducirá su peligrosidad y riesgo de fuga. El tratamiento se aplicará a los residuos y sus lixiviados.
- El tratamiento para los residuos y sus lixiviados se efectuará conforme a lo establecido en las normas oficiales mexicanas aplicables.

5 Asignación del área y celdas de confinamiento

- Analizados, clasificados y, en su caso, tratados los residuos, el destinatario deberá proceder en forma inmediata a depositarlos en el área y celda.
- Para la asignación del área de los residuos, se tomarán en cuenta las características de los mismos, en cuanto a corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad al ambiente, inflamabilidad y biológico infeccioso; así como su incompatibilidad y presentación en envase o a granel.
- De acuerdo con las características de los residuos a que se refiere el punto anterior, se depositarán según sea el caso, en el área y celdas de confinamiento específicamente destinadas para:
 - Residuos con contenido menor al 30% de humedad.
 - Lodos estabilizados orgánicos e inorgánicos.
 - Sólidos orgánicos o inorgánicos, envasados o a granel.
 - Residuos reactivos.
 - Residuos explosivos.
- Previamente a la descarga de los residuos en el área y celdas asignadas, el responsable del confinamiento deberá verificar:
 - La correcta ubicación del área y celda de confinamiento asignadas.
 - El envasado de los residuos e identificación de los envases y embalajes conforme a las normas oficiales mexicanas aplicables.
 - El uso del equipo de protección por el personal que lleva a cabo la descarga de los residuos y la disponibilidad del equipo de seguridad para la atención a contingencias.
- La descarga de los residuos sólidos a granel o envasados en la celda de confinamiento asignada se deberá realizar con el equipo correspondiente como son tolvas, ductos, montacargas y tubos. En el caso de descarga de sólidos a granel, el espesor de los residuos en las celdas de confinamiento estará dado hasta alcanzar una compactación mínima del 80% de la prueba proctor y cubrirse con tierra después de cada operación.
Si se trata de envases, éstos deben ser empacados perimetralmente con tierra, así como tener una capa horizontal de separación y compactada al 80% de la prueba proctor

6

Cierre de celda

- Las celdas de confinamiento cuya capacidad ha sido alcanzada deberán cubrirse y contar en la parte superior con una placa de identificación resistente a la intemperie en la que se asienten los datos siguientes: clave de la celda, nombre y cantidad de los residuos depositados, nombre de los generadores y fechas de inicio de operación y cierre de la celda.

El área y las celdas de confinamiento deberán estar identificadas en el plano general.

- Una vez cerrada la celda del confinamiento:

- Se le dotará con una cubierta superficial con pendientes de escurrimientos de aguas para evitar encharcamientos.
- Se tomarán las medidas necesarias para evitar la erosión de los materiales en el terraplén y taludes, para que los residuos no queden al descubierto.

Monitoreo

Una vez realizada la disposición final de los residuos en las celdas de confinamiento, el responsable deberá llevar a cabo el monitoreo permanente en los pozos de monitoreo y sistemas de venteo a que se refieren las normas oficiales mexicanas aplicables para la detección de los posibles lixiviados y de las emisiones de gases y vapores generados en el interior de las celdas de confinamiento, así como de la calidad de las aguas subterráneas.

Cuando como consecuencia del monitoreo se detecte la existencia de lixiviados, éstos deberán extraerse de los pozos correspondientes para su análisis, tratamiento y posterior confinamiento, de preferencia en la misma celda donde se produjeron o en otra compatible. El responsable del confinamiento controlado deberá adoptar las medidas de corrección procedentes.

El responsable del confinamiento controlado deberá asentar en el libro de registro de monitoreo foliado, los datos siguientes:

- Fecha de muestreo.
- Celda identificada.
- Características generales de los lixiviados, gases o aguas subterráneas muestreadas.
- Resultados de los análisis.
- Nombre y firma del responsable.

Obras complementarias

Las entradas y salidas de los vehículos para el transporte de los residuos, del personal, del equipo, de los materiales y de la maquinaria que se utilicen en la operación del confinamiento controlado, se realizará por un sólo acceso, sin perjuicio del número de salidas de emergencia que se indiquen en el programa de atención a contingencias.

El responsable del confinamiento controlado deberá:

- Vigilar las entradas y salidas de los vehículos que transportan los residuos, del personal, de equipo, de los materiales y de la maquinaria al interior del confinamiento controlado.
- Evitar el paso de personas ajenas a las actividades propias del confinamiento controlado, así como de los animales.
- Controlar el acceso a las zonas restringidas del confinamiento controlado.

Los caminos interiores deberán estar disponibles de acuerdo al avance de las actividades en la operación de las áreas y celdas del

confinamiento controlado, conservarse libres de obstrucciones, limpios y en buen estado, con los señalamientos correspondientes.

La velocidad de circulación de vehículos al interior del confinamiento controlado, no deberá ser mayor del 50% de la velocidad de diseño que establece la norma oficial mexicana aplicable.

En el caso de que un volumen de residuos no pueda confinarse de inmediato por lluvia, celda no disponible, necesidad de tratamiento, residuos fuera de especificaciones, éste deberá ser enviado al área de almacenamiento temporal, en donde no podrá permanecer por un período mayor de 90 días.

En el área de almacenamiento temporal no deberán depositarse residuos a granel.

Los drenajes exteriores e interiores deberán mantenerse limpios y en buen estado, de manera que se asegure su correcto funcionamiento.

- El drenaje exterior se destinará para captar y conducir aguas pluviales.
- El drenaje interior se destinará para captar y conducir separadamente las aguas residuales de las zonas restringidas del confinamiento controlado y las procedentes de las oficinas administrativas y áreas de servicio para los trabajadores.

Las aguas residuales del confinamiento controlado deberán ser sometidas a tratamientos físicos, químicos o biológicos, según el grado y tipo de contaminación que presenten, las cuales únicamente podrán ser descargadas en el cuerpo receptor cuando cumplan las disposiciones legales que resulten aplicables.

El área de amortiguamiento deberá destinarse a usos pasivos, como áreas verdes. No está permitido en esta área el estacionamiento de vehículos, descarga de residuos, instalaciones del confinamiento controlado o actividades recreativas.

El área de limpieza estará destinada para descontaminar al término de la jornada, maquinaria, equipos y vehículos en contacto con los residuos.

Los materiales y equipos en desuso que hayan estado en contacto con los residuos deberán ser depositados en celdas compatibles dentro del mismo confinamiento controlado.

Los señalamientos se instalarán en cantidad suficiente y de manera que permitan la correcta operación del confinamiento controlado.

Los señalamientos que indiquen la ubicación de los equipos e implementos de seguridad para la atención a contingencias, deberán ser colocados en sitios visibles.

La iluminación permanecerá encendida durante la noche y cuando las condiciones meteorológicas así lo requieran, para una mejor vigilancia.

El área de emergencia se utilizará para recibir en el confinamiento controlado residuos en forma temporal y extraordinaria que provengan de alguna contingencia. En estos casos, el responsable del mismo deberá dar aviso en forma inmediata a la Secretaría de Desarrollo Social y proceder a su almacenamiento temporal en esta área por un período no mayor de tres meses, en tanto se determina el sistema de disposición final procedente.

En el confinamiento controlado se deberá contar con un programa de atención a contingencias, desarrollado específicamente para casos de accidentes que pudieran ocurrir en las instalaciones y al realizar cualquiera de las actividades propias de la operación conforme a lo establecido

en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Residuos Peligrosos.

Bibliografía

Code of Federal Regulations. Vol. 40, CRF Protection of Environment. (Código Federal de Regulaciones, Vol. 40, CRT Protección del Medio Ambiente)

Dangerous properties of industrial materials. Fourth Edition N. Irving Say. (Propiedades peligrosas de los materiales industriales, 4a Edición N. Irving Say.)

Disposal of Industrial Waste Materials Society of Chem. Industry 1986. (Disposición de materiales y residuos industriales).

García, Alonso. G. *Emergency response guidebook for hazardous materials incidents*. Dot P 58.003 1984. (Guía en casos de emergencia para los accidentes de materiales peligrosos, Dot P 58.003 1984).

Operaciones y procesos unitarios de Ingeniería Química en el tratamiento y disposición final de desechos sólidos. García, Alfonso.

The treatment of industrial wastes. Besselièvre B. Edmund, 1976. (Tratamiento de residuos industriales, Besselièvre B. Edmund, 1976)

Concordancia con normas internacionales

Esta norma oficial mexicana no coincide con ninguna norma internacional.

Normatividad a la que sustituye

Se abroga el Acuerdo por el que se expidió la norma técnica ecológica NTE-CRP-011/89, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 13 de diciembre de 1989.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-087-ECOL-1995**

1996

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-087-ECOL-1995

Que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los Residuos Peligrosos biológico-infecciosos que se generan en establecimientos que presten atención médica.

JULIA CARABIAS LILLO, Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 32 Bis fracciones I, II, IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5o. fracciones I, VIII y XIX, 8o. fracciones I, II y VII, 36, 37, 43, 150, 152, 160, 162 y 171 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 4o. fracciones II, III y IV, 5o., 6o. y 58 de su Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos; 38 fracción II, 40 fracción X, 41, 43, 44, 45, 46 y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; y

CONSIDERANDO

Que en cumplimiento a lo dispuesto en la fracción I del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el 19 de agosto de 1994, se publicó en el Diario Oficial de la Federación con carácter de Proyecto la presente Norma, a fin de que los interesados en un plazo de 90 días naturales presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, sito en Río Elba No. 20, 1er. Piso, colonia Cuauhtémoc, Código Postal 06500, México, D.F.

Que durante el plazo a que se refiere el considerando anterior, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 45 del Ordenamiento Legal citado en el párrafo anterior, estuvieron a disposición del público los documentos a que se refiere dicho precepto.

Que en el plazo a que hace referencia el considerando primero, los interesados presentaron sus comentarios al Proyecto de Norma los cuales fueron analizados por el citado Comité Consultivo Nacional de Normalización, realizándose las modificaciones procedentes

La Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, publicó las respuestas a dichos comentarios recibidos en el Diario Oficial de la Federación de fecha 20 de septiembre de 1995.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas, el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 12 de junio de 1995, aprobó la Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-1995, que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos que se generan en establecimientos que presten atención médica, por lo que he tenido a bien expedir la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-087-ECOL-1995, QUE ESTABLECE LOS REQUISITOS PARA LA SEPARACION, ENVASADO, ALMACENAMIENTO, RECOLECCION, TRANSPORTE, TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS QUE SE GENERAN EN ESTABLECIMIENTOS QUE PRESTEN ATENCION MEDICA.

INDICE

- 0 Introducción
- 1 Objetivo y campo de aplicación
- 2 Referencias.
- 3 Definiciones.
- 4 Clasificación de los residuos peligrosos biológico-infecciosos
- 5 Clasificación de los establecimientos generadores de residuos peligrosos biológico-infecciosos

6. Manejo.
7. Disposición final.
8. Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales.
9. Bibliografía.
10. Observancia de esta norma

0. Introducción

La generación de residuos peligrosos biológico-infecciosos en los establecimientos que prestan atención médica constituyen un gran problema a nivel nacional, por lo que es necesario el establecimiento de requisitos para su control.

1. Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos biológico-infecciosos que se generen en establecimientos que presten atención médica, tales como clínicas y hospitales, así como laboratorios clínicos, laboratorios de producción de biológicos, de enseñanza y de investigación, tanto humanos como veterinarios en pequeñas especies y centros antirrábicos y es de observancia obligatoria en dichos establecimientos.

2. Referencias

Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993.

Norma Oficial Mexicana NOM-029-ECOL Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de hospitales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de octubre de 1993.

NOM-031-ECOL Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de octubre de 1993

Norma Mexicana NMX-DGN Z-21 Magnitudes y unidades de base del sistema internacional (SI).

ASTM-D-882-83 Métodos de prueba para propiedades de tensión de hojas plásticas delgadas.

ASTM-D-1004-66 Métodos de prueba para resistencia a desgarre inicial de películas y hojas de plástico.

3. Definiciones

3.1 Atención médica.

El conjunto de servicios que se proporcionan con el fin de proteger, promover y restaurar la salud humana y animal.

3.2 Cremación

Proceso para la destrucción de cadáveres mediante oxidación térmica.

3.3 Desinfección

Destrucción de los microorganismos patógenos en todos los ambientes, materias o partes en que pueden ser nocivos, por los distintos medios mecánicos, físicos o químicos contrarios a su vida o desarrollo, con el fin de reducir el riesgo de transmisión de enfermedades.

3.4 Establecimiento de atención médica

El lugar público o privado, fijo o móvil cualquiera que sea su denominación, que preste servicios de atención médica, ya sea ambulatorio o para internamiento de seres humanos y animales.

3.5 Órgano

La entidad morfológica compuesta por la agrupación de tejidos diferentes que concurren al desempeño del mismo trabajo fisiológico.

3.6 Oxidación térmica

Método de tratamiento que consiste en la oxidación de los residuos mediante procesos controlados a altas temperaturas.

3.7 Residuo peligroso biológico-infeccioso

El que contiene bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de causar infección o que contiene o puede contener toxinas producidas por microorganismos que causan efectos nocivos a seres vivos y al ambiente, que se generan en hospitales y establecimientos de atención médica.

3.8 Sangre

El tejido hemático con todos sus elementos.

3.9 Tejido

La entidad morfológica compuesta por la agrupación de células de la misma naturaleza, ordenadas con regularidad y que desempeñan una misma función.

3.10 Tratamiento de residuos peligrosos biológico-infecciosos

El método que elimina las características infecciosas de los residuos peligrosos biológico-infecciosos.

4. Clasificación de los residuos peligrosos biológico-infecciosos

Para efectos de esta Norma Oficial Mexicana y de acuerdo con lo establecido en la NOM-052-ECOL, se consideran residuos peligrosos biológico-infecciosos los siguientes:

4.1 La sangre

4.1.1 Los productos derivados de la sangre incluyendo, plasma, suero y paquete globular.

4.1.2 Los materiales con sangre o sus derivados aún cuando se hayan secado, así como los recipientes que los contienen o contuvieron.

4.2 Los cultivos y cepas almacenadas de agentes infecciosos

4.2.1 Los cultivos generados en los procedimientos de diagnóstico e investigación, así como los generados en la producción de biológicos.

4.2.2 Los instrumentos y aparatos para transferir inocular y mezclar cultivos.

4.3 Los patológicos

4.3.1 Los tejidos, órganos, partes y fluidos corporales que se remueven durante las necropsias, la cirugía o algún otro tipo de intervención.

4.3.2 Las muestras biológicas para análisis químico, microbiológico, citológico o histológico.

4.3.3 Los cadáveres de pequeñas especies animales provenientes de clínicas veterinarias, centros antirrábicos o los utilizados en los centros de investigación.

4.4 Los residuos no anatómicos derivados de la atención a pacientes de los laboratorios

4.4.1 El equipo, material y objetos utilizados durante la atención a pacientes.

4.4.2 Los equipos y dispositivos desechables utilizados para la exploración y toma de muestras

4.5 Los objetos punzocortantes usados o sin usar

4.5.1 Los que han estado en contacto con pacientes o sus muestras clínicas durante el diagnóstico y tratamiento, incluyendo navajas, lancetas, jeringas, pipetas Pasteur, agujas hipodérmicas, de acupuntura y para tatuaje, bisturís, cajas de Petri, cristalería entera o rota, porta y cubre objetos, tubos de ensayo y similares

5. Clasificación de los establecimientos generadores de residuos peligrosos biológico-infecciosos

5.1 Para efectos de esta Norma Oficial Mexicana, los establecimientos de atención médica se clasifican como se establece en la Tabla 1.

5.2 La clasificación de los establecimientos no listados en la tabla anterior, será determinada por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través del Instituto Nacional de Ecología.

6. Manejo

6.1 Los establecimientos referidos en la Tabla 1 de esta Norma Oficial Mexicana que generen más de 25 kilogramos al mes ó 1 kilogramo por día de residuos peligrosos biológico-infecciosos, además de cumplir con lo establecido en el Reglamento de la Ley Gene

Tabla 1

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
<p>Clinicas de consulta externa y veterinarias en pequeñas especies.</p> <p>Laboratorios clínicos que realicen de 1 a 20 análisis al día.</p>	<p>Hospitales que tengan de 1 a 50 camas.</p> <p>Laboratorios clínicos que realicen de 21 a 100 análisis al día</p>	<p>Hospitales con más de 50 camas.</p> <p>Laboratorios clínicos que realicen más de 100 análisis clínicos al día.</p> <p>Laboratorios para la producción de biológicos.</p> <p>Centros de enseñanza e investigación.</p>

ral del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, deberán cumplir con las siguientes fases de manejo de sus residuos:

6.1.1 Identificación de los residuos y de las actividades que los generan.

6.1.2 Envasado de los residuos generados.

6.1.3 Recolección y transporte interno.

6.1.4 Almacenamiento temporal.

6.1.5 Recolección y transporte externo.

6.1.6 Tratamiento.

6.1.7 Disposición final.

6.2 Identificación y envasado.

6.2.1 Se deberán separar y envasar todos los residuos peligrosos biológico-infecciosos generados en establecimientos de atención médica, de acuerdo con sus características físicas y biológico-infecciosas, conforme a la Tabla 2 de esta Norma Oficial Mexicana

Tabla 2

TIPO DE RESIDUOS	ESTADO FISICO	ENVASADO	COLOR
4.1 Sangre			
4.2 Cultivos y cepas almacenadas de agentes infecciosos	Sólidos	Bolsa de plástico	Rojo
4.4 Residuos no anatómicos derivados de la atención a pacientes y los laboratorios	Líquidos	Recipientes Herméticos	Rojo
4.3 Patológicos	Sólidos	Bolsa de plástico	Amarillo
	Líquidos	Recipientes Herméticos	Amarillo
4.5 Objetos punzocortantes usados y sin usar	Sólidos	Recipientes rígidos	Rojo

6.2.2 Los recipientes de los residuos peligrosos punzo-cortantes deben ser rígidos, de polipropileno, resistentes a fracturas y pérdida del contenido al caerse, destruibles por métodos fisicoquímicos, esterilizables, con una resistencia mínima de penetración de 12.5 N (Newton) en todas sus partes y tener tapa con o sin separador de agujas y abertura para depósito con dispositivos para cierre seguro. Deben ser de color rojo y libres de metales pesados y cloro, debiendo estar etiquetados con la leyenda que indique "PELIGRO. RESIDUOS PUNZO CORTANTES BIOLÓGICO-INFECCIOSOS" y marcados con el símbolo universal de riesgo biológico (Anexo 1) de esta Norma Oficial Mexicana.

6.2.2.1 La resistencia mínima de penetración será determinada por la medición de la fuerza requerida para penetrar los lados y la base con una aguja hipodérmica calibre 21 mediante dispositivos como el Instrón, Calibrador de Fuerza Chatillon o tensiómetro.

6.2.2.2 Una vez llenos, los recipientes no deben ser abiertos o vaciados.

6.2.3 Los recipientes de los residuos peligrosos líquidos deben ser rígidos, con tapa hermética, etiquetados con una leyenda que indique "PELIGRO, RESIDUOS PELIGROSOS LIQUIDOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS" y marcados con el símbolo universal de riesgo biológico (Anexo 1).

6.3 Recolección y transporte interno

6.3.1 Se destinarán carritos manuales de recolección exclusivamente para la recolección y depósito en el área de almacenamiento.

6.3.1.1 Los carritos manuales de recolección se desinfectarán diariamente con vapor o con algún producto químico que garantice sus condiciones higiénicas.

6.3.1.2 Los carritos manuales de recolección deberán tener la leyenda: "USO EXCLUSIVO PARA RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS" y marcado con el símbolo universal de riesgo biológico (Anexo 1) de esta Norma Oficial Mexicana.

6.3.1.3 El diseño del carrito manual de recolección deberá prever la seguridad en la sujeción de las bolsas y los contenedores, así como el fácil tránsito dentro de la instalación.

6.3.1.4 Los carritos manuales de recolección no deberán rebasar su capacidad de carga durante su uso.

6.3.2 No podrán utilizarse ductos neumáticos o de gravedad como medio de transporte interno de los residuos peligrosos biológico-infecciosos, tratados o no tratados.

6.3.3 Se deberán establecer rutas de recolección para su fácil movimiento hacia el área de almacenamiento.

6.3.4 El equipo mínimo de protección del personal que efectúe la recolección consistirá en uniforme completo, guantes y mascarilla o cubreboca. Si se manejan residuos líquidos se deberán usar anteojos de protección.

6.3.5 Los establecimientos de atención médica pertenecientes al nivel I quedarán exentos del cumplimiento de los puntos 6.3.1 y 6.3.3.

6.4 Almacenamiento

6.4.1 Se deberá destinar un área para el almacenamiento de los residuos peligrosos biológico-infecciosos.

6.4.1.1 Los establecimientos que correspondan al nivel I quedarán exentos del cumplimiento del punto 6.4.4, pudiendo ubicar los contenedores del punto 6.4.2 en el lugar más apropiado dentro de sus instalaciones de manera tal que no obstruyan las vías de acceso y sean movidos sólo durante las operaciones de recolección.

6.4.2 Los residuos peligrosos biológico-infecciosos envasados deberán almacenarse en contenedores con tapa y rotulados con el símbolo universal de riesgo biológico, con la leyenda "PELIGRO, RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS".

6.4.3 El periodo de almacenamiento temporal a temperatura ambiente estará sujeto al tipo de establecimiento, como sigue:

6.4.3.1 Nivel I: hasta 7 días.

6.4.3.2 Nivel II: hasta 96 horas.

6.4.3.3 Nivel III: hasta 48 horas.

6.4.3.4 Los residuos patológicos, humanos o de animales, deberán conservarse a una temperatura no mayor de 4° C (grados centígrados).

6.4.4 El área referida en el punto 6.4.1 debe:

6.4.4.1 Estar separada de las siguientes áreas: de pacientes, visitas, cocina, comedor, instalaciones sanitarias, sitios de reunión, áreas de esparcimiento, oficinas, talleres y lavandería.

6.4.4.2 Estar techada y ubicada donde no haya riesgo de inundación y de fácil acceso.

6.4.4.3 Contar con extinguidores de acuerdo al riesgo asociado.

6.4.4.4 Contar con muros de contención lateral y posterior con una altura mínima de 20 centímetros para detener derrames.

6.4.4.5 Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los mismos, en lugares y formas visibles.

6.4.4.6 Contar con una pendiente del 2% (dos por ciento) en sentido contrario a la entrada.

6.4.4.7 No deben existir conexiones con drenaje en el piso, válvulas de drenaje, juntas de expansión, albañales o cualquier otro tipo de comunicación que pudiera permitir que los líquidos fluyan fuera del área protegida.

6.4.4.8 Tener una capacidad mínima, de tres veces el volumen promedio de residuos peligrosos biológico-infecciosos generados diariamente.

6.4.4.9 El acceso a esta área sólo se permitirá al personal responsable de estas actividades y se deberán realizar las adecuaciones en las instalaciones para los señalamientos de acceso respectivos.

6.4.4.10 El diseño, la construcción y la ubicación de las áreas de almacenamiento temporal destinadas al manejo de residuos peligrosos biológico-infecciosos deberán contar con la autorización correspondiente por parte de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través del Instituto Nacional de Ecología.

6.5 Recolección y transporte externo

6.5.1 La recolección y el transporte de los residuos peligrosos referidos en el punto 1 de esta Norma Oficial Mexicana, deberá realizarse conforme a lo dispuesto en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en

Materia de Residuos Peligrosos, en el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos y en las Normas Oficiales Mexicanas aplicables; y deberá cumplir lo siguiente:

6.5.2 Sólo podrán recolectarse los residuos que cumplan con el envasado, embalado y etiquetado o rotulado como se establece en el punto 6.2 de esta Norma Oficial Mexicana.

6.5.3 Los residuos peligrosos biológico-infecciosos no deberán ser compactados durante su recolección y transporte.

6.5.4 Los contenedores referidos en el punto 6.4.2 deberán ser lavados y desinfectados después de cada ciclo de recolección.

6.5.5 Los vehículos recolectores deberán ser de caja cerrada, hermética y contar con sistemas de captación de escurrimientos, además de sistemas mecanizados de carga y descarga.

6.5.5.1 Las unidades para el transporte de residuos peligrosos biológico-infecciosos deberán contar con sistemas de enfriamiento para mantener los residuos a una temperatura de 4° C (cuatro grados centígrados) cuando la Secretaría lo considere necesario;

6.5.6 Los residuos peligrosos biológico-infecciosos sin tratamiento, no deberán mezclarse con ningún otro tipo de residuos municipales o de origen industrial durante su transporte.

6.6 Tratamiento

6.6.1 Los residuos peligrosos biológico-infecciosos deberán ser tratados por métodos físicos o químicos.

6.6.2 Los métodos de tratamiento serán autorizados por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través del Instituto Nacional de Ecología y deberán cumplir los siguientes criterios generales:

6.6.2.1 Deberá garantizar la eliminación de microorganismos patógenos, y

6.6.2.2 Deberán volver irreconocibles a los residuos peligrosos biológico-infecciosos.

6.6.3 Los residuos patológicos deben ser cremados.

6.6.4 Los métodos de tratamiento deberán cumplir previo a su autorización, un protocolo de pruebas siguiendo los términos de referencia marcados por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través del Instituto Nacional de Ecología.

6.6.5 El tratamiento podrá realizarse dentro del establecimiento generador o en instalaciones específicas fuera del mismo. En ambos casos se requerirá la autorización de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través del Instituto Nacional de Ecología.

6.7 Los establecimientos que presten atención médica deberán presentar su programa de contingencias en caso de derrames, fugas o accidentes relacionados con el manejo de estos residuos.

7. Disposición final

7.1 Una vez tratados e irreconocibles, los residuos peligrosos biológico-infecciosos, se eliminarán como residuos no peligrosos.

7.2 En localidades con una población hasta de 100,000 habitantes se podrán disponer los residuos peligrosos biológico-infecciosos sin tratamiento, en celdas especiales, conforme a lo establecido en el Anexo 2 de esta Norma Oficial Mexicana.

7.2.1 El diseño, la construcción y la operación de las celdas especiales serán autorizados por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través del Instituto Nacional de Ecología.

8. Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales

8.1 Los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico en esta Norma Oficial Mexicana se basan en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente.

9. Bibliografía

9.1 British Standard Institution. BS 7320: 1990 Specification for Sharp Containers (Especificaciones para contenedores de punzantes).

9.2 "CDC Guidelines for Isolation Precautions in Hospitals" (Lineamientos de la CDC sobre Precau-

ciones de Aislamiento en Hospitales). Infection Control. 4,145-325,1983.

9.3 CDC/NIH. Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories (Bioseguridad en Laboratorios Biomédicos y Microbiológicos). Atlanta, G.A. 1984.

9.4 Code of Federal Regulations, Parts 53 to 60 (Código Federal de Regulaciones, Partes 53 a 60). 1991.

9.5 Commission of the European Communities. Survey of the Collection, Recycling and Safe Disposal of Hospital Wastes in the Member States of the European Communities (Investigación sobre la Recolección, Reciclaje y Disposición Segura de Residuos Hospitalarios en los Estados Miembros de las Comunidades Europeas). 1982.

9.6 Gordon J., Zank N., Brooks K., Cofone L., R. Howard, Canellos G., Goldgraben R., Cioffi J. Disposal of Hospital Wastes Containing Pathogenic Organisms Final Report (Reporte Final sobre la Disposición de Residuos Hospitalarios que Contienen Organismos Patógenos). 1979.

9.7 Hospital Solid Waste Disposal in Community Facilities (Disposición de Residuos Sólidos Hospitalarios en Instalaciones Comunitarias), NTS Report PB-222 018/4. 1973.

9.8 Medical Waste Management in the United States (Manejo de Residuos Médicos en los Estados Unidos). Second Interim Report to Congress. Report No. EPA/530/SW-90/087A.

9.9 Monreal J., Zepeda F. Consideraciones sobre el Manejo de Residuos de Hospitales en América Latina. OPS/OMS, 1991.

9.10 Review of Federal/State Medical Waste Management (Revisión del Manejo de Residuos Médicos Federales y Estatales). Report No. EPA/600/d-91/038. 17 pp. 1991

9.11 Rutala, W.A. and Sarubbi, F. "Management of Infectious Waste from Hospitals" (Manejo de Residuos Infecciosos de Hospitales). Infection Waste Management. 4(4), 198-203, 1983.

9.12 Rutala, W.A. Odette R.L. SAMS. Management of infectious Waste in U.S. Hospitals (Manejo de Residuos Infecciosos de Hospitales en Estados Unidos) 161(12), 1635-1640, 1989.

9.13 Rutala, W. A. Odette R. L. S. S. "Management of Infectious Waste by U.S. Hospitals" (Manejo de Residuos Infecciosos de Hospitales en Estados Unidos) JAMA. 262(12), 1635-1640. 1989.

9.14 Survey of the Collection, Recycling and Safe Disposal of Hospital Waste in the Member States of the European Communities (Investigación sobre la Recolección, Reciclaje y Disposición Segura de Residuos Hospitalarios en los Estados Miembros de la Comunidad Económica Europea). Brussels, Commission of the European.

9.15 USEPA. EPA Guide for Infectious Waste Management (Guía de la EPA para el Manejo de Residuos Infecciosos). Office of Solid Waste and Emergency Response. EPA-530SW-86-014. 1986.

10. Observancia de esta NORMA

10.1 La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y a la Secretaría de Salud, en el ámbito de sus respectivas competencias, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos, Ley General de Salud y sus Reglamentos en Materia de Prestación de Servicios de Atención Médica y de Control Sanitario de la Disposición de Organos, Tejidos y Cadáveres de Seres Humanos, así como el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

10.2 Los Gobiernos del Distrito Federal, de los Estados y de los Municipios podrán realizar actos de inspección y vigilancia para la verificación del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana, previos acuerdos de coordinación que celebren con las Secretarías de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca y de Salud, respectivamente.

10.3 La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor 180 días después de su publicación en el Diario Oficial de la Federación

10.4 Los establecimientos generadores de residuos peligrosos biológico-infecciosos deberán cumplir con

la fase de manejo señalada en el punto 6.6, 90 días después de la entrada en vigor de la presente Norma.

LA SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE,
RECURSOS NATURALES Y PESCA
JULIA CARABIAS LILLO

Publicado en el Diario Oficial de la Federación, el once de noviembre de mil novecientos noventa y cinco

ANEXO 1

SÍMBOLO UNIVERSAL
DE RIESGO BIOLÓGICO



ANEXO 2

CELDA ESPECIAL PARA LA DISPOSICIÓN
DE RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO-
INFECCIOSOS

1. Selección del sitio

El sitio destinado para la construcción de las celdas especiales cumplirá los siguientes requisitos:

1.1 Generales.

1.1.1 Restricción por afectación a obras civiles o zonas protegidas.

1.1.1.1 Las distancias mínimas a aeropuertos serán de 300 metros (mil metros) cuando maniobren aviones con motor de turbina y 500 m (mil quinientos metros) cuando maniobren aviones con motor de pistón

1.1.1.2 Respetar las áreas de protección, derecho de vías de autopistas, caminos principales y caminos secundarios.

1.1.1.3 No ubicarse dentro de áreas protegidas.

1.1.1.4 Respetar los derechos de vía de obras civiles tales como oleoductos, gasoductos, poliductos, torres de energía eléctrica, acueductos, etc.

1.2 Hidrológicos

1.2.1 Ubicarse fuera de zonas de inundación con períodos de retorno de 100 años. En caso de no cumplir lo anterior, deberá demostrar que no existe obstrucción del flujo en el área de inundación o la posibilidad de deslaves o erosión que provoquen arrastre de los residuos sólidos que pongan en peligro la salud y el ambiente.

1.2.2 No ubicarse en zonas de pantanos, marismas y similares.

1.2.3 La distancia de ubicación con respecto a cuerpos de aguas superficiales, será de 300 m (trescientos metros) como mínimo y garantizar que no exista afectación a la salud y al ambiente.

1.3 Geológicos

1.3.1 Ubicarse a una distancia no menor de 60 metros de una falla activa con desplazamiento en un período de un millón de años.

1.3.2 Ubicarse fuera de zonas donde los taludes sean inestables, es decir, que puedan producir movimiento de suelo o roca por procesos estáticos y dinámicos.

1.3.3 Evitar zonas donde existan o se puedan generar asentamientos diferenciales que lleven al fracturamiento o fallamiento del terreno que incrementen el riesgo de contaminación al acuífero.

1.4 Hidrogeológicos

1.4.1 En caso de que el sitio para la disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos no tratados esté sobre materiales fracturados, garantizar que de forma natural no exista conexión con los acuíferos y que el factor de tránsito de la infiltración (f) sea menor o igual a 3×10^{-10} segundos⁻¹, de acuerdo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-

083-ECOL-1995, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales.

1.4.2 En caso de que el sitio para la disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos no tratados esté sobre materiales granulares, garantizar que el factor de tránsito de la infiltración (f) sea menor o igual de 3×10^{-10} segundos⁻¹, de acuerdo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales.

1.4.3 La distancia mínima a pozos de agua potable, tanto en operación como abandonados, será mayor a 360 m (trescientos metros).

1.5 Consideraciones de selección

1.5.1 En caso de que exista potencial de contaminación a cuerpos de agua superficial y subterránea, se recurrirá a soluciones mediante obras de ingeniería. El sitio seleccionado para la construcción de las celdas especiales garantizará que el tiempo de arribo de contaminantes no reactivos al acuífero, sea mayor a 300 años

2. Construcción de la celda

2.1 Ser impermeabilizada la celda artificialmente en la base y los taludes, con el objeto de evitar el flujo de lixiviados.

2.2 Se utilizarán membranas de polietileno de alta densidad, con un espesor mínimo de 1.5 ml. (uno punto cinco milímetros).

2.3 La celda contará con los sistemas de captación y de monitoreo de lixiviados, así como de biogas.

2.4. Contar como mínimo con las siguientes obras complementarias: caminos de acceso, báscula, cerca perimetral, caseta de vigilancia, drenaje pluvial y señalamientos.

3. Operación

3.1 En la zona de descarga se cumplirán los siguientes requisitos.

3.1.1 Antes de depositar los residuos, aplicar una solución de cal en proporción 3:1 a razón de 10 litros por metro cuadrado.

3.1.2 La descarga de los residuos se realizará mediante sistemas mecanizados.

3.1.3 Una vez depositados los residuos, se les aplicará un baño con la solución de cal indicada en el punto 3.1.1.

3.1.4 En caso de presencia de insectos, se aplicará una sustancia insecticida para su eliminación.

3.2 Los residuos se compactarán, con objeto de reducir el volumen y prolongar la vida útil de la celda. Para esto se utilizará maquinaria pesada.

3.3 Al final de la jornada los residuos se cubrirán en su totalidad con una capa de arcilla compactada con un espesor mínimo de 30 cm (treinta centímetros).

3.4 Los vehículos se desinfectarán antes de abandonar las celdas especiales. Así mismo la maquinaria será desinfectada al final de cada jornada.

3.5 Llevar un registro diario de la cantidad, procedencia y ubicación de los residuos depositados.

4. Monitoreo y control

4.1 Realizarse el monitoreo de las aguas subterráneas cada seis meses para verificar la presencia de lixiviados.

4.2 Cuando, como consecuencia del monitoreo se detecte la existencia de lixiviados, éstos se extraerán de los pozos correspondientes para su análisis, tratamiento y posterior confinamiento, conforme a las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes

4.3 Los operarios de las celdas especiales contarán con el equipo de protección personal que establezcan las disposiciones aplicables y las Normas Oficiales Mexicanas de seguridad correspondientes.

4.4 Contará con un programa de atención a contingencias y desastres que pudieran ocurrir en las instalaciones y al realizar cualquiera de las actividades propias de la operación.



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

COMPACTACION DE SUELOS

Presentado por **ING OSCAR ARMENDARIZ SANCHEZ**

1996

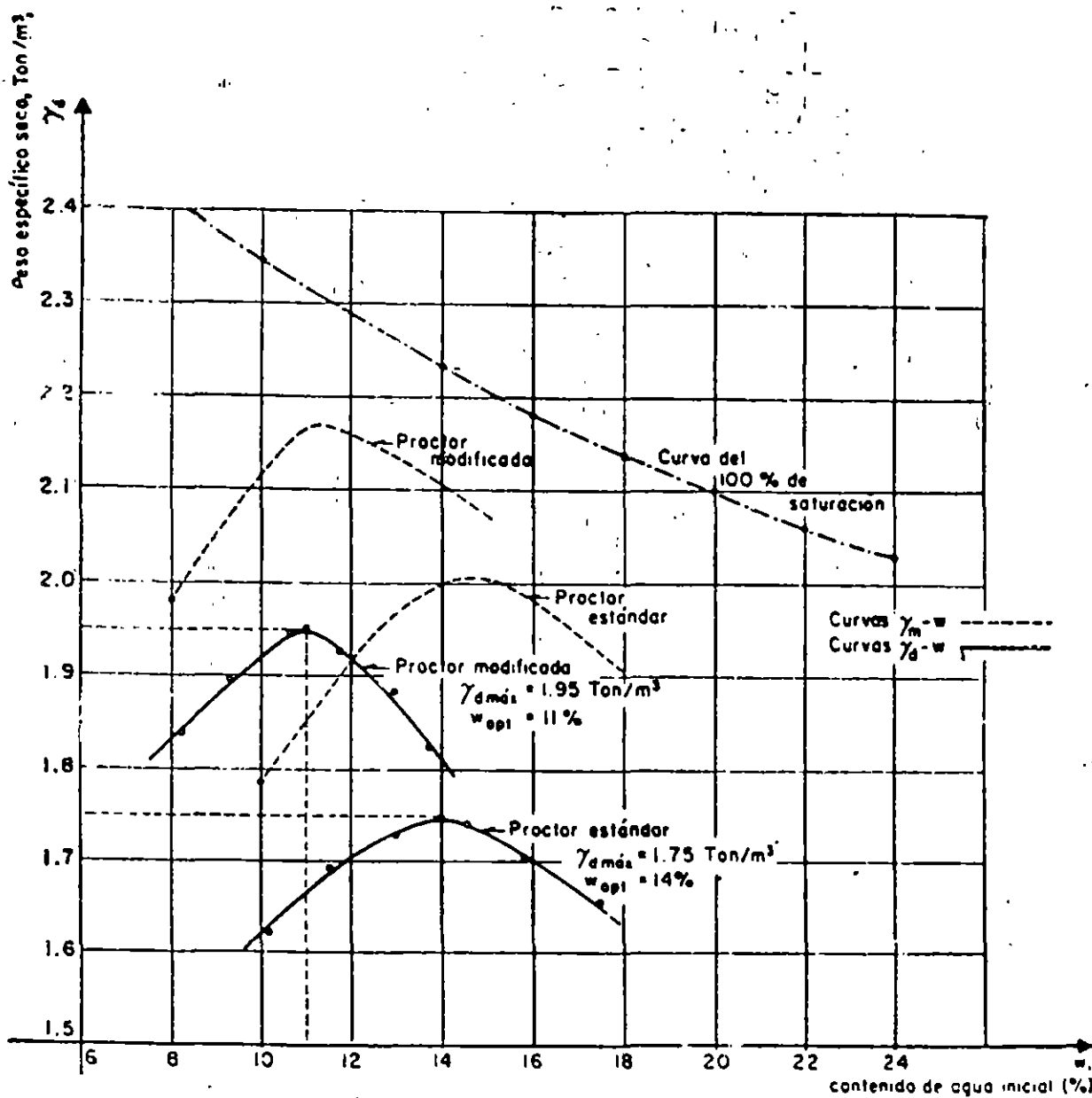


Figura XIV-1. Curvas de compactación en Pruebas Proctor Estándar y Modificada.

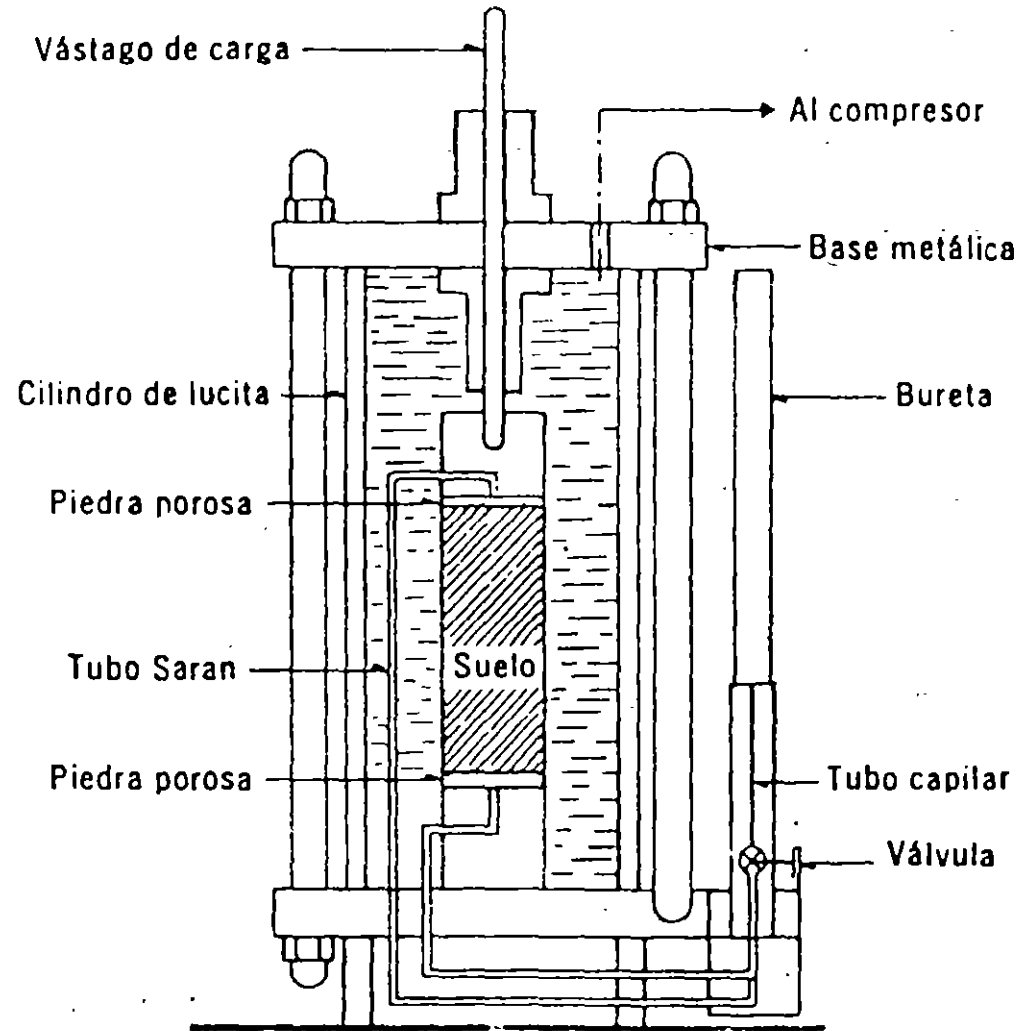


Figura XII-7. Esquema de la cámara de compresión triaxial.

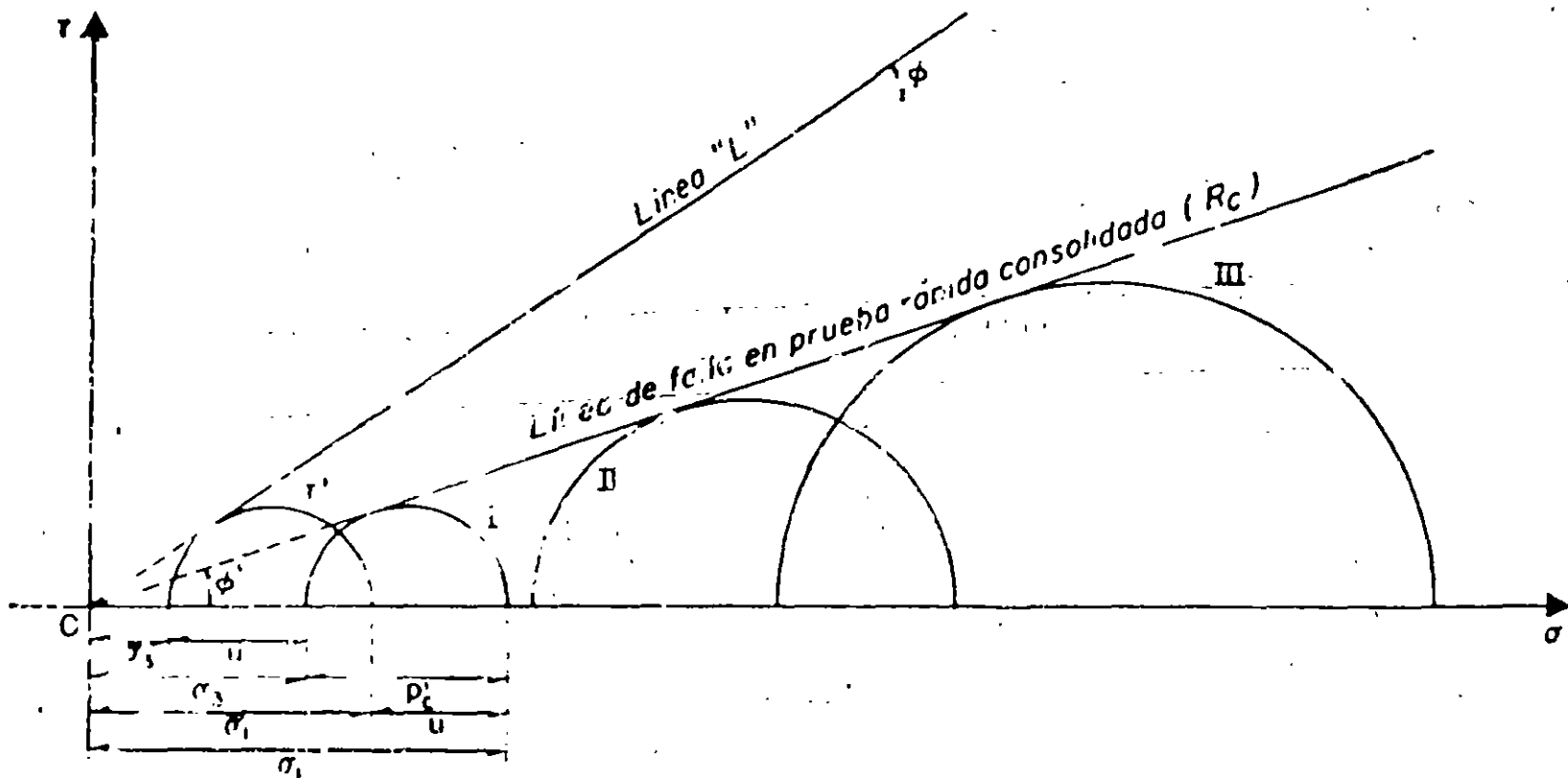


Figura XII-17. Línea de falla en prueba rápida-consolidada, en suelos saturados y normalmente consolidados.

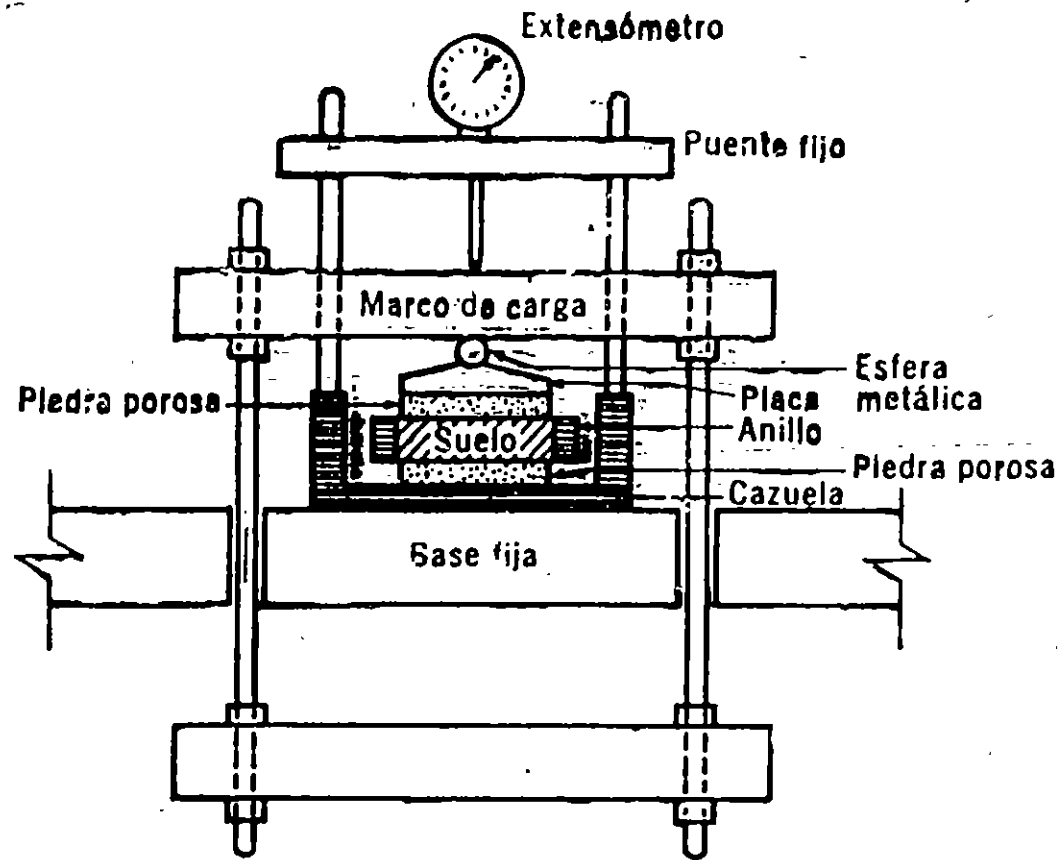


Figura X-1. Detalle de la colocación de la muestra en el consolidómetro de anillo flotante.

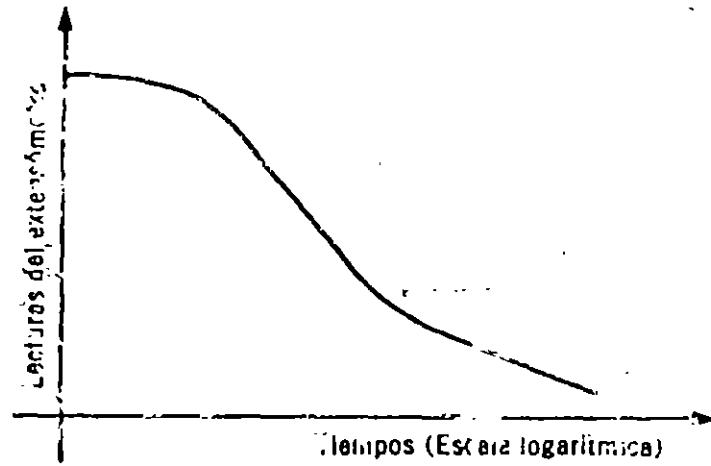


Figura X-3. Forma típica de la curva de consolidación en arcillas (fuera de estado líquido).

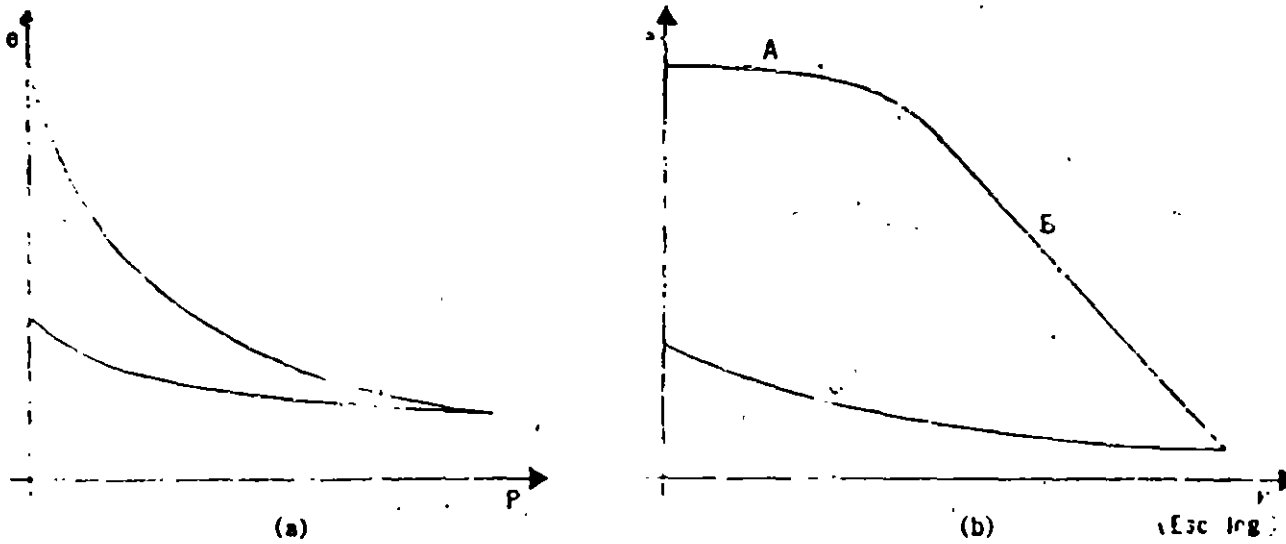


Figura X-4. Forma típica de la curva de compresibilidad en suelos compresibles.

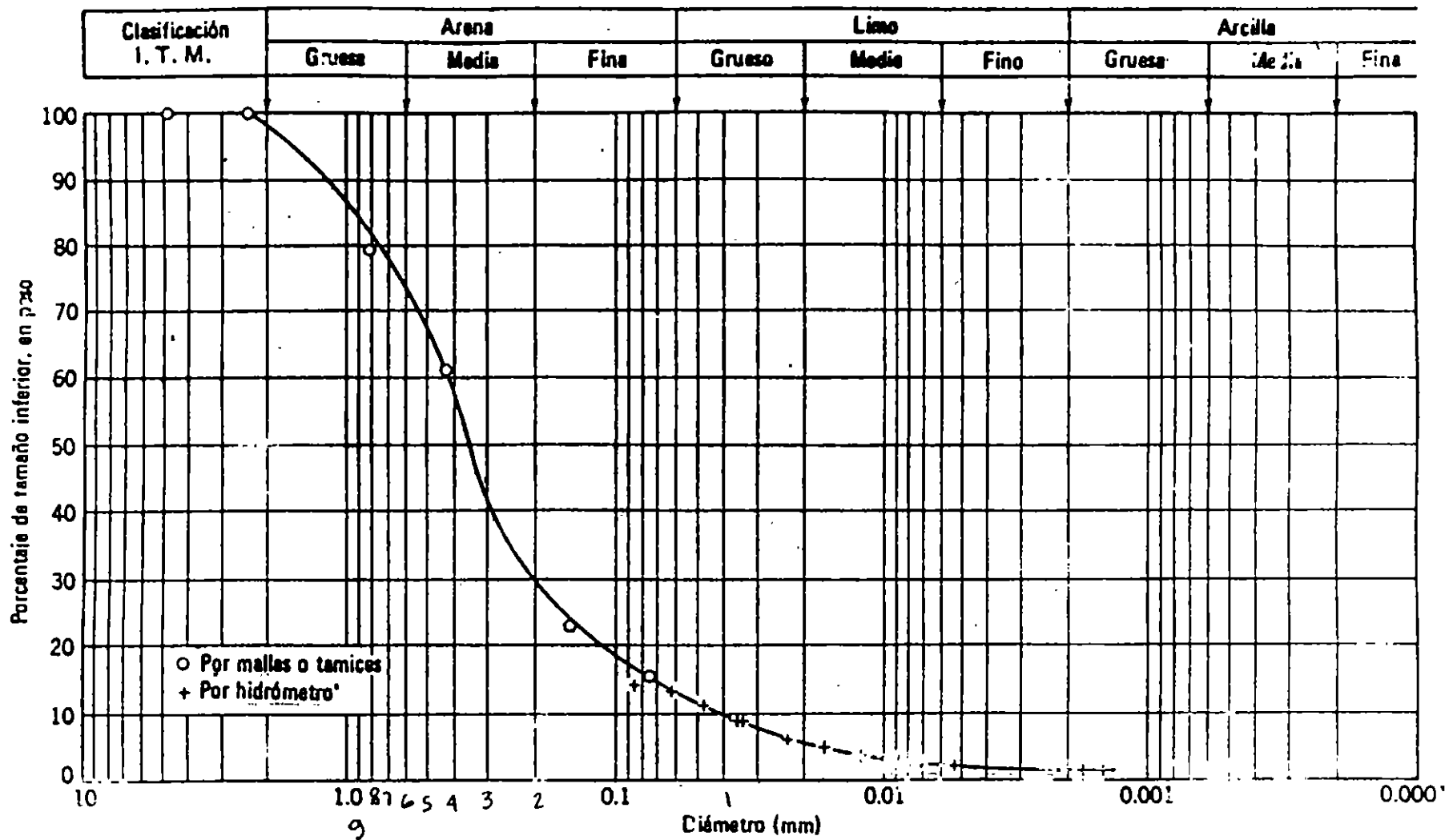
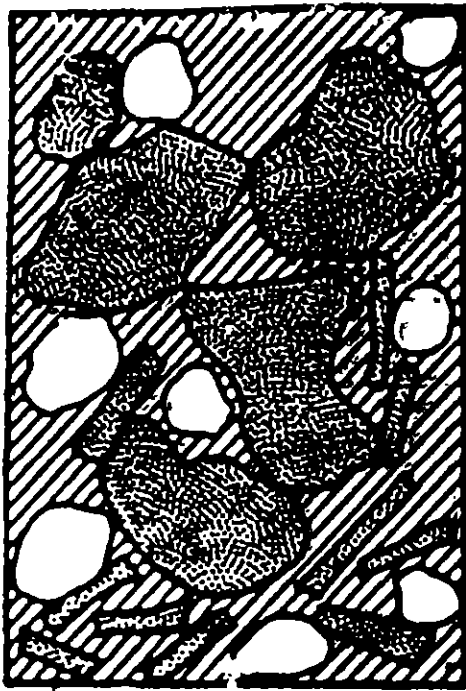
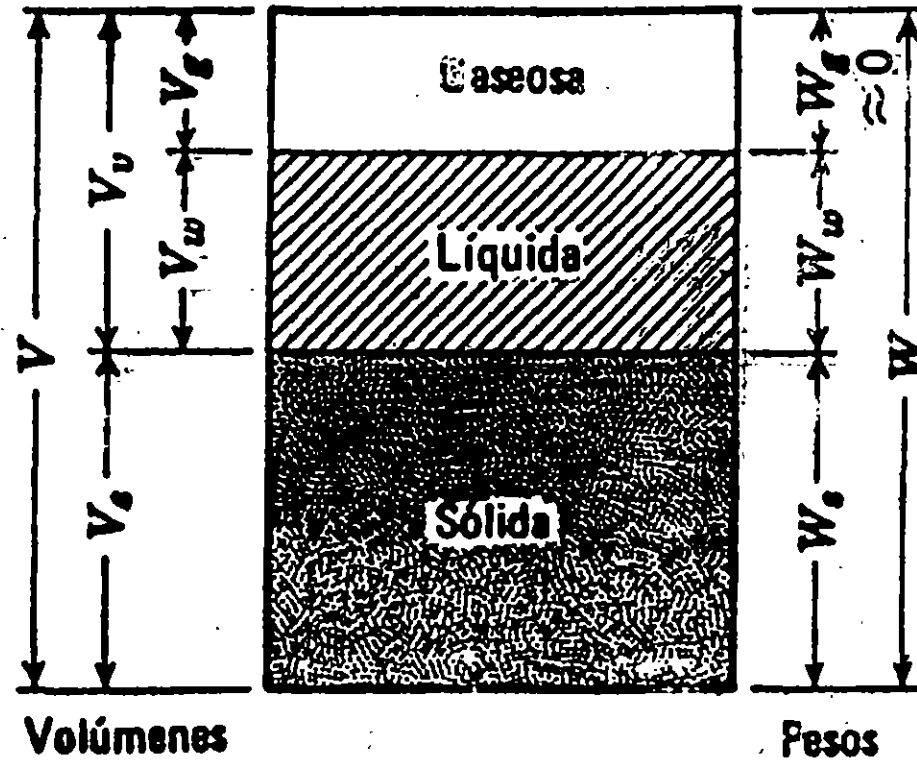


Fig. 3.3. Curva granulométrica de un suelo (Según Humbe, 1931).



(a)



(b)

Fig. 3.1. Relaciones entre las fases de un suelo. a) Elemento de suelo natural. b) División de un elemento en fases.

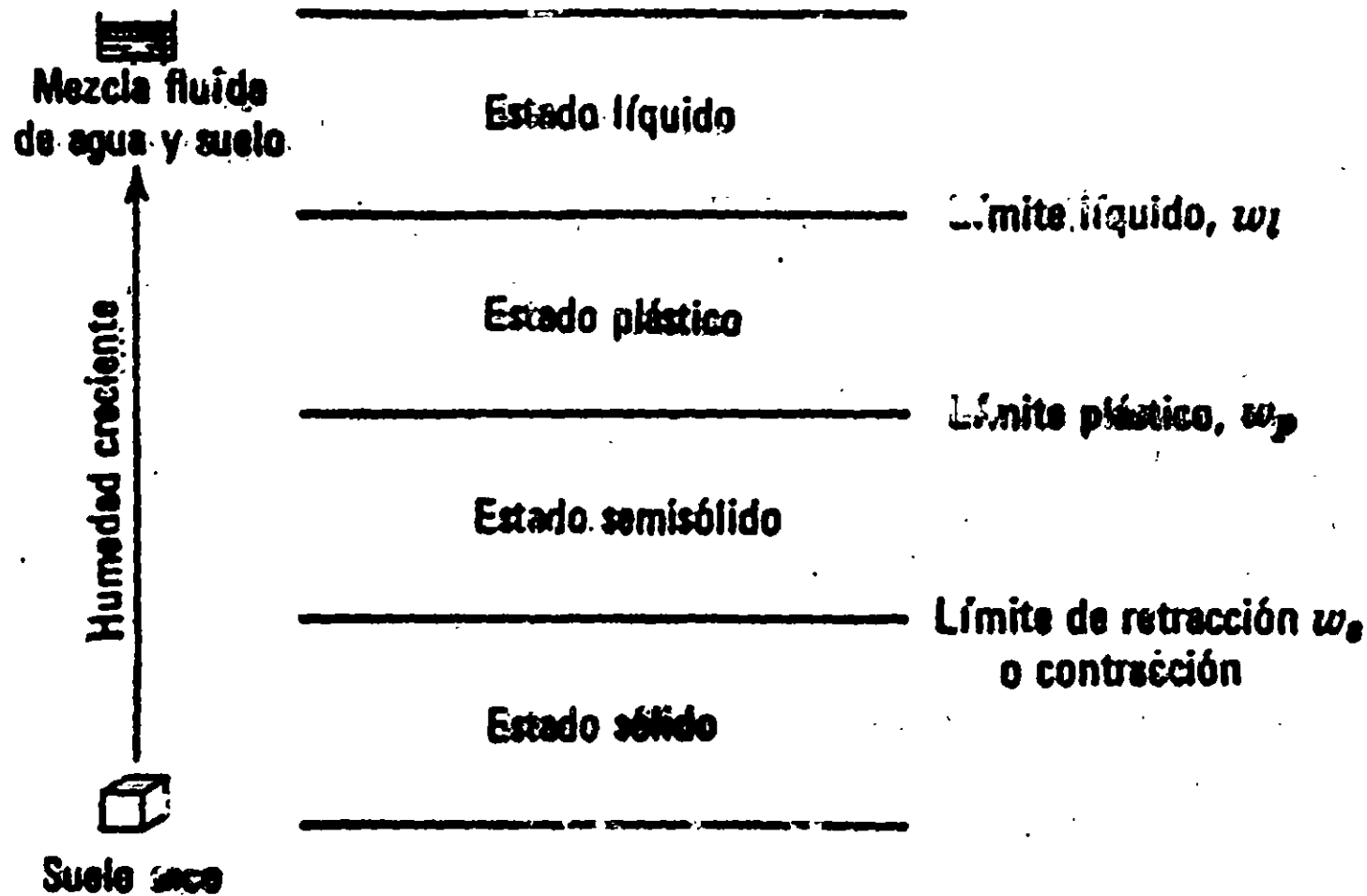
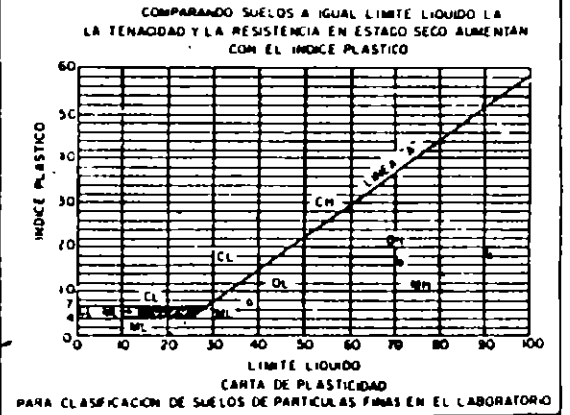


Fig. 3.4. Límites de Atterberg e índices con ellos asociados.

ANEXO VII - A
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS
 INCLUYENDO IDENTIFICACION Y DESCRIPCION

PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO (Excluyendo las partículas mayores de 7.6 cm (3") y basado en las fracciones en pesos estimados)		SÍMBOLOS DEL GRUPO (a)	NOMBRES TÍPICOS	INFORMACION NECESARIA PARA LA DESCRIPCION DE LOS SUELOS	CRITERIO DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO		
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla N° 200 (Q) (Incluyendo las partículas mayores de 7.6 cm (3") y basado en las fracciones en pesos estimados)	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa para la malla N° 4 (para clasificación visual puede usarse 1/2 in. como equivalente a la abertura de la malla N° 4)	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, con poca o nada de finas	Dese el nombre típico, indiquense los porcentajes aproximados de grava y arena, tamaño máximo, angulosidad, características de la superficie y dureza de las partículas sueltas, nombre local y geológica, cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre paréntesis. Para los suelos indificados agreguese información sobre estratificación, compactación, cementación, condiciones de humedad y características de drenaje. EJEMPLO Arena limosa con grava, como un 20% de grava de partículas duras, angulosas y de 7.5 cm de tamaño máximo, arena gruesa a fina de partículas redondeadas o subangulosas, alrededor de 15% de finas no plásticas de baja resistencia en estado seco, compacto y húmedo en el lugar, arena atural. (SM)	Coeficiente de uniformidad (C _u), Coeficiente de curvatura (C _c) $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$, mayor de 4. $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10}D_{60}}$, entre 1 y 3 No satisfacen todos los requisitos de graduación para GW		
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena, con poca o nada de finas			Límites de plasticidad abajo de la "línea A" o I _p menor que 4 Límites de plasticidad arriba de la "línea A" con I _p mayor que 7 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$, mayor de 6. $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10}D_{60}}$, entre 1 y 3 No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW	
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo				Límites de plasticidad abajo de la "línea A" o I _p menor que 4 Límites de plasticidad arriba de la "línea A" con I _p mayor que 7 No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y grilla					Límites de plasticidad abajo de la "línea A" o I_{p} menor que 4 Límites de plasticidad arriba de la "línea A" con I_{p} mayor que 7 No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW
ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa para la malla N° 4 (para clasificación visual puede usarse 1/2 in. como equivalente a la abertura de la malla N° 4)	ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS Más de la mitad de la fracción fina para la malla N° 200 (Q) (Incluyendo las partículas mayores de 7.6 cm (3") y basado en las fracciones en pesos estimados)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, con poca o nada de finas	Dependiendo del porcentaje de grava y arena de la curva granulométrica (en suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos de 5% GW, GP, SW, SP; Más de 12% GM, GC, SM, SC; Más de 12% o 12% Casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles)			
		SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, con poca o nada de finas		Dependiendo del porcentaje de grava y arena de la curva granulométrica (en suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos de 5% GW, GP, SW, SP; Más de 12% GM, GC, SM, SC; Más de 12% o 12% Casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles)		
		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo			Dependiendo del porcentaje de grava y arena de la curva granulométrica (en suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos de 5% GW, GP, SW, SP; Más de 12% GM, GC, SM, SC; Más de 12% o 12% Casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles)	
		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla				Dependiendo del porcentaje de grava y arena de la curva granulométrica (en suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos de 5% GW, GP, SW, SP; Más de 12% GM, GC, SM, SC; Más de 12% o 12% Casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles)
PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN LA FRACCION QUE PASA LA MALLA N° 40							
SUELOS DE PARTICULAS FINAS Más de la mitad del material pasa la malla N° 200 (Los porcentajes de 0.075 mm de diámetro (malla N° 200) son aproximados)	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido mayor de 50	ML	Limos inorgánicos, para de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos	Dese el nombre típico, indiquense el grado y carácter de la plasticidad, cantidad y tamaño máximo de las partículas gruesas, color del suelo húmedo, nombre local y geológico, cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre paréntesis. Para los suelos indificados agreguese información sobre la estructura, estratificación, consistencia tanto en estado inalterado como remoldeado, condiciones de humedad y de drenaje. EJEMPLO Limo arcilloso, color, ligeramente plástico, porcentaje reducido de arena fina, numerosas agujetas verticales de raíces, firme y seco en el lugar, toess. (ML)	EQUIVALENCIA DE SÍMBOLOS G-Grava M-Limo O-Suelos orgánicos W-Bien graduado L-Baja compresibilidad S-Arena C-Arcilla R-Turba P-Mal graduado H-Alta compresibilidad		
		CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres			EQUIVALENCIA DE SÍMBOLOS G-Grava M-Limo O-Suelos orgánicos W-Bien graduado L-Baja compresibilidad S-Arena C-Arcilla R-Turba P-Mal graduado H-Alta compresibilidad	
		OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad				EQUIVALENCIA DE SÍMBOLOS G-Grava M-Limo O-Suelos orgánicos W-Bien graduado L-Baja compresibilidad S-Arena C-Arcilla R-Turba P-Mal graduado H-Alta compresibilidad
		MH	Limos inorgánicos, limos silíceos o diatomáceos, limos silíceos					EQUIVALENCIA DE SÍMBOLOS G-Grava M-Limo O-Suelos orgánicos W-Bien graduado L-Baja compresibilidad S-Arena C-Arcilla R-Turba P-Mal graduado H-Alta compresibilidad
CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas	EQUIVALENCIA DE SÍMBOLOS G-Grava M-Limo O-Suelos orgánicos W-Bien graduado L-Baja compresibilidad S-Arena C-Arcilla R-Turba P-Mal graduado H-Alta compresibilidad					
OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad		EQUIVALENCIA DE SÍMBOLOS G-Grava M-Limo O-Suelos orgánicos W-Bien graduado L-Baja compresibilidad S-Arena C-Arcilla R-Turba P-Mal graduado H-Alta compresibilidad				
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Fácilmente identificables por su color amar, sensación esponjosa y frágilmente por su textura fibrosa			Turba y otros suelos altamente orgánicos	P _l	EQUIVALENCIA DE SÍMBOLOS G-Grava M-Limo O-Suelos orgánicos W-Bien graduado L-Baja compresibilidad S-Arena C-Arcilla R-Turba P-Mal graduado H-Alta compresibilidad	



(a) Clasificaciones de frontera: Los suelos que posean las características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos. Por ejemplo GW-GC, mezcla de grava y arena bien graduada con cementación arcillosa.
 (Q) Todos los tamaños de las mallas en esta carta son los U.S. Standard



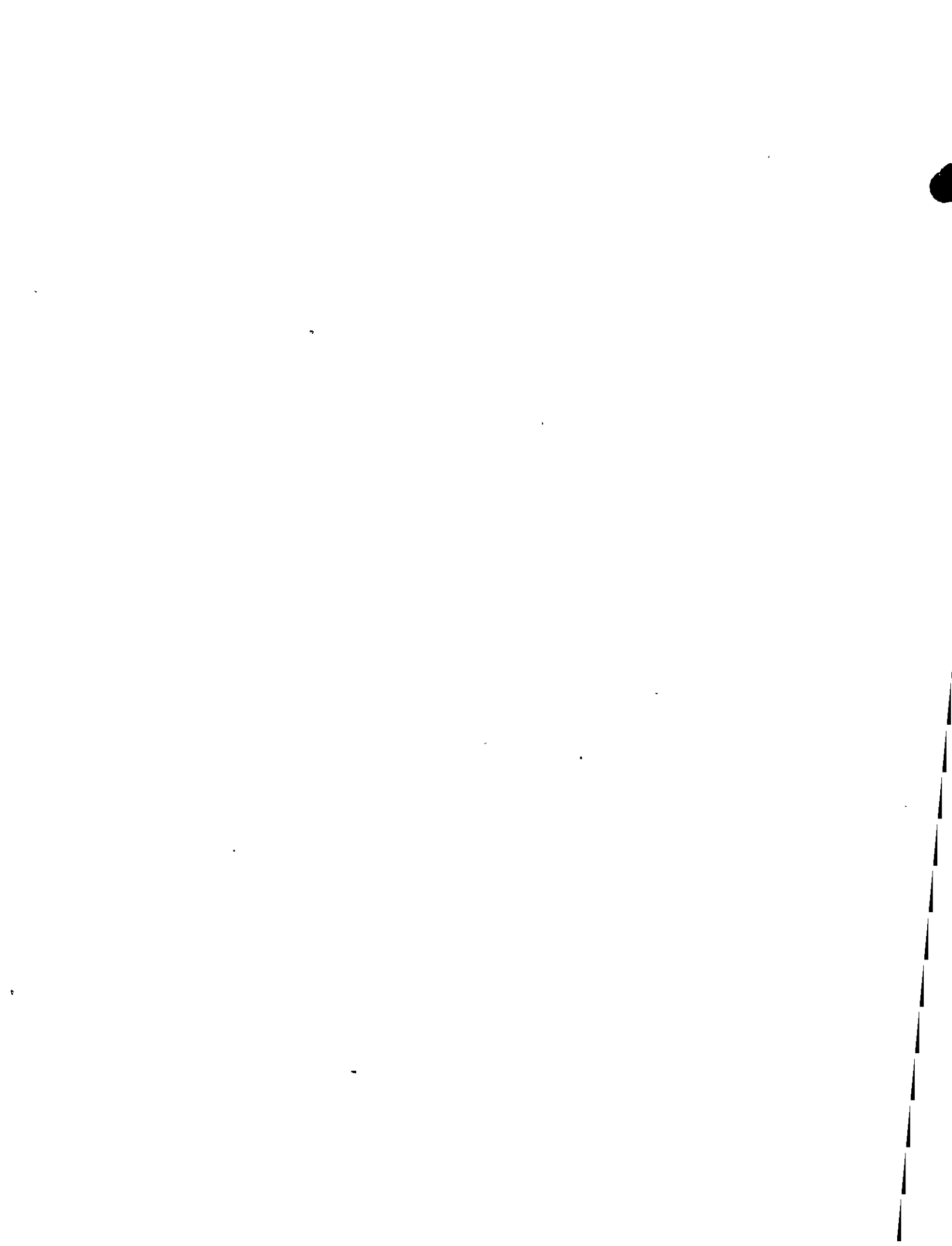
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

*TEMA: CONSTRUCCION DE SISTEMAS DE DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS
SOLIDOS Y PELIGROSOS*

Presentado por : ING.FRANCISCO CASTILLO
1996





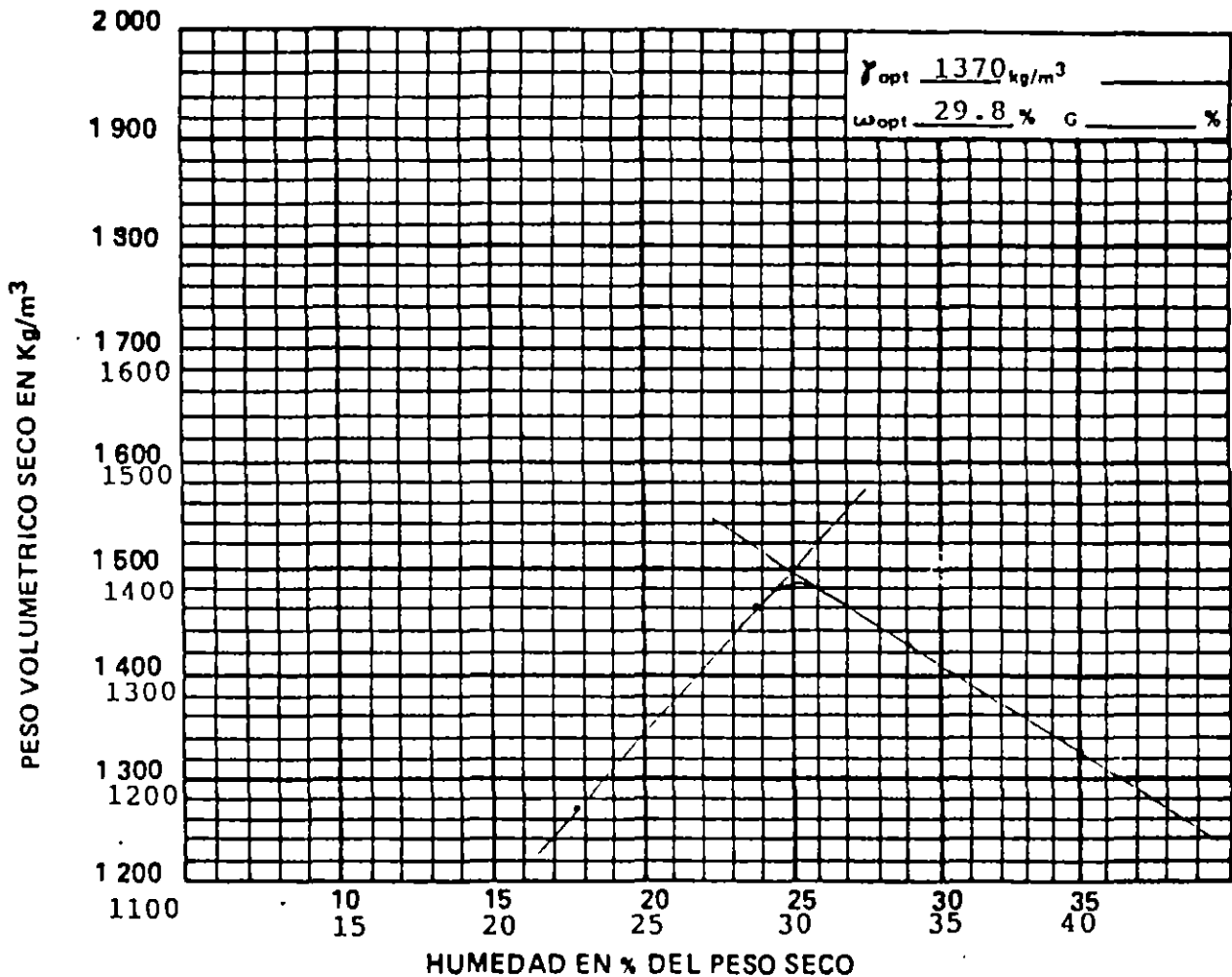
TEMARIO

- 1. Consideraciones específicas para la construcción de un sistema de disposición final.**
- 2. Observancia de las Normas Oficiales Mexicanas con temas al respecto.**
- 3. Situación de entrada para inicio de obra.**
- 4. Calidad, costo y tiempo.**
- 5. Principales problemas que se presentan en la construcción de sistemas.**
- 6. Equipo de impermeabilización.**
- 7. Un comentario breve sobre los taludes.**



Procedencia LA PEDRERA (EL HUIZACHE) S. L. P. Identificación de Lab. _____
 Banco DEL LUGAR Pozo _____ Profundidad 0.20 mts.
 Muestra TALUD ORENTE-PONIENTE Est. _____ Fecha 4-Febrero-95
 Equipo usado Cilindro No. _____ Volumen V= 1024 lts. Peso T= 1960 Kgs.

PESO CILIN. + TIERRA W= T+WH	T.HUMEDA COMPAC. WH= W.T	MUESTRA PARA OBTENCION DEL CONT. DE AGUA						Ww Ws 100 Ws	Ws ² WH s ² 1+ W 100	γ _s = $\frac{Ws^2}{V}$ Peso Vol. Seco kg/m ³
		TARA	PESO TARA	Ta+Mues. Humeda	Ta+Mues. SECA	Ww Peso agua	Ws Peso seco				Contenido de agua en %	Tierra seca compactada
3360	1400	X	100	300	2627	27.3	1627	22.9	1171	1143
3755	1795	4	100	300	2552	44.8	1552	28.8	1395	1360
3780	1820	2	100	300	2489	51.1	1489	34.3	1355	1323
3730	1770	Y	100	300	2419	58.1	1419	40.9	1256	1226



OBSERVACIONES _____

OPERADOR _____

CALCULO _____

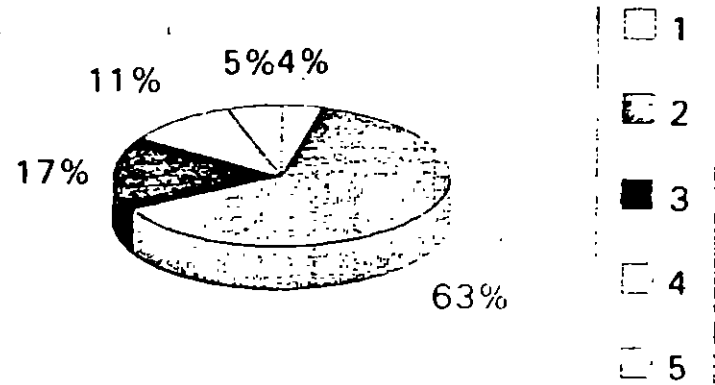
FECHA _____

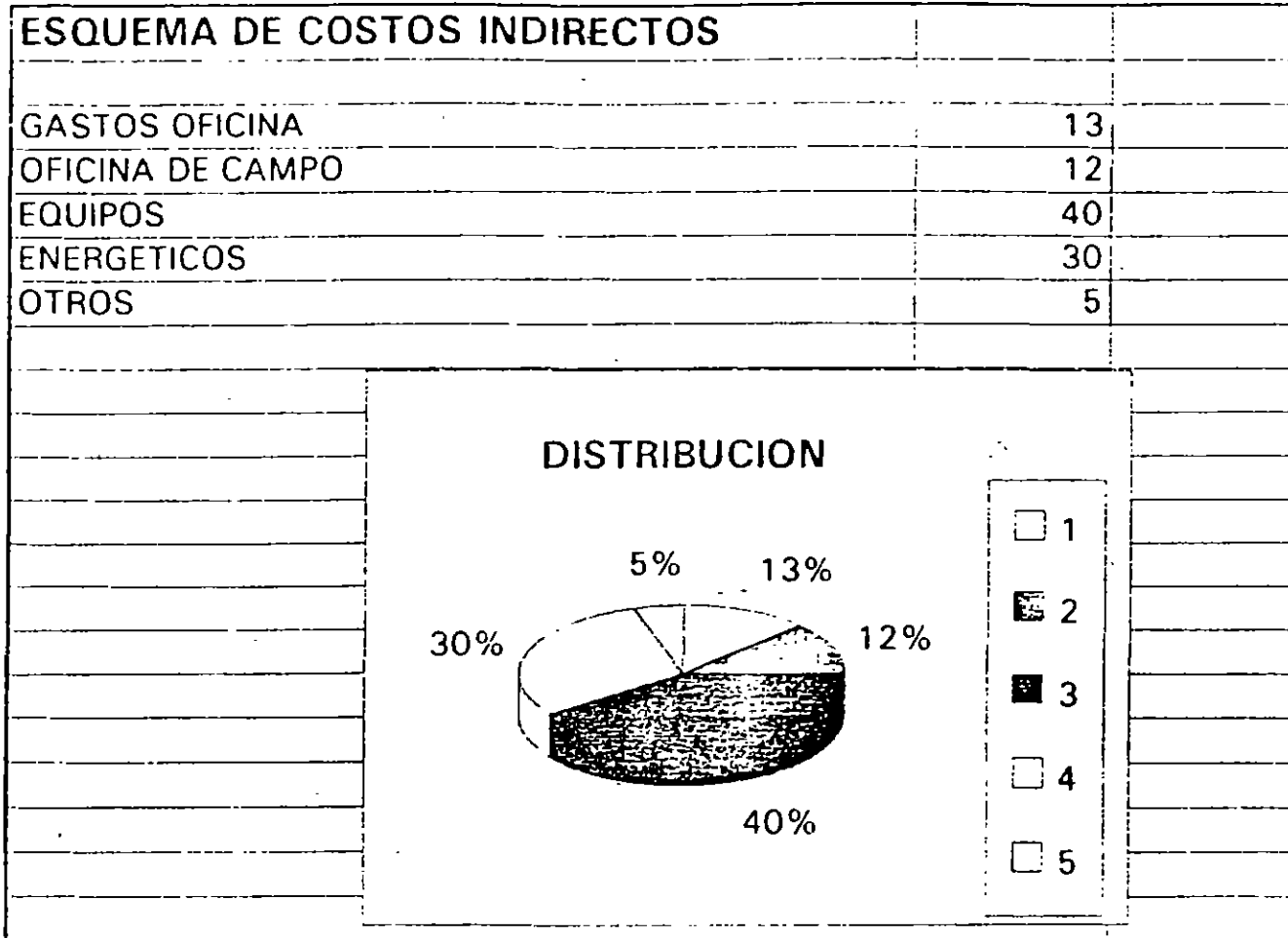
[Handwritten signature]

ESQUEMA DE UTILIDAD

GASTOS DE CAMBIOS EN PROYECTO	4
COSTO DIRECTO	60
COSTO INDIRECTO	16
FIANZAS	10
CONTINGENCIAS FISCALES	5
UTILIDAD	5

DISTRIBUCION







**2.- PREPARACION DEL EQUIPO MC-3 PARA
OBTENCION DE PESOS VOLUMETRICOS
DE CAMPO**

PRUEBA DE PLACA



CIA.: GRUPO SITRA, S.A. DE C.V.	FECHA
OBRA.: LA PEDRERA	2-Feb-95
LOC.: TERRENO NATURAL	
DIAMETRO F 8 cm.	PUNTOS CONSIDERADOS
DIAMETRO I 30.5 cm.	1° = 1
AREA DE LA 730.6 cm ²	2° = 10
CONSTANTE DE DEFORMACION 0.001 "	

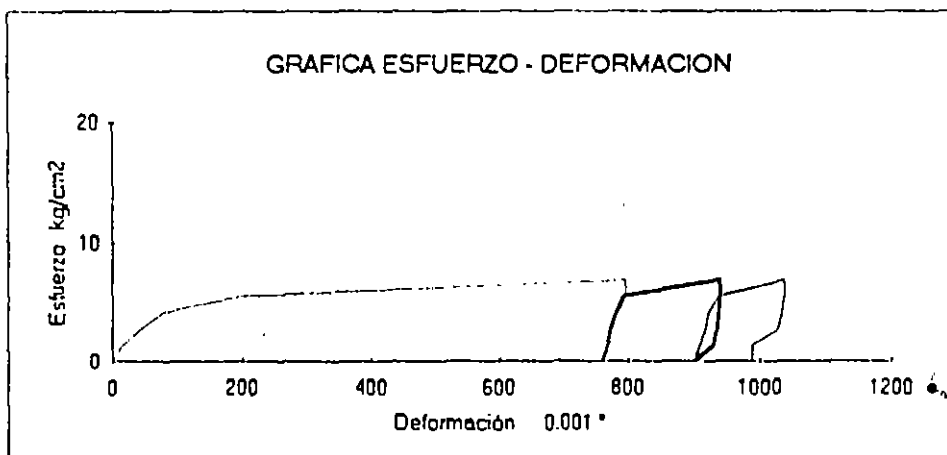
LECTURA DE CARGA	
kgs.	

1	0
2	1000
3	2000
4	3000
5	4000
6	5000
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	

PRESION kg/cm ²	DEFORMACIONES					
	1 er CICLO		2 do CICLO		3 er CICLO	
	CARGA	DESCARGA	CARGA	DESCARGA	CARGA	DESCARGA
0	0	760	760	901	901	988
1.4	16	770	768	929	908	988
2.7	44	786	774	935	918	1028
4.1	78	788	782	938	922	1034
5.5	198	796	794	939	938	1037
6.8	797	797	939	939	1038	1038
0.0						
0.0						
0.0						
0.0						
0.0						
0.0						
0.0						
0.0						

E= 287 Kg/cm²

q adm =
1.00 Kg/cm²



OBSERVACIONES:
EL MODULO DE REACCION CALCULADO ES DE 14.96 Kg/cm³. CON LO QUE SE PUEDE ESPERAR UN VRS SUPERIOR AL 30%

Av. Las Américas No. 603-1
Col. Las Américas
Tel.: 18-73-64 (Lada 49)
Aguascalientes, Ags.

Av. Violetas No. 217
Jardines del Jerez
Tel.: (47) 11-26-95
León, Gto.

Cascada No. 1141-105
Col. Las Reynas
Teléfonos: (91-462) 5-42-85 4-19-77
Lab. 7-78-05 Irapuato, Gto.

PRUEBA DE PLACA



CIA.: GRUPO SITRA, S.A. DE C.V.	FECHA
OBRA.: LA PEDRERA	2-Feb-95
LOC.: CELDA No. 11 4 PISO	

DIAMETRO F 8 cm. PUNTOS CONSIDERADOS
 DIAMETRO I 30.5 cm. 1° = 1
 AREA DE LA: 730.6 cm² 2° = 10
 CONSTANTE DE DEFORMACION 0.001"

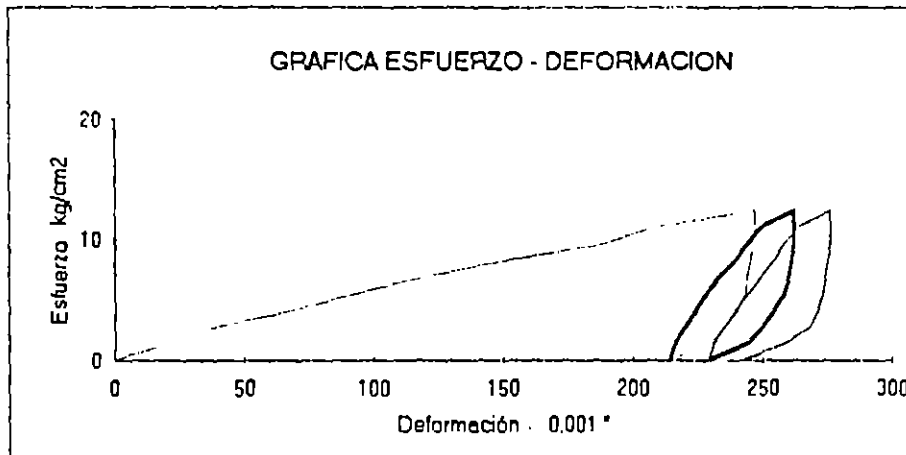
LECTURA DE CARGA	
kg ^a .	
1	0
2	1000
3	2000
4	3000
5	4000
6	5000
7	6000
8	7000
9	8000
10	9000
11	
12	
13	

PRESION kg/cm ²	DEFORMACIONES					
	1 er CICLO		2 do CICLO		3 er CICLO	
	CARGA	DESCARGA	CARGA	DESCARGA	CARGA	DESCARGA
0	0	214	214	229	229	212
1.4	19	230	216	244	231	258
2.7	38	235	220	250	235	268
4.1	67	240	224	254	239	271
5.5	92	243	228	258	244	273
6.8	118	244	233	260	249	274
8.2	150	245	239	261	251	275
9.6	188	246	244	262	258	276
10.9	207	247	249	262	263	276
12.3	247	247	262	262	276	276
0.0						
0.0						
0.0						

E= 356 Kg/cm²

q adm =

2.00 Kg/cm²



OBSERVACIONES :

EL MODULO DE REACCION ES DE 50 Kg/cm², CON LO QUE SE PUEDE ESPERAR UN VRS SUPERIOR AL 80%.

LIMITES DE CONSISTENCIA



PROCEDENCIA: S.L.P.

SONDEO No.:

MUESTRA:

PROF.:

DESCRIPCION DEL MATERIAL:

PISO CELDA 4

LIMITE LIQUIDO

INDENT. DE LAB. MUESTRA No.	NUMERO DE GOLPES		Tara No.	Wm + T gr.	Wd + T gr.	Tara gr.	Ww gr.	Wa gr.	%
		25	X	75.65	63.38	29.47	12.27	33.91	36.18

LIMITE PLASTICO

	—	—	—	11X	38.48	36.61	28.89	2.17	7.42	29.24
	—	—	—							
	—	—	—							

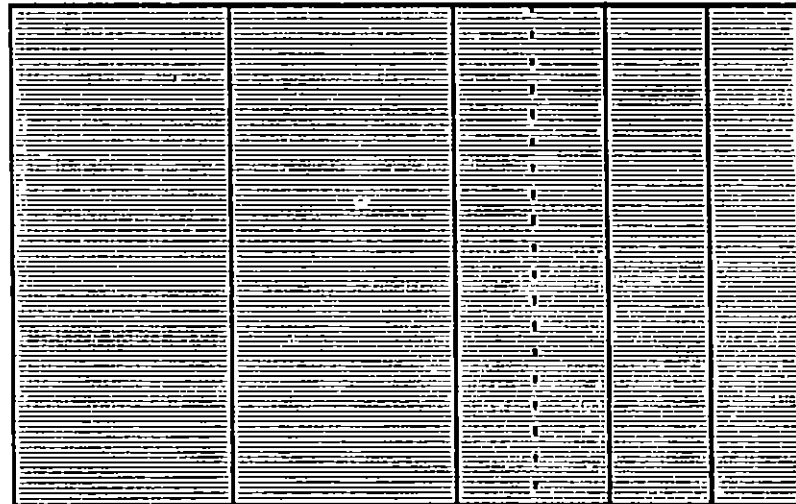
CONT. NAT. DE AGUA (%)

	—	—	—		10.06-9.82 (100) = 2.39				
	—	—	—						

RESULTADOS

%	LL %	LP %	IP %	CR=LL-W IP	IPW %	TW=IP IPW	CLASIF. SUCS
	36.18	29.24	6.94				

(%)
CONTENIDO
DE
AGUA



NUMERO DE GOLPES

OBSERVACIONES:

OPERADOR:

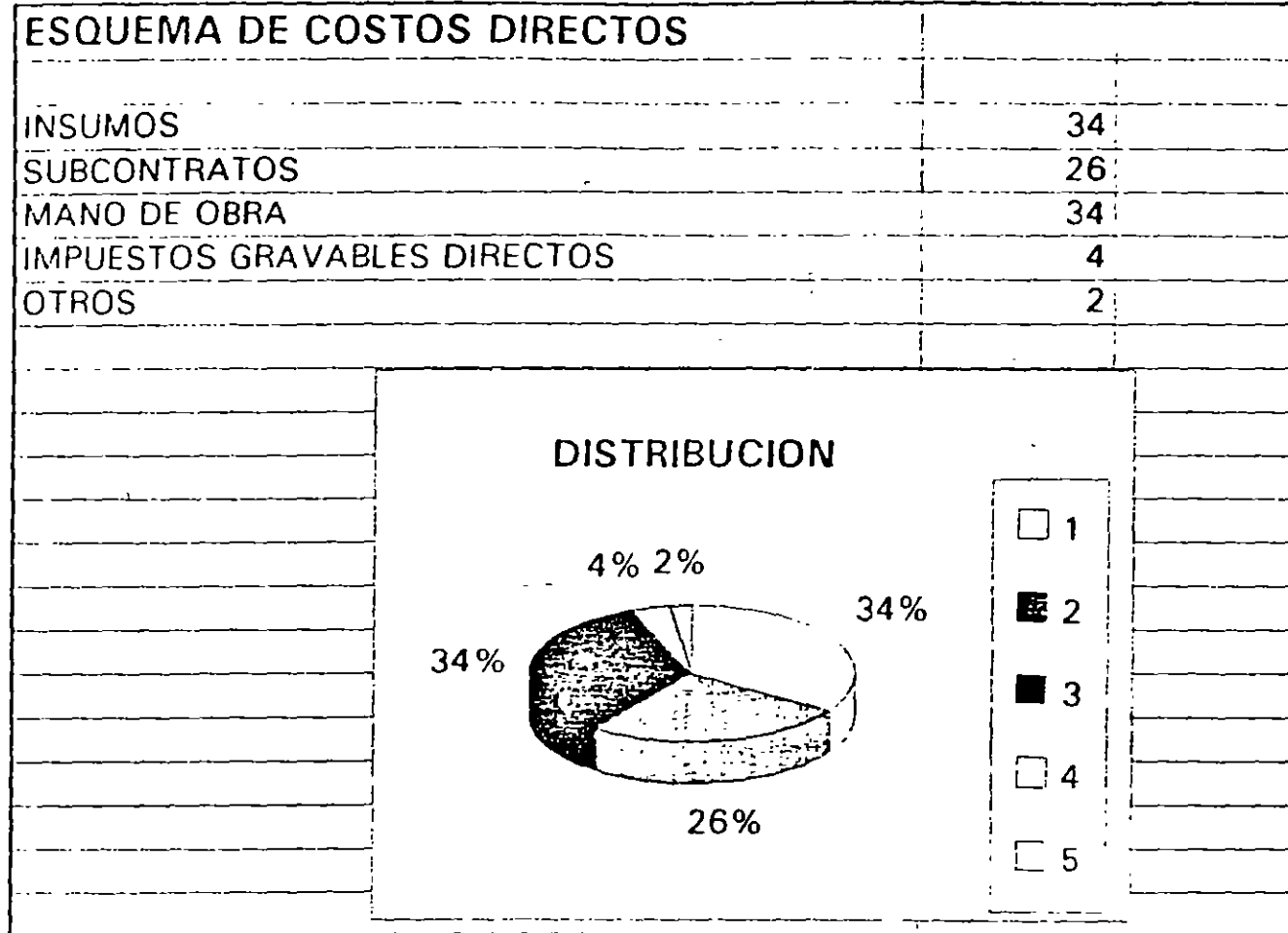
CALCULO:

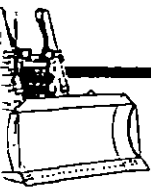
FECHA:

Av. Las Américas No. 603-1
Col. Las Américas
Tel.: 91(49) 18-73-64
Aguascalientes, Ags.

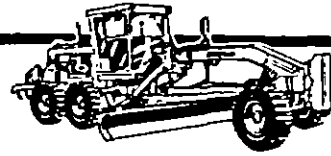
Av. Violetas No. 217
Jardines del Jerez
Tel.: 91(47) 11-26-95
León, Gto.

Cascada No. 1141-105
Col. Las Reynas
Tel.: 91(462) 5-42-85 4-19-77
Lab. 7-78-05 Irapuato, Gto.

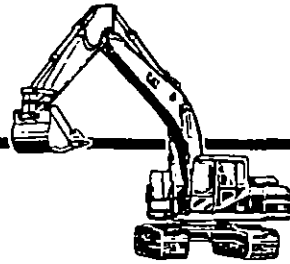




Motor Graders



Model	Flywheel HP	Operating Weight lb	Length without Ripper ft.-in.
120G	125	28,350	26'0"
130G	135	28,770	27'3"
12G	135	29,860	27'3"
140G	150	31,090	27'4"
14H	215	41,410	30'4"
16H	275	54,560	32'9"



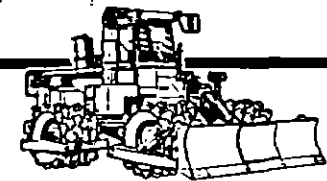
Excavators

Model	Flywheel kW/HP	Operating Weight kg/lb	Max Reach/Depth m (ft.-in.)
307	40/54	7 350/16,200	6.4/4.6 (22'1"/15'3")
311	59/79	11 390/25,100	8.1/5.6 (26'7"/18'4")
312	63/84	12 340/27,200	8.6/6.1 (28'4"/19'10")
315	74/99	15 560/34,300	9.1/6.5 (30'0"/21'6")
315L	74/99	15 970/35,200	9.1/6.5 (30'0"/21'6")
320	95/128	19 120/42,150	9.7/6.6 (32'1"/21'9")
320L	95/128	21 300/46,960	9.7/6.6 (32'1"/21'9")
322L	114/153	10 860/23,950	10/6.7 (32'10"/22'0")
325L	125/168	28 120/62,000	10.6/7.2 (34'11"/23'8")
330L	166/222	32 700/75,000	12.4/8.9 (38'1"/26'7")
350L	213/286	50 800/112,000	13.5/9.6 (44'3"/31'6")
375	319/428	81 650/180,000	16/10.9 (52'7"/35'10")
375L	319/428	84 820/187,000	16/10.9 (52'7"/35'10")

Mass Excavators

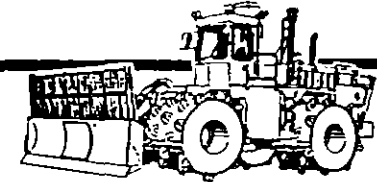
Model	Operating Weight	Max Reach/Depth
-------	------------------	-----------------

Soil Compactors



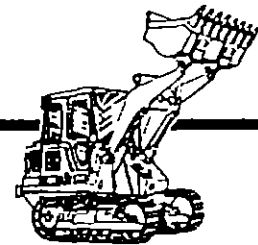
Model	Flywheel HP	Operating Weight lb	Blade Width ft.-in.
815B	216	44,175	14'4"
825C	315	71,429	16'1.5"

Landfill Compactors



Model	Flywheel HP	Operating Weight lb	Drum/Blade Width ft.-in.
816B	216	45,800	14'9"
826C	315	69,733	16'9"
836	450	100,000	18'8.5"

Track Loaders



Model	Flywheel HP	Operating Weight lb	Bucket Range yd ³
933	70	17,730	1.25-1.3
933 LGP	70	18,400	1.25
939	90	21,640	1.5
953B	120	33,380	2.0-2.4
963B	160	42,550	2.25-3.2
973	210	57,770	3.4-4.2

Waste Disposal Arrangements

Blade/Equipment
PAT Blade
PAT Blade
PAT Blade
PAT Blade
PAT Blade
PAT Blade
PAT Blade
PAT Blade
PAT Blade
PAT Blade
PAT/5 SU Blade
PAT Blade
6 S Blade
6 S Blade
6 SU Blade
6 SU Blade
6 SU Blade
6 S Blade
7 S Blade
7 SU Blade
7 SU Blade
7 S Blade
8 SU Blade/SS R
9 SU Blade/SS R
10 SU Blade/SS R
11 U Blade/SS R

ts

Blade/Equipment

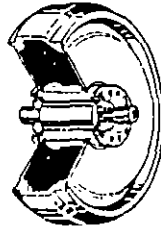
5 SU Blade
6 SU Blade

Un sistema equilibrado de componentes de calidad Cat



Eslabón

- Acero de endurecimiento profundo para larga vida útil
- Alta dureza superficial para resistencia al desgaste

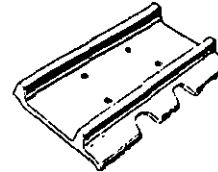


Rueda guía

- Alta dureza superficial de la llanta para resistencia al desgaste
- Lubricación permanente elimina el mantenimiento

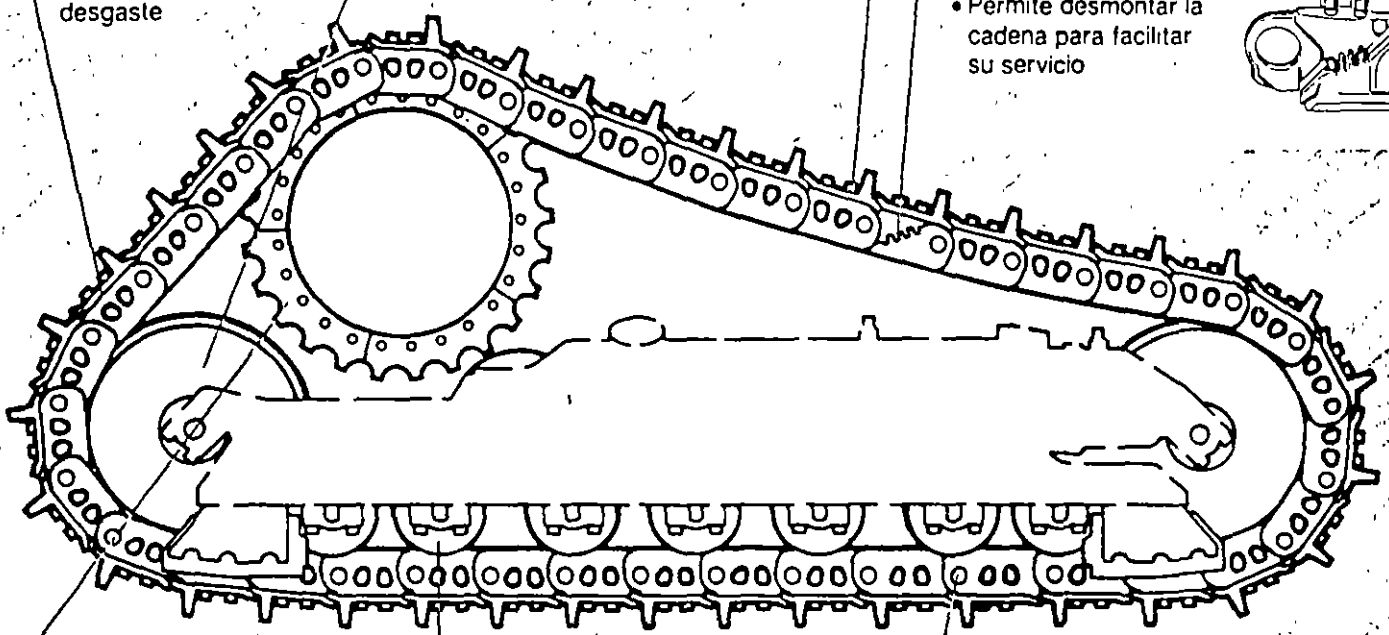
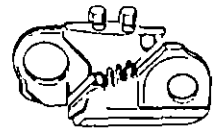
Zapatillas y tornillería de cadenas

- Alta dureza superficial para reducir el desgaste
- Cabezas de pernos endurecidas por inducción resistentes a la deformación



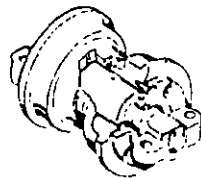
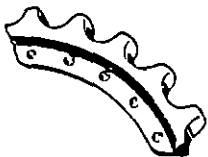
Eslabón maestro de dos piezas

- Permite desmontar la cadena para facilitar su servicio



Segmento de rueda

- Alta dureza superficial para resistencia al desgaste
- Empernable para minimizar el tiempo de reemplazo

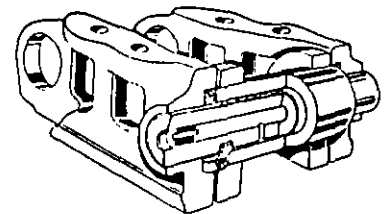


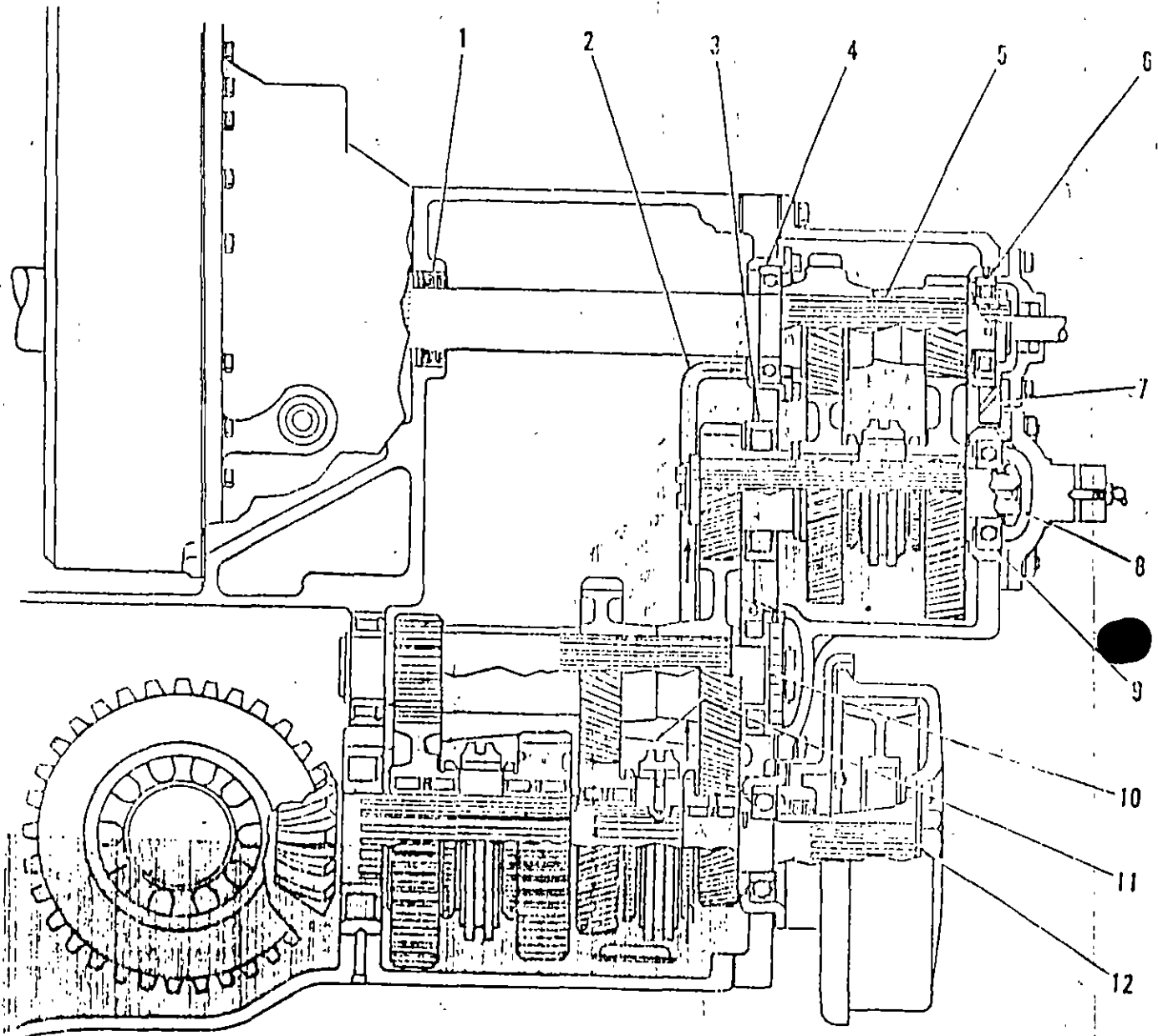
Rodillo

- Dureza superficial de la llanta hermanada a la del riel del eslabón para uniformidad de desgaste
- Alta dureza de la perforación para resistencia contra la deformación

Cadena sellada y lubricada

- Sellado superior
- Permite voltear bujes lubricados para duplicar su vida útil



Transmission Lubricating System
INTRODUCTION

TRANSMISSION LUBRICATION

1-Oil seal.
2-Oil delivery tube.
3-Dual ratio countershaft rear bearing.

4-Dual ratio upper shaft rear bearing.
5-Dual ratio upper shaft.
6-Dual ratio upper shaft front bearing.

7-Oil drain passage.
8-Dual ratio countershaft.
9-Dual ratio countershaft front bearing.

10-Transmission upper shaft.
11-Reverse idler shaft.
12-Pinion shaft.

A common sump provides lubrication for the transmission, bevel gear, final drive gear and rear axle. The gear type oil pump is mounted on the left side of the transmission and is driven by one of the gears on the reverse idler shaft. A full flow-type oil filter is equipped with a bypass valve (15) to provide a constant flow of lubricating oil to the transmission even though the oil is cold and viscous or the filter element becomes clogged.

Oil picked up by the oil pump (14) is forced under pressure, through the oil filter (13) into the tube (2). The tube carries the oil up to the hole (16) in the transmission front cover where it is directed into dual ratio compartment.

Oil in the dual ratio compartment is forced into between the teeth of the gear and splines for the bearings (4) and (6). Trapped oil behind the bearing

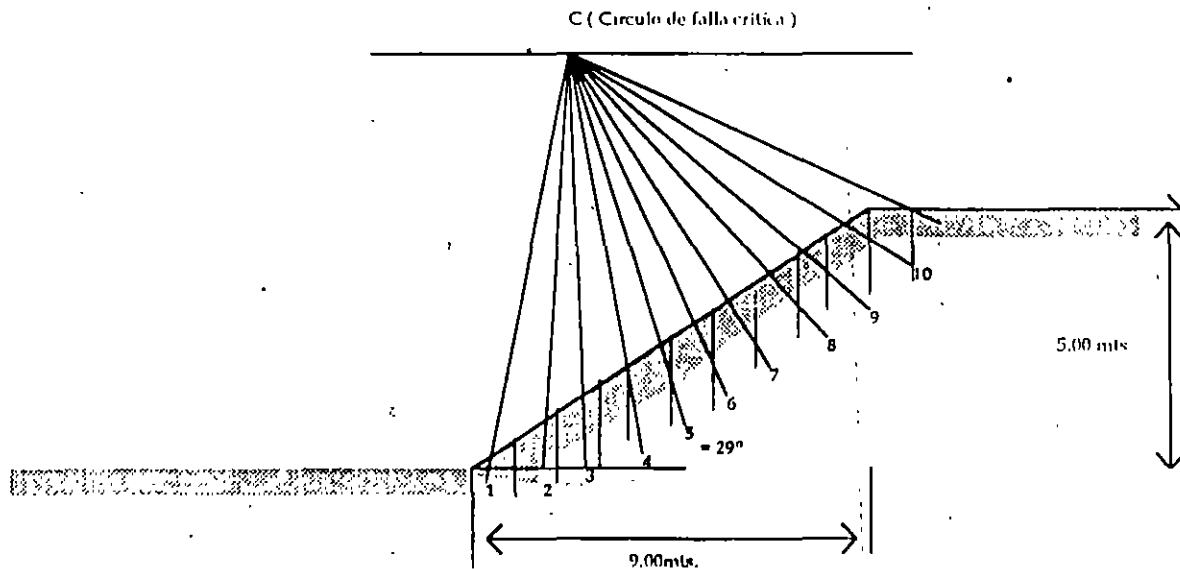
142410

CIA.: GRUPO SITRA, S.A. DE C.V.
 OBRA: RELLENO PARA DESECHOS TOXICOS
 LOC.: " EL HUIZACHE ", SAN LUIS POTOSI, S.L.P.
 AT'N.: ING. FRANCISCO J. CASTILLO AYALA

ANALISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

$\gamma_m = 1.564 \text{ Ton/m}^3$
 $c = 0.175 \text{ Kg/cm}^2$
 $\phi = 30.5^\circ$



NOTAS: * SECCION DE CONSTRUCCION DEL TALUD
 * SE CONSIDERA PESO VOLUMETRICO HUMEDO DE CAMPO

CIRCULOS DE MOHR
PRUEBAS NO CONSOLIDADAS NO DRENADAS

COMPRESION TRIAXIAL

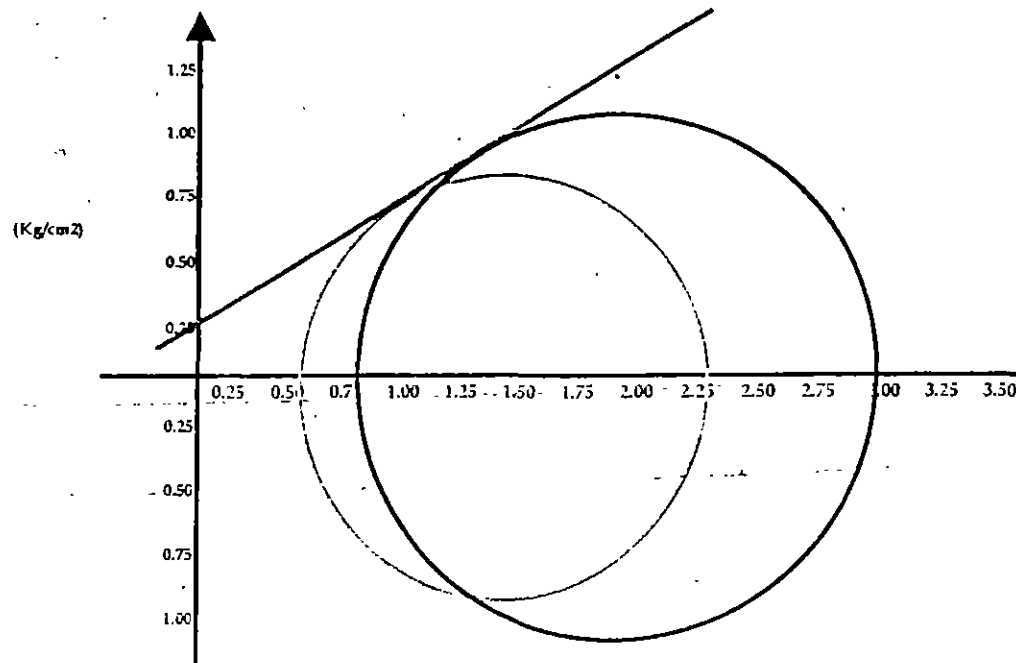
G E O G R U P O
DEL CENTRO, S.A. DE C.V.
ingeniería, obras y control de calidad

CIA.: GRUPO SITRA, S.A. DE C.V.
OBRA: RELLENO DE DESECHOS TOXICOS
AT'N.: ING. FRANCISCO J. CASTILLO AYALA

LOC. DE MUESTRA: TALUD CELDA # 4

COHESION: 0.175 Kg/cm²

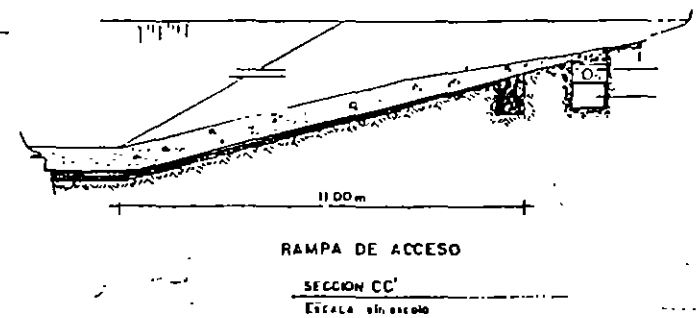
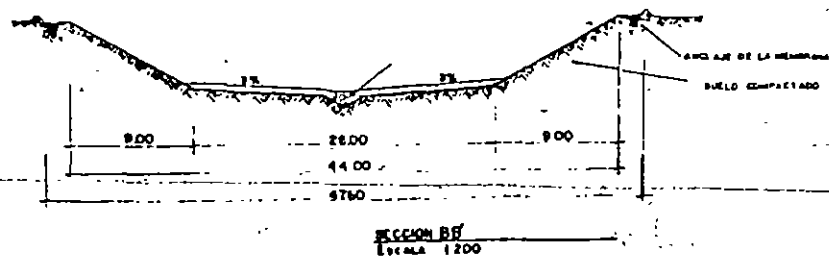
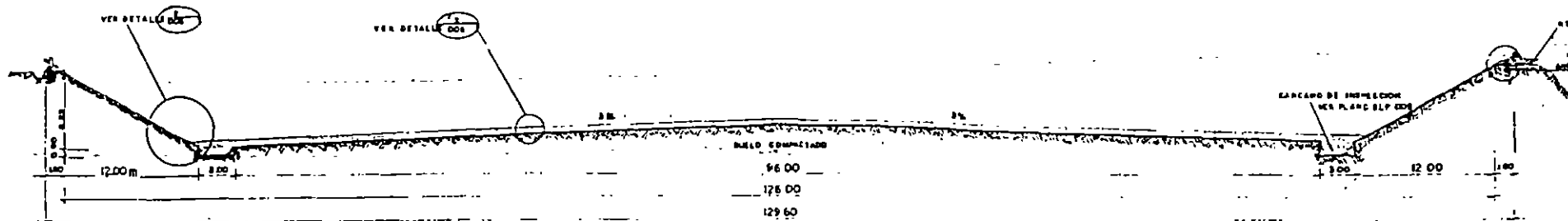
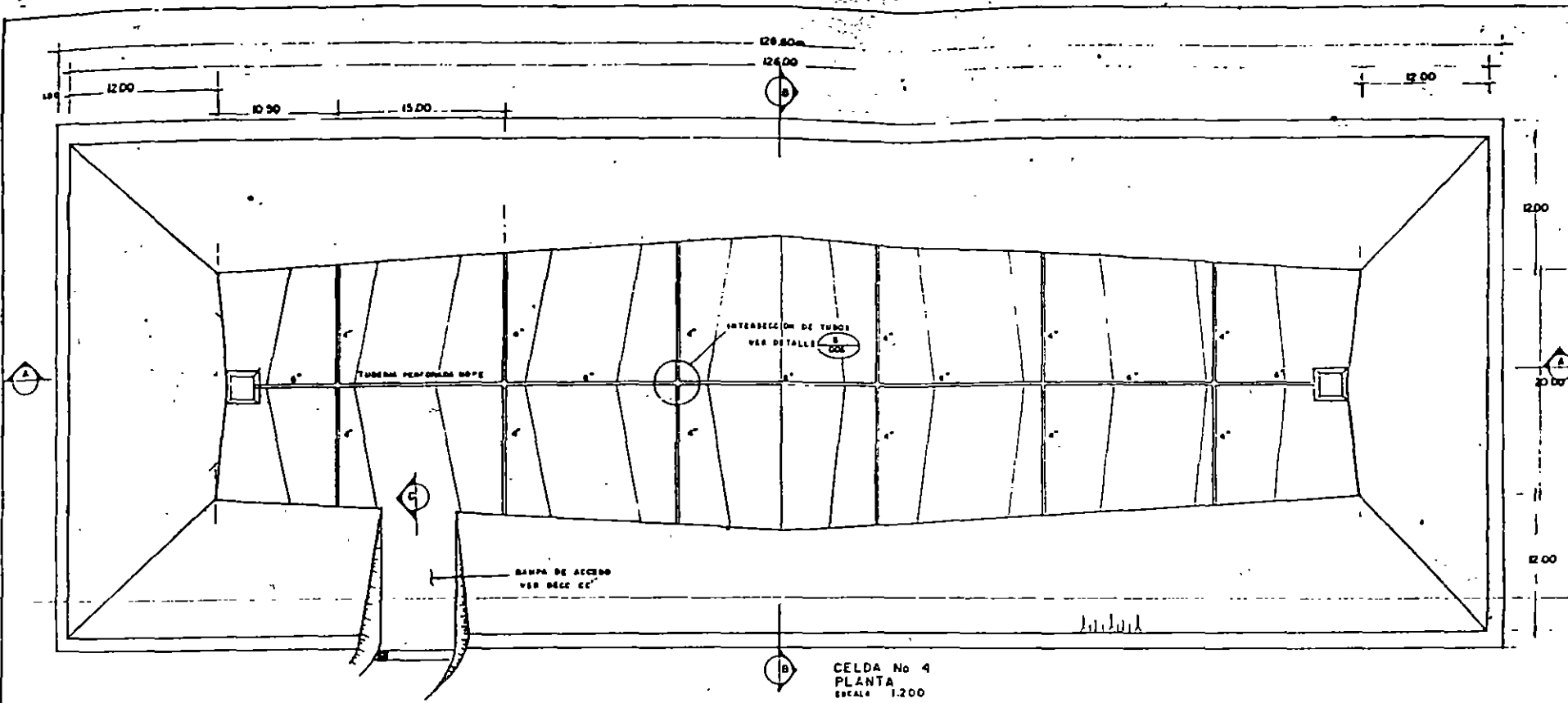
ANGULO DE FRICCION: 30.5°



LA PEDRERA



1.- VISTA DE LA VERIFICACION DE COMPACTACIONES EN LOS TALUDES





**CONSTRUCCION DE SISTEMAS
DE DISPOSICION FINAL PARA
RESIDUOS SOLIDOS Y
PELIGROSOS**

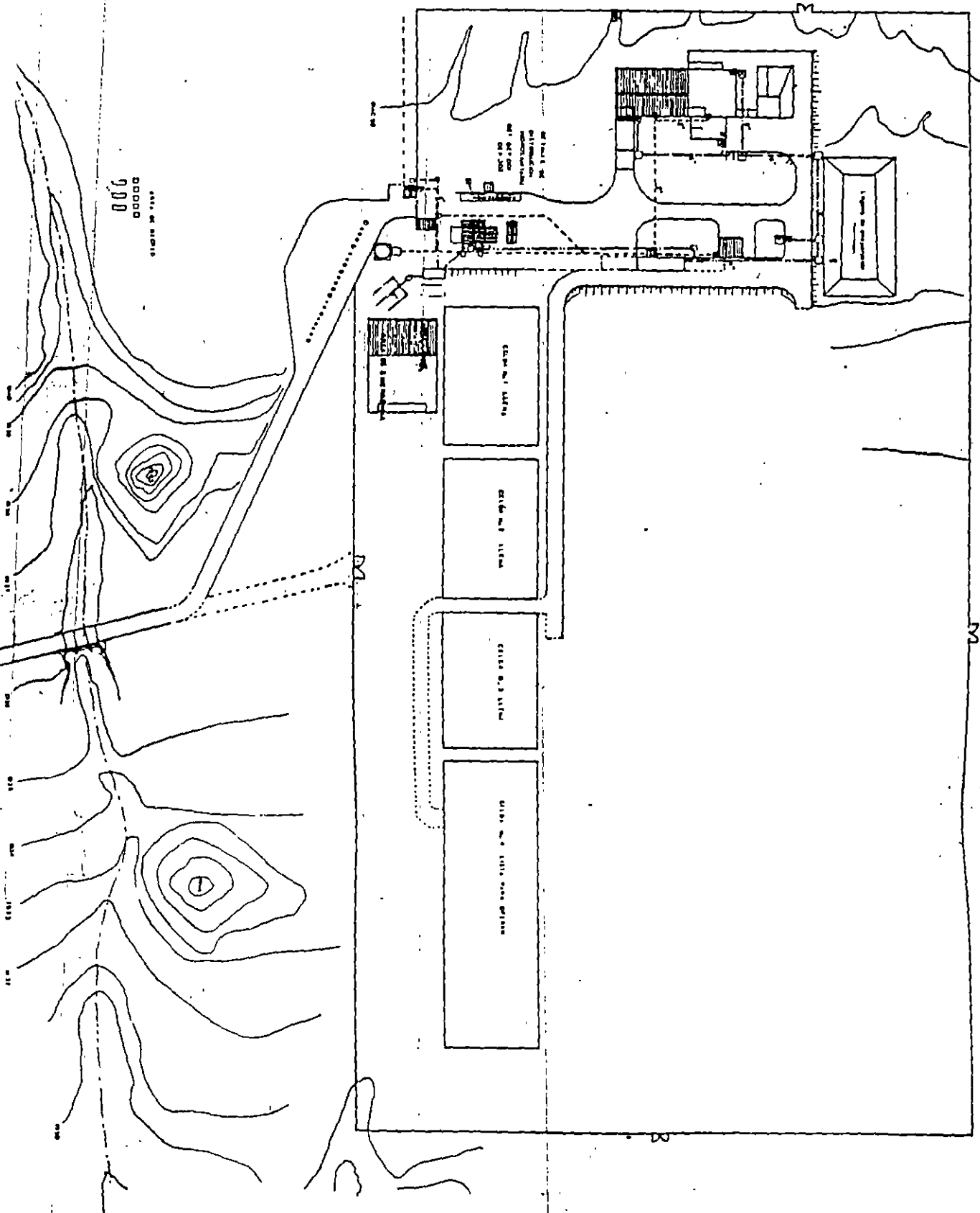


1. Consideraciones específicas ...

1.a) Definiciones.

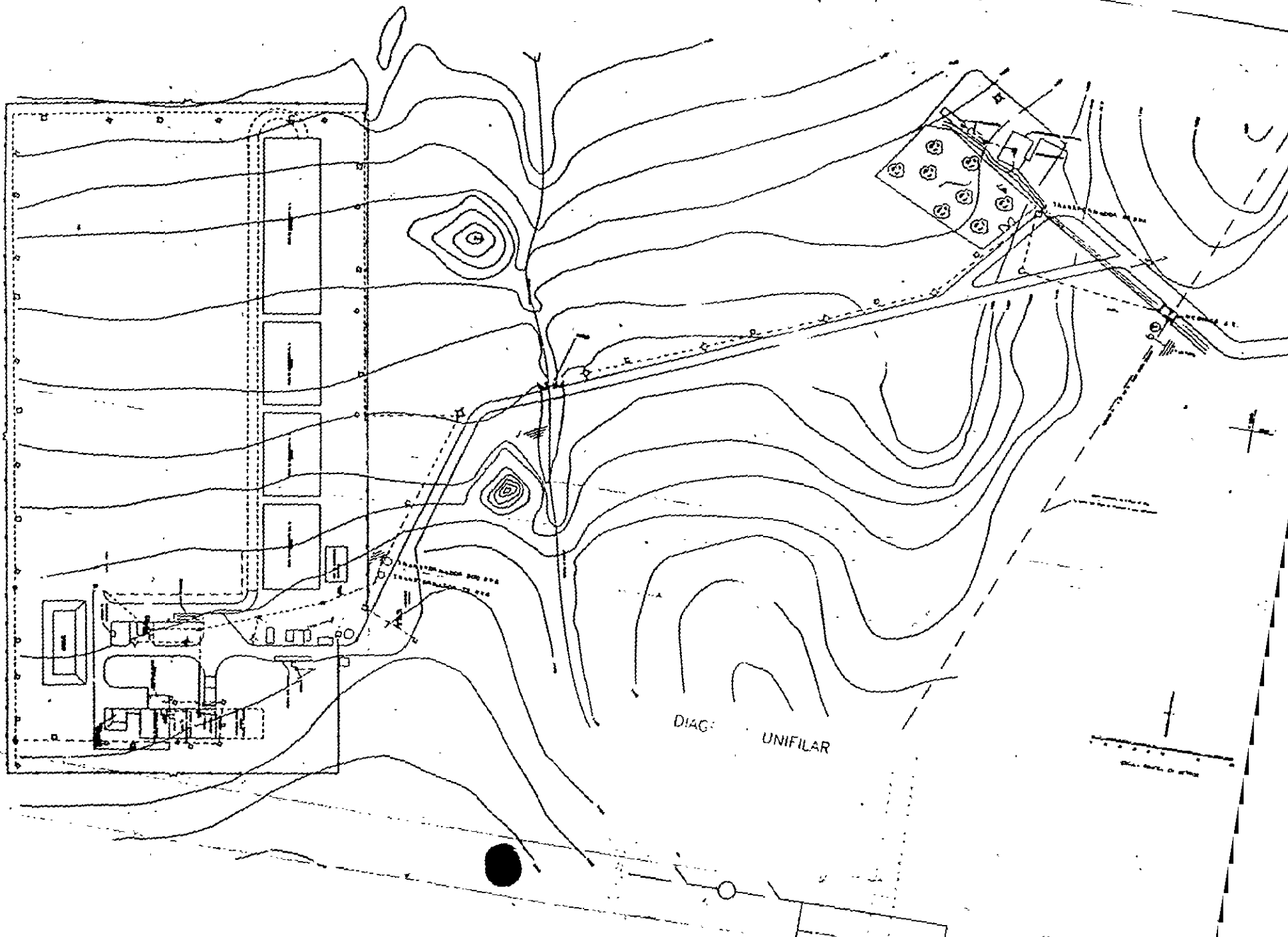
1.a.1) NOM-CRP-005-ECOL/1993.

**1.b.1) Partes que integran un
confinamiento (descritas en
NOM-CRP-005-ECOL/1993 del
punto 5 al 23)**



400.00 m

ÁREAS A CADA
OR DEL AREA
CURIDAD



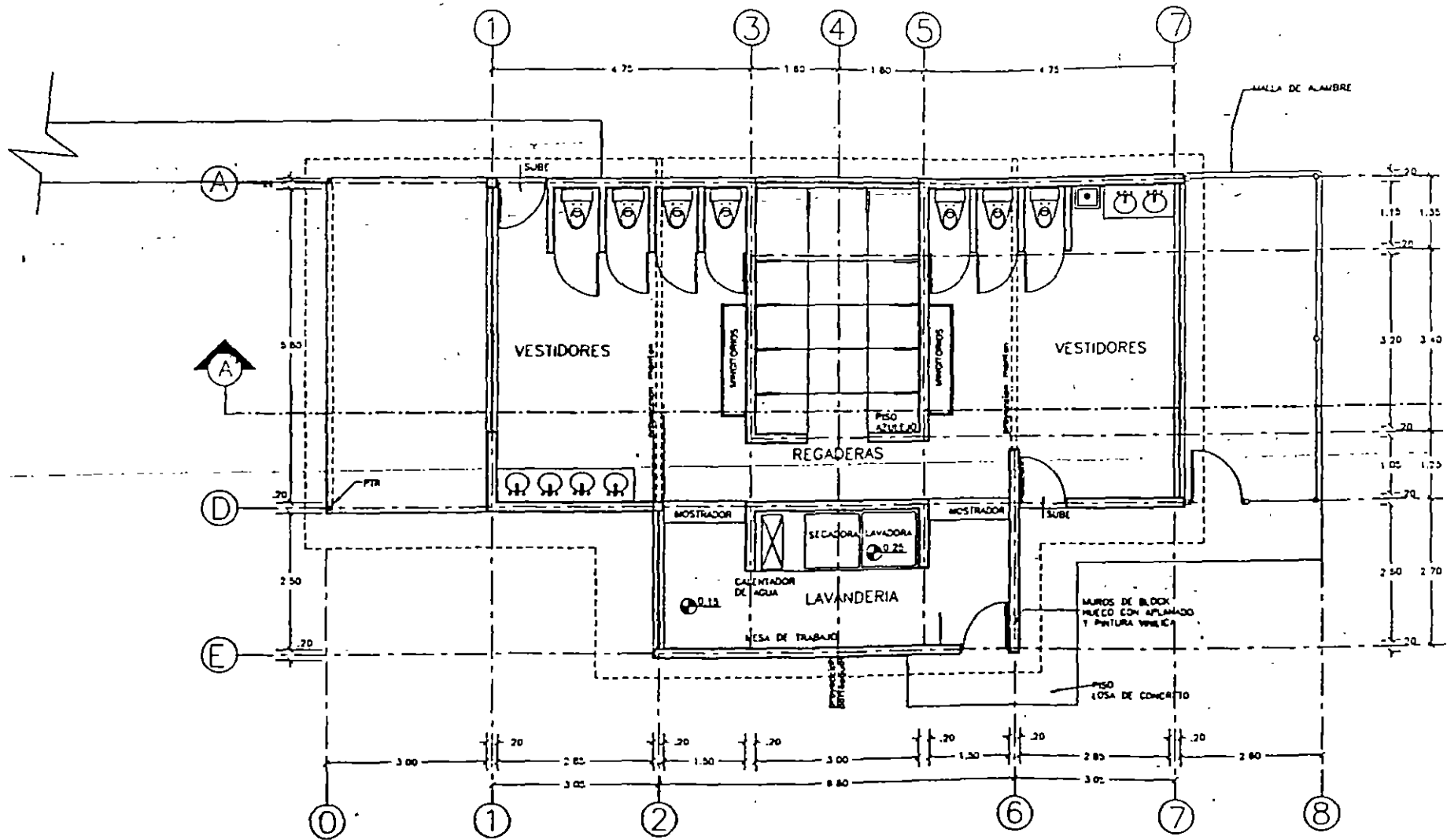
DIAG. UNIFILAR

TRANSFORMADOR 2000 PVA
TRANSFORMADOR 10 PVA

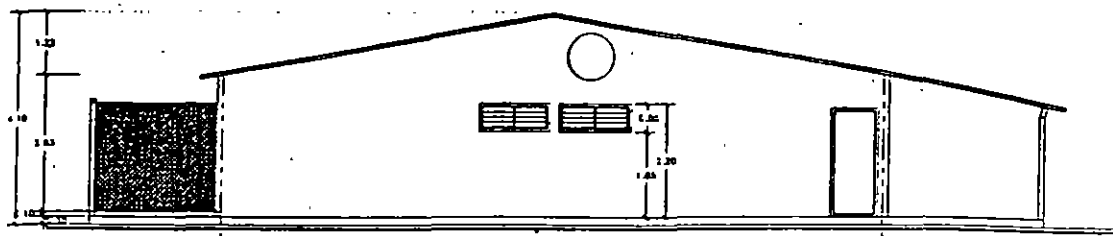
TRANSFORMADOR 2000 PVA

TRANSFORMADOR 10 PVA

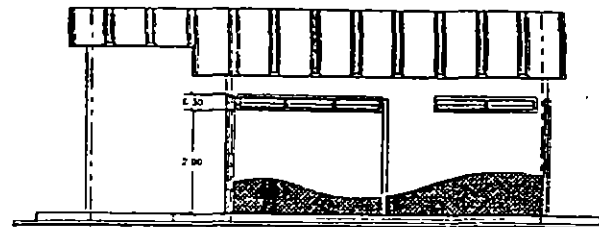
SEAL NORTH OF SITE



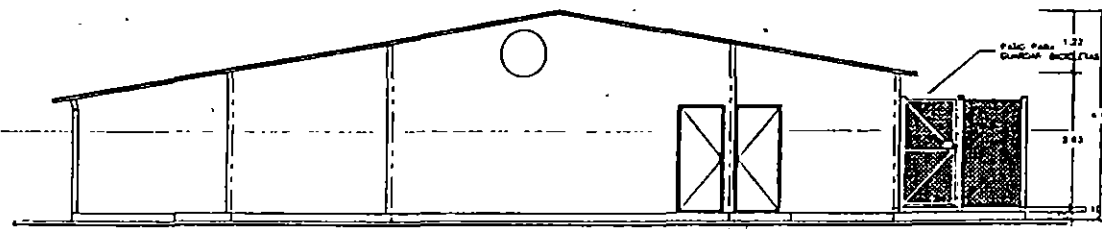
VESTIDORES



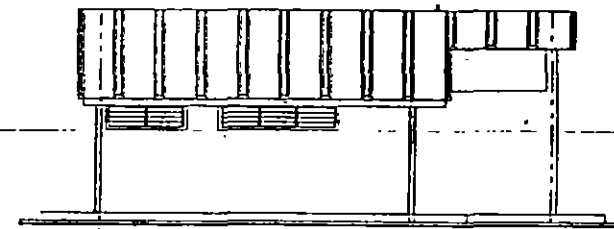
ALZADO POSTERIOR ESCALA 1:100



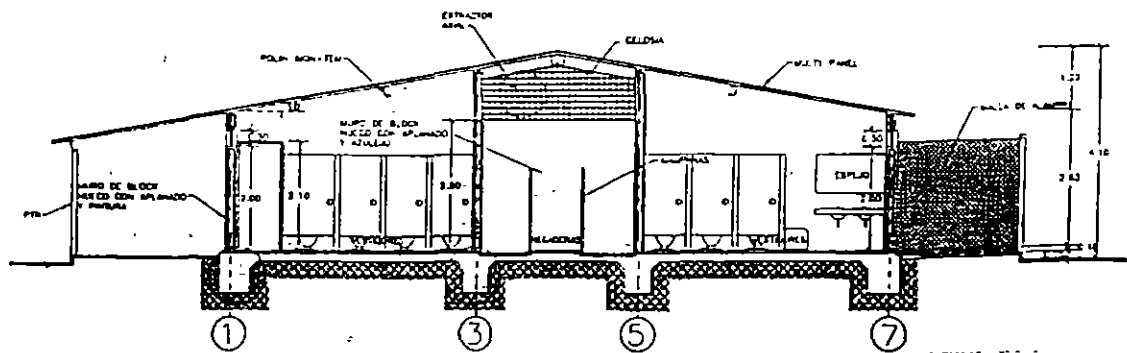
ALZADO LATERAL DERECHO ESCALA 1:100



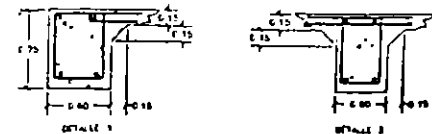
ALZADO PRINCIPAL ESCALA 1:100
EDIFICIO DE VESTIDORES



ALZADO LATERAL IZQUIERDO ESCALA 1:100



SECCION A-A' ESCALA 1:100



DETALLE DE CIMENTACION

ESCALA 1:100



2. Observancia de las NOM'S ...

2.a) NOM-CRP-006-ECOL/1993.

2.b) Reglamento de construcción del D.F. capítulo III, Artículo 255, parte 2; Artículo 257, parte 1 y; Artículo 259 Pruebas de calidad, NOM, Secofi.

2.c) Algunas comparaciones con normas internacionales (EPA).

EJEMPLO DE PLANEACION ESTRATEGICA

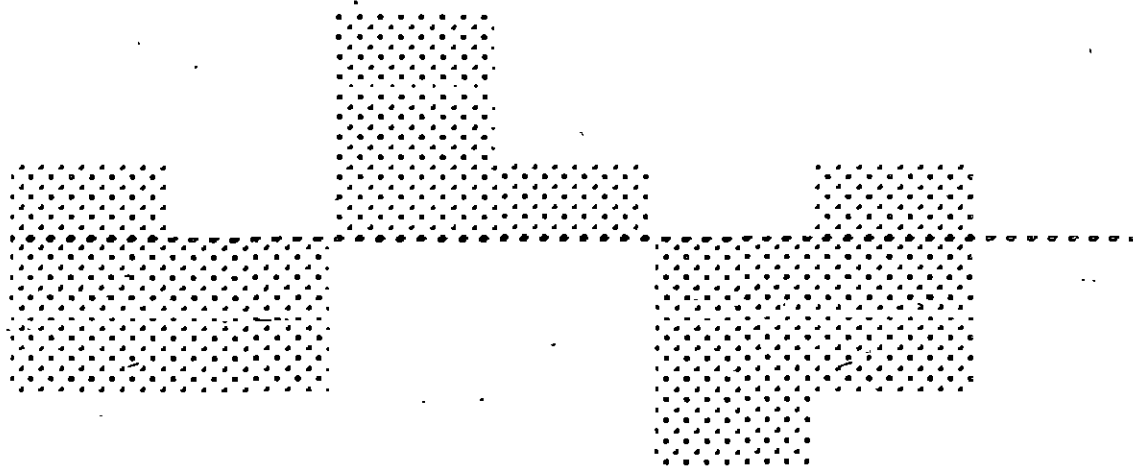
1. Préstamos a 40 Km.
2. Superficie de depósito.
3. Valores ecológicos.
4. Fauna nociva.
5. Agua cercana.
6. Compatibilidad ecológica.

O P I N I

DESVENTAJAS

C O N S T R

ANORAMA
DE TRABAJO



VENTAJAS

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 1 DE POCA CONSIDERACION | 2 DE CIERTA IMPORTANCIA |
| 3 DE GRAN IMPORTANCIA | |



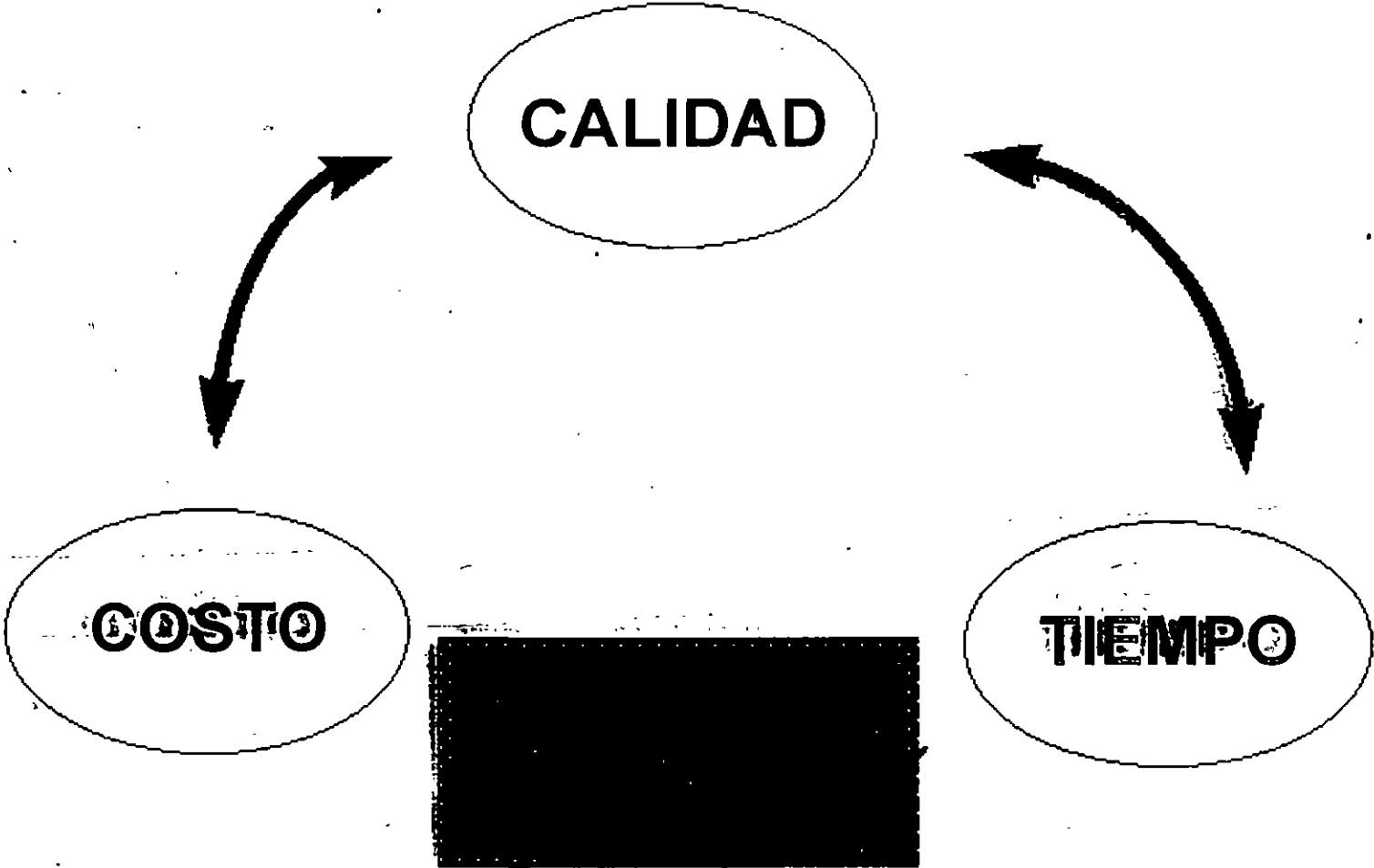
3. Situación de entrada para inicio de obra.

3.a) Proyecto y planos ejecutivos.

3.b) Balance de recursos.

3.c) Contratos.

4. Calidad, costo y tiempo.





PRESTACION DE SERVICIOS
TECNICOS PARA LA
CONSTRUCCION

CLIENTE: GRUPO SITRA, S. DE C.V.
OBRA: LA PEDRERA
UBICACION: EL HUIZACHE, S.L.P.
ATN: ING. FRANCISCO CASTILLO.

VERIFICACION DE CALIDAD
DE CONCRETO

DATOS DE PROYECTO		MATERIAL	1	CEMENTO	2	ARENA	3	GRAVA	4	AGUA	5
FC: 200	Kgc/Cm ²	REVENIMIENTO: 10+2 cm	IDENTIFICACION	APASCO I	VILLA HGO.						
TIPO: NORMAL		AGREGADO MAX: 20 mm.	PROP. PROY. (Kg/m ³)	285	682	914	232				
FECHA COLADO	14	ENERO	19	95	EQUIPO DE MEZCLADO: MARINER 35	TIPO. VIBRADOR: SI					

MUESTRA No.	LOCALIZACION	REV. CM	RESISTENCIA A COMPRESION (KGS / CM ²)				PROPORCION REAL				
			DIAS		28 DIAS		MAT 1	MAT 2	MAT 3	MAT 4	MAT 5
78	MURETE ANTIDERRAMES. ALMACEN	15.0	3 DIAS	123	220	225	285	682	914	232	
	AREA NEUTRALIZACION TEMPORAL		7 DIAS	147	229						
79	MURO DE CONTENCIÓN	14.0	3 DIAS	121	201	203	285	682	914	232	
	FOSA SOLIDIFICACION		7 DIAS	152	204						
80	MURO DE CONTENCIÓN	10.0	3 DIAS	129	239	243	PROPORCION NO DEFINIDA				
	FOSA SOLIDIFICACION		7 DIAS	180	246						

OBSERVACIONES:

FORMULADO	REFERENCIA	APROBADO	14	ENERO	1995
J. ANGEL VACA			INFORME NUMERO 44		
REVISO					

osas as con preciso

duce en mayor rendimiento y facilidad de operación. El control electrónico proporciona

✓ **Detección de carga** — una característica que le permite ejecutar arranques y paradas suaves; los pedales de tipo ala permiten un control más preciso de marcha ultralenta.

✓ **Una cabina de primera categoría** dotada de controles y monitores de la más avanzada tecnología. La comodidad provista por esta cabina aumenta la productividad del operador.

Las características principales de la Familia 300 se muestran a la derecha. Con estas innovaciones usted obtiene también las incomparables existencias de repuestos Caterpillar, como el apoyo total de su distribuidor Caterpillar.

¿Le gustaría ver las últimas adiciones a la Familia 300 de Excavadoras Caterpillar? Visite a su distribuidor Caterpillar en donde podrá examinar detalladamente estas nuevas máquinas.

nes de la Familia 300

Alcance al nivel del suelo m	Profundidad máxima de excavación m	Capacidades del cucharón, m ³
6,7	4,6	0,16-0,28
7,3	4,8	0,14-0,34
7,9	5,2	0,32-0,63
9,14	6,6	0,28-0,74
10,6	7,6	0,74-1,4
10,6	6,7	0,7-1,3
11,5	6,15	0,6-1,6
12,4	6,9	0,7-2,1
13,5	6,6	1,3-2,6
15,0	10,9	1,2-4,4

Aquí se muestra la Excavadora Cat 312 que ofrece gran potencia y fiabilidad en la obra. El operador disfruta de las características de cada modelo.

Hay varios tamaños y anchos de cucharón disponibles para adaptarse a las necesidades de su obra. Cada cucharón viene con las Herramientas de Corte Caterpillar para reducir la productividad y larga vida útil.

El pedestal de la pluma y los rieles son de planchas de acero de alta resistencia para una excelente durabilidad.

El tablero monitor informa continuamente al operador sobre el estado de la máquina, lo pone alerta de posibles problemas y controla la mayoría de los sistemas de control de la máquina.

El calentador, el desempañador y el ventilador mantienen el flujo de aire filtrado en la cabina con sólo tocar un interruptor. El aire filtrado mantiene la cabina más limpia para mayor comodidad y productividad del operador. Y gracias al diseño de la cabina, la visibilidad es excelente y el nivel del ruido es más bajo.

Un motor de alta tecnología y un sistema electrónico de control se combinan para suministrar la potencia cuando la necesita el operador y para economizar combustible cuando la unidad está funcionando en vacío.

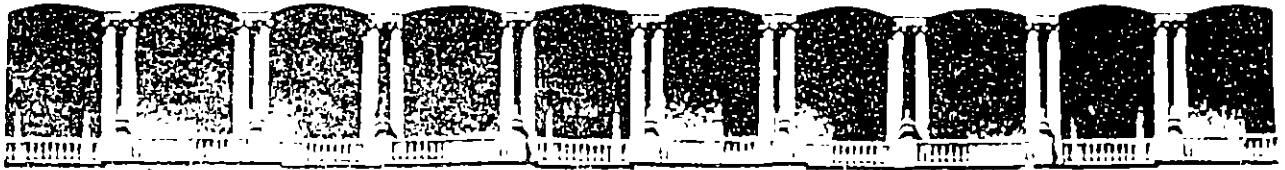
Las palancas universales totalmente ajustables controlan todas las funciones de los implementos y de la rotación.

La pluma y el brazo están soldados; la estructura de sección en caja tiene planchas gruesas para mayor robustez y fiabilidad.

La cabina y carrocería tienen bordes redondeados que les dan una apariencia moderna.

El diseño del tipo de rodaje exclusivo de Caterpillar con bastidor soldado por robot le confiere robustez excepcional y larga vida útil.

El sistema hidráulico de detección de carga proporciona arranques y paradas suaves aun durante el manejo de cargas con picas.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

SELECCION DE SITIOS

Presentado por **ING JORGE SANCHEZ GOMEZ**
1996

SELECCION DE SITIOS

ING. JORGE SANCHEZ GOMEZ

AGOSTO, 1996

CONTENIDO

- 1 INTRODUCCION

- 2 IMPLICACIONES AMBIENTALES POTENCIALES DE LOS SITIOS DE DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

- 3 ESQUEMA METODOLOGICO REFERENTE AL PROCESO DE GESTION REQUERIDO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE UN RELLENO SANITARIO

- 4 METODOLOGIA ESPECIFICA DE EVALUACION Y SELECCION DE SITIOS PROPUESTOS PARA LA IMPLEMENTACION DE UN RELLENO SANITARIO

BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUCCION

En la actualidad, a nivel mundial, el tema referente a la disposición final de los residuos sólidos generados en las congregaciones urbanas, ha cobrado una gran importancia tanto para la población en general, como para los responsables de los servicios de aseo urbano: debido principalmente a los problemas de contaminación ambiental y de afectación a la salud pública que pueden generar, los cuales en ocasiones cuando no se ha hecho una correcta selección del sitio, pueden tener implicaciones ambientales sumamente graves. Además de lo anterior, un sitio de disposición final mal ubicado y operado inadecuadamente, puede dar pie a que se presente un impacto visual a la estética y al paisaje, que se traduzca en problemas de inquietud social que generen una inadecuada percepción ciudadana y una pésima imagen, sobre lo que representa un relleno sanitario.

Así mismo, no debe olvidarse que aún cuando un sitio de disposición final de residuos sólidos haya sido clausurado, los problemas antes mencionados pueden continuar por mucho tiempo, cuando se ubican en zonas geológicamente inadecuadas, situación que se presenta en la actualidad con mucha frecuencia.

Por todo lo antes comentado, es vital tratar de lograr una correcta y adecuada selección del sitio para el emplazamiento de un relleno sanitario, ya que la mayoría de los problemas antes señalados, pueden ser en gran parte atenuados con una localización correcta y una gestión adecuada de este tipo de obras de ingeniería; por lo que es de suma importancia realizar una serie de estudios y proyectos dentro del marco de una metodología específica, que fundamente la selección de un determinado sitio.

2. IMPLICACIONES AMBIENTALES POTENCIALES DE LOS SITIOS DE DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

En términos generales, los problemas que un sitio de disposición final de residuos sólidos puede generar sobre los elementos del entorno que son más susceptibles de verse afectados por dicha infraestructura, se describen a continuación:

- Aguas Superficiales y Subterráneas. La principal afectación que un depósito de residuos sólidos puede generar en las aguas superficiales y subterráneas, son por los lixiviados producto del paso del agua de lluvia a través de los paquetes de basura, cuya carga orgánica medida como DBO, puede alcanzar valores de hasta 40,000 p.p.m. Estos lixiviados no sólo poseen una elevada carga de DBO, sino que además pueden tener un alto contenido de metales pesados, bacterias coliformes y en ocasiones, hasta sustancias carcinogénicas.

Estos lixiviados pueden llegar a contaminar los cuerpos superficiales de aguas por escurrimientos no-controlados, o bien infiltrarse a través de formaciones permeables y contaminar los mantos acuíferos, con las consecuencias secundarias que esta contaminación provoca, como es la inutilización de estos recursos para su aprovechamiento futuro. En especial, cabe señalar que la contaminación de acuíferos elimina su aprovechamiento para diferentes usos, durante un plazo muy largo, puesto que cuando se detecta, la regeneración de estos sistemas es muy tardada pudiendo quedar afectados de por vida.

- Aire. Las afectaciones que un sitio de disposición final de basura pueden provocar hacia la atmósfera, dependen en gran medida de la buena o mala operación del relleno sanitario. Normalmente los principales impactantes que puede generar, son: polvos, olores y en ocasiones humos. Estos impactantes, pueden afectar a la población asentada en las inmediaciones del sitio. Los polvos, se deben básicamente al manejo del material de cobertura de los residuos sólidos. Los olores se producen debido a los procesos de fermentación por bacterias anaeróbicas en la degradación de la materia orgánica presente en los residuos sólidos
- Suelo. La ubicación de un depósito de basura, implica la ocupación de un determinado sitio

con una serie de características en cuanto a calidad de suelo, vegetación y fauna, que en ocasiones son difíciles de proteger. Por lo anterior, el impacto puede ser mayor si el sitio se localiza en una zona de interés ecológico, ya que puede ocasionar daños irreparables en los ecosistemas, por lo que para estos casos, habrá que considerar en la elección del sitio, ciertas variables que se refieran a las características de los ecosistemas colindantes con el sitio, con el fin de evitar cualquier alteración por la obra del relleno sanitario.

Además de lo anterior, la contaminación de los suelos y la disminución de su productividad, debido al contacto que pueden tener con lixiviados que se generan en cualquier sitio de disposición final de basura, son alteraciones que dañan a la agricultura, o bien llegan a inutilizar terrenos altamente cotizados para un determinado uso.

- Bienestar. Para medir la afectación al Bienestar, concepto tan subjetivo y tan difícil de valorar; en ocasiones es conveniente tomar como referencia al paisaje, ya que es indudable que no es otra cosa, que la suma de una serie de componentes que crean una cierta imagen de percepción en el ser humano. Estos componentes incluyen sobremanera, a la vegetación predominante, a la litología y también a la geomorfología. La ubicación de un relleno sanitario, supone una cierta alteración del paisaje, tanto en el propio sitio como en su zona de influencia, puesto que el arrastre de sólidos fuera del sitio afectan al paisaje en una superficie territorial, en ocasiones muy extensa. En zonas donde este paisaje tiene un valor elevado, la afectación en el valor del paisaje puede suponer una pérdida económica importante, aunque difícilmente cuantificable y por ende, una afectación al bienestar de la población circundante.
- Salud Pública. La afectación de la salud pública, normalmente se asocia a los problemas generados por bacterias patógenas y por vectores como ratas y perros, que pueden desarrollarse y/o alimentarse en los sitios de disposición final de residuos sólidos. El problema es en muchos casos importante, viéndose agravado cuando existen pepenadores. Sin embargo, este problema no es tanto de localización sino de operación del sitio de disposición final, por lo que esta variable no es de consideración para la elección del sitio, aunque cuando existen núcleos urbanos cercanos, pueden generarse problemas no sólo de salud pública, sino de

afectación al bienestar

Considerando todo lo antes expuesto, es vital y sumamente importante, realizar una elección correcta del sitio donde se pretenda emplazar un relleno sanitario. En términos generales, se puede decir que las condiciones idóneas de mayor importancia que debe reunir un determinado sitio para dar alojamiento a un relleno sanitario, se anotan a continuación:

- Ser accesible al tipo de vehículos que se utilicen para la recolección y transporte de los residuos sólidos.
- Contar con una vida útil de por lo menos 5 años
- Presentar características topográficas, geológicas y geohidrológicas que aseguren la no-afectación de los recursos naturales y del ambiente.
- Reunir ciertas condiciones de ubicación y estética, que elimine totalmente los problemas que por queja pública, pueden suscitarse entre los habitantes de la localidad por servir.
- Contar dentro del sitio o en sus inmediaciones más próximas, con suficiente material que cubra los requerimientos diarios para la cobertura de los residuos
- No tener problema alguno, relacionado con el uso y tenencia de la tierra.

3. ESQUEMA METODOLOGICO REFERENTE AL PROCESO DE GESTION REQUERIDO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE UN RELLENO SANITARIO

Con base en todo lo comentado en el capítulo anterior, fue posible formular el cuadro No. 3.1, el cual relaciona a los diferentes elementos del entorno que pueden verse afectados por el emplazamiento de un relleno sanitario, con las características relativas a cada elemento, que se deben considerar en la evaluación de sitios que se pretendan utilizar para alojar una obra de ingeniería de tales características

CUADRO No. 3.1

RELACION ENTRE LOS ELEMENTOS DEL ENTORNO QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS POR EL EMPLAZAMIENTO DE UN RELLENO SANITARIO, CON LAS CARACTERISTICAS QUE DEBEN CONSIDERARSE PARA LA EVALUACION DE SITIOS.

ELEMENTO DEL ENTORNO	CARACTERISTICAS A CONSIDERAR EN LA EVALUACION DE LOS SITIOS
AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRANEAS	<ul style="list-style-type: none"> ● Geología y Geohidrología de la zona donde se ubica el sitio propuesto ● Ubicación respecto a embalses, presas y cuerpos de agua superficiales ● Ubicación dentro de la cuenca aportante ● Climatología de la zona donde se ubica el sitio propuesto
AIRE	<ul style="list-style-type: none"> ● Climatología de la zona donde se ubica el sitio propuesto ● Incidencia de vientos ● Distancia de amortiguamiento a zonas habitadas
SUELO	<ul style="list-style-type: none"> ● Características de los suelos. ● Flora y fauna típicos del sitio propuesto ● Geología y Geohidrología de la zona donde se ubica el sitio propuesto
BIENESTAR	<ul style="list-style-type: none"> ● Afectación del paisaje de la zona donde se ubica el sitio propuesto ● Afectación estética del sitio propuesto
SALUD	<ul style="list-style-type: none"> ● Distancia de amortiguamiento a zonas habitadas ● Incidencia de vientos ● Geología y Geohidrología de la zona donde se ubica el sitio propuesto

Como se puede observar en el Cuadro No. 3 1, la principal característica a tomar en cuenta para definir el mejor sitio donde deba ubicarse un relleno sanitario, lo constituye la geología y geohidrología de la región donde se localiza el sitio o los sitios propuestos, ya que este parámetro o característica de la zona de interés, aportará la información suficiente para saber si puede haber alguna posibilidad de contaminar los mantos acuíferos, o bien, el sitio es lo suficientemente seguro para proteger implícitamente este recurso hídrico de tanta importancia. De lo anterior, se puede concluir que por la importancia que tienen los mantos acuíferos como fuentes de abastecimiento de agua para el consumo humano, su protección debe ser un objetivo fundamental a considerar en cualquier metodología encaminada a la evaluación y selección de sitios para el emplazamiento de un relleno sanitario. Es por esto, que la Geología y la Geohidrología, debe ser la disciplina total, que deba considerarse en el proceso metodológico que requiere la implementación de un relleno sanitario.

Con base en estas últimas reflexiones y considerando que la selección del mejor sitio para un relleno sanitario, es determinante para disminuir o atenuar las implicaciones ambientales que pueden generar los impactantes que se generarán en dicha instalación, es necesario llevar a cabo el proceso de selección de sitios, con base en estudios y proyectos relacionados con diferentes disciplinas de la ingeniería civil, que le den soporte a este proceso selectivo

Partiendo de todo lo comentado anteriormente, a continuación en la Fig. No 3 1, se presenta el Esquema Metodológico de proceso que se requiere para lograr el emplazamiento de un relleno sanitario.

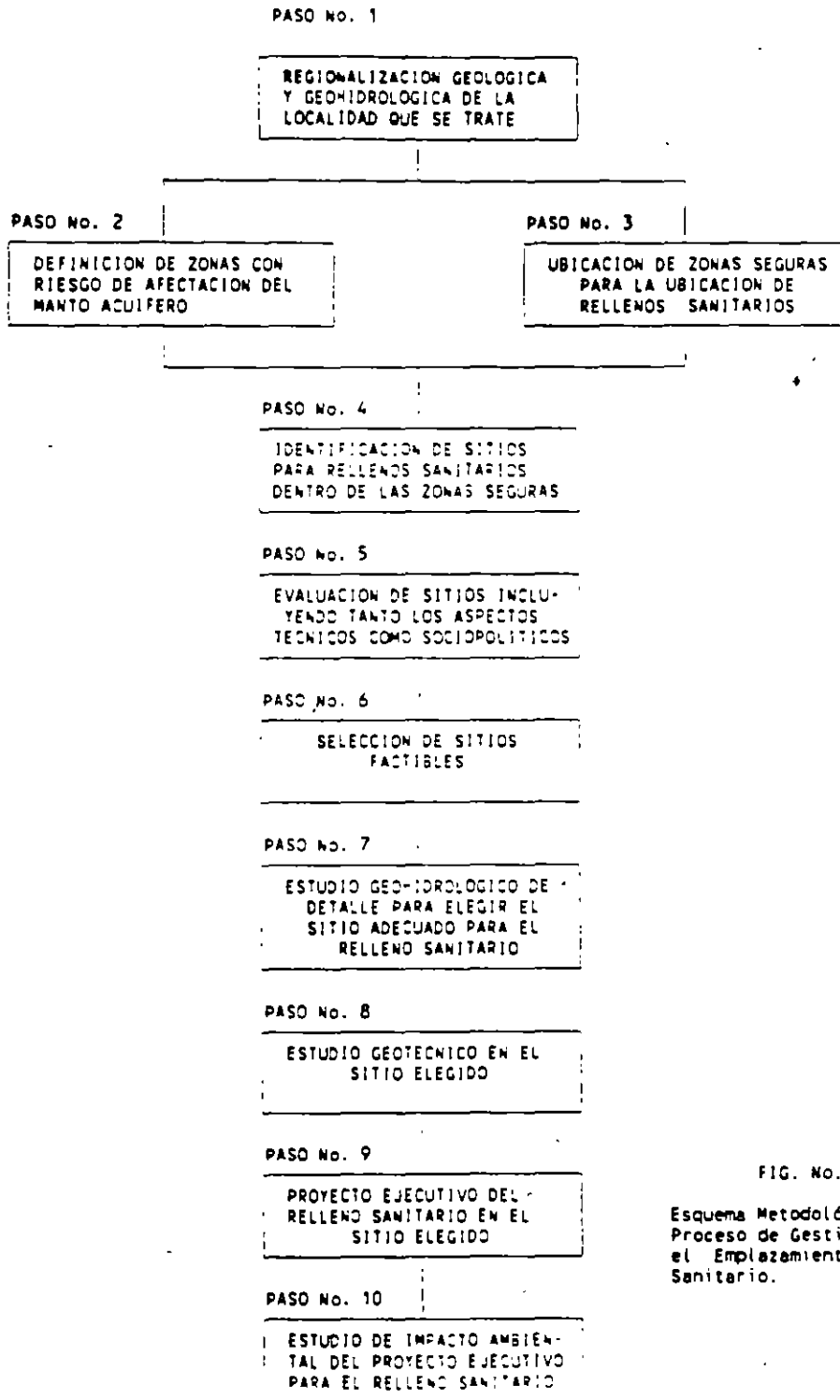


FIG. No. 3.1

Esquema Metodológico referente al Proceso de Gestión Requerido para el Emplazamiento de un Relleno Sanitario.

Del esquema genérico que se presenta en la Fig. No. 3.1, se puede ver claramente que excepto los pasos Nos 4, 5 y 6, el resto de ellos se refieren a estudios bien definidos, relativos disciplinas de la ingeniería como son Geología y Geohidrología, Geotécnica, Ing. Sanitaria e Impacto Ambiental. Los alcances y objetivos de tales estudios no tienen mayores problemas e implicaciones para ser efectuados. Ahora bien, los pasos Nos. 4, 5 y 6 requieren de la aplicación de una metodología bien definida, para poder ser desarrollados adecuadamente. A continuación, en el capítulo siguiente, se presenta la descripción de una metodología cuyo objetivo es la identificación, evaluación y selección de sitios para rellenos sanitarios.

4. METODOLOGIA ESPECIFICA DE EVALUACION Y SELECCION DE SITIOS PROPUESTOS PARA LA IMPLEMENTACION DE UN RELLENO SANITARIO

4.1 Consideraciones Generales de la Metodología Propuesta.

La selección de un determinado sitio de entre un conjunto de posibilidades, para la ubicación de un relleno sanitario; plantea una serie de aspectos económicos, políticos, sociales, técnicos y ecológicos que siempre resultan difíciles de evaluar cuando no se cuenta con una metodología clara, precisa y racional, sobre todo aquellos donde no es posible establecer con claridad las relaciones existentes entre el hombre y su entorno, a partir de las características intrínsecas que identifican a cada uno de los sitios por evaluar. De acuerdo con esto, puede decirse entonces que para la evaluación de los sitios propuestos, es necesario establecer una especie de enfrentamientos entre el "HOMBRE Y SU ENTORNO", como si fueran dos adversarios que buscan definir aquellas estrategias, que les permitan maximizar y minimizar sus ganancias y pérdidas respectivamente.

La metodología para conocer las estrategias anteriores se conoce como "TEORIA DE JUEGOS", donde "JUEGO" se refiere al grupo de reglas y convenciones para instrumentar el enfrentamiento, requiriéndose establecerlo para cada uno de los sitios en conflicto, con el fin de conocer la afectación potencial ambiental de cada uno de ellos, cuidando de aplicar adecuadamente las reglas de juego previamente establecidas, con el fin de jerarquizarlos ambientalmente.

De acuerdo con lo anterior, las acciones del hombre que necesariamente influirán en los "ELEMENTOS DEL ENTORNO", pueden evaluarse a partir de la definición y medición de ciertos indicadores de la afectación ambiental, definidos como "FACTORES DE CAMPO".

Así mismo, cabe aclarar que con esta metodología, no se pretenden conocer las acciones alteradoras del hombre para instrumentarlas en la realidad, sino más bien, la idea es resolver el juego numéricamente, con objeto de conocer cuáles de sus acciones serán más impactantes, así como los elementos del entorno que serán afectados en mayor proporción, para de esta forma

estar en condiciones de formular los controles más adecuados que permitan minimizar el efecto ambiental.

Para poder establecer el juego entre el hombre y su entorno, se tomaron en cuenta los siguientes "FACTORES DE CAMPO": Existencia de Material para la Cobertura de los Residuos, Necesidad de Acondicionamiento del Sitio, Cercanía a Zonas Urbanas, Incidencia de Vientos, Visibilidad del Sitio, Ubicación Respecto a Cuerpos de Aguas Superficiales y Pozos de Abastecimiento de Agua Potable, Características del Suelo (Permeabilidad y Cap de Intercambio Catiónico), Profundidad del Manto Freático, Existencia de Caminos de Acceso y Ubicación del Sitio Dentro de su Cuenca Aportante. Cabe aclarar que la descripción de los conceptos empleados en la definición de los factores de campo, a partir de los cuales se eligieron los señalados en el párrafo anterior, se presentan en la sección de anexos de este documento. Los conceptos elegidos para este método, involucran a la mayor parte de los eventos que intervienen en el emplazamiento de cualquier relleno sanitario, amén de estar íntimamente relacionados con los elementos que integran el entorno de cualquier sitio, donde se pretenda instrumentar un relleno sanitario

Por otro lado, como "ELEMENTOS DEL ENTORNO" se consideraron al Agua, al Aire, al Suelo, al Bienestar y a la Salud; por ser los que principalmente se ven afectados con la implantación de un relleno sanitario

Las "MATRICES DE PAGOS" para cada uno de los sitios en conflicto, se construirán con los resultados del producto de la "MATRIZ DE CONTRIBUCIONES PROPORCIONALES" de los Factores de Campo a los Elementos del Entorno (Cuadro No. 4.1.1), por las "MATRICES DE CALIFICACION" de los factores de campo de cada uno de los sitios. La Matriz de Contribuciones Proporcionales, se estructuró evaluando el efecto de cada uno de los Factores de Campo, sobre cada uno de los Elementos del Entorno considerados. Para evaluar numéricamente estos efectos se hace necesario dividir proporcionalmente el impacto de cada Factor de Campo sobre cada uno de los Elementos del Entorno. Por ejemplo, para el caso del material de cubierta, se consideró que puede haber una afectación de 10 % al aire, de 40 % al agua, del 30 % al suelo y del 20 % a la salud

CUADRO No. 4.1.1

MATRIZ DE CONTRIBUCION PROPORCIONAL DE LOS FACTORES DE CAMPO
A LOS ELEMENTOS DEL ENTORNO

FACTOR DE CAMPO	ELEMENTOS DEL ENTORNO					TOTAL
	AIRE	AGUA	SUELO	BIENESTAR	SALUD	
MATERIALES PARA COBERTURA DE LOS RESIDUOS	0.10	0.35	0.35		0.20	1.00
ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO	0.25	0.15	0.20	0.25	0.15	1.00
CERCANIA A ZONAS URBANAS	0.20	0.15	0.15	0.25	0.25	1.00
INCIDENCIA DEL VIENTO	0.30	0.15	0.05	0.25	0.25	1.00
VISIBILIDAD DEL SITIO				1.00		1.00
UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		0.50		0.20	0.30	1.00
UBICACION DEL SITIO DENTRO DE LA CUENCA APORTANTE		0.45	0.25		0.30	1.00
PERMEABILIDAD (K)		0.50	0.20		0.30	1.00
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)		0.40	0.25		0.35	1.00
PROFUNDIDAD DEL MANTO FREATICO		0.50	0.15	0.10	0.25	1.00
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO	0.20		0.15	0.40	0.25	1.00
TOTALES	1.05	3.15	1.75	2.45	2.60	11.00

Al respecto, cabe aclarar que únicamente se consideraron las condiciones más adversas y los efectos más directos, ya que de otra manera hubieran intervenido todos los elementos ambientales

Ahora bien, para formular las matrices de "Calificación" de los Factores de Campo, correspondientes a cada uno de los sitios por evaluar, se debe hacer uso de ciertas funciones de sensibilidad cuyos tipos y límites se fijaron tomando como base, las normas y recomendaciones existentes en la bibliografía del tema, así como la importancia del Factor de Campo que se trate y la experiencia que hasta la fecha se ha alcanzado en el medio mexicano, respecto a la disposición de los residuos sólidos empleando el método del relleno sanitario. Los tipos de función, fundamentos de sus límites y expresiones que las engloban, aparecen en el Cuadro No 4.1.2. Así mismo, en las Figuras de la 4.1.1 a la 4.1.12, se presentan las gráficas de dichas funciones, así como los valores numéricos. El objetivo de utilizar las funciones de sensibilidad, es eliminar al máximo la subjetividad al calificar cada Factor de Campo.

Los criterios que se emplearon para asignar los valores límites fijados para las funciones de sensibilidad correspondientes a los factores de campo considerados, se describen a continuación:

Material para Cobertura de los Residuos. El rango varía de 0 a 3 donde el valor mínimo de 0 corresponde a sitios con autosuficiencia de material de cubierta, el valor de 1 para cuando los acarreos sean menores de 5 Kms, el valor de 2 para cuando los acarreos sean entre 5 y 10 Kms y el valor de 3 para cuando los acarreos sean mayores a 10 Kms (Ver Fig. No. 4.1.1).

Acondicionamiento del Sitio. Se establece el rango de 0 a 4, tomando 0 cuando no se requiera un acondicionamiento adicional ligado a la operación en sí del relleno; y de 4 cuando el acondicionamiento sea previo a la iniciación de la operación del relleno y con un alto grado de dificultad (Ver Fig. No. 4.1.2).

Cercanía a Zonas Urbanas. El rango establecido varía de 0 a 12 Kms.; siguiendo un comportamiento paraboloide, con valores máximos para la función iguales a 1, para cuando la

CUADRO No. 4.1.2

FUNDAMENTOS Y EXPRESIONES ALGEBRAICAS DE LAS FUNCIONES DE SENSIBILIDAD

FACTOR DE CAMPO	TIPO DE FUNCION	FUNDAMENTO DE LIMITES	EXPRESION Y LIMITES
MATERIAL PARA COBERTURA DE LOS RESIDUOS	LINEAL	IMPORTANCIA DEL FACTOR DE CAMPO	$f(x) = x/3, 0 \leq x \leq 3$
ACONDICIONAMIENTO AL SITIO	LINEAL	IMPORTANCIA DEL FACTOR DE CAMPO	$f(x) = x/4, 0 \leq x \leq 3$
CERCANIA A ZONAS URBANAS	PARABOLICA	IMPORTANCIA DEL FACTOR DE CAMPO	$f(x) = 1 - (x^2 - (x-12)^2) / 12$ $0 \leq x \text{ (kms)} \leq 12$ $f(x) = 1, x > 12 \text{ kms}$
INCIDENCIA DE VIENTOS	LINEAL	EXPERIENCIA EN EL MEDIO MEXICANO	$f(x) = x/4, 0 \leq x \leq 4$ (Criterio No. 1) $f(x) = x/365, 0 \leq x \leq 365$ (Criterio No. 2)
VISIBILIDAD DEL SITIO	LINEAL	EXPERIENCIA EN EL MEDIO MEXICANO	$f(x) = x/2, 0 \leq x \leq 2$
UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	LINEAL	EXPERIENCIA EN EL MEDIO MEXICANO	$f(x) = 1 - (x/3)$ $0 \leq x \leq 3$
UBICACION DEL SITIO DENTRO DE LA CUENCA APORTANTE	LINEAL	RECOMENDACION SEDESOL	$f(x) = 1 - (x/3)$ $0 \leq x \leq 3$
PERMEABILIDAD (K)	LINEAL	RECOMENDACION SEDESOL	$f(x) = x/1$ $10^{-7} \leq x \text{ (cm/s)} \leq 10^{-1}$
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (K)	LINEAL	RECOMENDACION SEDESOL	$f(x) = 1 - (x/28)$ $0 \leq x \text{ (meq/100 gr)} \leq 28$
PROFUNDIDAD DEL MANTO ACUIFERO	LINEAL	IMPORTANCIA DEL FACTOR DE CAMPO	$f(x) = 1 - (x/50)$ $0 \leq x \text{ (m)} \leq 50$
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO	LINEAL	EXPERIENCIA EN EL MEDIO MEXICANO	$f(x) = 1 - (x/4)$ $0 \leq x \leq 4$

distancia es de 0 Kms o mayor de 12 Kms. El valor de 0 para la función, será para cuando la distancia sea de 6 Kms (Ver Fig. No. 4.1.3).

Incidencia de Vientos Se considera un rango de 0 a 4, correspondiendo el 0 a aquella situación en que el viento incide en un ángulo de 180° de la población hacia el sitio, y de 4 cuando incide también en un ángulo de 180° pero de manera inversa, es decir del sitio a la población, o bien, cuando no hay incidencia sobre la población. El valor intermedio de 2.0, es para cuando la incidencia se presenta a partir del sitio y en dirección a la población, con un ángulo que de 90° a 180° , medido sobre un eje lineal que ligue al sitio con la población (Ver Fig. No. 4.1.4). Cuando no haya posibilidad de utilizar esta función, se aplicará el criterio de considerar el No. de días al año con vientos incidiendo del sitio a la población (Ver Fig. No. 4.1.5).

Visibilidad del Sitio. Se establece un rango de 0 a 2, donde el mínimo valor corresponde a un sitio completamente oculto mientras que el máximo corresponde a uno totalmente visible (Ver Fig. No. 4.1.6)

Ubicación Respecto a Cuerpos de Agua Superficiales y Pozos de Abastecimiento de Agua Potable. El rango establecido varia de 0 a 3, donde el valor de 0 corresponde a la ubicación del sitio dentro del área de aportación de un embalse, presa o lago. El valor de 1.5, corresponderá a la ubicación de un sitio fuera del área de aportación de un embalse, presa o lago, pero descargando directamente a un escurrimiento natural de tipo perene. El valor de 3.0, corresponderá a una situación semejante a la del valor de 1.5, pero descargando a un cauce natural con escurrimiento intermitente (sólo en época de lluvia). (Ver Fig. No. 4.1.7)

Ubicación del Sitio dentro de la Cuenca Aportante El rango varia de 0 a 3, y se considera que el máximo valor corresponde a aquella condición en que el sitio se halla al inicio del escurrimiento de manera tal que las aguas escurren del sitio hacia aguas abajo; mientras que el mínimo valor será para aquella condición en que el escurrimiento sea de aguas arriba hacia el sitio. (Ver Fig. No. 4.1.8)

Permeabilidad (K). La relación de este parámetro es de tipo lineal, tomando un valor mínimo de 0 para una permeabilidad de 1×10^{-7} cm/seg., un valor intermedio de 0.5 para una permeabilidad de 1×10^{-5} cm/seg; y un valor máximo de 1 para una permeabilidad de 1×10^{-3} cm/seg (Ver Fig No. 4.1 9).

Capacidad de Intercambio Catiónico (C I C) El rango de variación es de 0 a 28 meq/100 gr de suelo siguiendo un comportamiento lineal donde el valor de 0 corresponde a un C I C de 28 meq/100 gr de suelo, mientras que el valor intermedio de 0.5 se refiere a un C I C de 14 meq/100 gr de suelo (Ver Fig No. 4.1 10)

Profundidad del Manto Freático También para este parámetro se tendrá una variación de tipo lineal, con un valor máximo de 1 para una profundidad de 0 mts , un valor intermedio de 0.5 para una profundidad de 25 mts y un valor mínimo de 0 para una profundidad de 50 mts o mas (Ver Fig No 4.1 11)

Existencia de Caminos de Acceso El rango de variación es de 0 a 4, donde el valor máximo de la función corresponde al 0 (inexistencia de camino), el valor intermedio de 0.5 de la función corresponde a 2 (camino de terracería), y el valor mínimo de la función siempre se relacionará con el 4 (camino asfaltado) (Ver Fig No 4.1 12)

Una vez establecidas las matrices de pagos para cada uno de los sitios en conflicto, se estará en condiciones de calificarlos y jerarquizarlos, mediante la solución al juego planteado entre el "Hombre y su Entorno".

Aunque existen varios métodos para resolver un determinado juego, para dar solución al formulado anteriormente, se propone la utilización del Método de Newman-Dantzig, el cual con las adecuaciones del caso, resuelve el juego mediante programación Lineal. Para ello, el juego para cada sitio, se debe plantear a través de la propia matriz de pagos, la cual como ya se comentó anteriormente, relaciona dos conjuntos, el de las acciones del hombre que causan impacto a su entorno y el de los elementos del entorno que pueden verse impactados. Ambos conjuntos representan las diferentes estrategias que pueden ser consideradas por los antagonistas, mientras

FUNCION DE SENSIBILIDAD
MATERIAL DE CUBIERTA
(Adimensional)

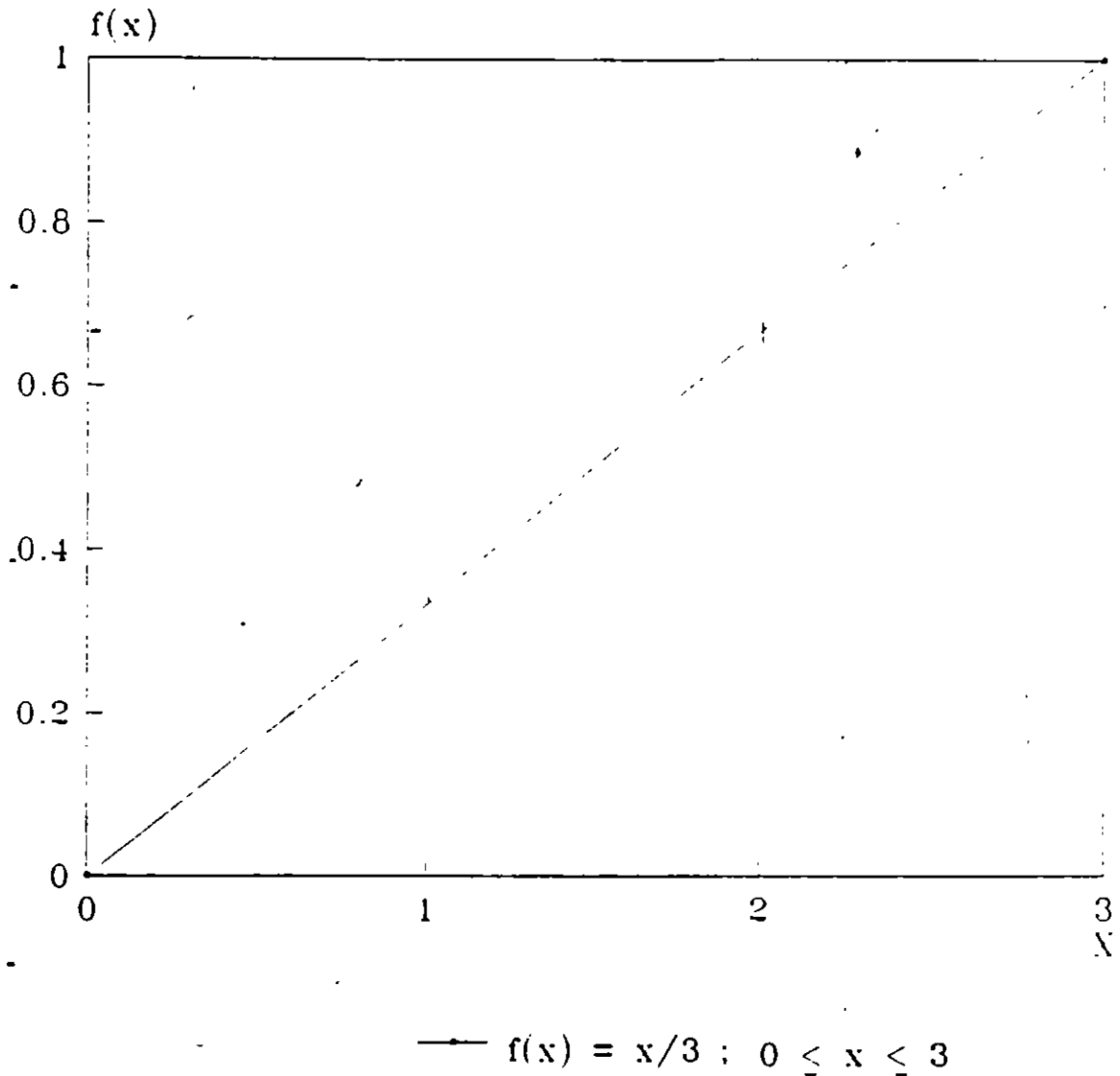
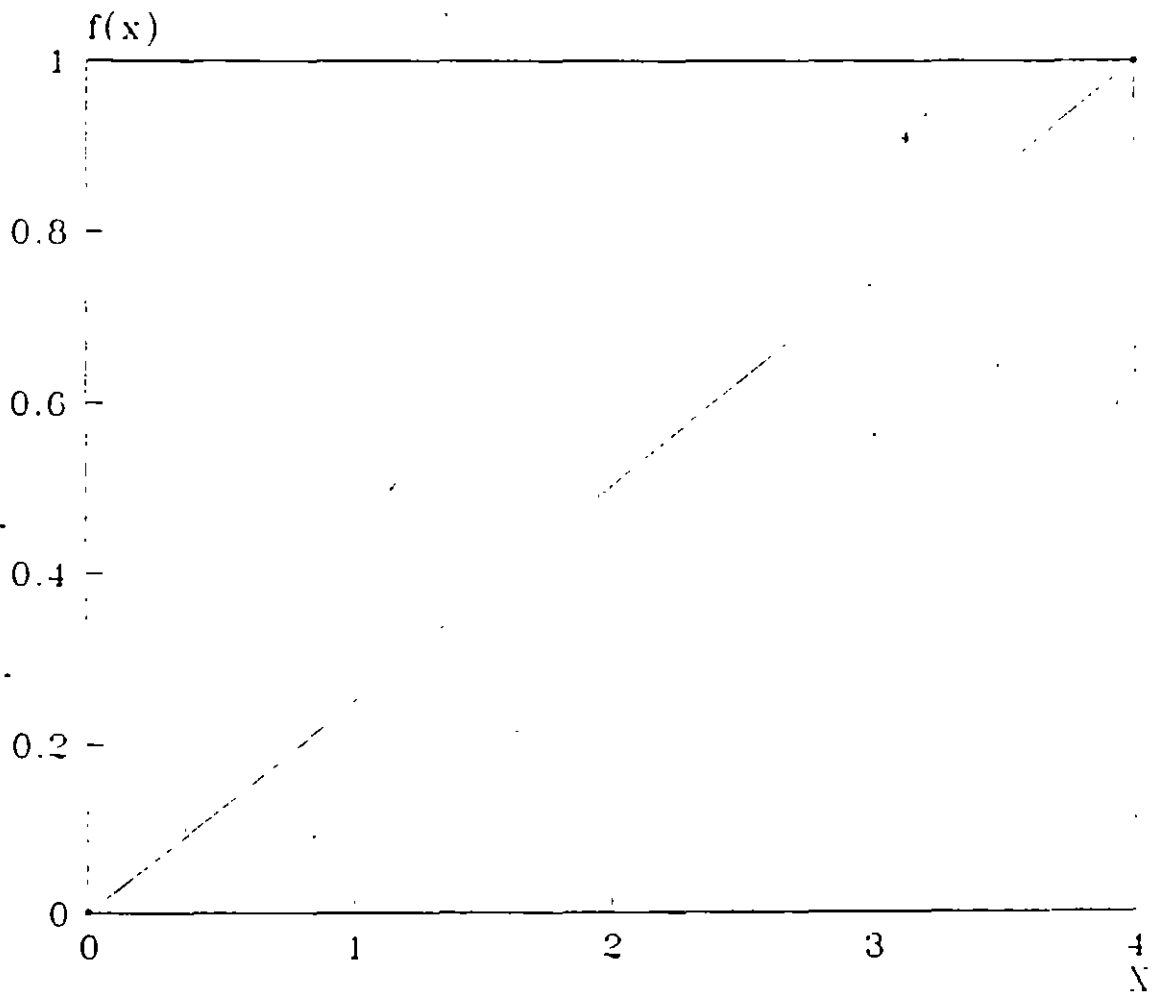


Fig. 4.1.1

FUNCION DE SENSIBILIDAD ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO (Adimensional)



— $f(x) = x/4 ; 0 \leq x \leq 4$

Fig 4.1.2

FUNCION DE SENSIBILIDAD CERCANIA A ZONAS URBANAS

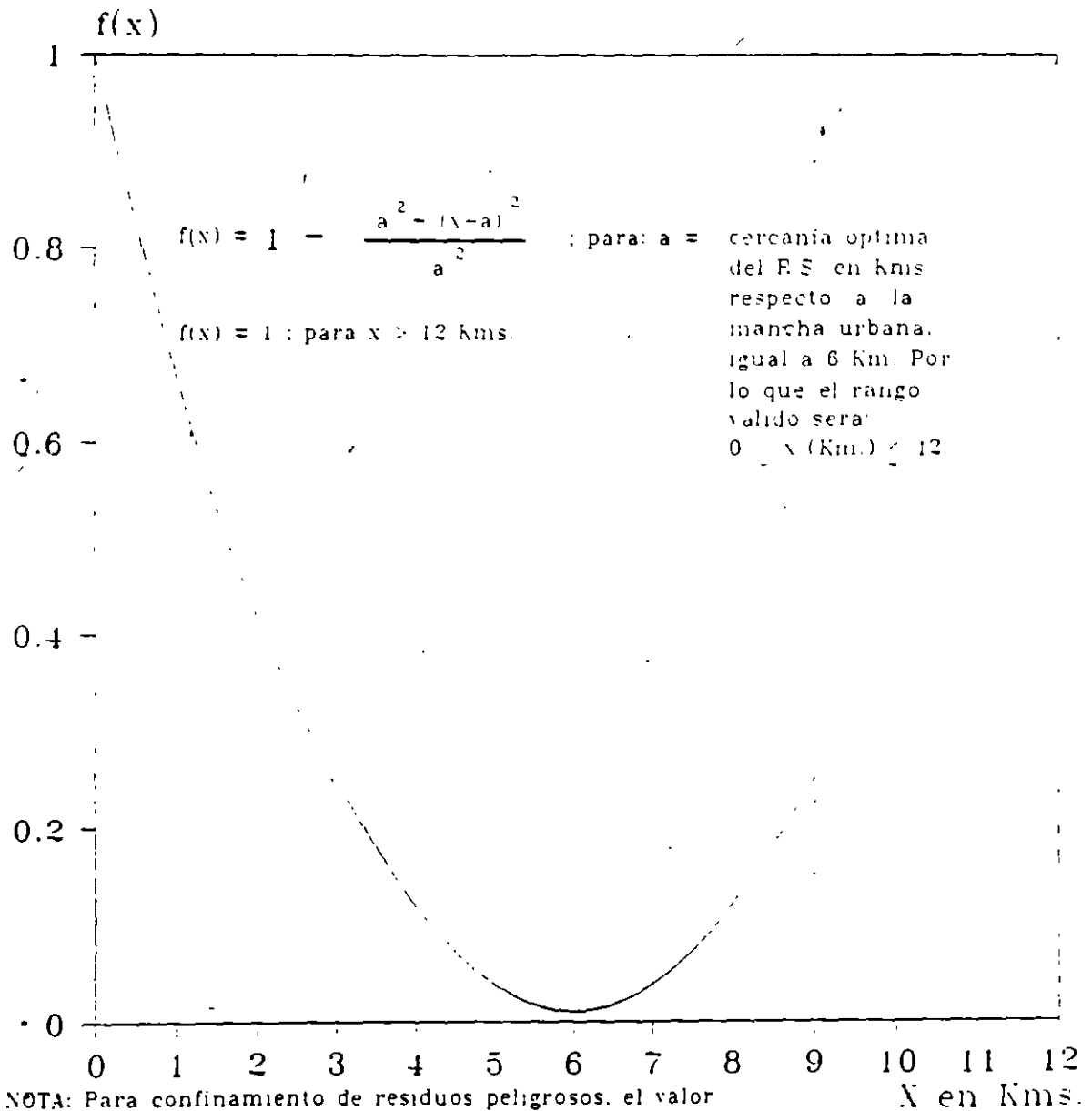


Fig. 4.1.3

FUNCION DE SENSIBILIDAD
INCIDENCIA DE VIENTOS
CRITERIO No. 1
(Adimensional)

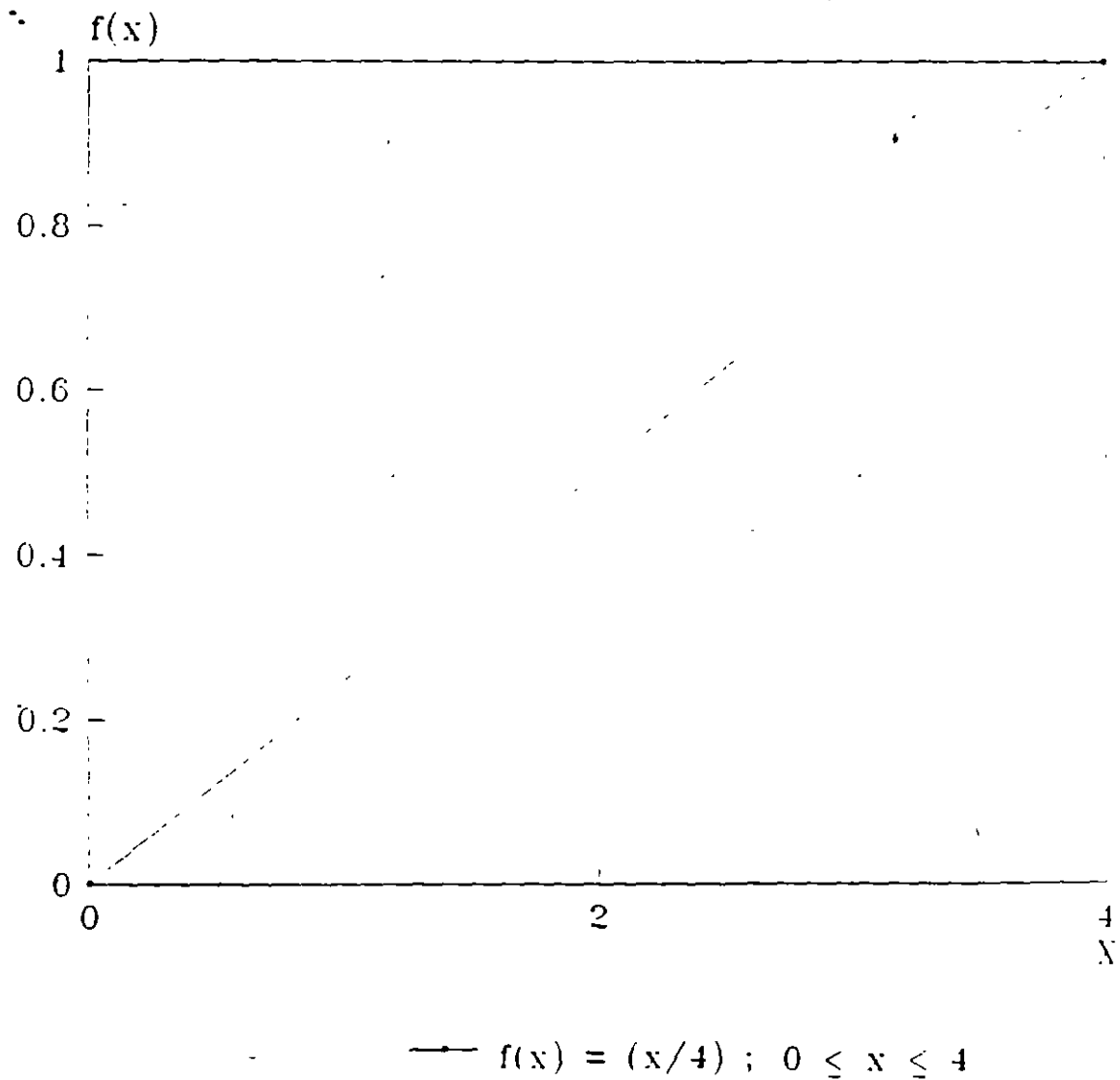
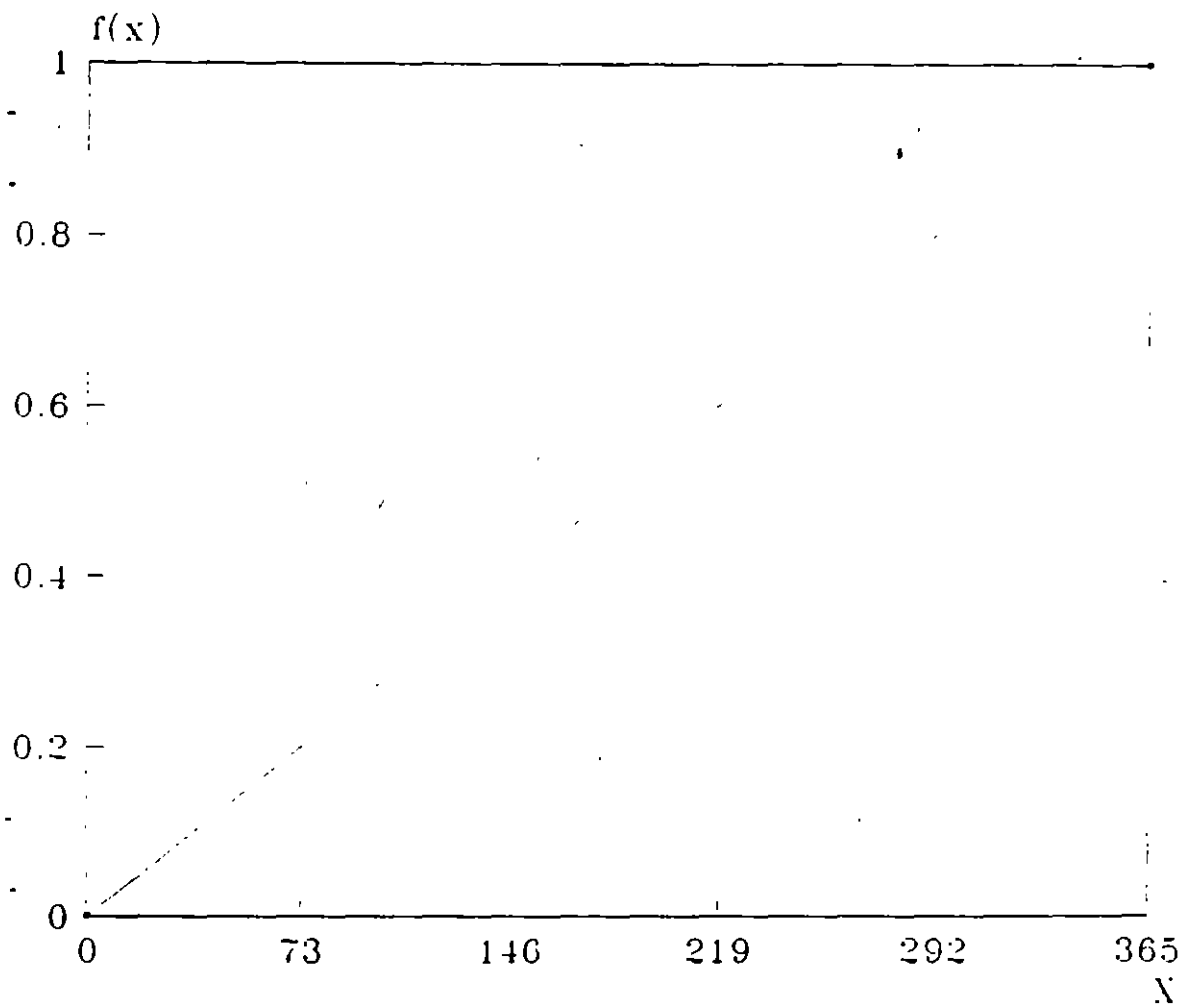


FIG 4 1.4

FUNCION DE SENSIBILIDAD
INCIDENCIA DE VIENTOS
CRITERIO No. 2
(Adimensional)



— $f(x) = x / 365 \quad 0 \leq x \leq 365$

Fig. 4.1.5

FUNCION DE SENSIBILIDAD
VISIBILIDAD DEL SITIO
(Adimensional)

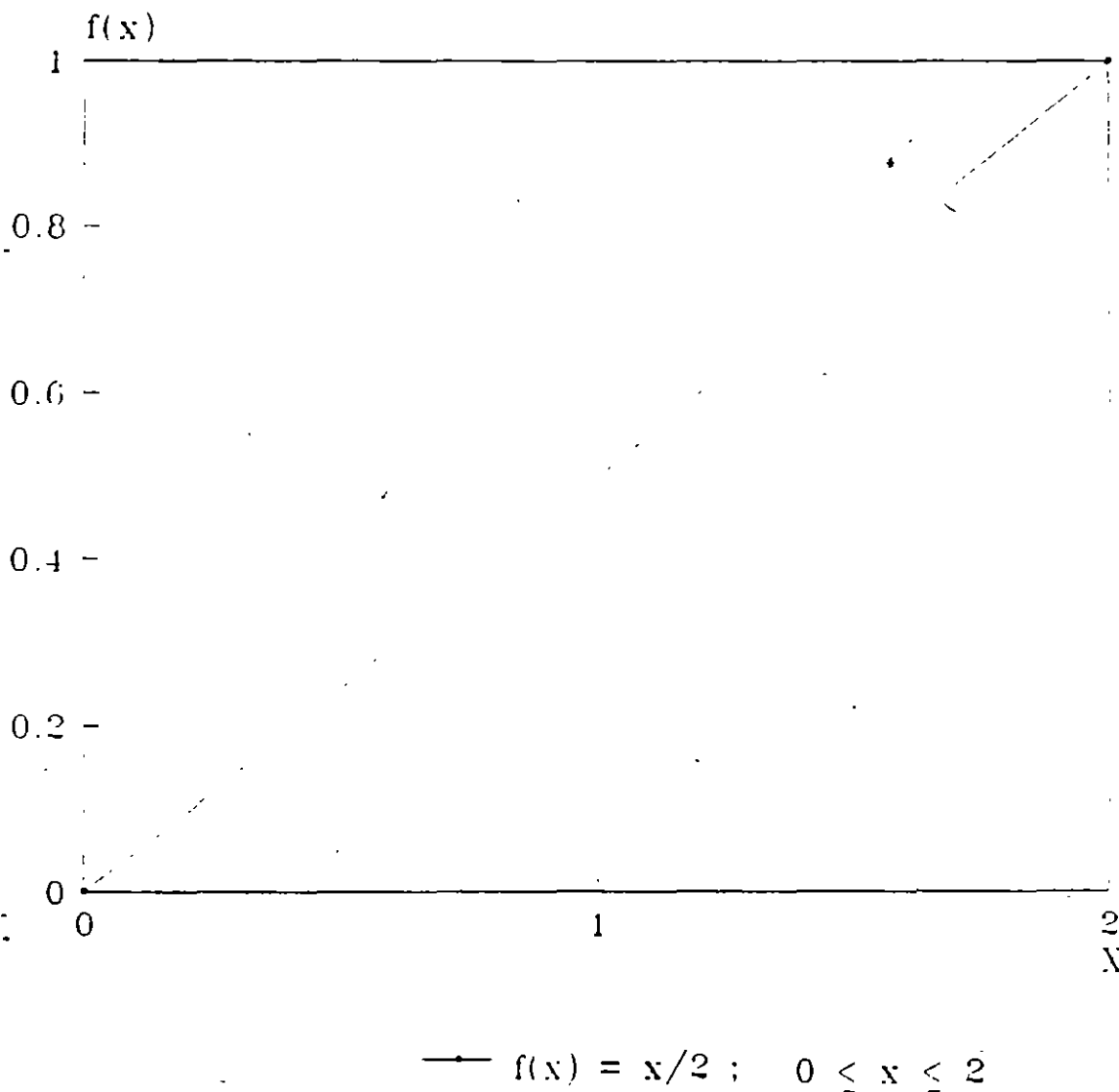
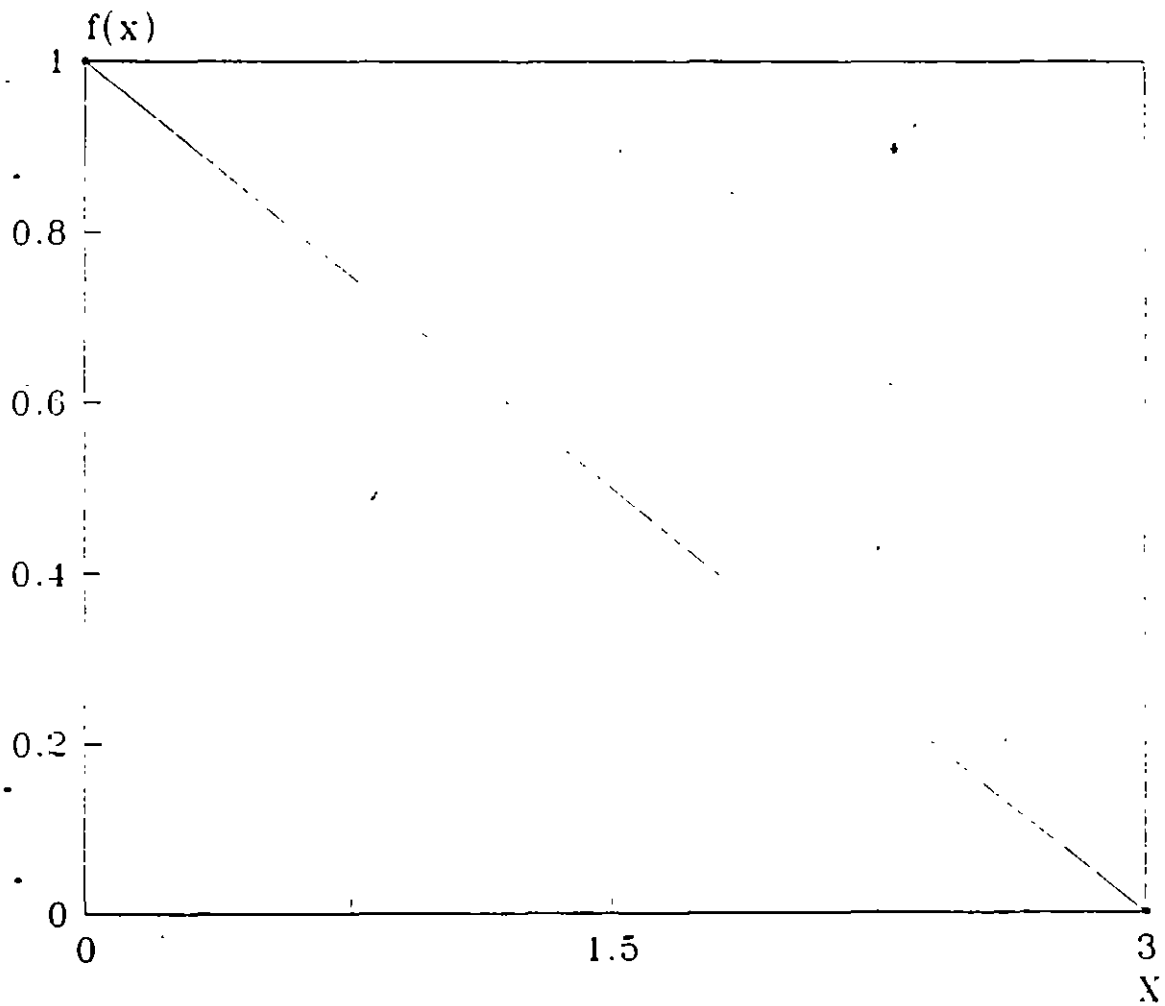


Fig 4.1.6

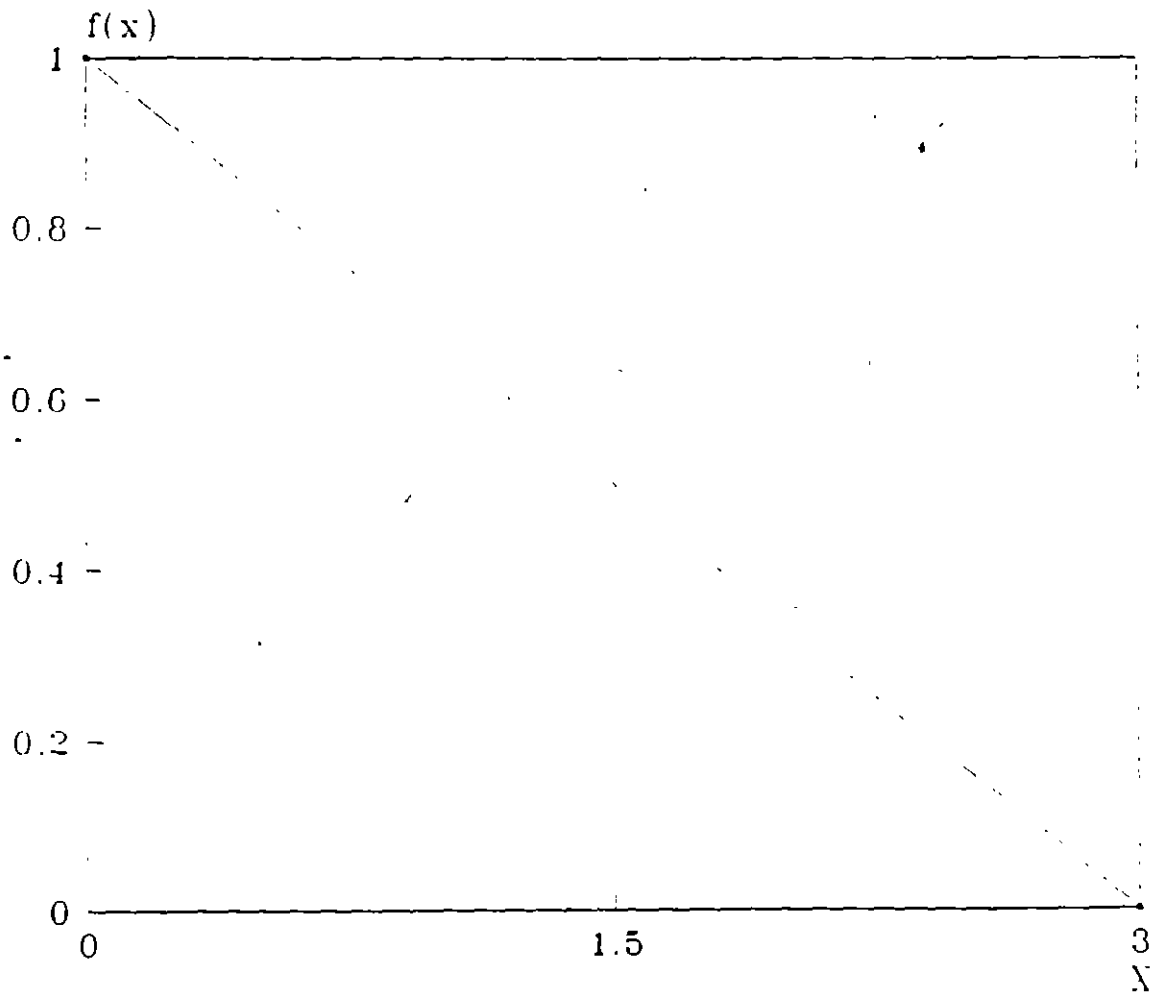
FUNCION DE SENSIBILIDAD
UBICACION RESPECTO A CUERPOS
DE AGUAS SUPERFICIALES
(Adimensional)



— $f(x) = 1 - (x/3) ; 0 \leq x \leq 3$

Fig 4 1.7

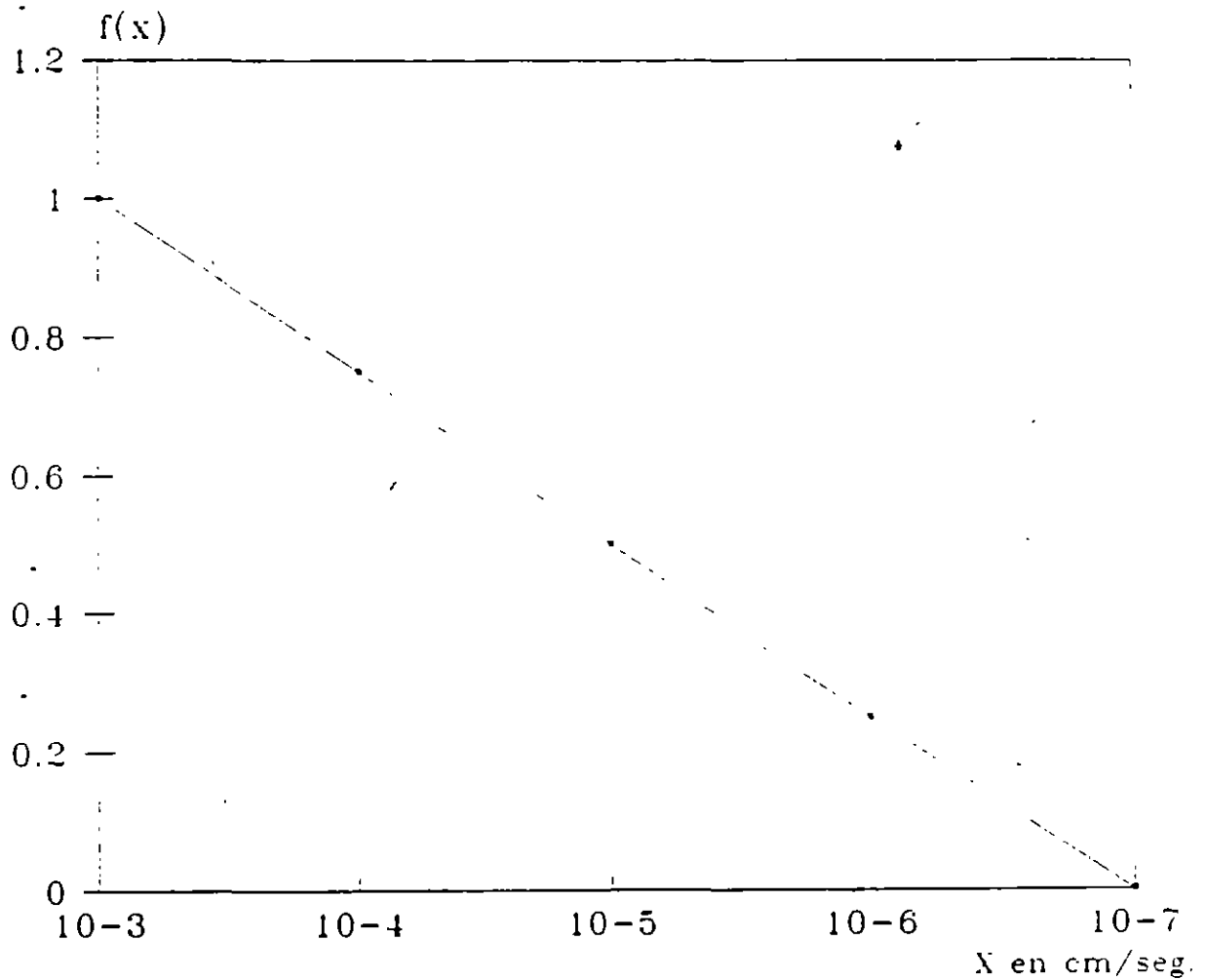
FUNCION DE SENSIBILIDAD
UBICACION DENTRO DE LA
CUENCA APORTANTE
(Adimensional)



— $f(x) = 1 - (x/3) ; 0 \leq x \leq 3$

Fig. 4.1.8

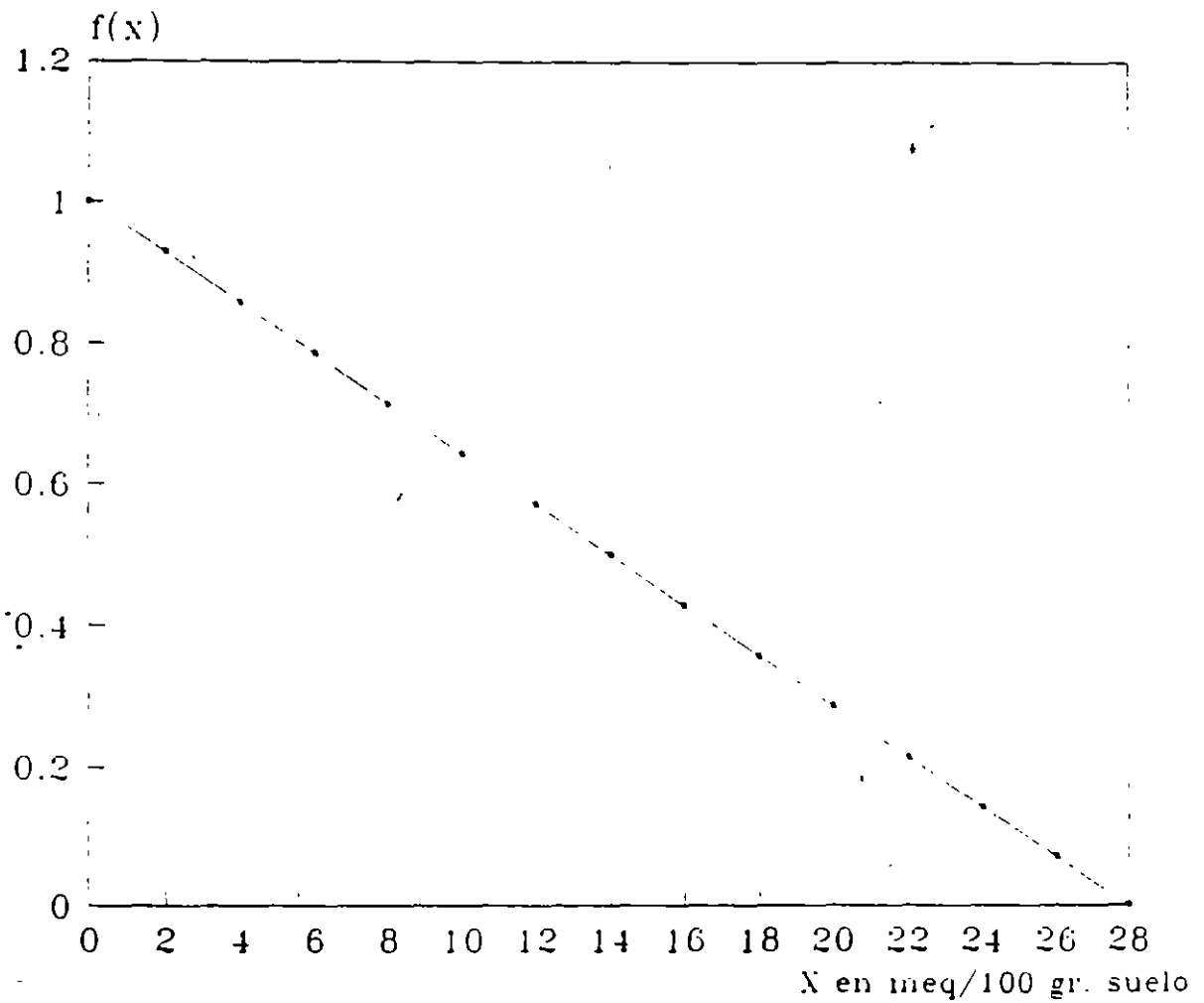
FUNCION DE SENSIBILIDAD CARACTERISTICAS DEL SUELO PERMEABILIDAD



$f(x) = k/f$ $f=10^{-3}$ para $k=10^{-3}$
 $f=1.34 \times 10^{-4}$ para $k=10^{-4}$
 $f=2 \times 10^{-5}$ para $k=10^{-5}$
 $f=4 \times 10^{-6}$ para $k=10^{-6}$
 $f=10^{-7}$ para $k=10^{-7}$

Fig. 419

FUNCION DE SENSIBILIDAD
CARACTERISTICAS DEL SUELO
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO
CATIONICO



—•— $f(x) = 1 - (x/28)$

$0 \leq x \leq 28$

Fig 4.1 10

FUNCION DE SENSIBILIDAD PROFUNDIDAD DEL MANTO FREATICO

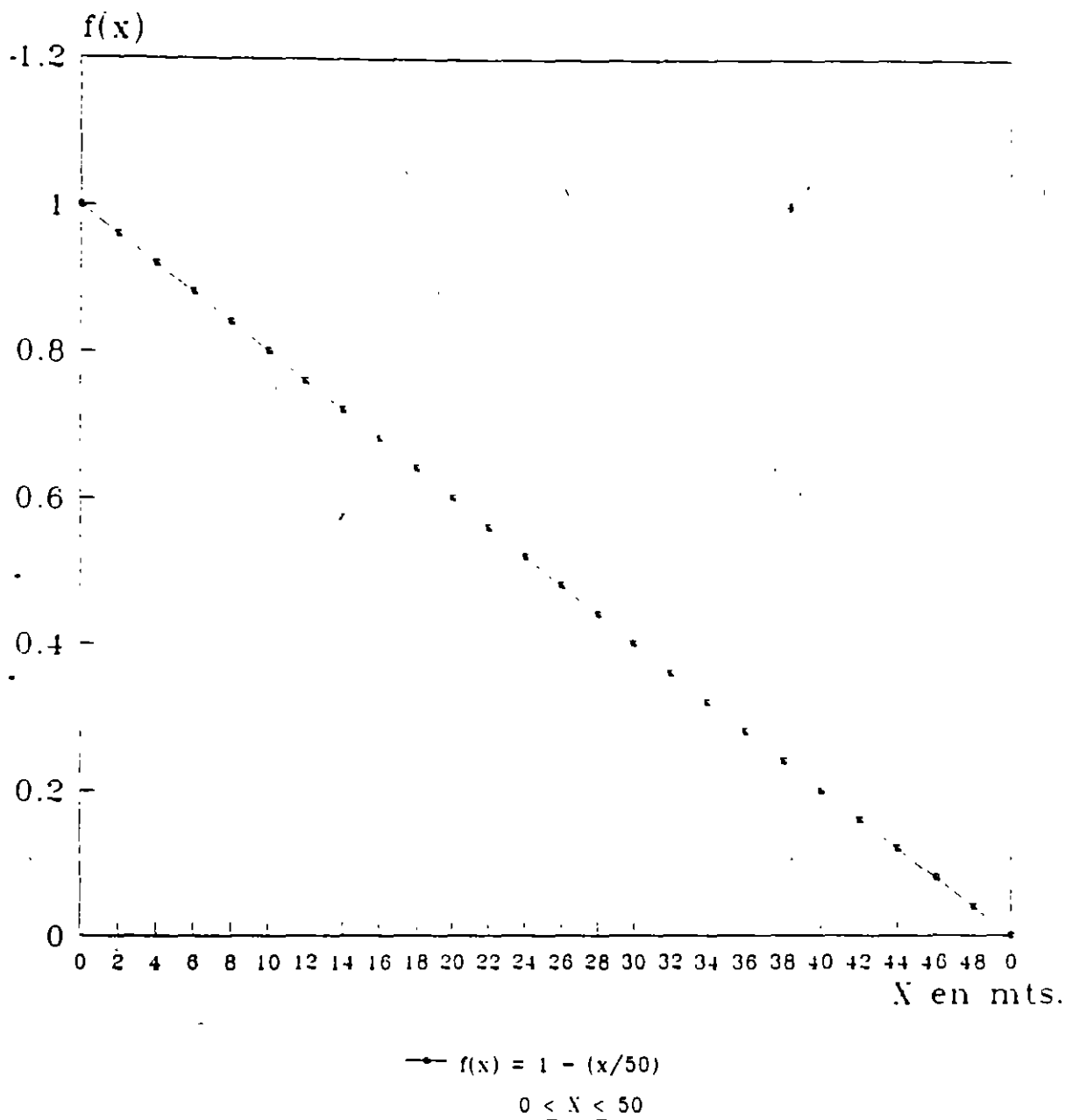
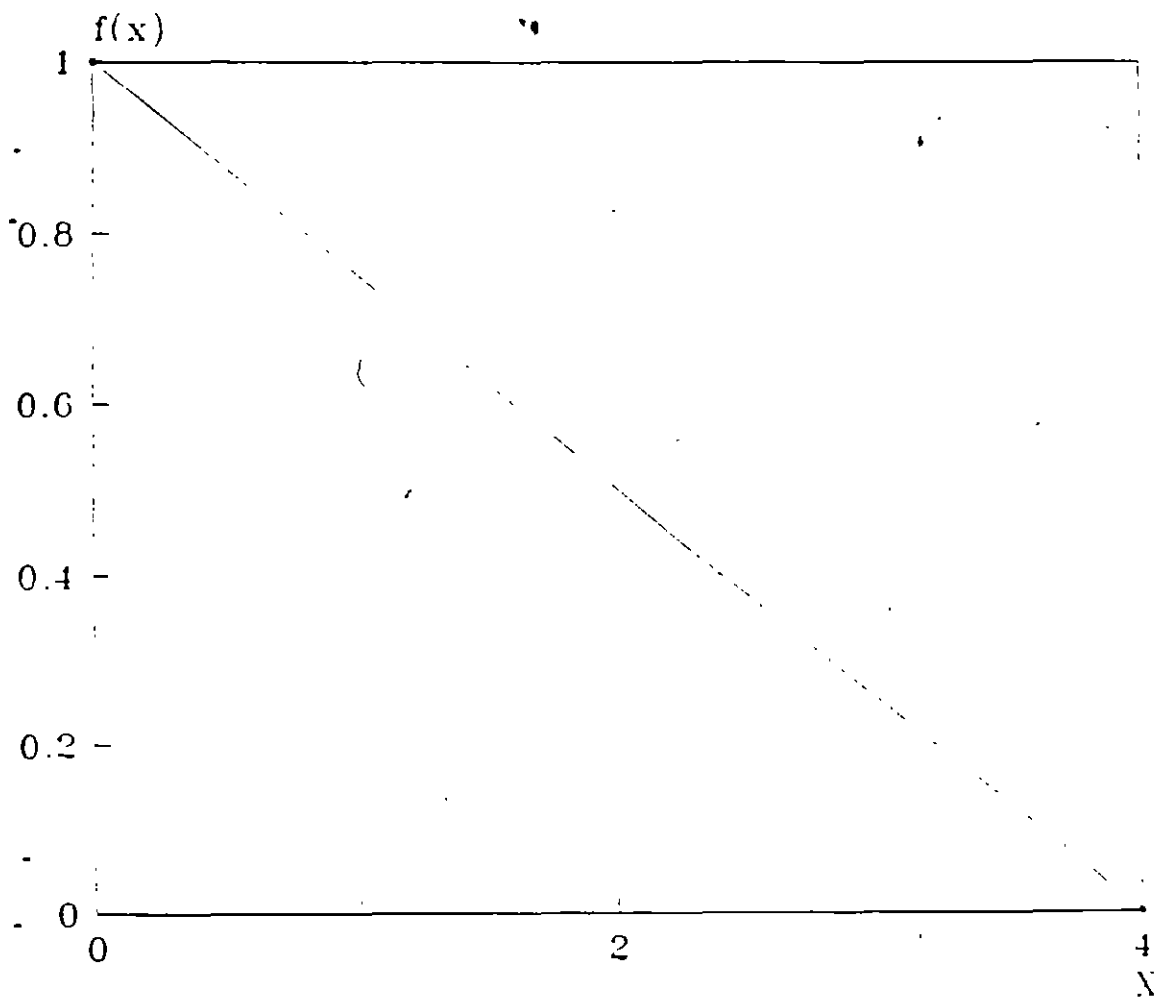


Fig. 4.1.11

FUNCION DE SENSIBILIDAD
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO
(Adimensional)



— $f(x) = 1 - (x/4) ; 0 \leq x \leq 4$

Fig 4 1 12

que el pago es una regla que indica cuanto recibirá un jugador del otro, cuando ambos eligen una estrategia particular de sus respectivos conjuntos de estrategias

4.2 Aplicación del Método Propuesto.

Con el objeto de ejemplificar la aplicación del método antes descrito, se consideraron dos sitios hipotéticos para ubicar un relleno sanitario, cuyas características se presentan en el Cuadro No. 4.2.1. El desarrollo del método incluye el establecimiento de las "Matrices de calificación" de factores de campo (Cuadro No. 4.2.2) y de las de "Matrices de pagos" (Cuadro No. 4.2.3), estas últimas a partir de la aplicación de las funciones de sensibilidad y de la utilización de la "Matriz de contribuciones proporcionales"

Las matrices del Cuadro No. 4.2.3, deben leerse de este modo

"La calidad ambiental de un determinado sitio donde se pretende implantar un relleno sanitario, puede sufrir un cierto deterioro en los diferentes elementos ambientales de su entorno que lo caracterizan. Este deterioro está valuado en la matriz de pagos correspondiente, debiéndose a las acciones del hombre representadas en este caso, por los factores de campo "

CUADRO No. 4.2.1

CARACTERISTICAS DE LOS SITIOS HIPOTETICOS

FACTOR DE CAMPO	SITIO 1	SITIO 2
MATERIAL PARA COBERTURA DE LOS RESIDUOS	AUTOSUFICIENTE	ACARREOS MENORES A 5 Kms
ACONDICIONAMIENTO AL SITIO	SIMULTANEO	PREVIO CON POCA DIFICULTAD
CERCANIA A ZONAS URBANAS	3 Km	10 Km
INCIDENCIA DE VIENTOS	NO INCIDEN SOBRE LA POBLACION	INCIDEN DIRECTAMENTE SOBRE LA POBLACION
VISIBILIDAD DEL SITIO	VISIBLE	SEMIOCULTO
UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	FUERA DE AREAS APORTADORAS DE CUERPOS DE AGUA, PERO DESCARGANDO A UN ESCURRIMIENTO NATURAL PERMANENTE	UBICADO EN AREA DE APORTACION DE UNA PRESA
UBICACION DEL SITIO DENTRO DE LA CUENCA APORTANTE	ES INICIO DE CUENCA O ESCURRIMIENTO	EN INCISO DE CUENCA O ESCURRIMIENTO
PERMEABILIDAD (K)	1×10^{-4} cm s	1×10^{-4} cm s
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (K)	5 meq 100 gr	8 meq 100 gr
PROFUNDIDAD DEL MANTO ACUIFERO	25 m	40 m
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO	DE TERRACERJA	DE TERRACERIA

CUADRO No. 4.2.2

MATRICES "DE CALIFICACION" DE FACTOR DE CAMPO

FACTOR DE CAMPO	CALIFICACION	
	SITIO 1	SITIO 2
MATERIAL PARA COBERTURA DE LOS RESIDUOS	0	0.35
ACONDICIONAMIENTO AL SITIO	0	0.50
CERCANIA A ZONAS URBANAS	0.26	0.43
INCIDENCIA DE VIENTOS	0	1.0
VISIBILIDAD DEL SITIO	1.0	0.50
UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	0.50	1.0
UBICACION DEL SITIO DENTRO DE LA CUENCA APORTANTE	0	0
PERMEABILIDAD (K)	0.50	0.25
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (K)	0.82	0.71
PROFUNDIDAD DEL MANTO ACUIFERO	0.50	0.20
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO	0.50	0.5

CUADRO No. 4.2.3

MATRICES DE PAGOS PARA EL JUEGO "ACCIONES DEL HOMBRE" (FACTOR DE CAMPO)
 CONTRA SU "ENTORNO" (ELEMENTOS DEL ENTORNO) CORRESPONDIENTES A
 LOS SITIOS HIPOTETICOS CONSIDERADOS EN EL ANALISIS

evaluación por PL Simplex

	FACTORES DE CAMPO (HOMBRE)	MATERIAL PARA COBERTURA DE LOS RESIDUOS	ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO	CERCANIA A ZONAS URBANAS	INCIDENCIA DE VIENTOS	VISIBILIDAD DEL SITIO	UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUA SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	UBICACION DEL SITIO DENTRO DE LA CUENCA APORTANTE	PERMEABILIDAD (K)	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO IONICO (CIC)	PROFUNDIDAD DEL MANTO FREATICO	EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO
S I I O	AIRE	0	0	0.052	0	0	0	0	0	0	0	0.100
	AGUA	0	0	0.039	0	0	0.25	0	0.25	0.328	0.25	0
No.	SUELO	0	0	0.039	0	0	0	0	0.10	0.205	0.075	0.075
	BIENESTAR	0	0	0.065	0	1.0	0.10	0	0	0	0.05	0.200
1	SALUD	0	0	0.065	0	0	0.15	0	0.15	0.287	0.125	0.125
S I I O	AIRE	0.035	0.125	0.086	0.30	0	0	0	0	0	0	0.100
	AGUA	0.122	0.075	0.0645	0.15	0	0.50	0	0.125	0.285	0.10	0
No.	SUELO	0.122	0.100	0.0645	0.05	0	0	0	0.050	0.177	0.03	0.075
	BIENESTAR	0	0.125	0.1075	0.25	0.50	0.20	0	0	0	0.02	0.200
2	SALUD	0.070	0.075	0.1075	0.25	0	0.30	0	0	0.25	0.05	0.125

La transformación de una matriz de pagos en un problema de programación lineal, sólo se ejemplifica para el sitio No. 1, con fines meramente ilustrativos. El problema formulado, siempre será de maximización, ya que tratan de identificar las acciones del hombre que más afectan a la naturaleza, con el fin de seleccionar aquel sitio que involucre un menor daño al ambiente, por la implantación de un relleno sanitario

El procedimiento para la transformación de las matrices de pagos en un problema típico de programación lineal, para ser resuelto mediante el método simplex, se describe a continuación

a) Se obtiene un sistema de restricciones original, a partir de la matriz de pagos.

SISTEMA INICIAL DE RESTRICCIONES

$$\begin{aligned}
 0x_1 + 0x_2 + 0.052x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0.10x_{11} &\geq \tau \\
 0x_1 + 0x_2 + 0.039x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0.25x_6 + 0x_7 + 0.25x_8 + 0.32x_9 + 0.25x_{10} + 0x_{11} &\geq \tau \\
 0x_1 + 0x_2 + 0.039x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0.10x_8 + 0.205x_9 + 0.075x_{10} + 0.075x_{11} &\geq \tau \\
 0x_1 + 0x_2 + 0.065x_3 + 0x_4 + x_5 + 0.10x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0.053x_{10} + 0.20x_{11} &\geq \tau \\
 0x_1 + 0x_2 + 0.065x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0.15x_6 + 0x_7 + 0.15x_8 + 0.287x_9 + 0.125x_{10} + 0.125x_{11} &\geq \tau \\
 x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} &= 1
 \end{aligned}$$

$$\forall x_i \geq 0$$

RESTANDO VARIABLES DE HOLGURA NO NEGATIVAS TENEMOS:

$$\begin{aligned}
 0x_1 + 0x_2 + 0.052x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0.10x_{11} - x_{12} &= \tau \\
 0x_1 + 0x_2 + 0.039x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0.25x_6 + 0x_7 + 0.25x_8 + 0.32x_9 + 0.25x_{10} + 0x_{11} - x_{13} &= \tau \\
 0x_1 + 0x_2 + 0.039x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0.10x_8 + 0.205x_9 + 0.075x_{10} + 0.075x_{11} - x_{14} &= \tau \\
 0x_1 + 0x_2 + 0.065x_3 + 0x_4 + x_5 + 0.10x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0.053x_{10} + 0.20x_{11} - x_{15} &= \tau \\
 0x_1 + 0x_2 + 0.065x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0.15x_6 + 0x_7 + 0.15x_8 + 0.287x_9 + 0.125x_{10} + 0.125x_{11} - x_{16} &= \tau \\
 x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} &= 1
 \end{aligned}$$

$$\forall x_i \geq 0$$

**RESTANDO LA PRIMERA ECUACION, DE LA SEGUNDA, TERCERA,
CUARTA Y QUINTA ECUACION, SE ENCUENTRA EL
PROBLEMA DE PROGRAMACION LINEAL,
CONSISTENTE EN MAXIMIZAR:**

$$Z = 0x_1 + 0x_2 + 0.052x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0.10x_{11} - x_{12} = 0$$

$$\begin{aligned} 0x_1 + 0x_2 - 0.013x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0.25x_6 + 0x_7 + 0.25x_8 + 0.32x_9 + 0.25x_{10} - 0.10x_{11} + x_{12} - x_{13} &= 0 \\ 0x_1 + 0x_2 - 0.013x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0.010x_8 + 0.205x_9 + 0.075x_{10} - 0.025x_{11} + x_{12} - x_{14} &= 0 \\ 0x_1 + 0x_2 + 0.013x_3 + 0x_4 + x_5 + 0.10x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0.05x_{10} + 0.10x_{11} + x_{12} - x_{15} &= 0 \\ 0x_1 + 0x_2 + 0.013x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0.15x_6 + 0x_7 + 0.15x_8 + 0.287x_9 + 0.125x_{10} + 0.025x_{11} + x_{12} - x_{16} &= 0 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} &= 1 \end{aligned}$$

$$\forall x_i \geq 0$$

Puesto que las técnicas de cálculo para la solución directa de problemas de programación lineal de grandes dimensiones son bastantes engorrosas, se empleó un programa de computadora para resolver el problema de programación lineal asociado al juego planteado en la matriz de pagos establecidos anteriormente.

Dicho programa de computadora, se encuentra en Lenguaje BASIC y resuelve problemas tanto de maximización como de minimización, empleando el Método Simplex convencional. Las corridas del programa, se realizaron en un micropcesador de tipo personal.

A continuación se presentan los resultados de la solución al problema de programación lineal antes formulado, obtenidos mediante la corrida del programa de computadora mencionado anteriormente.

PROGRAMA SALMA

PROGRAMA PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PROGRAMACION LINEAL
(Maximización y Minimización), CON EL METODO SIMPLEX

EL LISTADO DARA EL ARREGLO SIMPLEX Y BASE EN CADA ITERACION

SUS VARIABLES 1 HASTA 16
VARIABLES ARTIFICIALES 17 HASTA 21

ARREGLO SIMPLEX DESPUES DE 0 ITERACIONES

0 0000	0 0000	-0 0130	0 0000	0 0000	0.2500	0 0000	0.2500	0 3200	0 2500
-1 0000	0 0000	0 0000	0 0000	1 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000
0 0000	0 0000	-0 0130	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 1000	0 2050	0 0750
0 0000	-1.0000	0 0000	0 0000	0 0000	1 0000	0.0000	0.0000	0.0000	0 0000
0 0000	0 0000	0 0130	0 0000	1 0000	0 1000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0500
0 0000	0 0000	-1 0000	0 0000	0 0000	0 0000	-1 0000	0 0000	0 0000	0 0000
0 0000	0 0000	0 0130	0 0000	0 0000	0 1500	0 0000	0 1500	0 2870	0 1250
0 0000	0 0000	0 0000	-1 0000	0 0000	0 0000	0 0000	1 0000	0 0000	0 0000
1 0000	1 0000	1 0000	1 0000	1 0000	1 0000	1 0000	1 0000	1 0000	1 0000
0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	1 0000	1 0000
0 0000	0 0000	-0 0520	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000
0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000
-1 0000	-1 0000	-1 0000	-1 0000	-2 0000	-1 5000	-1 0000	-1.5000	-1 8120	-1 5000
1 0000	1 0000	1 0000	1 0000	1 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000

BASE ANTES DE LA ITERACION 1

VARIABLE	VALOR
17	0
18	0
19	0
20	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 2

VARIABLE	VALOR
17	0
18	0
19	0
20	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 3

VARIABLE	VALOR
17	0
18	0
16	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 4

VARIABLE	VALOR
17	0
15	0
16	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 5

VARIABLE	VALOR
6	0
15	0
16	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 6

VARIABLE	VALOR
6	1
15	1
16	15
12	0
13	25

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 7

VARIABLE	VALOR
6	1
15	1
16	15
9	0
13	25

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 8

VARIABLE	VALOR
6	1785715
15	9.107143E-02
16	7.071429E-02
9	8.928571E-02
11	7321429

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 7.321429E-02

RESPUESTAS

VARIABLE	VALOR
14	2.97612E-02
15	7.619048E-02
16	8.738096E-02
9	.2380953
11	7619048

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 7.619048E-02

VARIABLES DUALES

VARIABLE	VALOR
17	-2380952
18	0
19	0
20	0
21	7.619048E-02

ARREGLO, SIMPLIX DESPUES DE 8 ITERACIONES

0.0298	0.0298	-0.0356	0.0298	0.0298	0.1667	0.0298	0.0667	0.0000	0.0917
-0.5476	1.0000	0.0000	0.0000	0.5476	-1.0000	0.0000	0.0000	0.0298	0.0298
0.0762	0.0762	-0.0663	0.0762	-0.9238	0.0833	0.0762	0.0167	0.0000	-0.0333
0.2381	0.0000	0.0000	0.0000	-0.2381	0.0000	-1.0000	0.0000	0.0762	0.0762
0.0874	0.0874	0.0663	0.0874	0.0874	0.0933	0.0874	0.0933	0.0000	0.1183
-0.6238	0.0000	0.0000	1.0000	0.6238	0.0000	0.0000	-1.0000	0.0874	0.0874
0.2381	0.2381	0.2071	0.2381	0.2381	0.8333	0.2381	0.8333	1.0000	0.8333
-2.3810	0.0000	0.0000	0.0000	2.3810	0.0000	0.0000	0.0000	0.2381	0.2381
0.7619	0.7619	0.7929	0.7619	0.7619	0.1667	0.7619	0.1667	0.0000	0.1667
0.2381	0.0000	0.0000	0.0000	-2.3810	0.0000	0.0000	0.0000	0.7619	0.7619
0.0762	0.0762	0.0273	0.0762	0.0762	0.0167	0.0762	0.0167	0.0000	0.0167
0.2381	0.0000	0.0000	0.0000	-0.2381	0.0000	0.0000	0.0000	0.0762	0.0762

NOTA

Cuando su problema sea de minimización y el signo de la función objetivo obtenida del computador sea negativo, deberá cambiarse a positivo

PROGRAMA SALMA

PROGRAMA PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PROGRAMACION LINEAL
(Maximización y Minimización), CON EL METODO SIMPLEX

EL LISTADO DARA EL ARREGLO SIMPLEX Y BASE EN CADA ITERACION

SUS VARIABLES 1 HASTA 16
VARIABLES ARTIFICIALES 17 HASTA 21

ARREGLO SIMPLEX DESPUES DE 0 ITERACIONES

0 0870	-0 0500	-0 0215	-0.1500	0 0000	0.5000	0 0000	0 1250	0 2850	0 1000
-1 0000	0 0000	0 0000	0 0000	1 0000	0.0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000
0 0870	-0 0250	-0 0215	0 2500	0 0000	0 0000	0 0000	0 0500	0 1770	0 0300
0 0000	-1 0000	0 0000	0 0000	0 0000	1 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000
-0 0350	0 0000	0 0215	-0 0500	0 5000	0 2000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0200
0 0000	0 0000	-1 0000	0 0000	0 0000	0 0000	1 0000	0 0000	0 0000	0 0000
0 0350	-0 0500	0 0215	-0 0500	0 0000	0 3000	0 0000	0 0750	0 2500	0 0500
0 0000	0 0000	0 0000	-1 0000	0 0000	0 0000	0 0000	1 0000	0 0000	0 0000
1 0000	1 0000	1 0000	1 0000	1 0000	1.0000	1 0000	1 0000	1 0000	1 0000
0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	1 0000	1 0000
-0 0350	-0 1250	-0 0860	-0 3000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000
0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000
-1 1740	-0 8750	-1 0000	-0 5000	-1 5000	-2 0000	-1 0000	-1 2500	-1 7120	-1 2000
1 0000	1 0000	1 0000	1 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000	0 0000

BASE ANTES DE LA ITERACION 1

VARIABLE	VALOR
17	0
18	0
19	0
20	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 2

VARIABLE	VALOR
17	0
18	0
19	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 3

VARIABLE	VALOR
17	0
18	0
15	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 4

VARIABLE	VALOR
17	0
15	0
16	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 5

VARIABLE	VALOR
6	0
15	0
16	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 6

VARIABLE	VALOR
6	1
15	2
16	3
12	0
13	5

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 7

VARIABLE	VALOR
6	1
15	2
16	3
9	0
13	5

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 8

VARIABLE	VALOR
6	9.389914E-02
15	.3755969
16	1420159
9	.530504
11	.1418037

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 112679

BASE ANTES DE LA ITERACION 9

VARIABLE	VALOR
12	2.347478E-02
4	469496
16	132626
9	.530504
13	104244

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 117374

RESPUESTAS

VARIABLE	VALOR
5	3.980208E-02
15	3980212
16	1206431
9	5621767
11	1005172

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 1194063

VARIABLES DUALES

COLUMNA	VALOR
17	0
18	-6746121
19	-2388127
20	0
21	1194063

ARREGLO SIMPLEX DESPUES DE 9 ITERACIONES

-0.0470	0.0454	0.0859	0.0000	1.0000	0.4239	0.0398	0.0286	0.0000	0.0715
0.0000	0.2249	-1.9204	0.0000	0.0000	-0.2249	1.9204	0.0000	0.0398	0.0398
0.2302	0.4542	0.4293	1.0000	0.0000	0.2388	0.3980	0.2856	0.0000	0.3145
0.0000	2.2487	0.7960	0.0000	0.0000	-2.2487	-0.7960	0.0000	0.3980	0.3980
0.1577	0.1524	0.0782	0.0000	0.0000	-0.2276	0.1206	0.0822	0.0000	0.0877
0.0000	-0.7308	0.2413	1.0000	0.0000	0.7308	0.2413	-1.0000	0.1206	0.1206
0.8167	0.5003	0.4848	0.0000	0.0000	0.3373	0.5622	0.6859	1.0000	0.6139
0.0000	-2.4736	1.1244	0.0000	0.0000	2.4736	-1.1244	0.0000	0.5622	0.5622
0.1112	0.1245	0.0953	0.0000	0.0000	-0.4397	0.1005	0.0276	0.0000	0.0278
1.0000	-1.0423	0.2010	0.0000	-1.0000	1.0423	-0.2010	0.0000	0.1005	0.1005
0.0341	0.0113	0.0428	0.0000	0.0000	0.0716	0.1194	0.0857	0.0000	0.0944
0.0000	0.6746	0.2388	0.0000	0.0000	-0.6746	0.2388	0.0000	0.1194	0.1194

NOTA

Cuando su problema sea de minimización y el signo de la función objetivo obtenida del computador sea negativo, deberá cambiarse a positivo

4.3 Interpretación de Resultados.

4.3.1 Estrategias del Hombre.

La estrategia obtenida para el juego en cuestión, tanto para el sitio No 1 como para el No. 2, es la siguiente

ACCIONES DEL HOMBRE	SITIO 1	SITIO 2
MATERIAL PARA COBERTURA DE LOS RESIDUOS (X ₁)	0	1.0
ACONDICIONAMIENTO AL SITIO (X ₂)	0	0
CERCANIA A ZONAS URBANAS (X ₃)	0	0
INCIDENCIA DE VIENTOS (X ₄)	0	0.3980212
VISIBILIDAD DEL SITIO (X ₅)	0	0.03980208
UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE (X ₆)	0	0
UBICACION DEL SITIO DENTRO DE LA CUENCA APORTANTE (X ₇)	0	0
PERMEABILIDAD (K) (X ₈)	0	0
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC) (X ₉)	0.2380953	0.5621767
PROFUNDIDAD DEL MANTO ACUIFERO (X ₁₀)	0	0
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO (X ₁₁)	0.7619048	0
S U M A	1.00	1.00

De manera tal que se cumple la condición

$$X = \sum_{i=1}^n x_i = 10$$

donde $n = 11$, para este caso

El valor del juego para los sitios analizados fueron los siguientes

$$\text{Sitio No 1} = 0.07619 = \tau$$

$$\text{Sitio No 2} = 0.11940 = \tau$$

Esto es fácil de corroborar, si se analiza y desarrolla la función objetivo

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^{11} a_i x_i = \tau$$

Las estrategias indicadas anteriormente para ambos sitios, son las que maximizan las "ganancias" del hombre, es decir, son las acciones que mayormente afectarían a la naturaleza

Para el Sitio No 1, existe una estrategia mixta, que maximiza las ganancias del hombre, donde las acciones de mayor afectación ambiental se reportan a continuación, en orden jerárquico o de importancia.

FACTOR DE CAMPO	IMPORTANCIA
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO	0.7619048
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	0.2380955

Estos valores son los que maximizan la afectación ambiental para el sitio No 1.

Para el Sitio No 2, también existe una estrategia mixta, con las siguientes acciones del hombre en orden de importancia en cuanto a la afectación del ambiente

FACTOR DE IMPORTANCIA	IMPORTANCIA
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	0.5621767
INCIDENCIA DE VIENTOS	0.3980212
PROFUNDIDAD DEL MANTO FREATICO	0.03980208

Estos valores son los que maximizan la afectación ambiental para el sitio No 2

4.3.2 Estrategias del Entorno.

La solución a todo problema de programación lineal, contiene dentro de la misma, una solución al problema "dual"; que para este caso representan las estrategias del entorno para el juego en cuestión, las cuales se presentan a continuación, tanto para el Sitio No 1 como para el Sitio No

2

ACCIONES DEL ENTORNO	SITIO No 1	SITIO No. 2
AIRE	- 0.2380952	0
AGUA	0	- 0.6746121
SUELO	0	- 0.2388127
BIENESTAR	0	0
SALUD	0.07619048	0.1194063

Como el problema primal tiene restricciones de igualdad las variables duales no están restringidas en cuanto al signo, por lo que la magnitud del impacto en los elementos de la naturaleza estará definida por su valor absoluto

De lo anterior puede verse que se cumple con la función objetivo del dual, la cual al desarrollarse con los valores de las variables duales, se obtiene el mismo valor del juego tanto para el Sitio No 1 como para el Sitio No 2, encontrado con el primal

Las estrategias indicadas anteriormente para ambos sitios son los que minimizan las "pérdidas" del entorno, es decir, son los elementos del entorno afectados por las acciones del hombre, que minimizan en forma global, la afectación ambiental por el efecto alterador del hombre

Para el Sitio No. 1 se deberá cuidar al Aire y la Salud en este orden de importancia, pudiendo despreciarse al Agua, Suelo y Bienestar

Para el sitio No. 2, se deberá poner especial cuidado en el Agua, en segundo término al Suelo, en tercero a la Salud, pudiendo despreciarse al Aire y al Bienestar

4.3.3 Selección del Mejor Sitio.

La definición del sitio más idóneo para establecer el relleno sanitario, se hace comparando los valores del juego obtenidos para ambos sitios, eligiendo aquel cuyo valor sea menor, o sea aquel sitio que involucre una menor ganancia para las acciones alteradoras del hombre hacia el entorno.

De acuerdo con lo anterior, de los dos sitios hipotéticos empleados para el análisis, se optaría por establecer el relleno sanitario en el clasificado como No 1

4.3.4 Comentarios Finales.

- Un método más sencillo de aplicar e implementar, sin tener que desarrollar toda la estructura metodológica que involucra la aplicación de un método de solución de problemas de programación lineal. Es aquel en donde tan solo se requiere, obtener las sumatorias de los renglones de la matriz de pagos, para después obtener la suma global de los resultados de tales sumatorias; con lo cual se hallará una sola cifra, que debe interpretarse como el valor de la afectación ambiental del sitio analizado. De la misma manera, este procedimiento se aplicará a los demás sitios, con el fin de comparar su "Valor de Afectación Ambiental" o valor del juego en cuestión, para elegir aquel sitio cuyo valor de afectación, sea mínimo.

Efectuando lo antes descrito se tiene:

SITIO	VALOR DE AFECTACION AMBIENTAL	JERARQUIA
No. 1	4 080	1ra OPCION
No 1	5 441	2da OPCION

Observando la tabla anterior, se concluye que el sitio No. 1, es el mas favorable para la implantación del relleno sanitario, ya que el valor de su afectación ambiental, es menor que para el sitio No. 2

- La metodología descrita en este trabajo, además de que permite seleccionar el mejor sitio para un relleno sanitario de entre varios propuestos; proporciona elementos para lograr una adecuada toma de decisiones en el control de la afectación ambiental del sitio elegido, ya que precisa aquellos elementos del entorno a los que se les debe poner más cuidado, así como las acciones alteradoras del hombre que pueden impactar al entorno con mayor grado, de manera que puedan tomarse medidas preventivas o correctivas, según sea el caso
- El establecimiento de funciones de sensibilidad reduce la subjetividad en la asignación de calificaciones del efecto que tiene cada factor de campo sobre los elementos del ambiente. No obstante existe cierta subjetividad en la formación de la matriz de "contribuciones proporcionales", que puede reducirse, si se desarrollan ciertas funciones de sensibilidad y se establecen convenientemente sus límites para la formación de dicha matriz
- En la aplicación del método, la información necesaria puede obtenerse fácil y económicamente, mediante ciertos análisis rutinarios de suelos e inspecciones de campo
- El método es lo suficientemente flexible, que permite modificar tanto los elementos del ambiente como los factores de campo de acuerdo a condiciones especiales y al criterio del analista
- La teoría de juegos es una herramienta muy poderosa que debe ser utilizada en el tratamiento de problemas de impacto ambiental
- La forma en que se planteó el problema de programación lineal para resolver el juego con el método simplex, asegura la obtención de las estrategias óptimas para ambos jugadores. Esto es importante mencionarlo, ya que existen otras formas para el planteamiento del análisis con las cuales no necesariamente se encuentran las estrategias óptimas

BIBLIOGRAFIA

- Sánchez G J "Evaluación de Impactos Ambientales en los Proyectos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales" Trabajo de Grado Mexico 1979
- Guillen F J. "Estrategia y Programación" Dirección de Estudios Hacendarios S H C.P Mexico 1964
- S. Vajda "Introducción a la Programación Lineal y a la Teoria de los Juegos" EUDESA Argentina 1972
- Póspielov D A "Teoria de Juegos y Automatas" Siglo XXI Editores, S A Mexico 1969
- Caffery P, David M, Ham K R, "Evaluation of Environmental Impact of Landfills" Journal of the Environmental Engineering Division ASCE. Feb. 1975
- SEDUE Dirección General de Prevencion y Control de la Contaminación Ambiental "Proyecto Tipo de Relleno Sanitario" México 1985

ANEXOS

DESCRIPCION DE LOS CRITERIOS CONSIDERADOS PARA LA DEFINICION DE
LOS FACTORES DE CAMPO, MAS COMUNMENTE EMPLEADOS PARA
IDENTIFICAR Y EVALUAR SITIOS PROPUESTOS PARA LA
UBICACION DE RELLENOS SANITARIOS

a) VIDA UTIL DEL SITIO

El predio, deberá contar con una superficie tal, que habiendo definido las cotas de piso terminado final del relleno sanitario; la oferta volumétrica asegure la operación del mismo, por lo menos durante cinco años.

b) MATERIAL PARA LA COBERTURA DE LOS RESIDUOS

Se buscará en la medida de lo posible, que el sitio cuente con suficiente material para la cobertura de los residuos sólidos, durante todo el periodo que estará en operación el relleno sanitario. En caso dado que no se cuente con material de cubierta dentro del sitio, se deberá identificar posibles bancos de préstamo de material de cobertura, lo más cercano al sitio en cuestión.

c) ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO

En lo posible, se tratará de encontrar un sitio que requiera lo menos posible de obras de adecuación y acondicionamiento, antes de que inicie la operación del relleno sanitario, ya que entre más trabajos de este tipo se requieran, mayor será el costo de inversión de dicha obra de ingeniería.

d) CERCANIA Y VIAS DE ACCESO

- Tanto la distancia como las condiciones del acceso al sitio elegido para alojar un relleno sanitario, inciden directamente sobre los costos de operación de cualquier sistema de manejo y disposición final de residuos sólidos; amén de disminuir la cobertura del servicio y dañar los elementos mecánicos de los vehículos recolectores. Por tal razón, siempre se buscará que el sitio en cuestión se halle no muy alejado de la mancha urbana, y bien comunicado con ella, con algún camino que sea transitable en todo tiempo.

i) CARACTERISTICAS DEL SUELO

Los líquidos contaminantes que pueden producirse en cualquier sitio de disposición final de residuos sólidos, podrán también percolarse por todo el estrato de basura, una vez que haya sido satisfecha la capacidad de campo de esta última, infiltrándose en el suelo hasta penetrar en el manto acuífero, contaminado a ambos elementos. Considerando lo anterior, se debe prever que el suelo del sitio reúna en lo posible, características tanto de impermeabilidad como de remoción de contaminantes, características que para efectos de análisis, estarán representadas respectivamente, por el coeficiente de permeabilidad (K) y por la capacidad de intercambio catiónico del suelo que se trate (CIC)

Como un comentario al margen, vale la pena mencionar que los suelos sedimentarios con características areno-arcillosa son los más recomendables, ya que son suelos poco permeables y con una buena capacidad para aceptar iones cargados positivamente

j) PROFUNDIDAD DEL MANTO FREÁTICO

Un factor importantísimo que no se debe dejar a un lado en toda selección de sitios para el establecimiento de relleno sanitario, es el hecho de evitar por todos los medios, la afectación de la calidad de las aguas del acuífero de la zona donde se ubica el sitio en cuestión. Por esta razón, es deseable que el nivel freático se halle lo más alejado posible del nivel del terreno natural de dicho sitio

k) TENENCIA DE LA TIERRA

Bajo cualquier circunstancia, todo proyecto de relleno sanitario, deberá iniciarse siempre y cuando la entidad u organismo responsable de su implementación, tenga en sus manos el documento legal que autorice tal beneficio, estipulando también el periodo de trabajo y la probable utilización futura

ESTUDIO GEOTECNICO PARA DISEÑO DE CELDAS

ING. OSCAR ARMENDARIZ SANCHEZ

AGOSTO, 1996

I N T R O D U C C I O N

En el diseño y construcción de celdas, en sitios para la disposición final de residuos sólidos municipales, la geotecnia juega un papel fundamental en las diferentes fases del proyecto. Los análisis básicos que deben llevarse a cabo son:

- **Capacidad de carga**
- **Análisis de asentamientos**
- **Estabilidad de taludes**
- **Diseño de caminos de acceso e interiores**
- **Estudio de bancos de préstamo**

Los tres primeros análisis se realizan sin importar el sistema de impermeabilización de las celdas, el cual puede consistir en materiales naturales (arcillas o limos de baja permeabilidad) o materiales sintéticos (geomembranas y geotéxiles), cumpliendo con las etapas siguientes:

- I. Exploración y muestreo**
- II. Ensayes de laboratorio**
- III. Trabajos de gabinete**

I. EXPLORACION Y MUESTREO

Para determinar la estratigrafía y las propiedades mecánicas de los materiales que se encuentran en suelo de cimentación y de los que formarán la cobertura diaria y final de las celdas, es necesario obtener especímenes representativos de cada uno de esos materiales. Se requieren dos tipos de muestras: Las muestras alteradas son aquellas en las que no se conserva la estructura natural de los suelos al ser recuperadas del terreno; se emplean para ejecutar pruebas de clasificación y contenido de agua, o bien, cuando se trata de materiales de préstamo para estudiar sus características de compactación. Por otro lado, cuando se requiere llevar a cabo estudios para determinar las propiedades mecánicas de los suelos, es indispensable obtener muestras inalteradas; es decir, que conserven la estructura natural de los depósitos de suelo con la mínima alteración posible. Los tipos más comunes de sondeos son los que se indican en la tabla 1.0

TABLA 1.0

TIPOS DE SONDEOS

Los principales tipos de sondeos que se usan en Mecánica de Suelos para fines de muestreo y conocimiento del subsuelo, en general, son los siguientes:

METODOS DE EXPLORACION DE CARACTER PRELIMINAR

- **Pozos a cielo abierto, con muestreo alterado o inalterado**
- **Perforaciones con posteadora**
- **Método de lavado**
- **Método de penetración estándar**
- **Método de penetración cónica**

METODOS DE SONDEO DEFINITIVO

- **Pozos a cielo abierto con muestreo inalterado**
- **Métodos con tubo de pared delgada**
- **Métodos rotatorios para roca**

METODOS GEOFISICOS

- **Sismico**
- **De resistencia eléctrica**
- **Magnético y gravimétrico**

II ENSAYES DE LABORATORIO

En la ejecución del diseño de un relleno sanitario para residuos sólidos municipales, el ingeniero proyectista debe tener presentes una serie de propiedades de los materiales de que dispone para las coberturas diaria y final de las celdas y de los que existen en su cimentación, por ejemplo, propiedades como la permeabilidad, resistencia al esfuerzo cortante, compresibilidad, etc.; las cuales tienen un amplio rango de variación en los diferentes tipos de suelos. Los ensayos de laboratorio tienen por objeto definir todas las características o parámetros de los suelos, las cuales serán usados por el ingeniero proyectista en los análisis de capacidad de carga, asentamientos, estabilidad de taludes etc., en las tablas 2.1 a 2.5 se indican los métodos de pruebas de laboratorio para suelos.

Antes de entrar en los problemas de diseño, es conveniente tratar acerca de la clasificación de los suelos, con objeto de estudiar los diversos factores que afecten a sus propiedades mecánicas, al mismo tiempo que se establezca una convención para ordenarlos por grupos con características semejantes.

**TABLA 2.1 METODOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO
PARA SUELOS**

NOMBRE DE LA PRUEBA	CRITERIO O METODO*	PROPIEDADES O PARAMETROS OBTENIDOS
<u>PRUEBAS INDICE Y DE CLASIFICACION</u>		
• Análisis de Gradación	ASTM D421 D422 D2217	Distribución del Tamaño de Particular
• Por ciento de Finos	ASTM D1140	Por ciento en Peso de Material más Fino que la Malla N° 200
• Limites de Atterberg	ASTM D423 D424 D427	Limite Plástico, Limite Líquido, Indice de Plasticidad, Factores de Contracción
• Gravedad Especifica	ASTM D854	Gravedad Especifica o Gravedad Especifica Aparente de los Sólidos del Suelo
• Descripción de Suelos	ASTM D2488	Descripción del Suelo por Inspección Visual-Manual
• Clasificación de Suelos	ASTM D2487	Clasificación Unificada de Suelos

**TABLA 2.2 METODOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO
PARA SUELOS**

NOMBRE DE LA PRUEBA	CRITERIO O METODO*	PROPIEDADES O PARAMETROS OBTENIDOS
<u>RELACIONES HUMEDAD-DENSIDAD</u>		
• Peso Unitario Suelto	Referencia 3	Peso Unitario Suelto (Densidad Suelta)
• Contenido de Agua	ASTM D2216 D 2974	Contenido de Agua como Porcentaje del Peso Seco
• Densidad Relativa	Referencia 3	Densidad Máxima y Mínima de Suelos no Cohesivos
• Compactación	ASTM D698	Humedad Óptima y Máxima Densidad

**TABLA 2.3 METODOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO
PARA SUELOS**

NOMBRE DE LA PRUEBA	CRITERIO O METODO*	PROPIEDADES O PARAMETROS OBTENIDOS
<u>CONSOLIDACION Y PERMEABILIDAD</u>		
• Consolidación	ASTM D2435	Compresibilidad Unidimensional, Permeabilidad de Suelos Cohesivos
• Permeabilidad	ASTM D2434	Permeabilidad

**TABLA 2.4 METODOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO
PARA SUELOS**

NOMBRE DE LA PRUEBA	CRITERIO O METODO*	PROPIEDADES O PARAMETROS OBTENIDOS
<u>PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS</u>		
• Mineralogía	Referencia 4	Identificación de Minerales
• Contenido de Materia Orgánica	Referencia 5 ASTM D 2974	Contenido de Carbón Orgánico e Inorgánico como Porcentaje del Peso Seco
• Sales Solubles	Referencia 6	Concentración de Sales Solubles en el Agua Intersticial

**TABLA 2.5 METODOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO
PARA SUELOS**

NOMBRE DE LA PRUEBA	CRITERIO O METODO*	PROPIEDADES O PARAMETROS OBTENIDOS
<u>RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE</u>		
• Compresión Simple	ASTM D2166	Resistencia de Suelos Cohesivos en Compresión Uniaxial
• Corte Directo	ASTM D3080	Cohesión y Angulo de Fricción Interna en Condiciones de Drenaje
• Compresión Triaxial no Consolidada no Drenada (UU)	ASTM D2850	Parámetros de Resistencia al Esfuerzo Cortante Cohesión y Angulo de Fricción Interna para Suelos de Baja Permeabilidad
• Compresión Triaxial Consolidada no Drenada (CU)	Referencia 3	Parámetros y Resistencia al Esfuerzo Cortante Cohesión y Angulo de Fricción Interna para Suelos Consolidados
• Compresión Triaxial Consolidada Drenada (CD)	Referencia 3	Parámetros de Resistencia al Esfuerzo Cortante Cohesión y Angulo de Fricción Interna para Condiciones de carga de Larga Duración

III TRABAJOS DE GABINETE

- **Análisis de Estabilidad de Taludes**

Para la ejecución de estos análisis se utiliza el Método de Fellenius, denominado también Método Sueco.

- **Capacidad de Carga**

Se puede utilizar la Teoría de Terzaghi.

- **Análisis de Asentamientos**

Utilizar la Teoría de la Consolidación

B I B L I O G R A F I A

- 1. Principios generales de diseño y construcción de presas de tierra.
Ing. Enrique Tamés González. México, D.F. 1965.**
- 2. Manual de diseño de obras civiles. Sección C Y G.
Comisión Federal de Electricidad. México. 1970.**
- 3. Mecánica de suelos.
William Lambe y Robert Whitman.**
- 4. Mecánica de suelos. Tomos I. II.
E. Juárez y A. Rico. México. 1970.**

REFERENCIAS

- * **LOS METODOS ESTANDARD ASTM SE DAN EN LA REFERENCIA 2**
- 2. **American Society for Testing and Materials, "Special Procedures for Testing Soil and Rock for Engineering Purposes", Special Technical Publication 479, Philadelphia, PA 1970.**
- 3. **U.S. Army Corps of Engineers, "Laboratory Soils Testing", Engineer Manual 1110-2-1906, Washington, D.C., 1970.**
- 4. **American Society of Agronomy and American Society for Testing and Materials, "Methods of Soil Analysis", Parts 1 and 2, American Society of Agronomy, Inc., Madison, WI, 1965.**
- 5. **Allison, L.E., "Wet Combustion Apparatus and Procedure for Organic and Inorganic Carbon in Soil", Soil Science Society of America Proceedings, Vol 24, pp. 36-40, 1960**
- 6. **Soil Conservation Service, "Soil survey Laboratory Methods and Procedures for Collecting Soil Samples", Soil Survey Investigations Report No. 1, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., 1967.**
- 7. **Decker, R.S. and Dunnigan, L.P., "Development and Use the Soil Conservation Service Dispersion Test", in Dispersive Claysm, Related Popping, and Erosion in Geotechnical Projects, American Society for Testing and Materials, Special Technical Publication 623, pp. 94-109, 1977.**

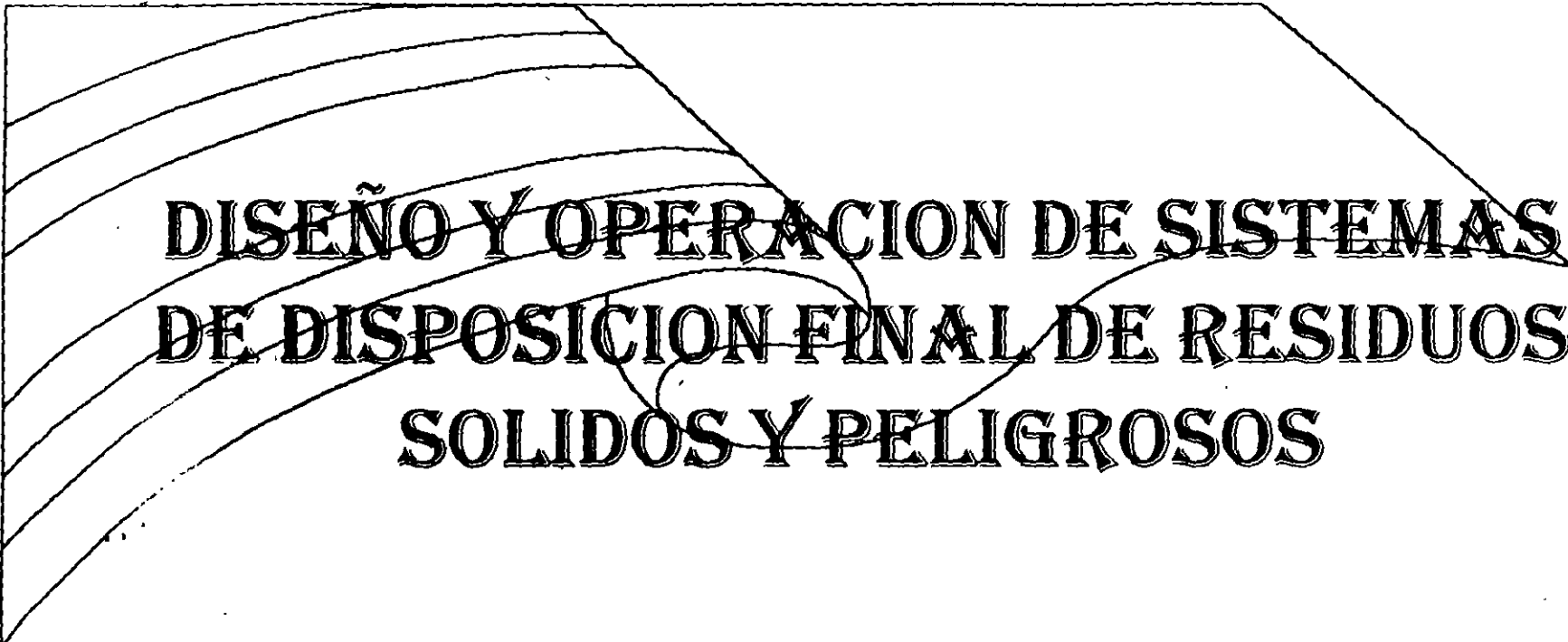


**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

**ASOCIACION MEXICANA PARA EL CONTROL DE
LOS RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS, A.C.
(AMCRESPAC)**

ING. FIDEL CORTES CARBALLAR



**DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS
DE DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS
SOLIDOS Y PELIGROSOS**

TEMA

HIDROLOGIA SUPERFICIAL



INDICE

§ INTRODUCCION

§ ANALISIS HIDROLOGICO

§ DETERMINACION DE LA CANTIDAD DEL AGUA DE LLUVIA Y CAUDALES DE DISEÑO

§ ESTUDIO COMPARATIVO DE CASOS

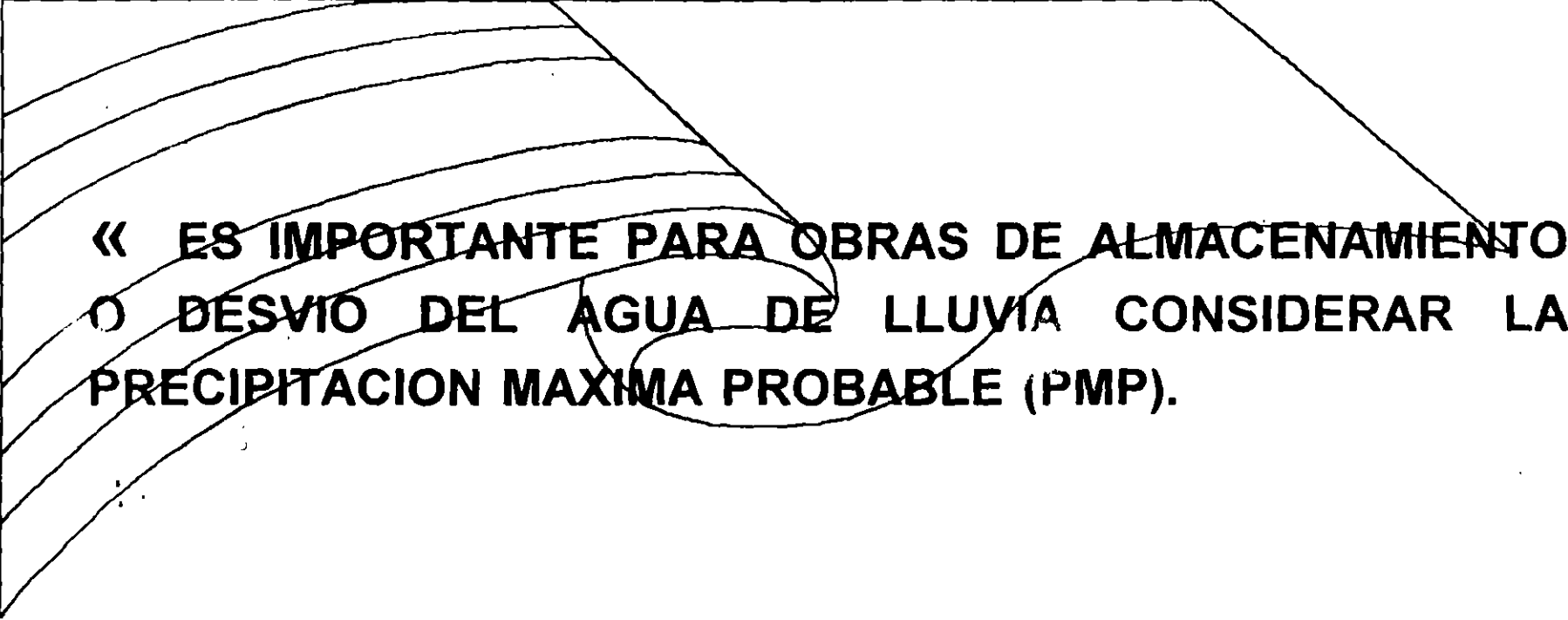
INTRODUCCION

LA PRECIPITACION PLUVIAL JUEGA UN PAPEL IMPORTANTE EN TODO SITIO DONDE SE DISPONGAN DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS, YA QUE ES UN MEDIO DIRECTO POR EL CUAL SE ESCURREN O INFILTRAN LOS CONTAMINANTES CONTENIDOS EN LOS RESIDUOS A LOS CUERPOS DE AGUA SUPERFICIALES Y SUBTERRANEOS; EL VOLUMEN DEL AGUA DE LLUVIA DEPENDE FUNDAMENTALMENTE DE LA FRECUENCIA E INTENSIDAD CON QUE SE PRESENTE EL FENOMENO METEREOLOGICO EN UN DETERMINADO ESPACIO Y TIEMPO.

ANALISIS HIDROLOGICO

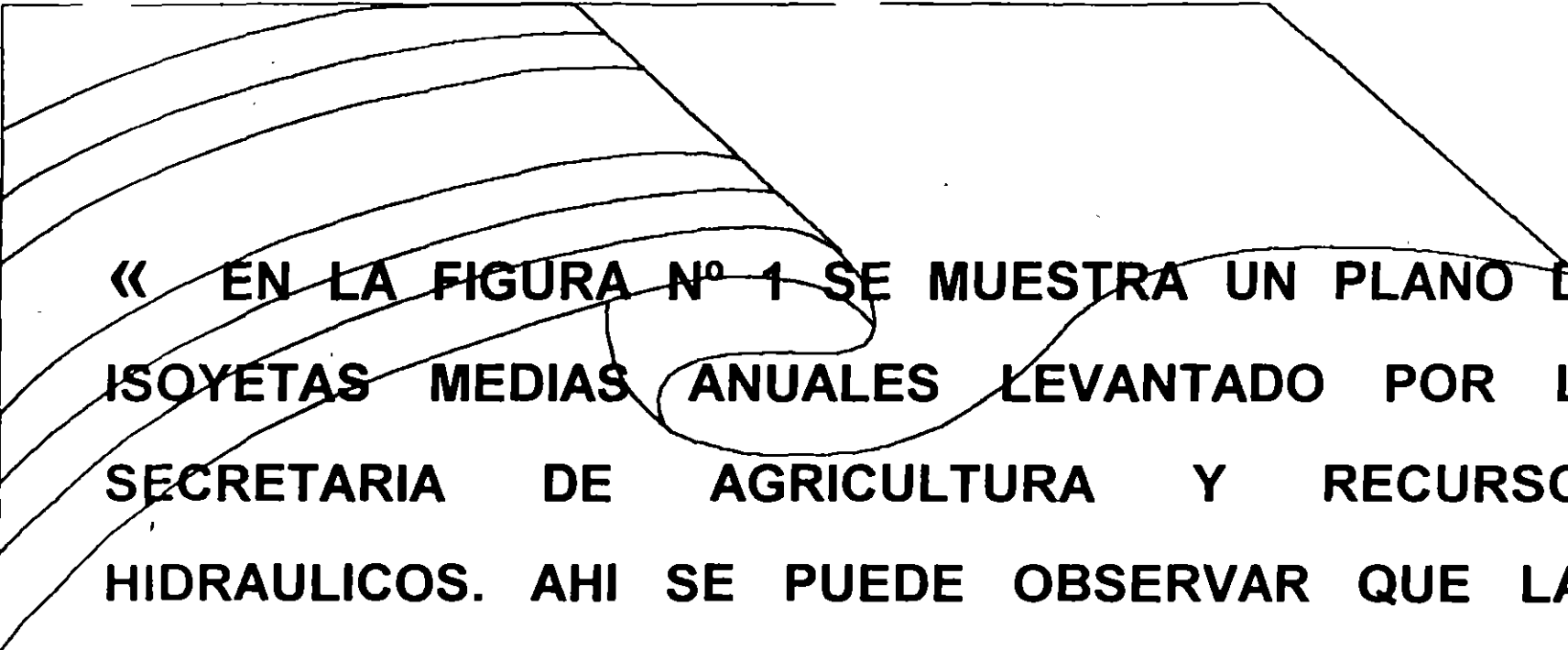
« LA PRECIPITACION PLUVIAL QUE RECIBE LA SUPERFICIE TERRESTRE EN CUALQUIER ESTADO FISICO SE ORIGINA POR LA CONDENSACION DEL VAPOR ATMOSFERICO Y ESTA, GENERALMENTE, ES POR ENFRIAMIENTO DE UNA PARTE DE LA ATMOSFERA.

« LA FRECUENCIA Y CANTIDAD DEL AGUA DE LLUVIA SE MIDE EN ESTACIONES PLUVIOMETRICAS, EN DONDE SE LLEVAN REGISTROS HISTORICOS DE LAS TORMENTAS. EXISTEN DATOS EN ALGUNAS REGIONES HIDROLOGICAS DEL PAIS DESDE EL AÑO DE 1940.



« ES IMPORTANTE PARA OBRAS DE ALMACENAMIENTO O DESVIO DEL AGUA DE LLUVIA CONSIDERAR LA PRECIPITACION MAXIMA PROBABLE (PMP).

« EN LA REPUBLICA MEXICANA LAS PRECIPITACIONES PLUVIALES MAS DESFAVORABLES HAN SIDO DE ORIGEN CICLONICO Y SE PRESENTAN GENERALMENTE EN EL SUR DEL PAIS; ASI COMO, EN LAS VERTIENTES DEL GOLFO Y DEL PACIFICO.



« EN LA FIGURA N° 1 SE MUESTRA UN PLANO DE ISOYETAS MEDIAS ANUALES LEVANTADO POR LA SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS. AHI SE PUEDE OBSERVAR QUE LAS PRECIPITACIONES MEDIAS ANUALES MAYORES DE 1000 mm SE ENCUENTRAN AL SUR DEL PARALELO 22°N, VEMOS TAMBIEN QUE EXISTEN CUATRO ZONAS CON PRECIPITACIONES MAYORES DE 3000 mm



- **UNA SOBRE EL PARALELO 20°N, EN LA ZONA DE TEZIUTLAN.**

- **OTRA EN LA CABECERA DE LA CUENCA DEL RIO ATOYAC, EN EL ESTADO DE OAXACA**

- **Y LAS DOS RESTANTES EN EL ESTADO DE CHIAPAS.**

« EN LA PARTE NORTE DEL PAIS, LA PRECIPITACION ES ESCASA Y DEL ORDEN DE 300 mm ANUALES.

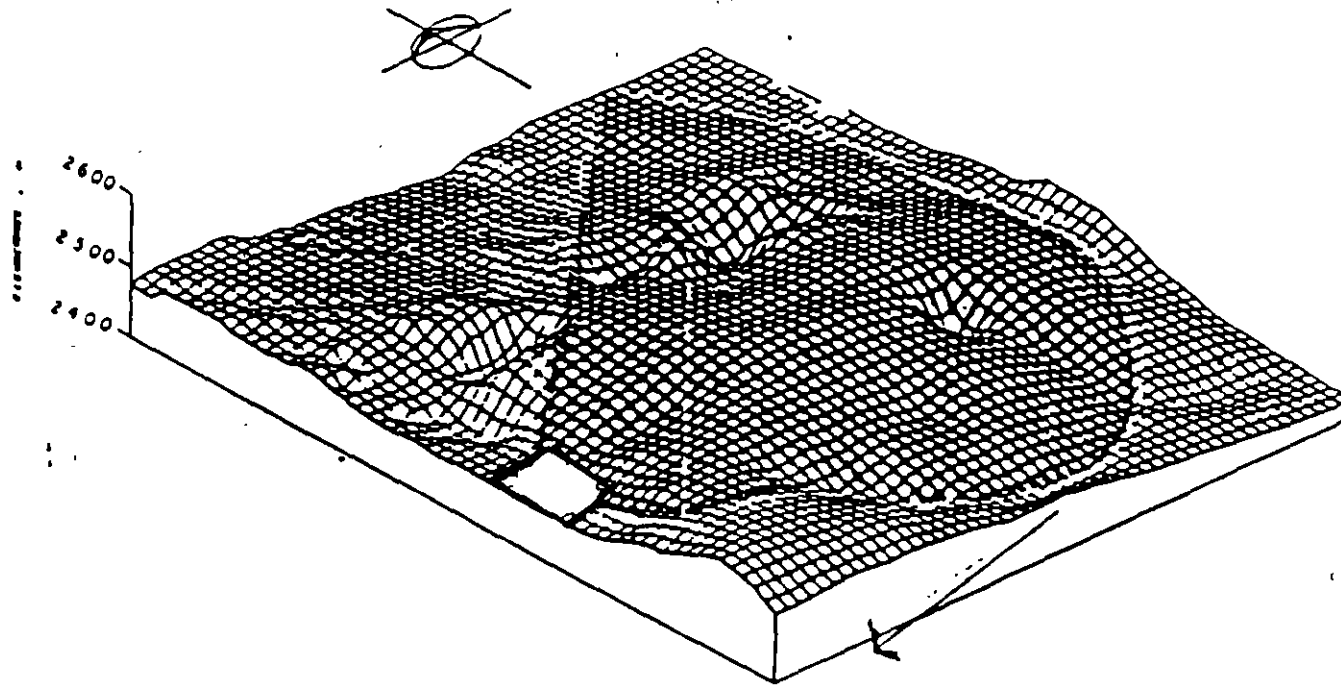
ésta, la zona más árida, con menos de 300 mm de lluvia anual, se extiende en la parte norte central y abarca desde el río Bravo hasta las inmediaciones del paralelo 24°N. Las partes más secas del país son la porción noroeste de la llanura costera del Pacífico y la península de Baja California.



Isoyeta	Precipitación, en mm
0.1	100
0.2	200
0.3	300
0.5	500
1.0	1000
1.5	1500
2.0	2000
2.5	2500
3.0	3000
4.0	4000
5.0	5000

j. N°1- Precipitación media anual en la República Mexicana. (Datos tomados del plano obtenido por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos).

ANALISIS HIDROLOGICO



ESTO PUEDE PRESENTARSE COMO:

$Q = f(i, A, S, C,)$ DONDE:

Q = CAUDAL O GASTO

i = INTENSIDAD DE PRECIPITACION PLUVIAL

A = AREA DE LA CUENCA EN ESTUDIO

S = PENDIENTE GENERADORA DEL AREA DE LA CUENCA

= PERMEABILIDAD DEL TERRUENO

INFORMACION DISPONIBLE

* INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFIA E INFORMATICA (INEGI)

* SECRETARIA DE LA DEFENSA NACIONAL (SEDENA)

* SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS (SARH)

* INSTITUTO DE GEOLOGIA DE LA UNAM

* SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA (CNA)

DETERMINACION DE LA CANTIDAD DEL AGUA DE LLUVIA Y LOS CAUDALES DE DISEÑO

**EL CALCULO DEL VOLUMEN DEL AGUA DE LLUVIA PARA
OBRAS DE DESVIO EN SITIOS DE DISPOSICION DE
RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS DEPENDE:**

- **LA FRECUENCIA E INTENSIDAD DE LA PRECIPITACION PLUVIAL**
- **LA TOPOGRAFIA DEL LUGAR, Y**
- **LA GEOLOGIA DEL SITIO**



EXISTEN VARIOS METODOS PARA EL CALCULO DE LOS CAUDALES O GASTO DE DISEÑO, ENTRE ELLOS SE ENCUENTRAN:

« EL METODO DE RACIONAL AMERICANO

« EL METODO BÜRKLİ - ZIEGLER

• EN CUALQUIERA DE LOS METODOS ES BASICO EL CONOCIMIENTO DEL VALOR DE INTENSIDAD DE LLUVIA (i) Y SU RELACION CON LOS ESGURRIMIENTOS.

• ASI COMO, DE LA FILTRACION Y EVAPORACION, ESTO NOS PERMITIRA ESTAR CERCA DEL PMP (PRECIPITACION MAXIMA PROBABLE) QUE SE CALCULA CON METODOS ESTADISTICOS O MODELOS FISICOS.

• LA EXPERIENCIA HA MOSTRADO QUE EN CUENCAS DONDE SE LOCALICEN SITIOS PARA DISPONER RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS, SE PUEDEN APLICAR EN SUPERFICIES MENORES DE 4 KM² EL METODO RACIONAL AMERICANO Y PARA MAYORES EL DE BÜRKLI - ZIEGLER.

METODO RACIONAL AMERICANO

FORMULA:

$$Q = 0.278 C_i A; \text{ EN DONDE:}$$

Q = GASTO O CAUDAL DEL AGUA DE LLUVIA EN M³/SEG

0.278 = COEFICIENTE QUE HOMOGENIZA LAS VARIABLES

C_i = COEFICIENTE ADIMENSIONAL QUE REPRESENTA LA RELACION, PRECIPITACION-ESCURRIMIENTO

i = INTENSIDAD DE PRECIPITACION EN MM/HR

A = AREA DRENADA EN KM²

PUEDE DARSE EL CASO DE DIFERENTES TIPOS DE SUELO, ENTONCES PUEDE DEFINIRSE COMO:

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots + C_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

ESTUDIO COMPARATIVO DE CASOS

DATOS:

AREA DE LA CUENCA ----- 275 Ha.

INTENSIDAD DE LLUVIA (PARA Q_1)

INTENSIDAD DE LLUVIA (PARA Q_2)

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD: ----- 0.25

PENDIENTE GENERADORA 34M/KM

METODO RACIONAL AMERICANO

$$Q = 0.278 C_{ai}$$

$$Q_2 = 0.278 \times 0.25 \times 275 \times 54 =$$

$$Q_2 = 10.3 \text{ m}^3/\text{seg}$$

METODO BÜRKLI - ZIEGLER

$$Q = 0.22 C_{Ai} \quad ^4 S/A$$

$$Q_1 = 0.22 \times 0.25 \times 275 \times 14.4 \quad ^4 34/275 = 12.9 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

$$Q_1 = 13 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

EXISTE UN METODO DIRECTO PARA CALCULAR LA DIMENSION DE LAS OBRAS DE DESVIO DEL AGUA DE LLUVIA.

AN TALBOT - UNIVERSIDAD DE ILINOIS

$$a = 0.183 \sqrt[4]{C^4 A^3} ; \text{ DONDE:}$$

a = AREA HIDRAULICA DE LA ALCANTARILLA (m²)

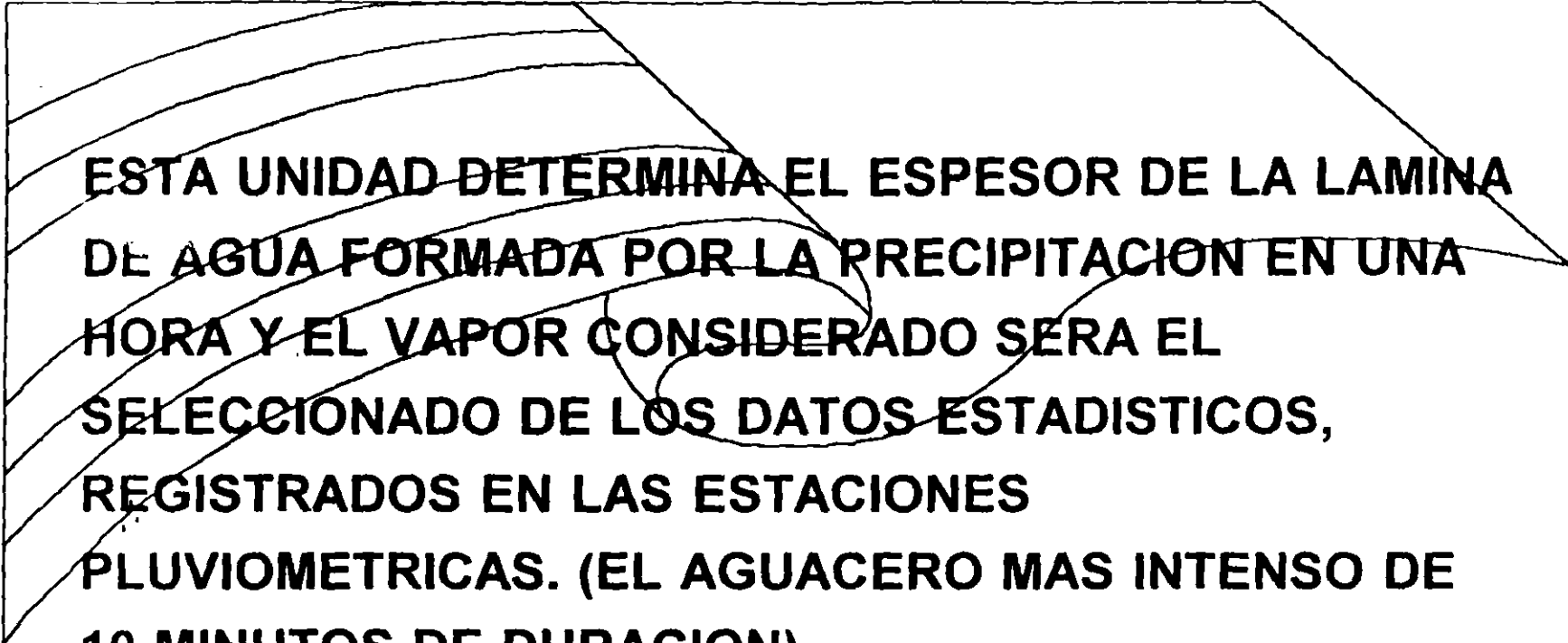
A = AREA DE LA CUENCA POR DRENAR KM²

C = COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

C = 1.0 PARA TERRENOS MONTAÑOSOS

C = 0.20 PARA TERRENOS PLANOS

ESTE METODO SE RECOMIENDA PARA LOS ESTUDIOS PRELIMINARES O DE FACTIBILIDAD TECNICA-ECONOMICA DE UN PROYECTO.



ESTA UNIDAD DETERMINA EL ESPESOR DE LA LAMINA DE AGUA FORMADA POR LA PRECIPITACION EN UNA HORA Y EL VAPOR CONSIDERADO SERA EL SELECCIONADO DE LOS DATOS ESTADISTICOS, REGISTRADOS EN LAS ESTACIONES PLUVIOMETRICAS. (EL AGUACERO MAS INTENSO DE 10 MINUTOS DE DURACION).

S = PENDIENTE MEDIA DEL TERRENO, EN METRO/KILOMETRO.

A = AREA CONSIDERADA COMO AFECTADA EN LA PRECIPITACION EN HECTAREAS.

FORMULA DE BÜRKLİ - ZIEGLER

EL GASTO INSTANTANEO MAXIMO CONCENTRADO A LA SALIDA DE UNA CUENCA, FUE DETERMINADO A BASE DE OBSERVACIONES POR EL INVESTIGADOR SUIZO, CUYO NOMBRE LLEVA LA FORMULA:

$Q = 0.22 C i^4$ S/A EN DONDE:

Q = GASTO O CAUDAL DEL AGUA DE LLUVIA DADO EN:

C = COEFICIENTE ADIMENSIONAL DE LA RELACION
PRECIPITACION-ESCURRIMIENTO.

i = PRECIPITACION PLUVIAL EN CM/HORA.

EL TIEMPO DE CONCENTRACION DEL AGUA DE LLUVIA SE DETERMINA:

$T_c =$ TIEMPO DE CONCENTRACION EN MINUTOS = $10 (L^2 / S)^{1/3}$ DONDE:

L = LONGITUD DEL RECORRIDO HORIZONTAL SOBRE LA CUENCA EN KM

S = PENDIENTE MEDIA EN MILESIMOS

CON T_c SE DETERMINA (i)

CONSIDERANDO: DURACION DE TORMETA

$T_c = 10 (L^2 / S)^{1/3}$;

Y QUE EL PERIODO DE RETORNO (PR)

PR = f (VIDA UTIL DEL PROYECTO).

BALANCE DE AGUA EN SITIOS DE DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS

ING. ROBERTO A. ORTEGA GUERRERO

AGOSTO, 1996

IMA1

IMA2

En las últimas décadas, debido al gran desarrollo tecnológico, se ha incrementado de forma importante la generación de residuos sólidos tanto domésticos como industriales, por lo que cada día se destinan más lugares en todo el mundo para la ubicación de centros de manejo integral de los residuos sólidos y peligrosos.

IMA3

Los sitios destinados a la disposición de residuos sólidos, deben ser seleccionados de forma adecuada para evitar que se altere el equilibrio ecológico, minimizando el impacto al ambiente que se puede generar.

IMA4

Además de seleccionar el lugar más apto para ubicar un sitio de confinamiento de residuos sólidos, se debe de realizar la disposición adecuada de los desechos sólidos para lo cual es necesario un diseño óptimo, donde se consideren las recomendaciones hechas en los estudios hidrogeológicos, geotécnicos, topográficos, climatológicos, etc., particulares de la zona; la construcción de las instalaciones debe de llevarse de acuerdo al diseño del proyecto, teniendo todos los cuidados que se requieran; se debe de operar el sitio de disposición de manera correcta, para que con este conjunto de acciones se reduzca la afectación al medio ambiente y a la salud.

El balance de agua se aplica tanto en sitios de confinamiento de residuos sólidos municipales, como de residuos peligrosos.

IMA5

El lixiviado o líquido proveniente de los residuos, formado por arrastre o percolación y que contiene disuelto o en suspensión, componentes que se encuentran en los mismos residuos, es uno de los elementos que pueden impactar al medio ambiente, la principal causa de la generación de lixiviados es el agua proveniente de la lluvia, la cual se infiltra en los residuos sólidos, removiendo las partículas tanto disueltas como suspendidas, producto de la descomposición química y biológica, lo que lo puede hacer altamente tóxico, por lo que resulta importante cuantificar el volumen de lixiviado que se genera.

Los lixiviados pueden infiltrarse a través de las capas del subsuelo y llegar a ponerse en contacto tanto con el agua superficial como subterránea.

IMA6

Un factor que resulta importante en el diseño de los sitios de confinamiento de residuos sólidos, es el potencial de generación de lixiviados, para tratar de minimizar su generación, tener una idea de los volúmenes probables de lixiviado que se pueden esperar, para que se tomen en cuenta para el diseño de los sistemas de colección (IMA7) y control (IMA8), además de saber los volúmenes de lixiviado (IMA9) que deberán de ser tratados durante la vida útil del sitio y posterior a su

cierre (IMA10). Otro parámetro importante que puede ayudar a definir el conocer el volumen potencial de generación de lixiviados, es el espesor del (IMA11) material de cubierta final que deberá de emplearse en función de las características de los materiales disponibles para ser utilizados para este fin.

IMA12

El poder predecir con cierta exactitud el potencial de generación de lixiviados, ayudara a revisar un mayor número de alternativas de diseño para reducir los riesgos al ambiente y a la salud, además de poder reducir los costos en la construcción y operación del sitio. El análisis del diseño de disposición de residuos sólidos y la evaluación de la generación de lixiviados a través de la modelación numérica para efectuar análisis en sitios de disposición final, se convierte en un instrumento en el manejo responsable y económico de los desechos sólidos por parte de las industrias generadoras, de los gobiernos locales y estatales.

IMA13

Los métodos para estimar la generación de lixiviados han recibido una mayor atención últimamente , por lo que actualmente en sitios de disposición de residuos, se realizan pruebas de campo, modelos físicos y matemáticos, monitoreo, etc. para incrementar la exactitud de las predicciones.

IMA14

La cantidad de lixiviado producido en un sitio de disposición de residuos sólidos depende de factores climáticos, pero también puede variar considerablemente por la forma de operar (manejo del material de cubierta, humedad agregada antes y durante la compactación del material de cubierta) y la degradación de la materia orgánica.

En 1944 C. W. Thornthwaite introduce el termino de balance de agua, en un balance climático. La producción de lixiviado esta relacionada con el ciclo hidrológico, por lo que para obtener la generación de lixiviados se realiza un balance de agua representado por la siguiente ecuación:

IMA15

$$P = E + T + ES + I$$

P .- Precipitación

E .- Evaporación

T.- Transpiración

ES.- Escurrimiento

I .- Infiltración

El agua que llueve, es igual a la suma del agua que se evapotranspira, más el agua que escurre, más el agua que se infiltra.

IMA16

La precipitación es normalmente un parámetro conocido en gran parte de la República Mexicana, de la precipitación resulta interesante conocer la cantidad (normalmente la unidad utilizada es en altura de agua en mm), intensidad (altura de agua / unidad de tiempo), frecuencia (tiempo), duración (tiempo).

IMA17

Los parámetros de evaporación y transpiración normalmente se maneja de forma conjunta como evapotranspiración. La evaporación depende de la radiación solar, temperatura del aire, duración del día, presión atmosférica, humedad del aire, viento; (IMA18) la transpiración depende de la iluminación, temperatura del aire, humedad del aire, especie vegetal, edad, desarrollo, tipo de follaje, profundidad radicular.

IMA19

El escurrimiento depende de la intensidad y duración de la tormenta, contenido de humedad del suelo, conductividad hidráulica, pendiente del terreno, tipo de vegetación. Normalmente se maneja como un porcentaje de la precipitación y puede ser evaluado.

IMA20

La infiltración es la cantidad de agua que viaja a través del suelo y que potencialmente puede generar lixiviación.

IMA21

IMA22

La evapotranspiración potencial (**IMA23**) es cuando existe disponibilidad de agua en el suelo (capacidad de campo permanentemente completa) y el desarrollo de la vegetación es óptimo. (**IMA24**) La evaporación real depende de la disponibilidad de agua en el suelo y siempre es menor o igual a la evaporación potencial. La evapotranspiración es un parámetro difícil de cuantificar.

IMA25

Los métodos para calcular la evapotranspiración se clasifican en:

- a) Basados en teoría de microclimas
 - Balance de energía
 - Perfiles de humedad y velocidad de viento
 - Flujo turbulento de humedad
 - Fórmulas semiempíricas y combinadas

IMA26

- b) Medidas directas
 - Evapotranspirómetros
 - Lisímetros
 - Perfiles de humedad en el suelo

IMA27

c) Métodos empíricos

- Fórmula de Thornthwaite
- Fórmula de Blaney - Waite
- Fórmula de Makkink
- Fórmula de Turc

IMA28

En 1975 la Environmental Protection Agency (EPA) publica a través de Dennis Fenn y colaboradores un método para calcular la generación de lixiviados en un sitio de disposición de residuos sólidos. Esta alternativa realiza el balance hídrico y emplea el método de Thornthwaite para calcular la evapotranspiración real.

Como primer paso calcula el agua disponible para infiltrarse, para posteriormente determinar el tiempo de aparición de lixiviados en el fondo del sitio a partir de la infiltración y de la capacidad de campo de los residuos sólidos. Únicamente considera parámetros climáticos y las características del material de cubierta.

IMA29

Este método se puede realizar de forma mensual o diaria. La información que requiere es:

- Precipitación (mensual o diaria)
- Temperaturas medias (mensual o diaria)
- Factor de escurrimiento
- Capacidad de campo
- Punto de marchitamiento
- Latitud

Análisis en varios rellenos sanitarios, indican que el método puede llegar a sobreestima o subestima la generación de lixiviados.

IMA30

En 1980 la EPA sugiere otro método desarrollado específicamente para rellenos sanitarios por Perrier y colaboradores, denominado Simulación Hidrológica en Sitios de Disposición de Residuos Sólidos " Hydrologic Simulation on Solid Waste Disposal Sites " (HSSWDS), (IMA31) esta técnica utiliza el método de balance de energía para el calculo de la evapotranspiración. Únicamente simula la cubierta y considera un drenaje rudimentario.

IMA32

A partir de 1980 el Dr. Schroeder trabajo sobre modelos de balance de agua, en 1984 publica la primera versión del modelo Hydrologic Evaluation Landfill Performance (HELP).

IMA33

A partir de 1987 el Dr. Schroeder publica la segunda versión del modelo Hydrologic Evaluation Landfill Performance (HELP), donde incorpora el análisis de drenaje lateral, mayor número de capas, contenido inicial de humedad del suelo.

IMA34

A la fecha la versión 3 del HELP (1994), ha incorporado nuevas opciones, incluyendo no solo información climatológica y características del suelo de cubierta, sino que introduce opciones de combinación de capas de drenaje con capas impermeables, considera además la utilización de impermeabilizantes sintéticos y la posibilidad de daños en estos materiales por defectos en la fabricación y en la colocación. Calcula la evapotranspiración utiliza un balance de energía. El modelo HELP, es un modelo hidrológico quasi bidimensional para realizar un análisis de balance de agua en rellenos sanitarios, sistemas de cobertura y otros lugares de confinamiento de residuos sólidos tanto peligrosos como no peligrosos. El modelo facilita la obtener la cantidad de escurrimiento, evapotranspiración, drenaje, colección de lixiviados, goteo de capas y puede ser aplicado a una gran variedad de diseños de confinamientos de residuos sólidos. El propósito del

modelo es asistir en la comparación de las alternativas de diseño de los confinamientos de residuos sólidos. Este método considera gran parte de los parámetros que intervienen en el diseño de un confinamiento de residuos sólidos.

IMA35

La información que requiere el modelo HELP es:

* Climatología General

- Temporada de crecimiento vegetal
- Promedio anual de la velocidad del viento
- Promedio trimestral de la humedad relativa
- Máximo índice del área de vegetación
- Profundidad de la zona de evaporación
- Latitud

IMA36

* Climatología Diaria

- Precipitación diaria
- Temperaturas medias diarias
- Radiación solar diaria

IMA37

* Información del Suelo

- Porosidad
- Capacidad de campo
- Punto de marchitamiento
- Conductividad hidráulica saturada
- Contenido inicial de agua
- Número de curva de escurrimiento (de acuerdo al Soil Conservation Service, de EUA)

IMA38

* Información de Diseño

- Pendiente
- Máxima distancia al drenaje
- Espesor de capas
- Descripción de las capas
- Área
- Procedimiento para recircular lixiviado
- Características de la superficie
- Características de la geomembrana

- Flujo de agua del subsuelo

El programa HELP cuenta con base de datos históricos y de parámetros sintéticos (calculados con más de 20 años de información con datos diarios) para calcular precipitación, temperatura y radiación solar diaria para varias ciudades de Estados Unidos Americanos. En México su aplicación ha sido limitada por la disponibilidad de datos climatológicos.

Se ha probado en diferentes rellenos sanitarios en los Estados Unidos de América dando una mejor aproximación que los métodos anteriores en la determinación de la generación de lixiviados.

En ambos métodos EPA, 1975 y EPA, 1994, se debe de tener información confiable para que pueda ser introducida a los modelos para que puedan dar un mejor grado de predicción en la generación de lixiviados.

FUNCION DE SENSIBILIDAD CERCANIA A POBLACIONES

CONSIDERANDO UN RANGO DE 5 A 15 Km DE DISTANCIA A LA POBLACION Y QUE LA FUNCION ADQUIERE EL VALOR DE 1 CUANDO LA DISTANCIA ES DE 5 KM Y DE 0 CUANDO ES DE 15 Km.

CONDICIONES DE LA FUNCION

$$\begin{aligned} f(x) &= 1, & \text{si;} & x = 5 \text{ Km} \\ f(x) &= 0, & \text{si;} & x = 15 \text{ Km}. \end{aligned}$$

Considerando la función de tipo lineal.

$$f(x) = mx + b$$

$$\begin{aligned} 1 &= m(5) + b \\ (-) 0 &= m(15) + b \\ \hline 1 &= -m(10) & : m &= -1/10 \end{aligned}$$

El valor de b es:

$$\begin{aligned} b &= 1 - (-1/10)(5) = 1.5 \\ b &= 0 - (-1/10)(15) = 1.5 \end{aligned}$$

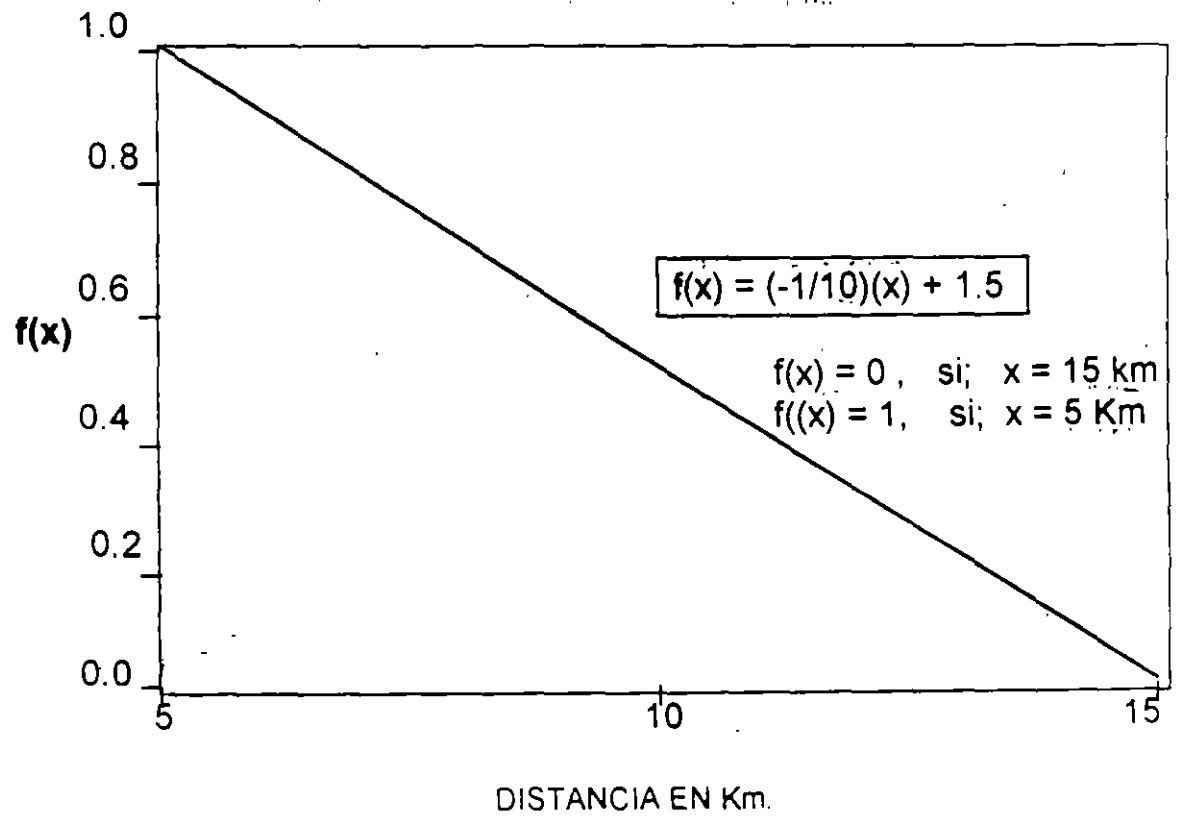
La función queda como:

$$f(x) = (-1/10)(x) + 1.5$$

Tabla de la función

x	f(x)
5	1.0
6	0.9
7	0.8
8	0.7
9	0.6
10	0.5
11	0.4
12	0.3
13	0.2
14	0.1
15	0.0

GRAFICA DE LA FUNCION DE SENSIBILIDAD





FACULTAD DE INGENIERIA EN A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

DISEÑO DE SISTEMAS DE DISPOSICION FINAL

Presentado por **ING JORGE SANCHEZ GOMEZ**

1996

**DISEÑO DE SISTEMAS DE
DISPOSICION FINAL**

ING. JORGE SANCHEZ GOMEZ

AGOSTO, 1996

DETERMINACION DE PARAMETROS DE DISEÑO PARA LATINOAMERICA

1. GENERALIDADES

1.1 RELLENOS SANITARIOS

No obstante la importancia que en todo el mundo han cobrado los asuntos ecológico-ambientales; y a pesar de la mayor utilización que en la última década, el relleno sanitario ha tenido en América Latina como método de disposición final de residuos sólidos; el "tiradero a cielo abierto", sigue siendo la forma más común de disponer los residuos sólidos, como informa la Oficina Panamericana Sanitaria dependiente de la Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS), la cual reporta que únicamente el 30% de la basura generada en América Latina, se dispone sanitariamente (alrededor de 75,000 Ton./día) (1) Así mismo, con base en un estudio realizado en 17 ciudades de esta región con más de un millón de habitantes, señala que tan sólo el 35% de la basura generada, se dispone en rellenos sanitarios de buena calidad, el resto se dispone en sitios controlados y en tiraderos a cielo abierto (1). Sin embargo, a pesar de cifras tan poco alentadoras, se debe mencionar que para la misma región de Latinoamérica, dicho organismo reporta para la década 1980-1990 un avance sustancial en la utilización del relleno sanitario (2), aún cuando se haya dado mayormente en las grandes concentraciones urbanas.

Por otro lado, en países con mayores recursos, problemáticas ambientales diferentes y con niveles tecnológicos mucho más desarrollados; el relleno sanitario, sigue siendo un elemento fundamental en sus sistemas de control de residuos sólidos, como lo demuestran las cifras de la Tabla No. 1, donde se observan las tendencias de utilización que en países con alto desarrollo en el manejo de los residuos sólidos, tienen las diferentes alternativas de tratamiento para el aprovechamiento de estos residuos, en relación con el uso del relleno sanitario.

TABLA No. 1

**TENDENCIAS DE UTILIZACION DEL RELLENO SANITARIO Y DE LAS
TECNICAS MAS COMUNES PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS
SOLIDOS, EN PAISES CON ALTO DESARROLLO EN MATERIA AMBIENTAL**

PAIS	RELLENO SANITARIO	OPCIONES DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS				COMENTARIOS
		INCINERA CION	COMPOS TEO	RECICLA JE	OTRO	
E.U.A.	73 %	14 %	1 %	12 %	—	ALTA DEMANDA DEL RELLENO SANITARIO
JAPON	27 %	25 %	2 %	46 %	—	GRAN PARTE % DEL RECICLO SE UTILIZA PARA INCINERACION SE INCLUYE EN RECI- CLAJE ESCOMBROS Y OTROS MATERIALES
ALEMANIA	52 %	30 %	3 %	15 %	—	UTILIZACION IMPOR- TANTE DEL RELLENO SANITARIO Y ELEVA- DO % DE RECICLO
FRANCIA	48 %	40 %	10 %	<3 %	—	IMPORTANTE UTILIZA- CION DE COMPOSTA E INCINERACION
SUECIA	40 %	52 %	5 %	<4 %	—	INTENSIVA UTILIZA- CION DE LA INCINERA- CION

REF.: (2), (3) y (4)

Con base en las cifras de la Tabla No. 1, se pueden establecer los siguientes comentarios.

- a) El relleno sanitario es todavía utilizado en Francia, el cual tal vez sea el único país donde el composteo ha encontrado su mejor y más importante utilización; y en donde la incineración es una práctica importante para el tratamiento de los residuos.
- b) En Japón y Suecia, países líderes en el empleo de la incineración de residuos sólidos para generación de energía eléctrica, el relleno sanitario es todavía utilizado.
- c) En países considerados "Campeones del Reciclaje", como son Alemania y E.U.A., es curiosamente donde el relleno sanitario tiene un altísimo porcentaje de utilización.

Considerando los comentarios antes señalados, queda claro que un relleno sanitario, es obra de ingeniería no exclusiva de países altamente tecnificados, ni dependientes de economías bien desarrolladas; por otro lado, es posible conjugarlo sin ningún problema con las diferentes alternativas de tratamiento que existen en la actualidad. Por consiguiente, es posible concluir que lejos de que la utilización del relleno sanitario haya entrado en decadencia, o que esté siendo sustituido por las distintas alternativas de tratamiento empleadas en la actualidad; se debe considerar como una infraestructura que puede ser compatible con cualquier esquema de control de residuos sólidos, propia de países en vías de desarrollo, o con alto nivel de tecnificación y desarrollo.

Ahora bien, considerando la variación de las características que presentan los residuos sólidos según sea la fuente que los genera; a partir de su composición, se definirá la vocación o el tipo de aprovechamiento que deben dárseles. Es decir, sería muy costoso y poco racional incinerar la basura de mercados, mientras que los residuos generados en tiendas de autoservicio donde abunda el plástico, el papel y el cartón, no son los más adecuados para la fabricación de composta. Lo anterior invita a establecer un sistema integral para el adecuado control de los residuos sólidos, donde se conjuguen las alternativas de tratamiento más adecuadas para los tipos de basura que se generen, puesto que es racionalmente imposible, que una sola opción de tratamiento se aplique por igual a los diferentes tipos de residuos sólidos. Partiendo de este concepto, se puede afirmar que

el relleno sanitario viene a ser la columna vertebral de cualquier sistema, ya que por cuestiones de diversa índole, no siempre es viable la implementación de todas las alternativas de tratamiento que se requieren, por lo que se deberá contar con un sitio que reciba aquellos excedentes de residuos que no sea posible darles algún tratamiento para su aprovechamiento, amén de que las propias opciones de tratamiento que se apliquen, siempre generarán un cierto rechazo que también deberá ser dispuesto; de manera tal que el contar con un relleno sanitario, permitirá ordenar paulatinamente los sistemas de control de residuos, hasta el nivel de organización que se pretenda alcanzar, ya que siempre se tendrá un sitio para recibir todo aquel residuo que no pueda ser manejado de otra manera.

Tomando en cuenta todo lo antes comentado, en el futuro, el relleno sanitario será vital para el ordenamiento de los sistemas de control de residuos sólidos; por lo que para su aceptación plena por la población en general y las agrupaciones civiles, quienes normalmente son sus principales detractores, debe contemplarse no como un sitio que genere problemas de contaminación ambiental, sino como una instalación controlada que confine tanto al biogás como a los lixiviados, para que no puedan migrar más allá de su vecindad, buscando siempre mejorar su funcionalidad operativa y aprovechar el combustible que genera acelerando su estabilización. Es por todo esto, que cualquier relleno sanitario deberá contar con los sistemas operacionales y con los mecanismos y dispositivos de control que le permitan operar en forma segura y adecuada, evitando alterar su entorno, contaminar el ambiente o dañar la salud pública en general; amén de crear entre la población, una percepción favorable y por ende una buena opinión de la función que cumple un relleno sanitario.

1.2 CONFINAMIENTOS

•HASTA HACE 10 AÑOS LOS RESIDUOS PELIGROSOS HABIAN RECIBIDO POCA ATENCION EN LA REGION. DESDE ENTONCES SE HAN VENIDO SUCEDIENDO EPISODIOS COMO EL DE "EL CHOCOLATAZO" EN MEXICO DONDE 20 NIÑOS Y UN ADULTO RESULTARON CON LESIONES QUE LOS DEJARON MARCADOS PARA TODA LA VIDA. CASOS SIMILARES SE HAN DADO EN BRASIL, PERU Y OTROS PAISES.

•AUNQUE LA RESPONSABILIDAD DEL MANEJO DE ESTOS RESIDUOS NO ES DE LOS ORGANISMOS OPERADORES MUNICIPALES, ES IMPORTANTE PODER CONTROLAR SU DESTINO, YA QUE ACTUALMENTE SON DEPOSITADOS EN LOS PATIOS DE FABRICAS, EN LOTES BALDIOS O SON LLEVADOS A BASUREROS A CIELO ABIERTO O RELLENOS CONTROLADOS, IGNORANDOSE LOS DAÑOS CAUSADOS.

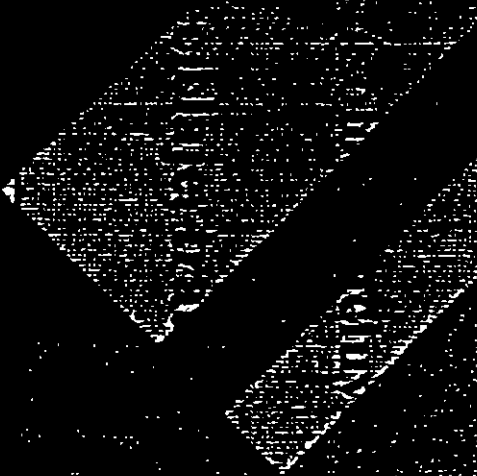
ALGUNOS PAISES COMO ARGENTINA, COLOMBIA Y VENEZUELA TIENEN EL MARCO LEGAL PARA EL CONTROL , PERO CASI SIEMPRE CARECEN DE LA INFRAESTRUCTURA FISICA Y LOS RECURSOS HUMANOS NECESARIOS PARA APLICARLO. EN EL RESTO DE LA REGION RECIEN SE ESTAN IMPLEMENTANDO REGLAMENTOS Y EN ALGUNOS SOLO HAY UN DECRETO PROHIBIENDO SU IMPORTACION.

**EN PAISES CON UN ALTA TECNOLOGIA
COMO FINLANDIA, NORUEGA, Y OTROS
COMO ALEMANIA, CANADA Y EN MENOR
ESCALA LOS ESTADOS UNIDOS,
CUENTAN CON UN MARCO
REGULATORIO DESARROLLADO Y
EXIGENTE, Y CON LA SUFICIENTE
INFRAESTRUCTURA PARA CONTROLAR
LOS RESIDUOS PELIGROSOS NO
SOLAMENTE EMPLEANDO
CONFINAMIENTOS, SINO MEDIANTE
INSTALACIONES DE MANEJO INTEGRAL.**

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

ANNUAL REPORT

FOR THE YEAR ENDING 1954



IV. INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

¿EN DONDE SE CONTROLAN LOS RESIDUOS INDUSTRIALES?

CYTRAR, EN HERMOSILLO, SON



Recibe el 1% , y se localiza a 2,000
Km de la Ciudad de México

RIMSA, EN MINA NUEVO LEON



Recibe el 5% , y se localiza a 950
Km de la Ciudad de México

- Un 6% se utiliza como combustible alternativo y se maneja en confinamientos e instalaciones "in - situ"
- El resto de los residuos industriales se dispone empleando prácticas inadecuadas

2. CRITERIOS RECTORES PARA UN DISEÑO ADECUADO Y UNA RACIONAL FUNCIONALIDAD DE LOS SISTEMAS

La buena o mala operación de un relleno sanitario, depende de las medidas de control que se estén aplicando, amén de ser en muchos casos indicador del nivel de afectación ambiental con el que se esté deteriorando la vecindad del sitio. Por tanto, para evitar o disminuir la alteración que los impactantes generados en un relleno sanitario puedan tener sobre su entorno, es imprescindible aplicar en las diferentes etapas que demanda el emplazamiento de este tipo de obras, una serie de criterios rectores cuyo objetivo fundamental sea prevenir la contaminación por residuos sólidos. Estos criterios, deben establecer el sendero por donde debe dirigirse el diseño, la funcionalidad conceptual y los programas de control y monitoreo que necesita un relleno sanitario para operar adecuadamente.

Para el diseño, los criterios rectores que deben cumplirse son los siguientes.

- Definición de las secciones más adecuadas para la preparación del sitio, que aseguren una mínima estabilidad en las zonas más críticas.
- Considerar en el diseño, el tipo de impermeabilización más adecuado para la base y las paredes del sitio.
- Determinación de la capacidad de campo de los residuos sólidos por disponer.
- Cálculo de la producción de lixiviados (potencial y real).
- Cálculo de las necesidades de agua para la estabilización vía anaerobia de los residuos.
- Estimación de la producción de biogás.
- Determinación de los gastos de diseño de los escurrimientos pluviales, para el dimensionamiento de la infraestructura hidráulica necesaria para su manejo.

Tomando en cuenta que la aplicación de los "CRITERIOS RECTORES" antes señalados, son el camino más viable para propiciar una urgente mejoría en la tecnología aplicada actualmente para el diseño y operación de rellenos sanitarios, se debe iniciar la implementación de tales criterios, justamente a partir de la fase de planeación y diseño para que tengan continuidad en la operación y también durante el monitoreo ambiental

Ahora bien, considerando que los impactantes de mayor riesgo que puede generar un relleno sanitario, son el "biogás" y los "lixiviados", cobran mayor importancia los Criterios Rectores que dentro del diseño se refieren al control de tales impactantes. Por esta razón a continuación se describen los Lineamientos Técnicos más significativos que deben ser tomados en cuenta en el diseño del relleno sanitario. Estos Lineamientos se presentan en dos vertientes, una que se refiere a la Estimación de parámetros para la medición de estos impactantes; y la otra que establece las recomendaciones de más importancia para el diseño de los sistemas de impermeabilización necesarios para mantener confinados dichos impactantes, dentro del relleno sanitario.

A) DETERMINACION DE PARAMETROS BASICOS DE DISEÑO

a) Cálculo de la Capacidad de Campo de los Residuos Sólidos.

La capacidad de campo se define como la cantidad de agua que pueden retener o absorber los residuos sólidos antes de lixiviarla. Para la determinación de la capacidad de campo experimentalmente, los residuos sólidos por disponer en el relleno deberán empacarse dentro de un lisímetro, compactándolos en capas hasta alcanzar el peso volumétrico deseado. A continuación se agrega agua al lisímetro hasta alcanzar el nivel superior de los residuos ya compactados, con el fin de saturar su capacidad de absorción. Después se realiza un drenado del lisímetro, hasta que se alcance un escurrimiento mínimo, lo cual ocurre normalmente hasta después de 48 horas de drenado.

La capacidad de campo de los residuos sólidos, se determinará entonces mediante el empleo de la siguiente expresión:

$$C = \frac{(H/100 * V_1 * PV_1) + (S_i - D_i) * d}{V_1 * PV_1 * (1 - (H/100))} * F \quad \text{ec (1)}$$

Donde:

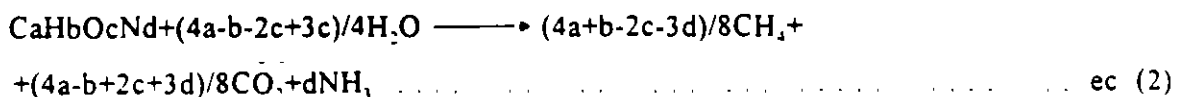
C Capacidad de campo de los residuos sólidos. (% de humedad/base seca)

- H:** Humedad de los residuos sólidos antes de realizar la determinación de la capacidad de campo, (% en peso).
- PV_i:** Peso volumétrico de los residuos empacados al inicio de la experimentación, (Kg/l).
- Si:** Volumen de agua de saturación del lisímetro, (litros).
- Di:** Volumen de agua drenada del lisímetro, (litros).
- V_i:** Volumen ocupado por los residuos sólidos compactados dentro del lisímetro, (litros).
- d:** Densidad del agua, (Kg/l).
- F:** Factor de ajuste de la capacidad de campo, debido a la disminución que en algunos casos puede sufrir este parámetro, por efecto de la compactación de la basura en el relleno sanitario. En ocasiones este factor puede despreciarse cuando la humedad y contenido de materia orgánica no son representativos. Aunque hay experiencias en Latinoamérica donde se ha observado que la capacidad de campo disminuyó por efecto de la compactación en el relleno sanitario hasta en un 30%, debido a que la basura generada en esta gran región, presenta un contenido importante de materia orgánica y un alto % de humedad.

b) Cálculo de las Necesidades de Agua para la Estabilización Via Anaerobia de los Residuos

No se consideró en este análisis, la humedad generada por la descomposición anaerobia que se da al inicio de la biodegradación, debido a que el porcentaje de materia orgánica que se llega a estabilizar es menor al 1%.

Para el cálculo de la humedad requerida para llevar a cabo la descomposición anaerobia de los residuos sólidos, es necesario considerar la reacción estequiométrica siguiente:



Para balancear esta ecuación, se considerarán los coeficientes incluidos en la Ref No 1 los cuales se listan a continuación

$$C = 43.02 \%$$

$$H = 5.96 \%$$

$$O = 49.09 \%$$

$$N = 1.93 \%$$

Tomando al carbono como base, se obtienen los siguientes coeficientes relativos:

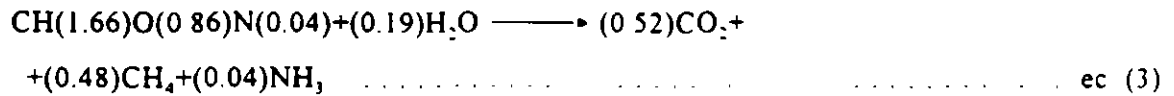
$$C = 1$$

$$H = 1.66$$

$$O = 0.86$$

$$N = 0.038$$

Afectando la ecuación No. 2 por los coeficientes anteriores, se tiene:



De esta ecuación No. 3, se obtuvo la siguiente relación entre el "CHON" y las necesidades de agua para el proceso anaerobio:

$$R_o = \frac{(0.19)H_2O}{CH(1.66)+O(0.86)+N(0.04)} = \frac{3.42}{27.98}$$

$$R_o = 0.122$$

$$R_{o_1} = R_o/k$$

Donde:

k % de materia orgánica en base seca contenida en los residuos

Por otro lado, la fracción de materia orgánica en base seca, contenida en la basura está dada

por la siguiente expresión:

$$MO = [(M/100 \cdot PV \cdot V) - (PV \cdot V \cdot H \cdot 0.8/100)] \cdot (1 - (Z/100)) \quad \text{ec. (4)}$$

R_o : Requerimientos de agua para la degradación de los residuos sólidos

R_{o_1} : Requerimientos de agua para la degradación de la materia orgánica en base seca contenida en los residuos sólidos

Donde:

M: Fracción orgánica presente en la basura, (% en peso)

PV: Peso volumétrico de los residuos sólidos en el relleno sanitario, (Ton./m³).

V: Volumen unitario de relleno sanitario, (l m³)

H: Humedad propia de los residuos sólidos, (% en peso)

Z: Fracción de cenizas contenida en la Mat. orgánica en Base seca, (% en peso).

MO: Materia orgánica en base seca, contenida en 1 m³ de basura.

Considerando la relación " R_{o_1} ", así como la ecuación No 4, la cantidad de humedad necesaria para la digestión anaerobia, se describe a continuación

$$H_i = [MO] \cdot [R_{o_1}] \quad \text{ec (5)}$$

Ton. M. orgánica en base seca con tenida en 1 m ³ de basura	Ton. de H ₂ O requerida -- para degradar 1 Ton. de M orgánica en base seca.
---	---

$$H' = H_i / d \quad \text{ec (6)}$$

Donde:

H_1 : Toneladas de H_2O , para degradar la materia orgánica en base seca contenida en $1 m^3$ de basura.

H' : m^3 de H_2O , para degradar la materia orgánica en base seca presenta $1 m^3$ de basura

d : Densidad del agua, (Ton./ m^3).

c) Cálculo de la Humedad Lixiviable Proveniente de la Precipitación Pluvial.

Este parámetro, podrá obtenerse mediante la aplicación del Método de Balance de Agua desarrollado por C.W Thornthwaite, según se describe a continuación

c.1) Determinación de las Evapotranspiraciones: Potenciales Corregidas.

Se determinarán mensualmente, a partir de las temperaturas mensuales promedio, empleando para ello la siguiente formulación

$$EP_j = 1.6 (10 T_j/I)^\alpha \quad \text{ec. (7)}$$

$$i_j = (T_j/5)^{5.14} \quad \text{ec. (8)}$$

$$I = \sum_{j=i}^{12} i_j \quad \text{ec. (9)}$$

$$\alpha = 0.49239 + 1.792 * 10E - 05 (I) - 771 * 10E - 07 (I^2) + 675 * 10E - 09 (I^3) \quad (10)$$

Donde:

EP_j : Evapotranspiración potencial mensual sin corregir, (mm).

T_j : Temperatura media mensual, (°C).

I : Sumatoria de los índices mensuales de calor, (adimensional)

i_j : Índice mensual de calor (adimensional)

α : Coeficiente que esta en funcion de la sumatoria de los índices mensuales de calor

(adimensional).

j: No. del mes considerado

Los valores de "EP_j" calculados para cada mes, se corrigen por medio de un coeficiente mensual "K", que toma en cuenta el número de días y el número real de horas entre la salida y la puesta del sol.

c.2) Cálculo de la Humedad Potencial de Infiltración.

También se hará mensualmente, realizando el siguiente balance, para cada uno de los meses del año.

$$IP_j = P_j - (CE_j * P_j) - EP_j \dots \dots \dots \text{ec (11)}$$

Donde.

IP_j: Humedad potencial de infiltración mensual, (mm)

P_j: Precipitación media mensual, (mm).

CE_j: Coeficiente de escurrimiento mensual (Adimensional)

c.3) Establecimiento del Balance de Agua.

Se realizará a lo largo de los meses del año, para la cubierta diaria del relleno sanitario, a partir de las siguientes consideraciones:

- Cuando la precipitación mensual es igual o superior a la evapotranspiración potencial mensual, se producirá un exceso en el aporte de agua a la cubierta de suelo, exceso que al ser absorbido, alimentará la reserva de agua almacenada por el mismo suelo
- Si la altura de precipitación mensual es inferior a la evapotranspiración potencial mensual, sucederá que la evapotranspiración real consumirá totalmente la precipitación

generándose por tanto, un cierto déficit el cual es cubierto con las reservas de agua del suelo hasta su agotamiento. Si la reserva del suelo es suficiente para satisfacer dicho déficit, la evapotranspiración real será igual a la evapotranspiración potencial, por lo que se cae dentro de la consideración anterior; mientras que si por el contrario, la reserva de suelo resulta ser insuficiente, entonces la evapotranspiración real queda ligada a las precipitaciones mensuales, agotándose las reservas de suelo y estableciéndose por tanto, un déficit en el almacenamiento de agua en el suelo.

El parámetro resultante de este análisis, se expresa en los siguientes términos:

$$W = \left[\text{mm H}_2\text{O} / \text{año} \right] \dots \dots \dots \text{ec. (12)}$$

d) Cálculo de la Producción de Lixiviados

Este cálculo se realiza básicamente a partir de la tasa de humedad lixiviable proveniente de la precipitación pluvial, la cual se obtendrá a partir del balance descrito en el inciso anterior

De acuerdo con lo anterior, se tendrá

$$L = \left[\text{SU} * \text{W} * 10 \right] \dots \dots \dots \text{ec. (13)}$$

Donde:

SU: Superficie del relleno sanitario expuesta a la lluvia. (Has.)

W: Humedad lixiviable proveniente de la precipitación pluvial, (mm/año).

L: Producción anual total de lixiviados ($\text{m}^3 \text{H}_2\text{O}/\text{año}$).

La expresión anterior No. 13, se aplicara cuando la basura haya sido totalmente degradada y cuando la capacidad de campo de la masa de residuos haya sido agotada, por lo que cualquier cantidad de agua que penetre a la masa de basura, se infiltrara sin que sea

retenida por esta última, hasta aparecer en el fondo del relleno sanitario. Cuando no se de la condición de estabilización total de los residuos sólidos, la expresión No. 13, tomará la forma siguiente:

$$L' = L - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{ij} * ((M/100)-(H*0.8/100)) * (1-(z/100)) * R_o/d * F_{ij} \quad \text{ec (14)}$$

Donde:

$P_{ij} = [PV * (S_i * 1000 * E_j)]$: Factor para identificar las secciones constructivas del relleno sanitario.

S_i : Superficie de la Etapa "i" del relleno sanitario, expuesta a la lluvia, (Has.).

E_j : Espesor de la capa "j" del relleno sanitario, (m)

F_{ij} : Porcentaje que engloba el remanente de materia orgánica por estabilizar, que se halla en la fracción "ij" del relleno sanitario. (Decimales).

L' : Producción anual total de lixiviados, ($m^3 H_2O/año$), para cuando el relleno sanitario no está totalmente estabilizado.

e) Determinación del tiempo en que aparecerá el lixiviado.

Para este cálculo, se hará un balance de los siguientes parámetros: capacidad de campo de los residuos, humedad propia de los residuos, humedad para la degradación anaerobia y humedad lixiviable debida a la precipitación pluvial

$$\begin{array}{l}
 \text{TIEMPO EN} \\
 \text{QUE APARECERA} \\
 \text{LIXIVIADO} \\
 \text{(T)}
 \end{array}
 = \frac{
 \begin{array}{l}
 \text{CAPACIDAD} \\
 \text{DE CAMPO DE} \\
 \text{LA BASURA} \\
 \text{(CC)}
 \end{array}
 -
 \begin{array}{l}
 \text{HUMEDAD} \\
 \text{PROPIA DE} \\
 \text{LA BASURA} \\
 \text{(HB)}
 \end{array}
 +
 \begin{array}{l}
 \text{HUMEDAD PARA} \\
 \text{DEGRADACION} \\
 \text{ANAEROBIA} \\
 \text{(HD)}
 \end{array}
 }{
 \begin{array}{l}
 \text{HUMEDAD} \\
 \text{LIXIVIALE} \\
 \text{(HL)}
 \end{array}
 }$$

Desarrollando cada uno de los términos indicados, se tendrá:

$$\begin{array}{l}
 \text{CAPACIDAD DE} \\
 \text{CAMPO DE LA} \\
 \text{BASURA} \\
 \text{(CC)}
 \end{array}
 = [PV \cdot A \cdot (1 - (H/100)) \cdot C] \text{ en (Ton H}_2\text{O/ m basura)}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{HUMEDAD} \\
 \text{PROPIA DE} \\
 \text{LA BASURA} \\
 \text{(HB)}
 \end{array}
 = [PV \cdot A \cdot H / 100] \text{ ; en (Ton H}_2\text{O/m. basura)}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{HUMEDAD PARA} \\
 \text{DEGRADACION} \\
 \text{ANAEROBIA} \\
 \text{(HD)}
 \end{array}
 = [PV \cdot A \cdot ((M/100) - (H \cdot 0.8/100)) \cdot (1 - (Z/100)) \cdot R_0] \text{ en (Ton H}_2\text{O/m basura)}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{HUMEDAD} \\
 \text{LIXIVIALE} \\
 \text{(HL)}
 \end{array}
 = [W / 1000 \cdot A] \text{ ; en (m}^3 \text{ H}_2\text{O/año)}$$

Donde:

A: Superficie unitaria de relleno sanitario, (1 m²)

Agrupando los terminos se llega a la siguiente expresion

$$T = [(CC - HB + HD) / HL]$$

Por tanto, [T] estará dado en (años/m. Basura), ya que nos indicará el tiempo que le tomará al lixiviado recorrer un espesor de 1m. de basura.

f) Estimación de la Producción de Biogás.

Para determinar la cantidad de biogás que se genera por la descomposición anaerobia de los residuos sólidos, se debe utilizar la reacción estequiométrica ya balanceada identificada como ecuación No. 3, la cual describe dicho proceso de descomposición. De dicha ecuación, se obtienen las siguientes relaciones entre el "CHON" y los principales subproductos generados a partir de la reacción

- Relación para el metano.

$$R_1 = \frac{(0.48) \text{ CH}_4}{\text{CH}(1.66)+\text{O}(0.86)+\text{N}(0.04)} = \frac{7.68}{27.98} = 0.275$$

- Relación para el bióxido de carbono.

$$R_2 = \frac{(0.52) \text{ CO}_2}{27.98} = \frac{22.88}{27.98} = 0.818$$

Con base en estas relaciones, la expresión para el cálculo de los volúmenes de metano (CH₄) y bióxido de carbono (CO₂) contenidos en el biogás, se desarrolla a continuación:

$$V_{\text{CH}_4} = [\text{MO}] * [R_1] \dots \dots \dots \text{ec (16)}$$

Ton Mat. orgánica en Base Seca que contiene 1 m ³ de Basura	Ton CH ₄ pro- ducido por 1 Ton de Mat Organica en Base seca
---	--

$$V_{CH_2} = [MO] * [R_1] \dots \dots \dots \text{ec. (17)}$$

Ton. Mat. orgánica en Base Seca que - contiene 1 m ³ de - Basura	Ton. CH ₂ pro- ducido por 1 Ton. de Mat. Orgánica en - Base seca
--	---

B) ESFUERZOS DE TRABAJO A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACION.

Los esfuerzos de trabajo más comunes, que se presentan en los sistemas de impermeabilización con membranas artificiales que a últimas fechas se consideran como parte fundamental de un relleno sanitario, se ilustran en la Fig. No. 2 y se describen a continuación.

a) Esfuerzo de Tensión por el Peso Propio de la Membrana.

A partir del Detalle No. 1 del Diagrama de Definiciones de la Fig. No. 2, se establece el siguiente sistemas de fuerzas:

$$E_1 = F_1 - R_2 = 0 \dots \dots \dots \text{ec. (18)}$$

Desarrollando los términos de esta expresión, se tiene:

$$R_2 = R \text{ sen } \alpha \dots \dots \dots \text{ec. (19)}$$

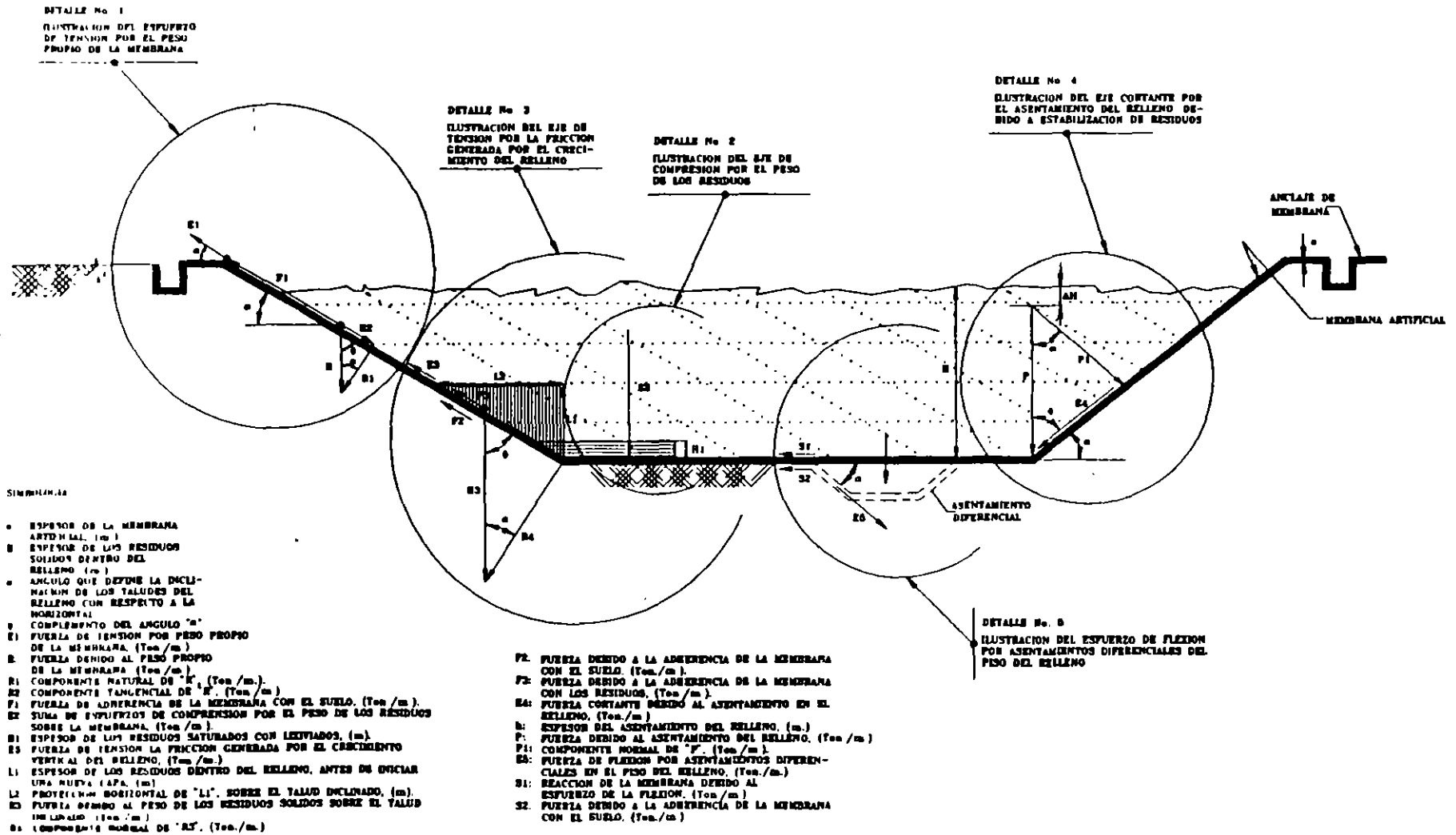
$$F_1 = R_1 \text{ tan } \delta = (R \text{ cos } \alpha) \text{ tan } \delta \dots \dots \dots \text{ec. (20)}$$

$$R = \gamma_m * (H * \text{sen } \alpha) * e \dots \dots \dots \text{ec. (21)}$$

Donde:

- e Espesor de la membrana artificial. (m)
- γ_m Peso específico de la membrana artificial. (Ton/m³)
- δ Angulo de fricción interna del suelo que sustentara la membrana artificial

Fig. No. 2
DIAGRAMA DE DEFINICIONES PARA ANALISIS DE ESFUERZOS DE TRABAJO DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACION



El esfuerzo de tensión estará dado por la siguiente expresión:

$$t_1 = \frac{E_1}{e} \dots \dots \dots \text{ec. (22)}$$

Donde:

t_1 : en Ton./m²

E_1 : en Ton./m

e : en m.

Cabe aclarar que este tipo de esfuerzos de tensión, presenta su mayor sollicitación, justo después de haber concluido la instalación de membrana y antes de iniciar con la disposición de los residuos.

b) Esfuerzos de Compresión Debido al Peso de los Residuos sobre la Membrana

Considerando el Detalle No. 2 del Diagrama de Definiciones de la Fig. No. 2, el esfuerzo de compresión quedará definido por la siguiente expresión:

$$c = E_2 \dots \dots \dots \text{ec (23)}$$

Donde:

$$E_2 = [\gamma_R * (H - H_1)] + [\gamma_L * H_1] + [\gamma_S * (1 - (h/100)) * H_1] \dots \dots \dots \text{ec. (24)}$$

Donde:

γ_R Peso volumetrico de los residuos sólidos dentro del relleno sanitario. (Ton / m³)

γ_L Peso volumetrico de los lixiviados. (Ton / m³)

γ_S Peso volumetrico seco de los residuos sólidos. (Ton / m³)

h: Humedad propia de los residuos sólidos, antes de su disposición dentro del relleno sanitario, (% en peso).

Este tipo de esfuerzos alcanzarán su condición de trabajo más crítica, justo al término de la vida útil del relleno sanitario, que es cuando se tendrá una mayor carga de residuos sobre la membrana.

c) Esfuerzo de Tensión Generado por la Fricción Debida al Crecimiento Vertical del Relleno Sanitario.

Con base al Detalle No. 3 del Diagrama de Definiciones que se presenta en la Fig. No. 2, se puede formular el sistema de fuerzas siguiente

$$E_3 = F_1 - F_2 \quad \text{ec. (25)}$$

Desglosando los términos de esta expresión, se tiene:

$$F_1 = R_4 \tan \rho_R = (R_3 \cos \alpha) \tan \rho_R \quad \text{ec. (26)}$$

$$F_2 = R_4 \tan \rho_S = (R_3 \cos \alpha) \tan \rho_S \quad \text{ec. (27)}$$

$$R_3 = \gamma_R * (\frac{1}{2} * L_1 * L_2) \quad \text{ec. (28)}$$

Donde:

ρ_R : Angulo de fricción interna de los residuos sólidos.

El esfuerzo de la tensión quedará definido por la siguiente ecuación

$$t_2 = \frac{E_3}{e} \quad \text{ec. (29)}$$

Donde:

t_2 : en Ton./m²

E_3 : en Ton./m

e : en m.

Se debe mencionar que este tipo de esfuerzos, se presentarán casi permanentemente durante toda la operación del relleno sanitario, incrementando su magnitud y haciéndose más críticos conforme se incrementen los paquetes de basura.

d) Esfuerzo Cortante Debido al Asentamiento del Relleno por la Estabilización de los Residuos

El Detalle No. 4 del Diagrama de Definiciones de la Fig. No. 2, muestra la fuerza que se deben considerar para el cálculo del esfuerzo cortante.

$$C_R = E_4 = P_1 \tan \alpha_R = (P \cos \alpha) \tan \alpha_R \quad \text{ec (30)}$$

$$P = \gamma_R (H - H) \quad \text{ec (31)}$$

Este tipo de esfuerzos, normalmente se presentan una vez que la vida útil del relleno sanitario ha concluido, pero sobre todo cuando dicho relleno se encuentre en plena fase de estabilización.

e) Esfuerzo de Flexión por Asentamientos Diferenciales que se Presentan en el Piso del Relleno

Consultando el Detalle No. 5 del Diagrama de Definiciones de la Fig. No. 2, se puede establecer el siguiente sistema de fuerzas:

$$(E_s \cdot \cos \alpha_1) - (S_1 + S_2) = 0 \quad \text{ec (32)}$$

$$E_s = \frac{S_1 + S_2}{\cos \alpha_1} \quad \text{ec (33)}$$

Desglosando los términos, tenemos:

$$S_1 = (\gamma_R * H) \tan \phi_R \dots \dots \dots \text{ec (34)}$$

$$S_2 = (\gamma_S * H) \tan \phi_S \dots \dots \dots \text{ec. (35)}$$

El esfuerzo de flexión quedará expresado por la siguiente ecuación:

$$r = E_s * L \dots \dots \dots \text{ec (36)}$$

Donde:

r : en Ton /m

E_s : en Ton./m²

L: Longitud de la membrana que se ve afectada por la fuerza de flexión.

Estos esfuerzos, aunque pueden presentarse en cualquier momento, incluso al iniciar la operación del relleno sanitario, es más factible que se presenten al término de la vida útil de esta obra, debido a que la carga de los residuos sólidos sobre el suelo será mucho mayor. Estos asentamientos, normalmente son debidos a fallas en la compactación de los materiales que soportarán al relleno sanitario, aunque en ocasiones estos asentamientos tienen su origen en fallamientos de capas más profundas, sobre todo en zonas con suelos calcareos.

**DISEÑO DE SISTEMAS
DE DISPOSICION
FINAL DE RESIDUOS
SOLIDOS Y
PELIGROSOS**

Elementos incluidos en el diseño de sistemas de disposición final de residuos sólidos y peligrosos.

- *Estudios básicos.*

- *Proyecto ejecutivo.*

- *Análisis y diseños específicos.*

Estudios básicos.

- *Geohidrología.*

- Tipo de acuífero.**
- Profundidad manto freático.**
- Unidades geohidrológicas del subsuelo.**
- Porosidad y conductividad hidráulica de los horizontes que conforman el subsuelo.**
- Relación $E : \emptyset : K$**

Estudios básicos.

- *Geofísica.*

- Secciones isorresistivas.**
- Definición de zonas conductoras en el subsuelo.**
- Fallas, grietas y otras irregularidades del subsuelo, en la vecindad del sitio.**

Estudios básicos.

- *Geotécnia.*

- Capacidad de campo del material.**
- Masa específica.**
- Granulometría.**
- Límites de consistencia.**
- Capacidad de intercambio catiónico.**

Estudios básicos.

- *Geotécnia.*

- Indices de: actividad mineralógica, resistencia, sensibilidad al amoldamiento.**
- Porosidad y permeabilidad.**
- Peso volumétrico máximo y humedad óptima.**
- Otras características mecánicas de los materiales (cohesión, ángulo de fricción interna, capacidad de carga, etc.**

**Proyecto ejecutivo de
confinamientos y rellenos
sanitarios.**

- ***Dimensionamiento general.***
- ***Profundidad máxima.***
- ***Superficie útil.***
- ***Definición de las secciones
más adecuadas para la
preparación del sitio.***

**Proyecto ejecutivo de
confinamientos y rellenos
sanitarios.**

- ***Planeación y definición del No.
de macroceldas.***
- ***Por capa.***
- ***de acuerdo a su vida útil.***

**Proyecto ejecutivo de
confinamientos y rellenos
sanitarios.**

- ***Diseño de los frentes de trabajo.***
- ***Ancho, altura y profundidad.***
- ***Variación en el tiempo.***
- ***Variación en los periodos de
máxima demanda.***
- ***Calendarización y utilización del
sitio.***

Análisis y diseños específicos.

- a) Determinación de los gastos de diseño de los escurrimientos pluviales, para el dimensionamiento de la infraestructura hidráulica necesaria para su manejo.**
- b) Cálculo de la producción de lixiviados (potencial y real).**

Análisis y diseños específicos.

c) *Diseño del tipo de impermeabilización más adecuada para la base y las paredes del sitio.*

d) *Diseño de los sistemas de control de lixiviados y de gases cuando sea necesario.*

Análisis y diseños específicos.

- e) *Diseño de los sistemas de control de gases y vapores cuando sea necesario.***

- f) *Análisis del proceso de degradación de los residuos (sólo para rellenos sanitarios).***

DIMENSIONAMIENTO GENERAL

- **Area de operación permanente.**
 - **Epoca Sequía.**
 - **Epoca Lluvia.**
- **Zonas de emergencia.**
- **Registro y control.**
- **Básculas.**
- **Oficinas.**

DIMENSIONAMIENTO GENERAL

- **Cobertizo.**
- **Mantenimiento y limpieza.**
- **Campo experimental.**
- **Laboratorio (primordial para confinamiento).**

Planeación y definición del No. de macroceldas.

Se deben tomar los siguientes principios:

- Minimizar movimientos de tierras,***
- Garantizar coberturas adecuadas,***
- Proporcionar áreas suficientes para maniobras de equipo.***

La geometría de macroceldas y sus dimensiones, dependerán de:

- Recepción diaria de residuos.***
- Frecuencia de recepción de los residuos.***
- Estabilidad del terreno.***
- Acomodo de los residuos dentro de la macrocelda.***

Dimensionamiento de la celda diaria de un relleno sanitario.

1. Volumen de la celda

$$V = \left[\frac{G \times P}{PV} \right]^{7/6}$$

Donde:

G: generación percapita de residuos sólidos municipales en Kg/hab-día.

P: población por servir en habs.

Dimensionamiento de la celda diaria de un relleno sanitario.

Donde:

PV: Peso volumétrico de los residuos confinados en Kg/m³.

$\frac{7}{6}$: Factor para considerar que el día domingo no hay recolección.

Dimensionamiento de la celda diaria de un relleno sanitario.

2. La altura de la celda diaria.

Debe estar comprendida entre 2.0 y 5.0 m. como máximo, incluyendo el espesor de los Residuos Sólidos Municipales y el Material de Cubierta Requerido.

Dimensionamiento de la celda diaria de un relleno sanitario.

2. La altura de la celda diaria.

Los talúdes deben tener una inclinación de 2:1 a 4:1.

Dimensionamiento de la celda diaria de un relleno sanitario.

3. Frente de trabajo (ancho de la celda).

La longitud del frente de trabajo debe estar determinado por la longitud necesaria para el funcionamiento adecuado y ejecución de maniobras del equipo, tanto de compactación como de transporte.

$$F = \left[\frac{N t}{M} \right] a + \sum_{i=1}^n A$$

Dimensionamiento de la celda diaria de un relleno sanitario.

Donde:

F: Longitud del frente de trabajo, (m).

N: Número de vehículos, que llegan en el periodo pico, (adimensional).

t: Tiempo necesario por unidad, para el ciclo de maniobras y descarga, (min).

a: Ancho necesario por vehículo, (m).

A: Ancho de la hoja topadora de la maquinaria empleada, (m).

n: Número de equipos empleados.

M: No. de minutos del periodo pico, (min).

Dimensionamiento de la celda diaria de un relleno sanitario.

- ***Otro criterio de establecer el frente de trabajo, es el de tomar entre 2.5 a 4 veces el ancho de la cuchilla del tractor utilizado.***

Dimensionamiento de la celda diaria de un relleno sanitario.

4. Largo de la celda diaria.

se debe calcular en función de la altura y el frente de trabajo de la celda previamente determinados.

L: Largo de la celda, (m).

V: Volumen de la celda, (m³).

W: Ancho de la celda, (m).

A: Altura de la celda, (m).

$$L = \frac{V}{W A}$$

Diseño de los frentes de trabajo Confinamiento

Los residuos que se recibirán, pueden presentar las siguientes características:

- ***Sólidos: a granel, pacas, costales.***
- ***Polvos y talcos: en costales.***
- ***Pellets: a granel y en costales.***
- ***Líquidos: envasados.***
- ***Lodos: a granel y envasados.***

Diseño de los frentes de trabajo (Actualmente)

- ***Los residuos se depositán a granel o en tambos, normalmente se emplean tambos de 200 lts.***
- ***Los tambos se colocan en celdas de acuerdo a su incompatibilidad para evitar reacciones violentas o gases tóxicos.***

Diseño de los frentes de trabajo (Actualmente)

- ***La celda diaria se forma con varias hileras de tambos, cubriéndose con tierra al final del día o al término de la operación.***
- ***Entre cada nivel de tambos se coloca una capa intermedia de suelo de 20 cm. de espesor. El último nivel se cubrirá con un espesor de 60 cm.***

CALENDARIZACION Y UTILIZACION DEL SITIO

- Programa de ocupación por celdas y capas.**
 - Bitácora de trabajo.**
 - Control topográfico.**
 - Control de fechas.**
- Medición de asentamientos.**
- Programa de coberturas finales.**
- Propuesta de uso del sitio.**

ANEXOS

(Para residuos municipales, puede ser válido para residuos industriales)

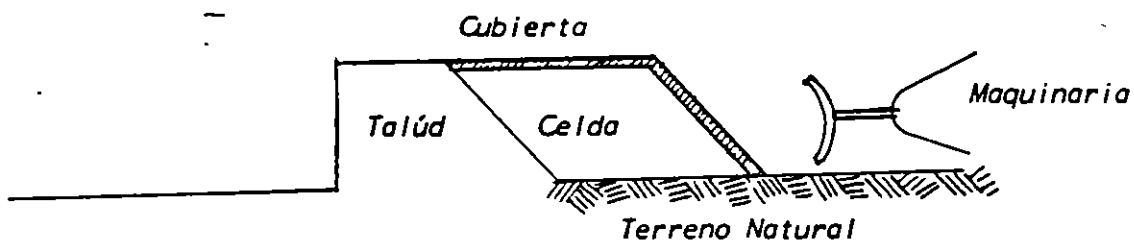
- I. Definir el Método de Operación
- II. Establecer el nivel de desplante del Relleno Sanitario
- III. Planeación general para el Relleno
- IV. Diseño específico del Relleno
- V. Diseño de los Sistemas de Control
- VI. Diseño de Obras Complementarias
- VII. Propuesta de Manual de Operación del Relleno Sanitario

I. METODOS DE OPERACION

La literatura reporta 3 métodos:

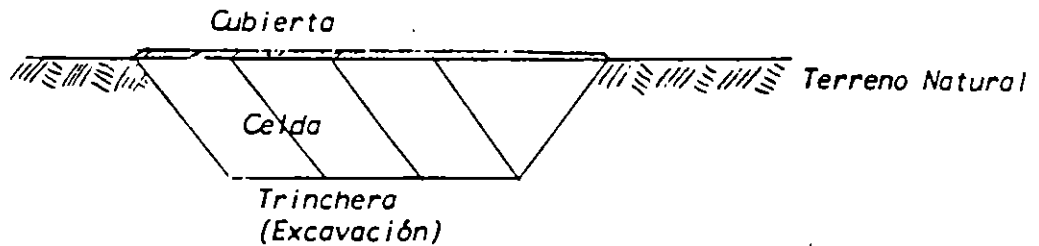
1.- Método de Area

- Se construye un talúd
- La basura es compactada apoyándose en este talúd



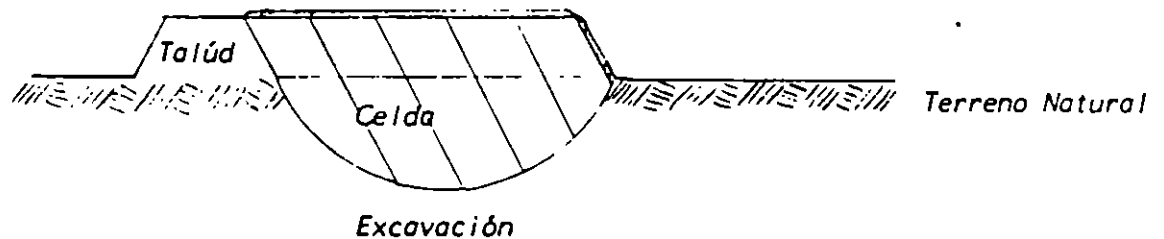
2.- METODO DE ZANJA O TRINCHERA

- Se hace una excavación en el terreno natural
- La compactación es similar que en el 1er. método



3. METODO COMBINADO

- Según las características del terreno, se puede construir el talúd de apoyo y a la vez hacer una excavación, se compacta como en el Método de Area.



Cabe señalar, que los anteriores métodos se consideran anacrónicos, además de que, como se puede observar todos ellos están relacionados, por lo que no se puede hacer una separación clara de cada uno. Para cuestiones de clasificación de un Relleno Sanitario, esto puede definirse mejor tomando en cuenta otros aspectos, como son, el grado de tecnificación, la forma en que se construye, el nivel de desplante, etc.

Clasificación según su grado de tecnificación:

a) Relleno Común

Es un tiradero "a cielo abierto", el cual no es cubierto y donde no se hace uso de maquinaria alguna.

b) *Relleño Controlado*

En este tiradero si existe cobertura, aunque de manera esporádica, puede ser semanal, ocasionalmente se emplea maquinaria.

c) *Relleño Sanitario*

En este relleno se cubre la basura diariamente; el empleo de maquinaria es así mismo, una actividad ordinaria.

d) *Relleño Sanitario Tecnificado*

Cuenta con todos los sistemas de control necesarios para evitar migraciones de biogas, y escurrimientos de lixiviados, además de otros impactos como fauna nociva. Puede tener sistemas para aprovechamiento de biogas y/o tratamiento de lixiviados.

Clasificación por la forma en que se construye:

- *En Depresiones (Minas, cavernas, etc.)*
- *Terrenos planos/semi-ondulados (ej. Bordo Poniente)*

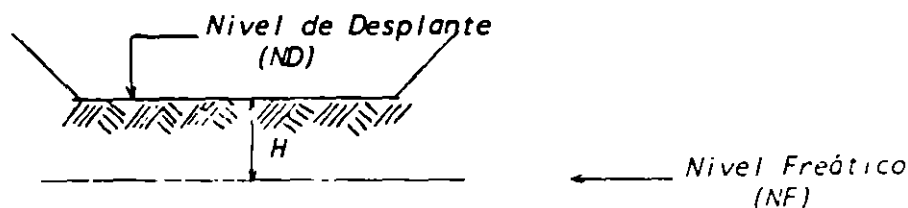
Clasificación de acuerdo a la forma de operación

- *Por área: celdas compactadas sobre un talúd (se considera más recomendable)*
- *A volteo: menor grado de compactación, se emplea mayor cantidad de material de cubierta.*

II. *NIVELES DE DESPLANTE DEL RELLENO SANITARIO*

Existen dos criterios:

a) *Criterio de tipo Constructivo*



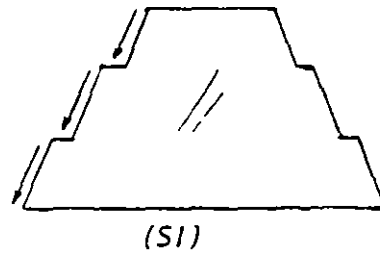
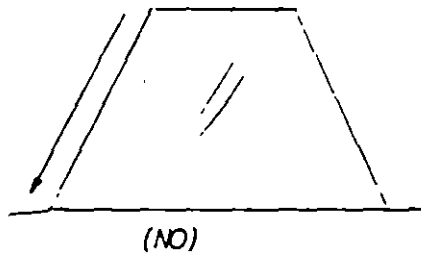
b) Criterio Ambiental



Nivel Freático

III. PLANEACION GENERAL DEL RELLENO SANITARIO

- Es más conveniente que el relleno crezca en forma vertical, debido a que así la superficie expuesta a las precipitaciones pluviales es menor, con lo que se retarda la aparición de lixiviados.
- Para asegurar la estabilidad del Relleno es necesaria la construcción de éste en forma de terrazas.



IV. DISEÑO ESPECIFICO DEL RELLENO

- Diseño de la celda diaria
- Cálculo de los requerimientos volumétricos
- Cálculo de la vida útil
- Calendarización

Nota: el frente de trabajo se establece entre 2.5 a 4 veces el ancho de la cuchilla del tractor utilizado.

$$V = h \times l \times f$$

ejemplo: 1000 Ton/día

$$PV = 900 \text{ Kgm}^{-3}$$

$$h = 5 \text{ m}$$

$$A = \frac{V}{h} = \frac{1111}{5} = 222 \text{ m}^2$$

$$\text{Si } f = 20 \text{ m}$$

$$l = \frac{222}{20} = 11 \text{ m}$$

4.- DISEÑO ESPECIFICO DEL RELLENO SANITARIO

26/Oct./93

b) En este punto se determinarán los volúmenes de Residuos Sólidos por disponer en el Relleno Sanitario, así como los volúmenes de material necesario para su cobertura.

También se obtendrán las dimensiones de la celda diaria al aumentar la población y su generación per capita.

TABLA DE CALCULO DE REQUERIMIENTOS VOLUMETRICOS Y DIMENSIONAMIENTO DE LA CELDA DIARIA

(1) AÑO	(2) POBLACION HAB.	(3) GENERACION PER CAPITA KG/HAB/DIA	(4) GENERACION TOTAL TON/DIA	(5) VOLUMEN RESIDUOS SOLIDOS M ³ /DIA	(6) VOLUMEN MATERIAL DE CUBIERTA M ³ /DIA
1994	1'000,000	1.00	1,000	1111	167
1995	1'200,000	1.010	1,212	1347	202
1996	1'350,000	1,0201	1'377	1530	230
1997	1'500,000	1,0303			
2005					

(7) VOLUMEN TOTAL M ³ /DIA	(8) VOLUMEN TOTAL MENSUAL M ³	(9) VOLUMEN TOTAL ANUAL M ³	C E L D A D I A R I A			(13) AREA M ²	(14) VOLUMEN TOTAL ANUAL ACUMULADO M ³
			(10) ALTO M	(11) FRENTE M	(12) FONDO M		
1278	38340	460080	3.0	10.00	42.6	426	460.080
1549	46470	557640	3.0	10.00	51.6	516	1'017,720
1760	52800	63360	3.00	10.00	58.7	587	1'081,080

(*)

CALCULO DE LA TABLA:

COLUMNA (1) :- Pertenece a los años en que se estima dará servicio el Relleno Sanitario, el cual debe tener una vida útil mínima de 10 años.

COLUMNA (2).- Es el número de habitantes a servir en el año correspondiente, la proyección de población para los años futuros se puede calcular empleando alguno de los métodos existentes como son el geométrico, lineal, exponencial, etc., sin embargo, se recomienda realizar un análisis del comportamiento demográfico en las distintas zonas por atender, ya que algunas podrán tener tasas de crecimientos que se ajusten a alguno de los métodos mencionados y otras zonas por el contrario, disminuir su población, para ello se recomienda utilizar los datos proporcionados por INEGI, en los últimos censos y en base a ellos conformar alguna función representativa de su comportamiento.

COLUMNA (3).- La generación per capita se refiere a la generación de residuos que genera un habitante promedio diariamente, este dato dependerá del tipo de comunidad, de sus hábitos, de sus condiciones socioeconómicas, etc., en este caso se considera la generación promedio en la Cd. de México que es de 1 (KG/HAB/DIA), con un incremento del 1% anual.

Así tenemos que para 1994 la generación per capita es de -
1.00 (KG/HAB/DIA)

Para 1995 será de 1.01 (KG/HAB/DIA)

Para 1996 será de 1.0201 (KG/HAB/DIA)

COLUMNA (4).- Generación total, se obtiene al afectar el valor de la población por el valor de la generación per capita.

Gen. Total = (1'000,000 Hab.) (1.00 KG/HAB/DIA) = 1000 toneladas por día.

COLUMNA (5).- Volumen de residuos sólidos. El peso volumétrico de la basura compactada en el sitio de disposición final, varía con algunos factores como son, contenido de materia orgánica, contenido de humedad, tipo de maquinaria empleada, etc., en este ejemplo se utilizó el de 900 Kg/m³

Vol. Res. sol. = $\frac{\text{Generación total}}{\text{Peso volumétrico}} = \frac{1000 \text{ ton/día}}{0.90 \text{ ton/día}} = 1,111$
ton.

COLUMNA (6).- Volumen de material de cubierta. Se estima que el volumen de material de cubierta requerido es del 15 al 25% del volumen de residuos sólidos a disponer, en este caso se consideró del 15%.

COLUMNA (7).- Volumen total = Vol. Res. Sol. + Vol. Mat. de cubierta

$$\text{Volumen total} = (1,111 \text{ m}^3/\text{día}) + (167 \text{ m}^3/\text{día}) = 1278 \text{ m}^3/\text{día}$$

COLUMNA (8).- Volumen total mensual. Se consideran 30 días al mes.

$$\text{Volumen total mensual} = (\text{Vol. tot.}) (30 \text{ días})$$

$$\text{Volumen total mensual} = (1278 \text{ m}^3/\text{día}) (30 \text{ días}) = 38,340 \text{ m}^3$$

COLUMNA (9).- Volumen total anual = (Vol. tot. mens.) (12 meses)

COLUMNAS (10), (11), (12) y (13) .- Se toman de los valores obtenidos en el índice (a) correspondiente al diseño de la celda diaria.

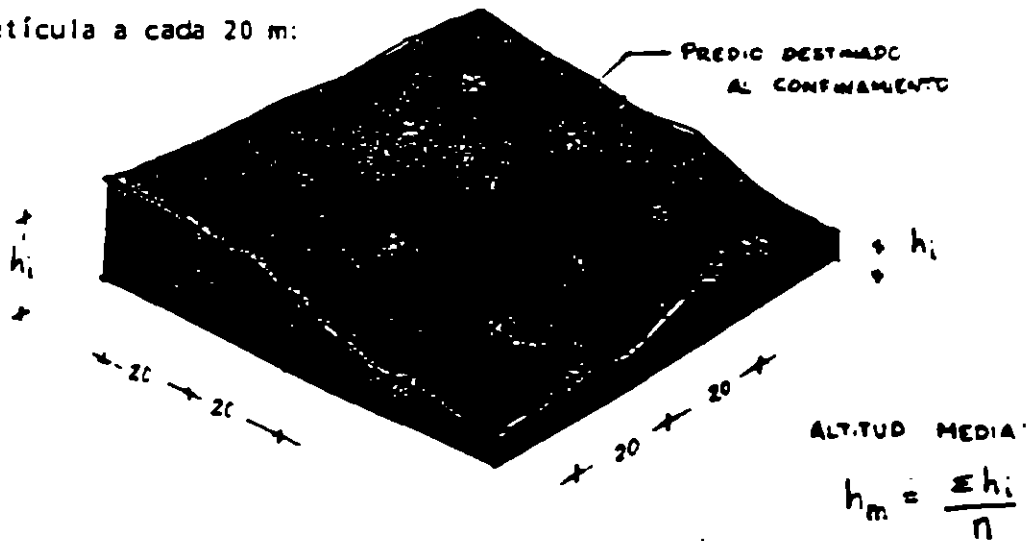
COLUMNA (14).- Volumen total anual acumulado. Esta columna nos indica los volúmenes totales requeridos para disponer los residuos sólidos, con los cuales se podrá determinar la vida útil del sitio en estudio.

* Las dimensiones de la celda diaria pueden cambiar, ya que si existe incremento en la población, probablemente sea necesario aumentar el número de vehículos y por lo tanto la longitud del frente de trabajo.

BALANCE DE MOVIMIENTO DE MATERIALES

DETERMINACION DE TERRAZAS

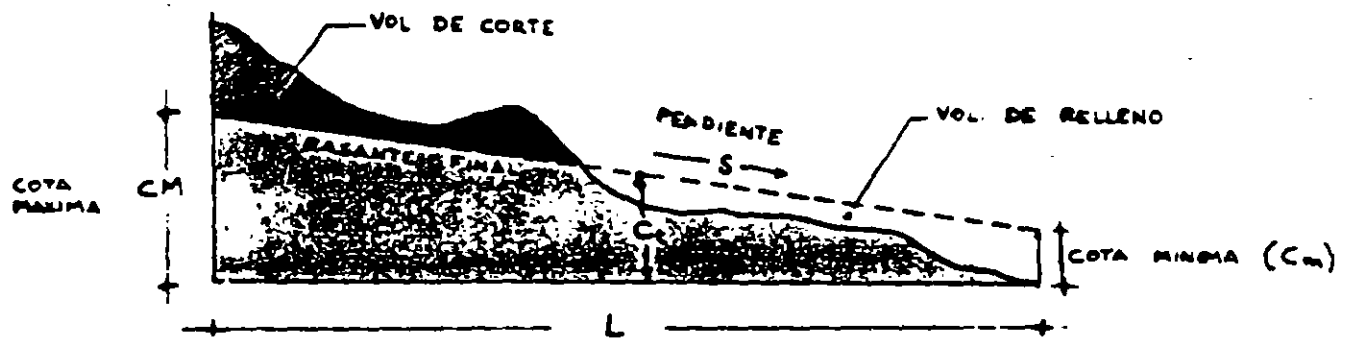
- Retícula a cada 20 m:



Ajuste a cota de centroide: $C_t = h_m - P_c - P_e$

P_c = Pérdida menor por compactación (m) = 0.02

P_e = Pérdida por extracción ; con $P_e = \frac{V_b}{A_n}$ (Vol. para bordos)
(Area a terracerarse)



$$C_i = C_t + \frac{SL}{2} \quad C_m = C_t - \frac{SL}{2}$$

- Excavación consecutiva

$$V_e = \left(\frac{AE_1 + AE_2}{2} \right) dt$$

- Terraplen consecutivo

$$V_t = \left(\frac{AT_1 + AT_2}{2} \right) dt$$

- Excavación-Terraplen

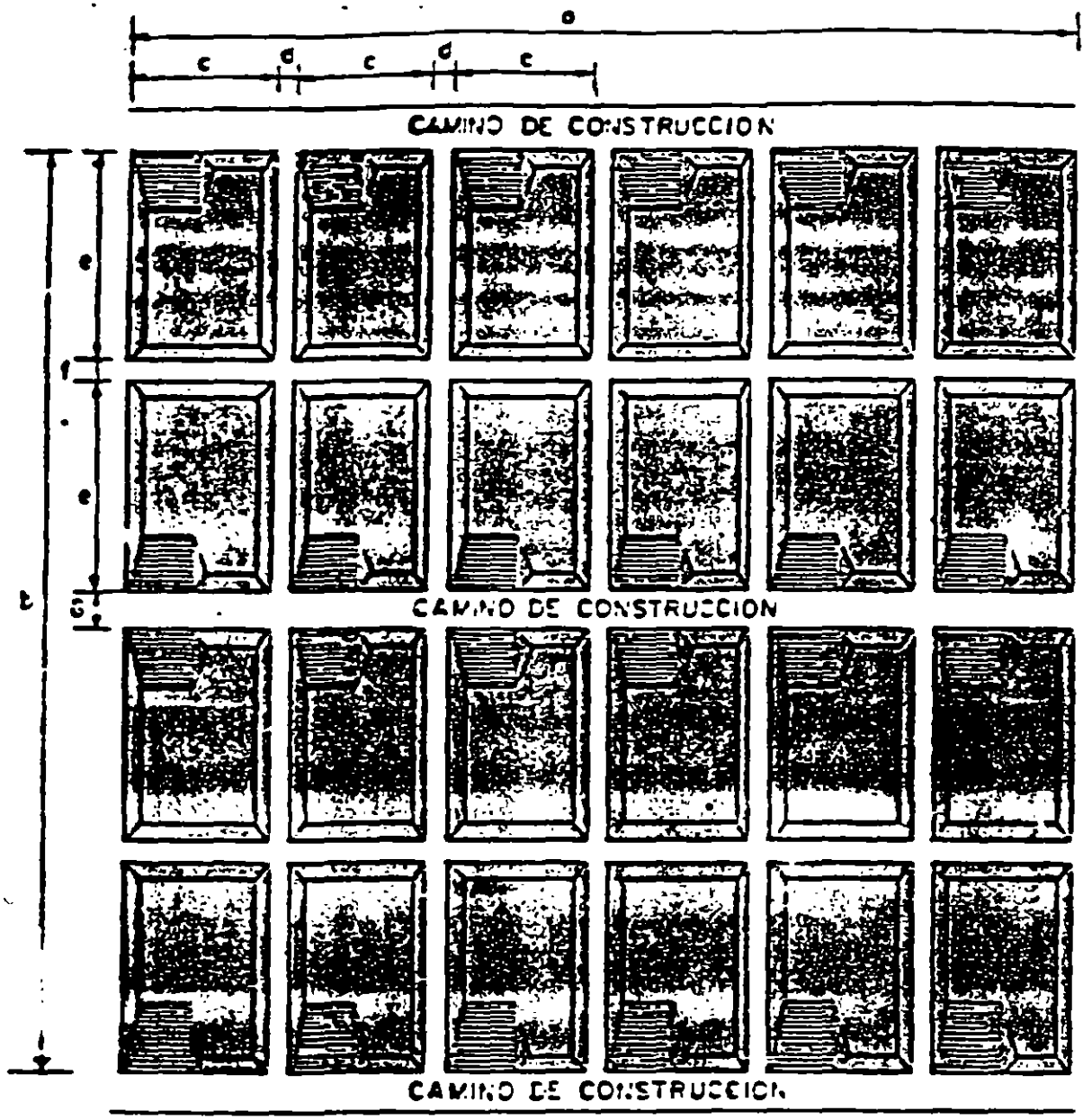
$$V_e = \frac{AE^2}{AE + AT} \cdot \frac{dt}{2}$$

$$V_t = \frac{AT^2}{AE + AT} \cdot \frac{dt}{2}$$

AE = Superficie de excavación

AT = Superficie de terraplen

dt = Distancia transversal considerada



BALANCE DEL AGUA A INFILTRARSE EN EL RELLENO SANITARIO

Para determinar la cantidad de agua a infiltrarse en el suelo como lixiviado o líquido percolado contaminante, después de haberse percolado a través de todas las capas de basura que conformarán el relleno sanitario, se aplicará el Método del Balance de Agua desarrollado por C.W. Thornthwaite, según es descrito por Castany^(*).

El método anterior se basa en la evaluación empírica de la evapotranspiración potencial mensual. Después se calcula la evapotranspiración real mensual, elemento desconocido del balance, partiendo de algunas estimaciones, la principal de las cuales concierne a la evaluación de la cantidad máxima de agua almacenada en el suelo antes de su percolación.

La información requerida para la aplicación del método, tiene que ver con las precipitaciones y temperaturas promedios mensuales, de la estación climatológica más próxima, durante un periodo de observación mínimo de 25 años.

La secuencia a seguir para efectuar el cálculo del Balance de Agua, se presenta a continuación

- a) Determinación de las evapotranspiraciones mensuales potenciales corregidas, a partir de las temperaturas promedio mensuales; empleando para ello, la siguiente formulación:

$$EP_j = 1.6(10 T_j/I)^a \dots\dots\dots (1)$$

$$ij = (T_j/5)^{1.514} \dots\dots\dots (2)$$

$$I = \sum_{j=1}^{12} ij \dots\dots\dots (3)$$

^(*) TRATADO PRACTICO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS Castany G Ed Omega 1971

$$\alpha = 0.49239 + 1792 \times 10E-05 (I) + 771 \times 10E-07 (I^2) + 675 \times 10E-09 (I^3) \dots (4)$$

donde:

- EPj : Evapotranspiración potencial mensual sin corregir, en cm. Tj : Temperatura media mensual, en °C.
- I : Sumatoria de los índices mensuales de calor, (adimensional).
- ij : Índice mensual de calor, (adimensional).
- α : Coeficiente adimensional que está en función de la sumatoria de los índices mensuales de calor.
- j : No. del mes considerado.

Además los valores de "EPj" calculados para cada mes, se corrigen por medio de un coeficiente mensual "K", que toma en cuenta el número de días y el número real de horas entre la salida y la puesta del sol.

- b) Cálculo de la humedad potencial de infiltración mensual, realizando el siguiente balance para cada uno de los meses del año:

$$IPj = (Pj - (CEj * Pj)) - EPj \dots (5)$$

donde:

- IPj : Humedad potencial de infiltración mensual, en mm.
- Pj : Precipitación media mensual, en mm.
- CEj : Coeficiente de escurrimiento mensual, (adimensional).

- c) Realización para cada uno de los meses del año, de un balance de agua en la cubierta diaria y final del relleno sanitario, tomando en cuenta para tal fin, las siguientes consideraciones

- c.1. Cuando la precipitación mensual es igual o superior a la evapotranspiración potencial mensual, se producirá un exceso en el aporte de agua a la cubierta de suelo; exceso que al ser absorbido alimentará la reserva de agua almacenada por el mismo suelo.
- c.2. Si la altura de precipitación mensual es inferior a la evapotranspiración potencial mensual, sucederá que la evapotranspiración real consumirá totalmente la precipitación, generándose por tanto un cierto déficit el cual es cubierto con las reservas de agua del suelo, hasta su agotamiento. Si la reserva de suelo es suficiente para satisfacer dicho déficit, la evapotranspiración real será igual a la evapotranspiración potencial, por lo que se cae dentro de la consideración anterior; mientras que si por el contrario, la reserva del suelo resulta ser insuficiente, la evapotranspiración real queda ligada a las precipitaciones mensuales, agotándose las reservas de suelo y generándose por tanto, un déficit en el almacenamiento de agua en el suelo.

Con la metodología antes descrita, se procederá a efectuar un balance de agua con la siguiente información:

- Cubierta Final: Material limoso, con una capacidad de campo de 300 mm/m, punto de marchitamiento de 100 mm/m, capacidad de absorción de humedad del suelo (HS) de 200 mm/m^(*), y un espesor de 50 cms.
- El cálculo de la evapotranspiración potencial ajustada (ET), se presenta en la Tabla No. 1.

(*) USE OF THE WATER BALANCE METHOD FOR PREDICTING LEACHATE GENERATION FROM SOLID WASTE DISPOSAL SITES
Dennis G. Fern et. Al. U.S. Environmental Protection Agency. 1974

TABLA No. 1

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL AJUSTADA

MES	TEMPERATURA °C	INDICE	EVAPOTRANSPIRACION POT. MENSUAL mm	FACTOR DE CORRECCION	EVAPOTRANSPIRACION POT. AJUSTADA mm
ENERO	12.94	4.22	42.94	0.954	40.96
FEBRERO	14.09	4.80	49.19	0.902	44.37
MARZO	16.84	6.29	65.38	1.030	67.34
ABRIL	17.60	6.72	70.15	1.048	73.52
MAYO	18.59	7.30	76.56	1.118	85.59
JUNIO	17.34	6.57	68.51	1.104	75.64
JULIO	16.84	6.28	65.26	1.136	74.14
AGOSTO	16.78	6.25	65.01	1.104	71.77
SEPTIEMBRE	16.81	6.27	65.20	1.020	66.50
OCTUBRE	15.87	5.75	59.47	1.002	59.59
NOVIEMBRE	14.47	5.00	51.32	0.934	47.93
DICIEMBRE	13.05	4.27	43.52	0.946	41.17

PARA: $I = 69.72$

$\alpha = 1.59624$

- Se consideró un coeficiente de escurrimiento superficial de 0.13 en temporada de secas y de 0.17 en temporada de lluvias^(*), con lo cual pudo estimarse a partir de la precipitación (P), el escurrimiento superficial (ES) y la infiltración (I); estos cálculos se presentan en la Tabla No. 2.
- La evapotranspiración real (ETA), y la percolación se calcularon mediante las siguientes relaciones:

$$ETA = ET \quad \text{si } I - ET > 0$$

$$ETA = I - \Delta HS \quad \text{si } I - ET < 0$$

$$PERC = I - \Delta HS - ETA$$

Estableciendo lo anterior, se realizó el balance de agua para determinar la cantidad de percolación de agua pluvial anual al relleno sanitario, es decir, la cantidad potencial de lixiviados a generarse en el relleno sanitario.

Estos cálculos se presentan en la Tabla No. 3 donde puede observarse que no existe percolación del agua pluvial.

Para demostrar la importancia de la cubierta final de un relleno sanitario, se efectuó ahora un nuevo cálculo para una cubierta diaria de 0.20 m. de espesor, con lo cual se determinó una percolación de 25.84 mm/año, lo que arroja para un total de 104 Has. aprovechables del relleno sanitario, una percolación anual de 26,873.6 m³ equivalente a un caudal de 0.85 l.p.s.

En la Tabla No. 4., se presentan los cálculos para la consideración anteriormente señalada y en la Fig. No. 1, se muestra la esquematización de estos cálculos.

^(*) ESTUDIO DE ESTABILIZACION DEL RELLENO SANITARIO BORDO PONIENTE Y DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL EN LA ZONA FEDERAL DEL-LAGO DE TENACOCO
Proyectos y Construcciones PISCIS, S.A., 1989

TABLA No. 2**CALCULO DE LA HUMEDAD DE INFILTRACION**

MES	PRECIPITACION MEDIA MENSUAL mm	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	ESCURRIMIENTO	INFILTRACION
ENERO	7.90	0.13	1.03	6.87
FEBRERO	6.40	0.13	0.83	5.57
MARZO	9.91	0.13	1.29	8.62
ABRIL	30.78	0.13	4.00	26.78
MAYO	46.19	0.13	6.00	40.19
JUNIO	110.78	0.17	18.83	91.95
JULIO	120.43	0.17	20.47	99.96
AGOSTO	107.09	0.17	18.21	88.88
SEPTIEMBRE	88.07	0.17	14.97	73.10
OCTUBRE	44.17	0.13	5.74	38.43
NOVIEMBRE	5.78	0.13	0.75	5.03
DICIEMBRE	5.76	0.13	0.75	5.01

TABLA No. 3

BALANCE DE AGUA PARA UN ESPESOR DE CUBIERTA DE 0.50 m.

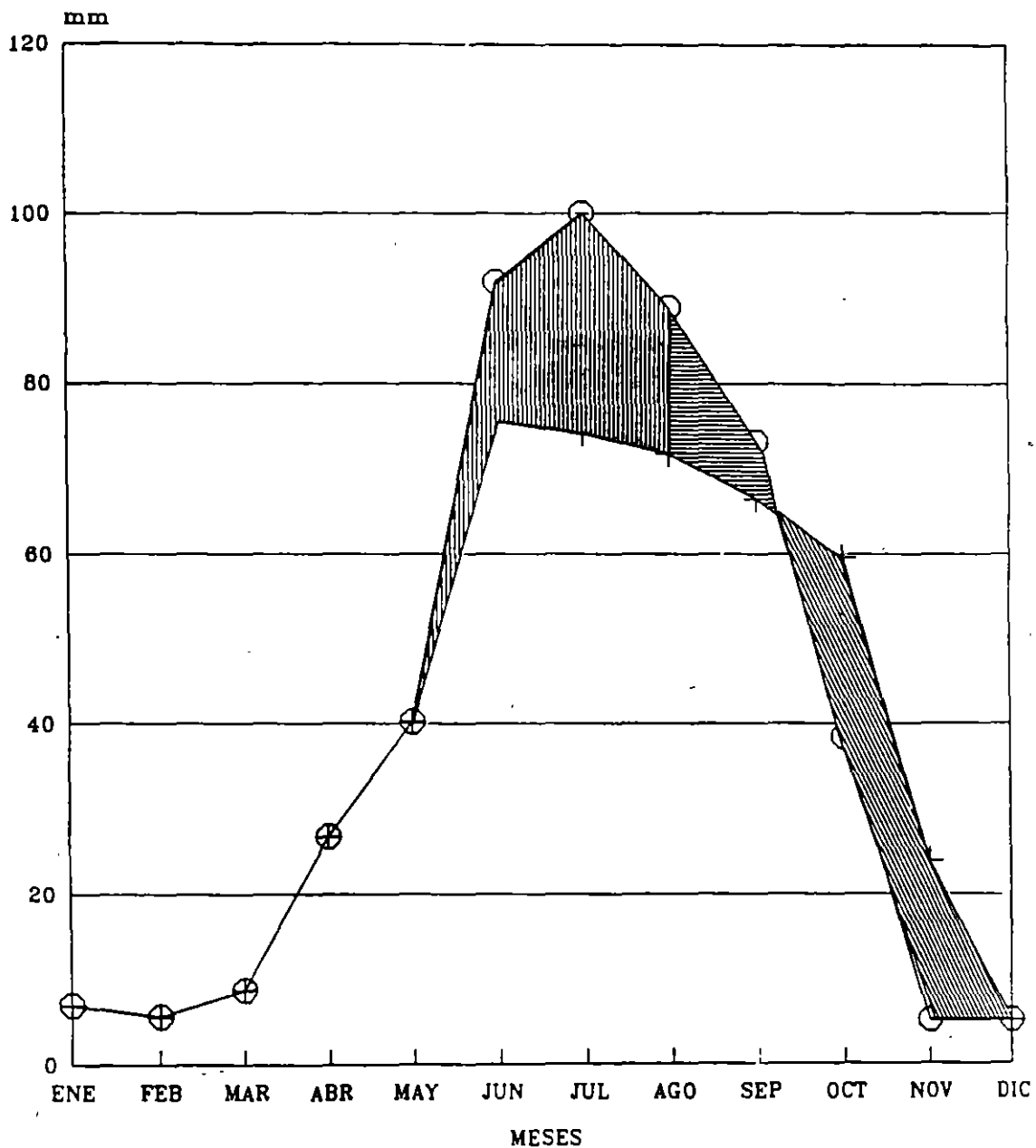
PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
P	7.90	6.40	9.91	30.78	46.19	110.78	120.43	107.09	88.07	44.17	5.78	5.76	583.26
ES	1.03	0.83	1.29	4.00	6.00	18.83	20.47	18.21	14.97	5.74	0.75	0.75	92.87
I-(P-ES)	6.87	5.57	8.62	26.78	40.19	91.95	99.96	88.88	73.10	38.43	5.03	5.01	490.39
ET	40.98	44.37	67.34	73.52	85.39	75.64	74.14	71.77	66.50	59.59	47.93	41.17	748.52
I-ET	-34.09	-38.8	-58.72	-46.74	-45.4	16.31	25.82	17.11	6.60	-21.16	-42.36	-36.16	
ΔHS	0	0	0	0	0	16.31	42.13	59.24	100	78.84	36.48	0.32	
ΔHS	-0.32	0	0	0	0	16.31	25.82	17.11	6.60	-21.16	-42.36	-36.16	
ETA	7.19	5.57	8.62	26.78	40.19	75.64	74.14	71.77	66.50	59.59	47.39	41.17	524.55
PERC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABLA No. 4

BALANCE DE AGUA PARA UN ESPESOR DE CUBIERTA DE 0.20 m.

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
P	7.90	6.40	9.91	30.78	46.19	110.78	120.43	107.09	88.07	44.17	5.78	5.76	583.26
ES	1.03	0.83	1.29	4.00	6.00	18.83	20.41	18.21	14.97	5.71	0.75	0.75	92.87
I-(P-ES)	6.87	5.57	8.62	26.78	40.19	91.95	99.96	88.88	73.10	38.43	5.03	5.01	490.39
ET	40.98	44.37	67.34	73.52	85.39	75.64	74.14	71.77	66.50	59.59	47.93	41.17	748.52
I-ET	-34.09	-38.8	-58.72	-46.74	-45.4	16.31	25.82	17.11	6.60	-21.16	-42.36	-36.16	
ΔHS	0	0	0	0	0	16.31	40.00	40.00	40.00	18.84	0	0	
ΔHS	0	0	0	0	0	16.31	23.69	0	0	-21.16	-18.84	0	
ETA	6.87	5.57	8.62	26.78	40.19	75.64	74.14	71.77	66.50	59.59	23.87	5.01	464.55
PERC	0	0	0	0	0	0	2.15	17.11	6.60	0	0	0	25.84

FIG. 1 BALANCE DE AGUA PARA 20 CMS. DE CUBIERTA



○+ INFILTRACION

+ EVAPOTRANSPIRACION REAL

▨ PERCOLACION

□ RECARGA DE HUMEDAD DEL SUELO

▨ UTILIZACION DE HUMEDAD DEL SUELO

$$B_{CH_4} = [MO] \cdot [R_1] \quad \text{ec (16)}$$

Ton Mat orgánica en Base Seca que - contiene 1 m ³ de - Basura	Ton CH ₄ pro- ducido por 1 Ton de Mat. Orgánica en - Base seca
--	---

$$B_{CH_2} = [MO] \cdot [R_1] \quad \text{ec (17)}$$

Ton Mat orgánica en Base Seca que - contiene 1 m ³ de - Basura	Ton CH ₄ pro- ducido por 1 Ton de Mat Orgánica en - Base seca
--	--

B) ESFUERZOS DE TRABAJO A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACION

Los esfuerzos de trabajo más comunes, que se presentan en los sistemas de impermeabilización con membranas artificiales que a últimas fechas se consideran como parte fundamental de un relleno sanitario, se ilustran en la Fig No 4.1 y se describen a continuación.

a) Esfuerzo de Tensión por el Peso Propio de la Membrana.

A partir del Detalle No. 1 del Diagrama de Definiciones de la Fig No 4.1, se establece el siguiente sistemas de fuerzas

$$E_1 = F_1 - R_2 = 0 \quad \text{ec (18)}$$

Desarrollando los términos de esta expresión, se tiene

$$R_2 = R \text{ sen } \alpha \quad \text{ec (19)}$$

$$F = R \text{ tan } \alpha = (R \text{ cos } \alpha) \text{ tan } \quad \text{ec (20)}$$

El esfuerzo de tensión estará dado por la siguiente expresión:

$$t_1 = \frac{E_1}{e} \quad \text{ec (22)}$$

Donde.

t_1 en Ton/m²

E_1 en Ton/m

e en m

Cabe aclarar que este tipo de esfuerzos de tensión, presenta su mayor sollicitación, justo después de haber concluido la instalación de membrana y antes de iniciar con la disposición de los residuos

b) Esfuerzos de Compresión Debido al Peso de los Residuos sobre la Membrana

Considerando el Detalle No. 2 del Diagrama de Definiciones de la Fig. No 1, el esfuerzo de compresión quedará definido por la siguiente expresión:

$$E_2 = E_2 \quad \text{ec (23)}$$

Donde

$$E_2 = [\gamma_R \cdot (H - H_1)] + [\gamma_L \cdot H_1] + [\gamma_s \cdot (1 - (h/100)) \cdot H_1] \quad \text{ec (24)}$$

Donde

γ_L Peso volumétrico de los residuos sólidos dentro del relleno sanitario (Ton/m³)

γ Peso volumétrico de los líquidos (Ton/m³)

γ_s Peso volumétrico seco de los residuos sólidos, (Ton./m³)

h: Humedad propia de los residuos sólidos, antes de su disposición dentro del relleno sanitario, (% en peso)

Este tipo de esfuerzos alcanzarán su condición de trabajo más crítica, justo al término de la vida útil del relleno sanitario, que es cuando se tendrá una mayor carga de residuos sobre la membrana

c) Esfuerzo de Tensión Generado por la Fricción Debida al Crecimiento Vertical del Relleno Sanitario

Con base al Detalle No. 3 del Diagrama de Definiciones que se presenta en la Fig No. 1, se puede formular el sistema de fuerzas siguiente:

$$E_s = F_1 - F_2 \quad \text{ec (25)}$$

Desglozando los términos de esta expresión, se tiene:

$$F_1 = R_1 \tan \rho_R = (R_1 \cos \alpha) \tan \rho_R \quad \text{ec (26)}$$

$$F_2 = R_2 \tan \rho_S = (R_2 \cos \alpha) \tan \rho_S \quad \text{ec (27)}$$

$$R_1 = \gamma_R \cdot (\frac{1}{2} \cdot L_1 \cdot L_2) \quad \text{ec (28)}$$

Donde:

ρ_R Angulo de fricción interna de los residuos sólidos

El esfuerzo de la tensión quedara definido por la siguiente ecuacion

$$t = \frac{E_s}{e}$$

Donde $S = s$ ec. (33)

$$E \cos \alpha$$

t_2 en Ton/m₂
 Desglosando los terminos tenemos:
 E_3 en Ton/m

e en m.
 $S = (\gamma_R \cdot H) \tan$ ec. (34)

$S = \gamma_R \cdot H \cdot \tan$ ec. (35)
 Se debe mencionar que este tipo de esfuerzos, se presentarán casi permanentemente durante

toda la operación del relleno sanitario, incrementando su magnitud y haciéndose más crítico conforme se incrementen los paquetes de basura.

- d) **Esfuerzo Cortante Debido al Asentamiento del Relleno por la Estabilización de los Residuos**
 Donde

El Detalle No 4 del Diagrama de Definiciones de la Fig No. 1, muestra la fuerza que se deben considerar para el cálculo del esfuerzo cortante

$P_{CR} = E_3 = P_R \tan \alpha = (P \cos \alpha) \tan \alpha$ ec. (30)

$P = \gamma_R (H - H)$ ec. (31)

Estos esfuerzos, aunque pueden presentarse en cualquier momento, incluso al iniciar la operación del relleno sanitario, es más factible que se presenten al término de la vida útil de esta obra, debido a que la carga de los residuos sólidos sobre el suelo será mucho mayor, pero sobre todo cuando dicho relleno se encuentre en plena fase de estabilización.

Estos asentamientos, normalmente son debidos a fallas en la compactación de los materiales que soportarán al relleno sanitario, aunque en ocasiones estos asentamientos tienen su

- e) **Esfuerzo de Flexión por Asentamientos Diferenciales que se Presentan en el Piso del Relleno**

Consultando el Detalle No 5 del Diagrama de Definiciones de la Fig No. 1, se puede establecer el siguiente sistema de fuerzas

$(E \cdot \cos \alpha + S) - S = 0$ ec. (32)

$$E_s = \frac{S_1 + S_2}{\cos \alpha_1} \dots \dots \dots \text{ec. (33)}$$

Desglosando los términos, tenemos:

$$S_1 = (\gamma_R \cdot H) \tan \alpha_R \dots \dots \dots \text{ec. (34)}$$

$$S_2 = (\gamma_S \cdot H) \tan \alpha_S \dots \dots \dots \text{ec. (35)}$$

El esfuerzo de flexión quedará expresado por la siguiente ecuación.

$$f = E_s \cdot L \dots \dots \dots \text{ec. (36)}$$

Donde:

f : en Ton./m

E_s : en Ton./m²

L : Longitud de la membrana que se ve afectada por la fuerza de flexión.

Estos esfuerzos, aunque pueden presentarse en cualquier momento, incluso al iniciar la operación del relleno sanitario, es más factible que se presenten al término de la vida útil de esta obra, debido a que la carga de los residuos sólidos sobre el suelo será mucho mayor. Estos asentamientos, normalmente son debidos a fallas en la compactación de los materiales que soportarán al relleno sanitario, aunque en ocasiones estos asentamientos tienen su origen en fallamientos de capas más profundas, sobre todo en zonas con suelos calcareos.

Donde:

H_1 : Toneladas de H_2O , para degradar la materia orgánica en base seca contenida en $1 m^3$ de basura.

H' : m^3 de H_2O , para degradar la materia orgánica en base seca presenta $1 m^3$ de basura.

d : Densidad del agua, (Ton./ m^3).

c) Cálculo de la Humedad Lixiviable Proveniente de la Precipitación Pluvial

Este parámetro, podrá obtenerse mediante la aplicación del Método de Balance de Agua desarrollado por C W. Thornthwaite, según se describe a continuación:

c.1) Determinación de las Evapotranspiraciones Potenciales Corregidas

Se determinarán mensualmente, a partir de las temperaturas mensuales promedio, empleando para ello la siguiente formulación

$$EP_j = 1.6 (10 T_j/1)^2 \dots \dots \dots \text{ec (7)}$$

$$ij = (T_j/5)^{1.4} \dots \dots \dots \text{ec (8)}$$

$$I = \sum_{j=1}^{12} ij \dots \dots \dots \text{ec (9)}$$

$$\alpha = 0.49239 + 1.792 \cdot 10E - 05 (I) - 771 \cdot 10E - 07 (I^2) + 675 \cdot 10E - 09 (I^3) \quad (10)$$

Donde:

EP_j . Evapotranspiración potencial mensual sin corregir, (mm).

T_j : Temperatura media mensual, ($^{\circ}C$)

I . Sumatoria de los índices mensuales de calor, (adimensional)

ij Índice mensual de calor (adimensional)

α Coeficiente que está en función de la sumatoria de los índices mensuales de calor

(adimensional).

j: No. del mes considerado.

Los valores de "EPj" calculados para cada mes, se corrigen por medio de un coeficiente mensual "K", que toma en cuenta el número de días y el número real de horas entre la salida y la puesta del sol.

c.2) Cálculo de la Humedad Potencial de Infiltración.

También se hará mensualmente, realizando el siguiente balance, para cada uno de los meses del año.

$$IP_j = P_j - (CE_j * P_j) - EP_j \quad \text{ec (11)}$$

Donde:

IP_j: Humedad potencial de infiltración mensual, (mm)

P_j: Precipitación media mensual, (mm)

CE_j: Coeficiente de escurrimiento mensual (Adimensional)

c.3) Establecimiento del Balance de Agua.

Se realizará a lo largo de los meses del año, para la cubierta diaria del relleno sanitario, a partir de las siguientes consideraciones:

- Cuando la precipitación mensual es igual o superior a la evapotranspiración potencial mensual, se producirá un exceso en el aporte de agua a la cubierta de suelo, exceso que al ser absorbido, alimentará la reserva de agua almacenada por el mismo suelo
- Si la altura de precipitación mensual es inferior a la evapotranspiración potencial mensual, sucederá que la evapotranspiración real consumirá totalmente la precipitación

generándose por tanto, un cierto déficit el cual es cubierto con las reservas de agua del suelo hasta su agotamiento. Si la reserva del suelo es suficiente para satisfacer dicho déficit, la evapotranspiración real será igual a la evapotranspiración potencial, por lo que se cae dentro de la consideración anterior; mientras que si por el contrario, la reserva de suelo resulta ser insuficiente, entonces la evapotranspiración real queda ligada a las precipitaciones mensuales, agotándose las reservas de suelo y estableciéndose por tanto, un déficit en el almacenamiento de agua en el suelo.

El parámetro resultante de este análisis, se expresa en los siguientes términos:

$$W = [\text{mm H}_2\text{O} / \text{año}] \quad \text{ec. (12)}$$

d) Cálculo de la Producción de Lixiviados.

Este cálculo se realiza básicamente a partir de la tasa de humedad lixiviable proveniente de la precipitación pluvial, la cual se obtendrá a partir del balance descrito en el inciso anterior.

De acuerdo con lo anterior, se tendrá.

$$L = [\text{SU} * \text{W} * 10] \quad \text{ec. (13)}$$

Donde.

SU: Superficie del relleno sanitario expuesta a la lluvia, (Has).

W: Humedad lixiviable proveniente de la precipitación pluvial, (mm/año)

L: Producción anual total de lixiviados ($\text{m}^3 \text{H}_2\text{O}/\text{año}$)

La expresión anterior No. 13, se aplicará cuando la basura haya sido totalmente degradada y cuando la capacidad de campo de la masa de residuos haya sido agotada por lo que cualquier cantidad de agua que penetre a la masa de basura se infiltrará sin que sea

retenida por esta última, hasta aparecer en el fondo del relleno sanitario. Cuando no se de la condición de estabilización total de los residuos sólidos, la expresión No. 13, tomará la forma siguiente:

$$L' = L - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{ij} * ((M/100) - (H * 0.8/100)) * (1 - (z/100)) * Ro/d * F_{ij} \quad \text{ec (14)}$$

Donde.

$P_{ij} = [PV * (S_i * 1000 * E_j)]$: Factor para identificar las secciones constructivas del relleno sanitario.

S_i : Superficie de la Etapa "i" del relleno sanitario, expuesta a la lluvia, (Has)

E_j : Espesor de la capa "j" del relleno sanitario, (m)

F_{ij} : Porcentaje que engloba el remanente de materia orgánica por estabilizar, que se halla en la fracción "ij" del relleno sanitario. (Decimales).

L' : Producción anual total de lixiviados, ($m^3 H_2O/año$), para cuando el relleno sanitario no está totalmente estabilizado.

e) Determinación del tiempo en que aparecerá el lixiviado.

Para este cálculo, se hará un balance de los siguientes parámetros capacidad de campo de los residuos, humedad propia de los residuos, humedad para la degradación anaerobia y humedad lixiviable debida a la precipitación pluvial.

$$\begin{array}{r}
 \text{TIEMPO EN} \\
 \text{QUE APARECERA} \\
 \text{LIXIVIADO} \\
 \text{(T)}
 \end{array}
 = \frac{
 \begin{array}{r}
 \text{CAPACIDAD} \\
 \text{DE CAMPO DE} \\
 \text{LA BASURA} \\
 \text{(CC)}
 \end{array}
 -
 \begin{array}{r}
 \text{HUMEDAD} \\
 \text{PROPIA DE} \\
 \text{LA BASURA} \\
 \text{(HB)}
 \end{array}
 +
 \begin{array}{r}
 \text{HUMEDAD PARA} \\
 \text{DEGRADACION} \\
 \text{ANAEROBIA} \\
 \text{(HD)}
 \end{array}
 }{
 \begin{array}{r}
 \text{HUMEDAD} \\
 \text{LIXIVIALE} \\
 \text{(HL)}
 \end{array}
 }$$

Desarrollando cada uno de los términos indicados, se tendrá

$$\begin{array}{r}
 \text{CAPACIDAD DE} \\
 \text{CAMPO DE LA} \\
 \text{BASURA} \\
 \text{(CC)}
 \end{array}
 = [PV \cdot A \cdot (1 - (H/100)) \cdot C] ; \text{ en (Ton. H}_2\text{O/ m basura)}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{HUMEDAD} \\
 \text{PROPIA DE} \\
 \text{LA BASURA} \\
 \text{(HB)}
 \end{array}
 = [PV \cdot A \cdot H/100] ; \text{ en (Ton H}_2\text{O/m. basura)}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{HUMEDAD PARA} \\
 \text{DEGRADACION} \\
 \text{ANAEROBIA} \\
 \text{(HD)}
 \end{array}
 = [PV \cdot A \cdot ((M/100) - (H \cdot 0.8/100)) \cdot (1 - (Z/100)) \cdot R_o] ; \text{ en (Ton. H}_2\text{O/m basura)}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{HUMEDAD} \\
 \text{LIXIVIALE} \\
 \text{(HL)}
 \end{array}
 = [W/1000 \cdot A] ; \text{ en (m}^3 \text{ H}_2\text{O/año)}$$

Donde:

A: Superficie unitaria de relleno sanitario. (1 m²)

Agrupando los términos se llega a la siguiente expresión

$$T = [(CC - HB + HD) / HL]$$

ec. (15)

Por tanto, [T] estará dado en (años/m. Basura), ya que nos indicará el tiempo que le tomará al lixiviado recorrer un espesor de 1m. de basura.

f) Estimación de la Producción de Biogás

Para determinar la cantidad de biogás que se genera por la descomposición anaerobia de los residuos sólidos, se debe utilizar la reacción estequiométrica ya balanceada identificada como ecuación No. 3, la cual describe dicho proceso de descomposición. De dicha ecuación, se obtienen las siguientes relaciones entre el "CHON" y los principales subproductos generados a partir de la reacción.

- Relación para el metano

$$R_1 = \frac{(0.48) \text{ CH}_4}{\text{CH}(1.66)+\text{O}(0.86)+\text{N}(0.04)} = \frac{7.68}{27.98} = 0.275$$

- Relación para el bióxido de carbono

$$R_2 = \frac{(0.52) \text{ CO}_2}{27.98} = \frac{22.88}{27.98} = 0.818$$

Con base en estas relaciones, la expresión para el cálculo de los volúmenes de metano (CH₄) y bióxido de carbono (CO₂) contenidos en el biogás, se desarrolla a continuación:

$$V_{\text{CH}_4} = [\text{MO}] * [R_1] \quad \text{ec (16)}$$

Ton Mat organica en Base Seca que contiene 1 m ³ de Basura	Ton CH ₄ pro- ducido por 1 Ton de Mat Organica en Base seca
--	--

$$B_{CH_2} = [MO] * [R_1] \dots \dots \dots \text{ec. (17)}$$

Ton. Mat. orgánica en Base Seca que - contiene 1 m ³ de - Basura	Ton. CH ₄ pro- ducido por 1 Ton. de Mat. Orgánica en - Base seca
--	---

B) ESFUERZOS DE TRABAJO A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACION

Los esfuerzos de trabajo más comunes, que se presentan en los sistemas de impermeabilización con membranas artificiales que a últimas fechas se consideran como parte fundamental de un relleno sanitario, se ilustran en la Fig No. 2 y se describen a continuación.

a) Esfuerzo de Tensión por el Peso Propio de la Membrana.

A partir del Detalle No. 1 del Diagrama de Definiciones de la Fig. No. 2, se establece el siguiente sistemas de fuerzas:

$$E_1 = F_1 - R_2 = 0 \dots \dots \dots \text{ec (18)}$$

Desarrollando los términos de esta expresión, se tiene:

$$R_2 = R \text{ sen } \alpha \dots \dots \dots \text{ec (19)}$$

$$F_1 = R_1 \tan \delta = (R \cos \alpha) \tan \delta \dots \dots \dots \text{ec (20)}$$

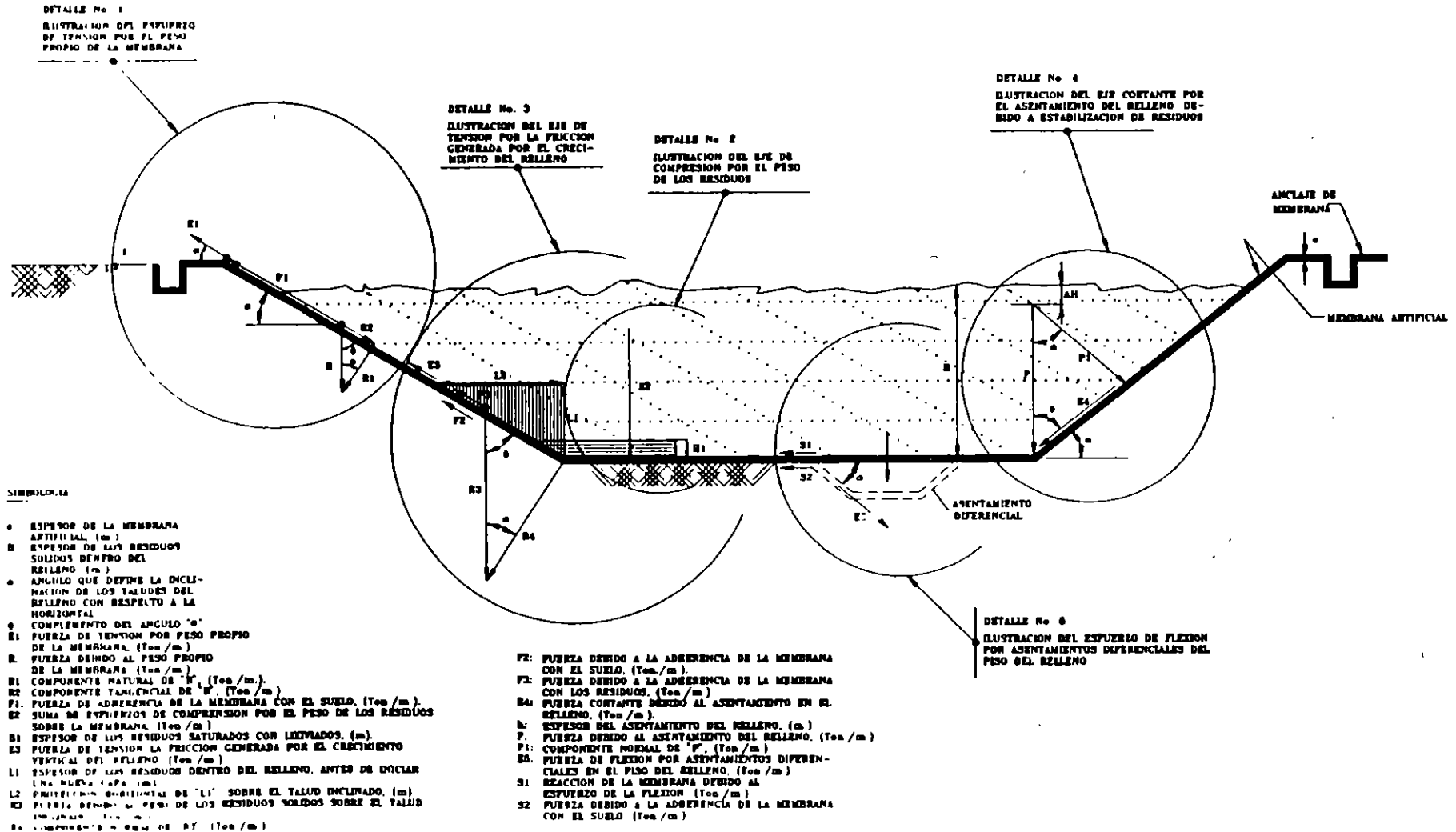
$$R = \gamma_m * (H * \text{sen } \alpha) * e \dots \dots \dots \text{ec (21)}$$

Donde:

- e Espesor de la membrana artificial (m)
- γ_m Peso específico de la membrana artificial. (Ton m.)
- δ Angulo de fricción interna del suelo que sustentara la membrana artificial

Fig. No. 2

DIAGRAMA DE DEFINICIONES PARA ANALISIS DE ESFUERZOS DE TRABAJO DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACION



El esfuerzo de tensión estará dado por la siguiente expresión:

$$t_1 = \frac{E_1}{e} \dots \dots \dots \text{ec (22)}$$

Donde:

t_1 : en Ton./m²

E_1 : en Ton /m

e : en m

Cabe aclarar que este tipo de esfuerzos de tensión, presenta su mayor sollicitación, justo después de haber concluido la instalación de membrana y antes de iniciar con la disposición de los residuos.

b) Esfuerzos de Compresión Debido al Peso de los Residuos sobre la Membrana.

Considerando el Detalle No. 2 del Diagrama de Definiciones de la Fig. No. 2, el esfuerzo de compresión quedará definido por la siguiente expresión:

$$c = E_2 \dots \dots \dots \text{ec (23)}$$

Donde:

$$E_2 = [\gamma_R \cdot (H - H_1)] + [\gamma_L \cdot H_1] + [\gamma_S \cdot (1 - (h/100)) \cdot H_1] \dots \dots \dots \text{ec. (24)}$$

Donde:

γ_R Peso volumetrico de los residuos solidos dentro del relleno sanitario. (Ton /m³)

γ_L Peso volumetrico de los lixiviados (Ton /m³)

γ_S Peso volumetrico seco de los residuos solidos (Ton /m³)

h: Humedad propia de los residuos sólidos, antes de su disposición dentro del relleno sanitario, (% en peso)

Este tipo de esfuerzos alcanzarán su condición de trabajo más crítica, justo al término de la vida útil del relleno sanitario, que es cuando se tendrá una mayor carga de residuos sobre la membrana.

c) Esfuerzo de Tensión Generado por la Fricción Debida al Crecimiento Vertical del Relleno Sanitario.

Con base al Detalle No. 3 del Diagrama de Definiciones que se presenta en la Fig No 2, se puede formular el sistema de fuerzas siguiente:

$$E_3 = F_3 - F_2 \dots \dots \dots \text{ec. (25)}$$

Desglozando los términos de esta expresión, se tiene:

$$F_3 = R_4 \tan \rho_R = (R_3 \cos \alpha) \tan \rho_R \dots \dots \dots \text{ec. (26)}$$

$$F_2 = R_4 \tan \rho_S = (R_3 \cos \alpha) \tan \rho_S \dots \dots \dots \text{ec. (27)}$$

$$R_3 = \gamma_R * (\frac{1}{2} * L_1 * L_2) \dots \dots \dots \text{ec. (28)}$$

Donde:

ρ_R : Angulo de fricción interna de los residuos sólidos.

El esfuerzo de la tensión quedará definido por la siguiente ecuación:

$$t_2 = \frac{E_1}{e} \dots \dots \dots \text{ec. (29)}$$

Donde:

t_2 : en Ton./m₂

E_3 : en Ton./m

e : en m.

Se debe mencionar que este tipo de esfuerzos, se presentarán casi permanentemente durante toda la operación del relleno sanitario, incrementando su magnitud y haciéndose más críticos conforme se incrementen los paquetes de basura.

d) **Esfuerzo Cortante Debido al Asentamiento del Relleno por la Estabilización de los Residuos**

El Detalle No. 4 del Diagrama de Definiciones de la Fig. No. 2, muestra la fuerza que se deben considerar para el cálculo del esfuerzo cortante.

$$C_R = E_4 = P_1 \tan \phi_R = (P \cos \alpha) \tan \phi_R \quad \text{ec (30)}$$

$$P = \gamma_R (H - H) \quad \text{ec (31)}$$

Este tipo de esfuerzos, normalmente se presentan una vez que la vida útil del relleno sanitario ha concluido, pero sobre todo cuando dicho relleno se encuentre en plena fase de estabilización.

e) **Esfuerzo de Flexión por Asentamientos Diferenciales que se Presentan en el Piso del Relleno**

Consultando el Detalle No. 5 del Diagrama de Definiciones de la Fig. No. 2, se puede establecer el siguiente sistema de fuerzas

$$(E_5 \cdot \cos \alpha_1) - (S_1 + S_2) = 0 \quad \text{ec (32)}$$

$$E_5 = \frac{S_1 + S_2}{\cos \alpha} \quad \text{ec (33)}$$

Desglosando los términos, tenemos:

$$S_1 = (\gamma_R * H) \tan \phi_R \dots \dots \dots \text{ec. (34)}$$

$$S_2 = (\gamma_S * H) \tan \phi_S \dots \dots \dots \text{ec. (35)}$$

El esfuerzo de flexión quedará expresado por la siguiente ecuación:

$$f = E_s * L \dots \dots \dots \text{ec. (36)}$$

Donde:

f en Ton./m

E_s en Ton./m²

L : Longitud de la membrana que se ve afectada por la fuerza de flexión.

Estos esfuerzos, aunque pueden presentarse en cualquier momento, incluso al iniciar la operación del relleno sanitario, es más factible que se presenten al término de la vida útil de esta obra, debido a que la carga de los residuos sólidos sobre el suelo será mucho mayor. Estos asentamientos, normalmente son debidos a fallas en la compactación de los materiales que soportarán al relleno sanitario, aunque en ocasiones estos asentamientos tienen su origen en fallamientos de capas más profundas, sobre todo en zonas con suelos calcareos.



UNIVERSIDAD
NACIONAL

LA PLATA
BUENOS AIRES

DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS

MODULO IV: DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS

TEMA. ANEXOS SISTEMAS DE CONTROL DE BIOGAS Y LIXIVIADOS

- EXPOSITOR M EN I JORGE SANCHEZ GOMEZ

1996



Leachate Recirculation:

Design and Operation Considerations

Leachate recirculation promotes biological activity in MSW landfills, accelerating waste decomposition.

The EPA and several states have taken notice; now full-scale development projects are needed

JOHN MORELLI

Over the last 15 or so years, research and development efforts building upon the original work of Dr. Frederick G. Pohland, have found that recirculation of leachate can enhance biological activity in MSW landfills and accelerate the rate of waste decomposition. Moisture-limiting conditions have been shown to inhibit this process. By recirculating leachate, methane gas production rates can be accelerated to a point where effective gas collection and use become economically attractive. Landfill cells can be designed and operated as viable energy producers. The environmental impacts associated with the release or flaring of methane gas thus can be mitigated by the capture and beneficial use of this energy resource. More rapid solid waste mass stabilization can reduce long-term costs associated with postclosure monitoring and maintenance and enhance the prospects for successful development of reusable landfill capacity within a shortened time frame. Recognizing the significance of such findings, the US Environmental Protection Agency and several states have included provisions in their respective environmental regulations to permit leachate recirculation in landfills with acceptable liners.

New landfills and landfill cells are currently being designed and constructed with leachate accountability, and such facilities are beginning to come on-line. Unfortunately, the previous long-standing policy prohibiting the introduction of moisture into landfills has left designers with a reluctance to include leachate recirculation systems in their plans. Additionally, the scarcity of full-scale demonstrations offers little assurance that an investment in a leachate recirculation system will be worthwhile. With the promulgation of enabling legislation in the development of states that have

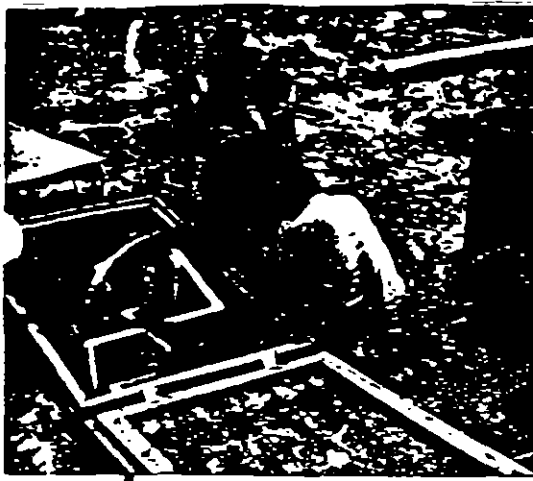
landfills, full-scale development and demonstration projects now are needed, and a few are underway or being planned in the US and Great Britain. The author developed portions of this paper as part of a RFP request for proposals issued by the New York State Energy Research and Development Authority (NYSERDA) for such demonstration projects.

SYSTEM DESIGN

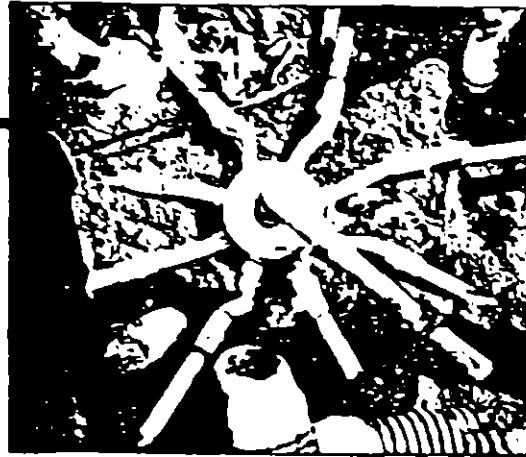
Some problems reported in designing leachate recirculation distribution systems include: inequitable distribution of reintroduced leachate; formation of hard-pan-like depositional blockages; lateral transport along cover materials, resulting in leachate outbreaks; channeling or "short-circuiting" of leachate flow; collapse or disruption of distribution system components due to excessive overburden; gravitational settling and subsidence caused by refuse decomposition; and simple consolidation caused by introduction of moisture. The introduction of nutrient additives in the form of sewage sludge has also resulted in clogged distribution systems.

Approaches taken to avoid system disruption include: building vertical injection wells out of stacked perforated concrete well rings spanning the entire depth of the fill (this approach will require proper design to effectively reduce skin friction to minimize potential damage to the underlying liner and leachate collection system); building large horizontal trenches filled with gravel, baled fiberglass wastes, or shredded automobile "fluff" capable of withstanding relatively large deformations in shape without disrupting continuity; combinations of both.

As a result of gravel-filled trenches proposed by Sverdrup Corporation, a wide variety of materials have been used to fill trenches and to



1. Connecting the recirculation pump in a test cell



2. Removing a deformed and clogged distribution header from a test cell

3. Well-degraded residue exhumed from a leachate recirculation test cell



forming a standing head of leachate within the trenches would act as a fixed film anaerobic bioreactor. Gas would accumulate in and be collected from the free head headspace (also gravel-tiled). The headspace would be connected to the gas-venting layer beneath the cap to serve as a central gas collection well.

In Leominster County, PA, long trenches were installed in the county landfill and were filled with automobile fluff and baled fiberglass to act as wicks to hold and distribute leachate to the refuse mass below. Vertical injection wells constructed of concrete well pipes were then installed into the trenches to pump leachate to the wick. As the land-

DISTRIBUTION SYSTEMS

One important design consideration is whether or not to use a combined leachate recirculation/gas collection system and if so, whether operations should be continuous or cyclic. In either case, it is important to take precautions to avoid interference between two functional systems.

Disruption in the distribution and collection systems will occur if not properly designed to account for landfill subsidence. It is important to remember that accelerated biodegradation likely will result in more dramatic settling. Injection of leachate into the landfill also may add to the physical dynamics of the structural system.

Design of the distribution system should be based on the following considerations:

• providing the capability for system cleaning or component replacement. If certain components are oversized to mitigate depositional blockages, the impact on the equity of leachate distribution must be considered for varying degrees of blockage.

• Weather may play an important role, and consideration must be given to local variations in ambient temperature and precipitation. Freezing or flooding will disrupt operations. For some systems, it may make sense to operate on a seasonal basis and drain the system during off months.

• In order to minimize channeling and dramatic variation in settling rates, it is important to maintain relatively even, distributable leachate distribution throughout the landfill. This may be accomplished by

to modify the distribution of leachate should be considered necessary.

SPRAY EVAPORATION

Recirculation of spraying leachate over the landfill surface reduces leachate volume by evapotranspiration of water, volatilizes low-molecular-weight organics, and oxidizes (and precipitates) certain inorganics such as iron.

If the landfill cover is reasonably permeable, this method also may provide a means to reintroduce moisture into the refuse mass in an equitable distribution. This approach may be suitable for use on an interim cover placed above a completed landfill lift. It is unlikely, however, that gas collection systems, if installed at this point, would be optimally effective due to the potential for gas migration through the interim cover material. It is also possible that the aerated leachate will introduce concentrations of oxygen into the landfill that are inhibitory to methanogens and will result in a



Surficial spraying of leachate should be considered as a means of controlling landfill moisture content

decrease in landfill gas quality.

If the landfill cover is relatively impermeable, like in the instance of a final cap, it is likely that spraying leachate will be useful only for evaporative purposes. Given the likelihood that in a landfill cell with leachate recir-

ulation, leachate volumes will increase due to precipitation infiltration, surficial spraying of leachate should be considered as a means of controlling landfill moisture content.

Combined leachate injection/spray-evaporation systems was designed and constructed for this purpose at the Town of Colonie landfill in Albany County, NY, under another NYSERDA program. Although the injection part of the project has not yet received regulatory approval to operate, the spray evaporation operation has.

This activity may create unacceptable odors and/or cause unacceptable atmospheric releases of volatile organics. Contaminant transport via surface runoff is also a concern. Depending upon local climatic conditions, operations may be continuous or seasonal.

ENHANCEMENT AND CONSTRAINTS

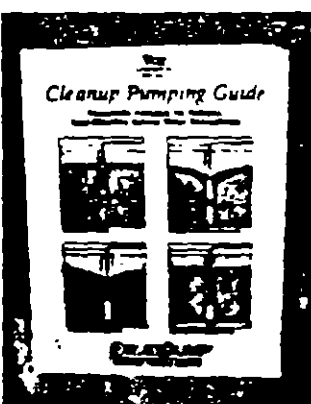
It is necessary to decide which of the many factors affecting gas production can and should be controlled during

Cleanup & Leachate Pump Guide

- Landfill leachate and condensate
- Ground water
- Floating and sinking product

This free 10-page Cleanup Pumping Guide booklet explains common options

for leachate and ground water cleanup. Pneumatic pumping is emphasized, along with electric pumps and alternative technologies. Applications include leachate and condensate management, floating and sinking hydrocarbon recovery, draw-down pumping, and contaminated ground water pumping. Diagrams, photographs, and a glossary of technical



terms make the information easy to understand. Well data, site layout sheets help organize facts needed to specify effective cleanup systems.

For quick assistance with system design or a cost estimate call 800-624-2026

QED
Ground Water
Specialists

6005 Jackson Rd.
PO Box 3726
Ann Arbor, MI 48106

For a fast FAX response and booklet ordering information call 313-995-0519 ext. 11

MONITORING PIPE & ACCESSORIES FOR THE PETROLEUM, ENVIRONMENTAL & WATER WELL INDUSTRIES

Accessories for monitoring of underground storage tanks

Steel protective enclosures

Threaded flush joint screen and casing

Sampling devices

Well screens/observation wells

Points plugs/couplings/adapters

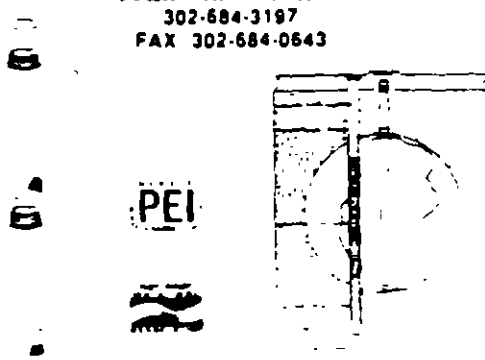
Custom fabrications

ATLANTIC SCREEN & MFG. INC.

116 Broadhill Road • Milton, DE 19968

302-684-3197

FAX 302-684-0543



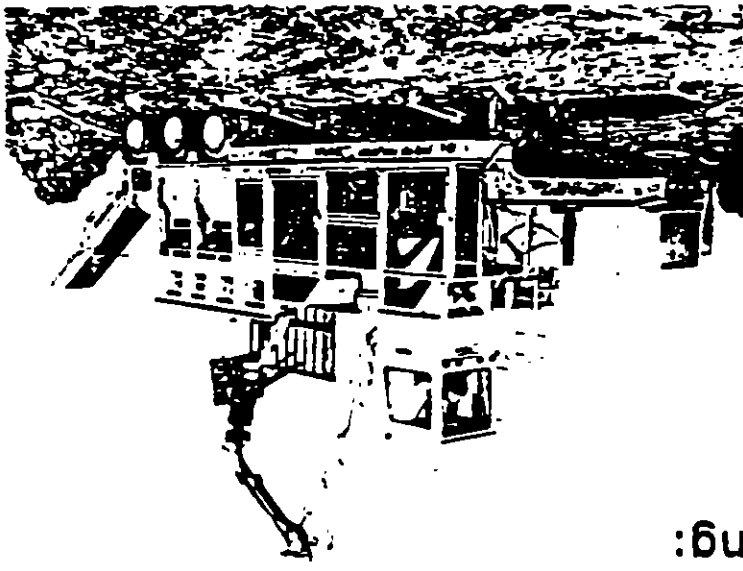
HOME WASTE MANAGEMENT SYSTEMS

ROME

ROME MAWLER MODEL 3300 AM

Manufactured in the U.S.A. under license from Home Waste Management Systems, Inc., P.O. Box 144, Decatur, Georgia 30033

HOME WASTE MANAGEMENT SYSTEMS



The Rome Model 3300 AM is a self-contained, large capacity, high production, heavy duty solid waste reducer. It is the economical solution to the disposal problem of non-compactable waste products. The patented, slowly revolving teeth require no sharpening, tip and shred wood wastes, industrial and demolition wastes into small pieces... efficiently reducing MSW up to 80 percent. It is offered in both stationary and mobile versions.

For the location of your nearest dealer or additional information contact Home Waste Management Systems.

- Stumps
- Demolition Debris
- Railroad Ties
- Tires
- Industrial Waste
- Furniture
- Drums - steel or plastic
- White Goods
- Carpet

Ideal for Shredding:

ROME WASTE REDUCERS

Of the landfill being considered Obviously a landfill cell in the design phase provides more opportunity for control than one that has already been filled and closed.

GAS EXTRACTION RATES

It is important to decide how aggressive gas will be extracted. Finney and Evans suggest that the presence of methane itself is an inhibitor to further methanogenesis. Also Hanson, concluded that carbon dioxide is inhibition to methanogens. Somewhat in support of this conclusion, Al Friedlman et al. have demonstrated that anaerobic digestion is enhanced when operated under reduced atmospheric pressure. Yet to overpump a gas collection system is to invite air intrusion, which may result in the inhibition of destruction of methane gas and the potential for a landfill fire due to the significantly increased temperatures caused by the consequent aerobic bioactivity.

To overpump a gas collection system may invite air intrusion, and the potential for landfill fire



the design and operation of a landfill with leachate recirculation system. Finney and Kover identify three groups of factors that affect gas production in landfills.

Group A factors include temperature, relative humidity, and pH. alkaaline nature and toxic, all of which may be controllable through the recirculation system. Group B involves infiltration and is controlled largely through landfill design and operation. Group C includes atmospheric pressure, atmospheric cover, precipitation topography, hydrology, and refuse composition.

Also in landfills with leachate recirculation systems, leachate movement and composition and landfill cover are not controllable, but waste placement and composition and landfill cover are also. Eric Semon suggests that waste pretreatment, compaction density, and exposure to air should be considered. The selection of factors that will be controllable is dependent upon the situation.

Some of these factors obviously are from private sites.

MOISTURE CONTENT AND MOVEMENT

The observations presented above may suggest that without significant leachate movement and purging of dissolved gases, the potentially static nature of a completely saturated landfill environment may be inhibitory to methanogens and that less than complete saturation may provide a preferable environment for enhancing methane production. In the literature there is no consensus on optimal moisture content; although there is much to support the notion that more is better. Obviously, one concern with more moisture is, as moisture content increases beyond field capacity, so does the hydrostatic pressure head within the landfill.

Klink and Ham demonstrate that even when moisture content is held constant, methane production rates could be increased 25% to 50% by recirculating leachate. Reintroduction of leachate which has been aerated can delay or reduce methanogenesis directly by

There is no consensus on optimal moisture content, although there is much to support the notion that more is better

inhibiting methanogen growth.

Effective mixing thus appears to be important and may be adequately affected through leachate recirculation. A directly related consideration is

whether moisture introduction should be continuous or cyclic. Combining the desire to achieve optimal moisture content and to affect adequate moisture movement, we might consider whether a system designed to sequentially flood and then drain the refuse cell makes sense. Like a pier post that rots first at the water line, repeated cycles may provide the optimal environment often enough that biodegradation is enhanced beyond what would occur during a continuous operation. In considering this alternative, it is crucial to consider the increased static head placed on the landfill liner during flooding conditions.

CHEMICAL, PHYSICAL, AND NUTRIENT CONSIDERATIONS

Acidogenesis reduces large complex organic molecules to short-chain organic acids that become available for metabolism by methane-forming bacteria. However, the formation of these

LANDFILL GAS PIPING

COLLECTION-EXTRACTION-CONVEYANCE

Durable Polymer Film Coating

Strong Steel Base Metal

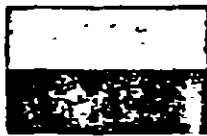
Easy To Assemble

Available Anywhere on Short Notice

Cost Effective Superior Products

Factory Direct Pricing

For information or to place orders call



BORAL CASCADE CULVERT
LANDFILL PRODUCTS

800-392-0604

THE UNBAGGER™ SOLVES YOUR PLASTIC BAG PROBLEMS



The Lande Model LD-1 Unbagger™ opens, empties, and bales plastic bags — greatly speeding your processing of compostable yard waste and recyclables, including cans, plastic, unshredded paper, and other materials.

- LABOR-**SAVING**—eight-times faster than manual debagging (two workers can unload a packer truck in 45 mins. vs. 4 hrs.)
- **BALES BAGS**—less handling, easier recycling or disposal
- **MOBILE**—easy to move around facility or between sites
- **VERSATILE**—deposits in trucks, containers, or windrows

If you want to cut costs, reduce labor, and increase your material handling capacity—please contact us today.



11615 North Shore Road
Whitmore Lake, Michigan 48891
(313) 445-4100
FAX (313) 445-4101

TABLE 1. LEACHATE CHARACTERISTICS ACCORDING TO AGE**Approximate Age of Landfill Leachate**

Parameter/ratio	< 5 Years	5-10 Years	> 10 Years
COD (mg/l)	> 10,000	500-10,000	< 500
COD/TOC	> 2	2.0-2.7	< 2.0
BOD/COD	> 0.5	0.1-0.5	< 0.1

COD = Chemical oxygen demand
 TOC = Total organic carbon
 BOD = Biochemical oxygen demand

TABLE 2. PARAMETERS AND DESCRIPTIONS TO PREDICT METHANE PRODUCTION

Parameter/ratio	Description of applicability
T/S TS	As degradation proceeds, the volatile fraction will decrease faster than will total solids and the value of this ratio will decrease.
C/TS	As degradation proceeds, the organic carbon portion of the TS will become less and the value of this ratio will decrease.
C/TVS	There is a direct relationship between carbon and TVS. Thus, for every part carbon is converted to methane and carbon dioxide, 2.5 parts TVS will be destroyed. This ratio will remain constant.
N/C	Nitrogen will be conserved in a landfill; thus as the carbon is depleted, this ratio will increase.
P/C	Phosphorus will be conserved in a landfill; thus as the carbon is depleted, this ratio will increase.
TVS = Total Volatile Solids TS = Total Solids	

organic acids also results in a lowering of pH, which can inhibit methane growth. It may be necessary, especially during the startup of new landfill cell bioreactors, to artificially buffer pH.

Nutrient addition and microbial seeding are well-discussed in the literature. Sewage sludge often has been a suitable source of both. The reciprocal benefit of the refuse providing the carbon and the sludge providing the nutrients and bacteria has frequently been cited.

Design and operating considerations include when and how to introduce buffer, nutrients, and microbial seed to the landfill. The leachate recirculation may serve to transport any or all of these enhancers, but introducing sludges with high solids content into a discharge system may result in deposi-

tional blockages. Layering such materials into the landfill as it is filled may be the preferred method.

It may be desirable to connect the recirculation systems of two landfill cells—one containing new waste and one containing old waste—to take advantage of the different pH, nutrient, and buffering characteristics of the leachate in each. Metals solubilized in an acidic new-waste environment can be precipitated as the leachate is passed through the old-waste cell.

TEMPERATURE

Landfill temperatures will vary depending upon the climate and the depth of fill. DeWitt, Chou, and Hui, among others, have shown a significant increase in methane production rate as the temperature of the landfill increases. Rees et al.

demonstrated that the methane gas production rate increases by 70% when temperature is increased from 22°C to 33°C.

Temperature control may be implemented by heating leachate prior to recirculation. Recovered methane may be used as the energy source. Whether or not this is a reasonable approach depends upon a host of factors including the temperature differential, the energy requirements of the recirculation system, the importance of stabilizing the landfill quickly, the availability of landfill gas, and the actual increase in production that is realized.

As an alternative heating strategy, Rees suggests that the first landfill cell be designed and operated to produce a high methane yield. This methane can be used to heat

require a steady supply of oxygen to the aerobic layer. It may be possible to introduce oxygen in adequate quantity by recirculating aerated leachate through the landfill. Direct injection of air, however, poses the threat of landfill fire and probably should be avoided.

MONITORING AND RESEARCH DESIGN

Laboratory analysis can be very costly. It is important to choose monitoring parameters that will provide an adequate amount of information with the least amount of analyses. Certain chemical and biochemical parameters and relationships can be used to evaluate the rate of biodegradation or degree of stabilization and are useful in comparisons between experimental and control cells.

Chian and deWalle¹¹ developed leachate quality relationships for the purpose of determining the age of landfilled waste, or more accurately, its degree of stabilization. The relationships are presented in Table 1 (page 34).

Statistical correlations of leachate parameters can be used to develop

Metals solubilized in an acidic new-waste environment can be precipitated as the leachate is passed through the old-waste cell

appropriate indicator relationships. In a statistical analysis of leachate parameters, Nadeau and Anderson¹² used chemical oxygen demand (COD), conductivity, chloride, and pH as the four base parameters against which over 25 typical landfill leachate monitoring parameters were correlated.

The following parameters were found to correlate with all of the base parameters at the 1% significance level: alka-

linity, biochemical oxygen demand (BOD), COD, total organic carbon (TOC), specific conductance, iron, manganese, total solids, total dissolved solids, volatile acids, and hydrochloric acid concentration (HIC). Chloride, pH, sulfate, chromium, and phenol were all correlated with all of the base parameters at either the 1% or 5% significance level. Four parameters correlated with only one or two base parameters: arsenic with HIC at 5%, copper with TOC at 1%, volatile suspended solids with HIC and chloride at 5%, and cyanide with COD at 5%. Nitrate, nitrite, ammonia, lead, and total suspended solids did not correlate with any base parameters.

Leuschner et al.¹³ present five MSW quality parameter ratios that can be used to predict prior and future methane production. The ratios and brief descriptions of their applicability as from their report are in Table 2 (page 34).

The parameters and ratios presented in Table 2 can be useful for controlling an enhanced landfill bioreactor cell and evaluating the potential for methane gas



GOLD MINE!

Gold Mine...because it saves millions in landfill costs yearly! A recycling facility tough enough to keep up with growing demands, successful enough to produce the high quality product you need

AMADAS Industries, specialists in recycling equipment manufacturing and systems designs—designs so good, the end product is professionally referred to as BLACK GOLD!

AMADAS

(804) 539-0231



Concrete



Ductile Iron



Driscopipe

HIGH DENSITY POLYETHYLENE PIPE
Longest Lasting Most Economical.
Easiest to Install

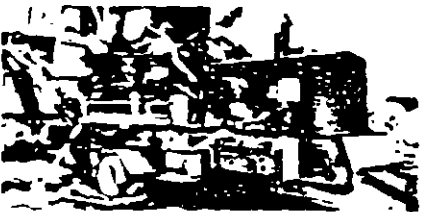
HDPE or PVC Schedule 40 or 80
Perforated or Slotted Plain End
or Bell End

Forrer Supply Co. can perforate per
customers specifications. We also
provide standard and custom fabricated
fittings including long radius bends

F Forrer Supply Co., Inc.
2500 S. 10th St.
P.O. Box 1000
Waukegan, IL 60087

Circle #52 on Reader Service Card

HEAVY DUTY INDUSTRIAL GRINDERS



- Solid construction. Durable. Ideal for heavy duty use by municipal landfills or recycling centers
- Grind waste wood pallets, sheetrock, demolition lumber and other waste materials
- Make valuable compost out of wood waste, bark and tree shavings
- Eight ten and twelve foot diameter tubs available
- Large hammer and electronic tub speed governor

For more information see your Haybuster
dealer or call or write:

HAYBUSTER
Manufacturing, Inc.

BOX 1940 • JAMESTOWN ND 58402-1940
PHONE (701) 252-4501 • FAX NO (701) 252-0500

Circle #75 on Reader Service Card

MSW Management

production and the length of time
required to stabilize the landfill

CONCLUSION

It is now well-accepted that the addition of moisture to landfills will accelerate decomposition and methane gas production. And it has long been established that microbiological processes are best enhanced by optimizing chemical and physical conditions and by providing an adequate supply of appropriate and available nutrients. How all this can be done best in the landfill has not yet been established.

Designing an enhanced landfill is by no means an insurmountable task. It is, however, a completely new technology based on both existing and developing chemical, physical and biological principles and requiring a correspondingly appropriate level of design effort. The increased complexity results from the recognition that it is a dynamic rather than a static system. All designs that do not recognize the dynamic nature of the landfill are inappropriate and ultimately will fail in one way or another.

The successful full-scale operation of a modern landfill as a large biological digester has yet to be determined. The objective and ultimate goals of these active waste management proposals are indisputably well-founded; however, we must also be aware that the operational performance of these new landfills is being closely scrutinized by many. A single failure, even an isolated account, could further impair the ability to gain public trust and support for these vital principal waste disposal facilities. This should not stymie such new operational concepts but rather reinforce the need for comprehensive and well thought-out operational and contingency plans ensuring optimal operation of the modern landfill.

MSW

John Morelli chairs the Department of Environmental Management at Rochester Institute of Technology and is a professional engineer registered in the State of New York.

REFERENCES

1. Pohland, Frederick G. *Sanitary Landfill Stabilization with Leachate Recycle and Residual Treatment*. EPA-440/2-75-043 U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, October 1975.
2. Nye, Robert L. *Landfill Gas Production and Leachate Treatment*. EPA-440/2-75-043 U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, October 1975.

3. "Enhancement of Landfill Gas Production: Naticoke Landfill, Binghamton, New York." Report 87-19. New York State Energy Research and Development Authority, July 1987.
4. Barber, C. and P.J. Marks. "Recirculation of Leachate as a Landfill Management Option: Benefits and Operational Problems." *Q/Eng Geol*, Vol. 17, pp. 19-21, London, 1984.
5. Scudato, Ronald I. and James Pagnoni. "Refuse Decomposition and In-Site Leachate Treatment." *Proceedings of the WasteTech Conference 1991*, Toronto, Ontario.
6. Farquhar, Graham and Frank A. Rivers. "Gas Production During Refuse Decomposition." *Water, Air and Soil Pollution*, Vol. 2, No. 10, pp. 483-499, Dordrecht, Holland, 1972.
7. Senior, Eric. *Microbiology of Landfills*. Boca Raton, FL: CRC Press, 1984.
8. Finney, C.D. and R.S. Evans. "Anaerobic Digestion: the Rate-Limiting Process and the Nature of Inhibition." *Science*, Vol. 190, pp. 1088-1093.
9. Hanson, G. "End-Product Inhibition in Methane Fermentation." *Process Biochemistry*, Vol. 17, No. 6, p. 45, 1982.
10. Friedman, A.A., John Keegan, and Richard White. *Reduced Gas Pressure Operation of Sludge Digesters*. New York State Energy Research and Development Authority, Final Report No. 90-20, May, 1984.
11. Allex, E.R. and R.K. Han. "Effects of Moisture Movement on Methane Production in Solid Waste Landfills." *Resource Recovery and Conservation*, Vol. 4, p. 29, 1982.
12. deWalle, F.H., Esck Chian, and other members. "Gas Production from Solid Waste in Landfills." *Journal of Environmental Engineering ASCE*, Vol. 103, 1978. Boca Raton, FL, 1984.
13. Verstraete, W.D., Valcke, H., and other members. "Production of Methane by Anaerobic Digestion of Domestic Refuse to Compost." *Proceedings of the International Symposium on Anaerobic Fermentation and Carbohydrate Hydrolysis*, Luxembourg, 1984, p. 27.
14. Rees, J.F. "Optimization of Methane Production and Refuse Decomposition: Temperature Control." *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, Vol. 30, p. 458, 1980.
15. Chian, Esck K. and F.B. deWalle. "Evaluation of Leachate Treatment: Volatilization and Characterization of Leachate." EPA-440/2-77-186a, LSEPA, September 1977.
16. Leuschner, A.P., P.F. Levy, and other members. "Report on the Feasibility of Recycling Landfill Gas." *Livingston County Landfill Gas Recycling Study*, Livingston, NY, 1984.



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
 DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
 RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE
 DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

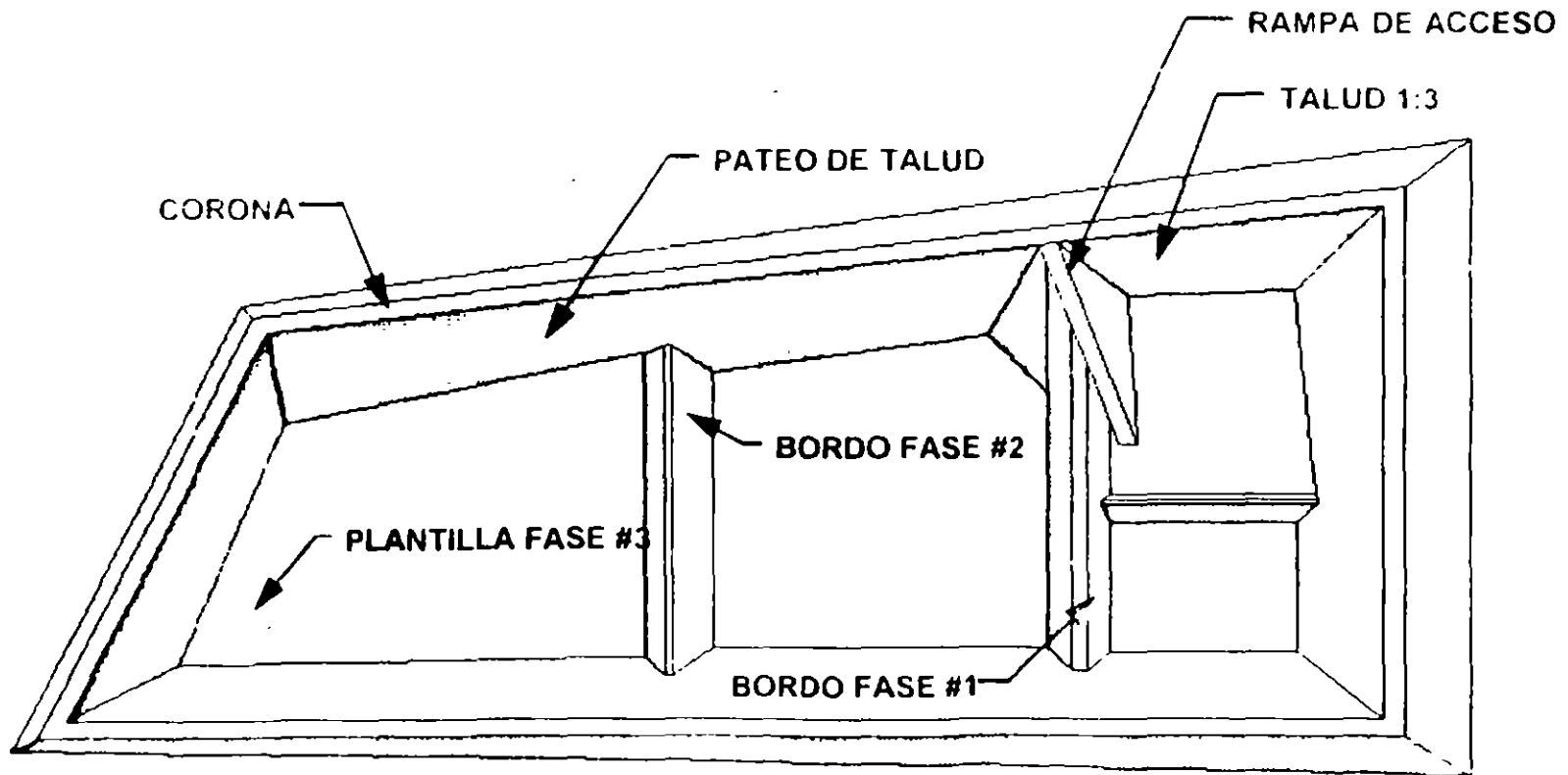
TEMA: PROYECTO DE CELDAS

EXPOSITOR ING MARIO MONTAÑO

1996

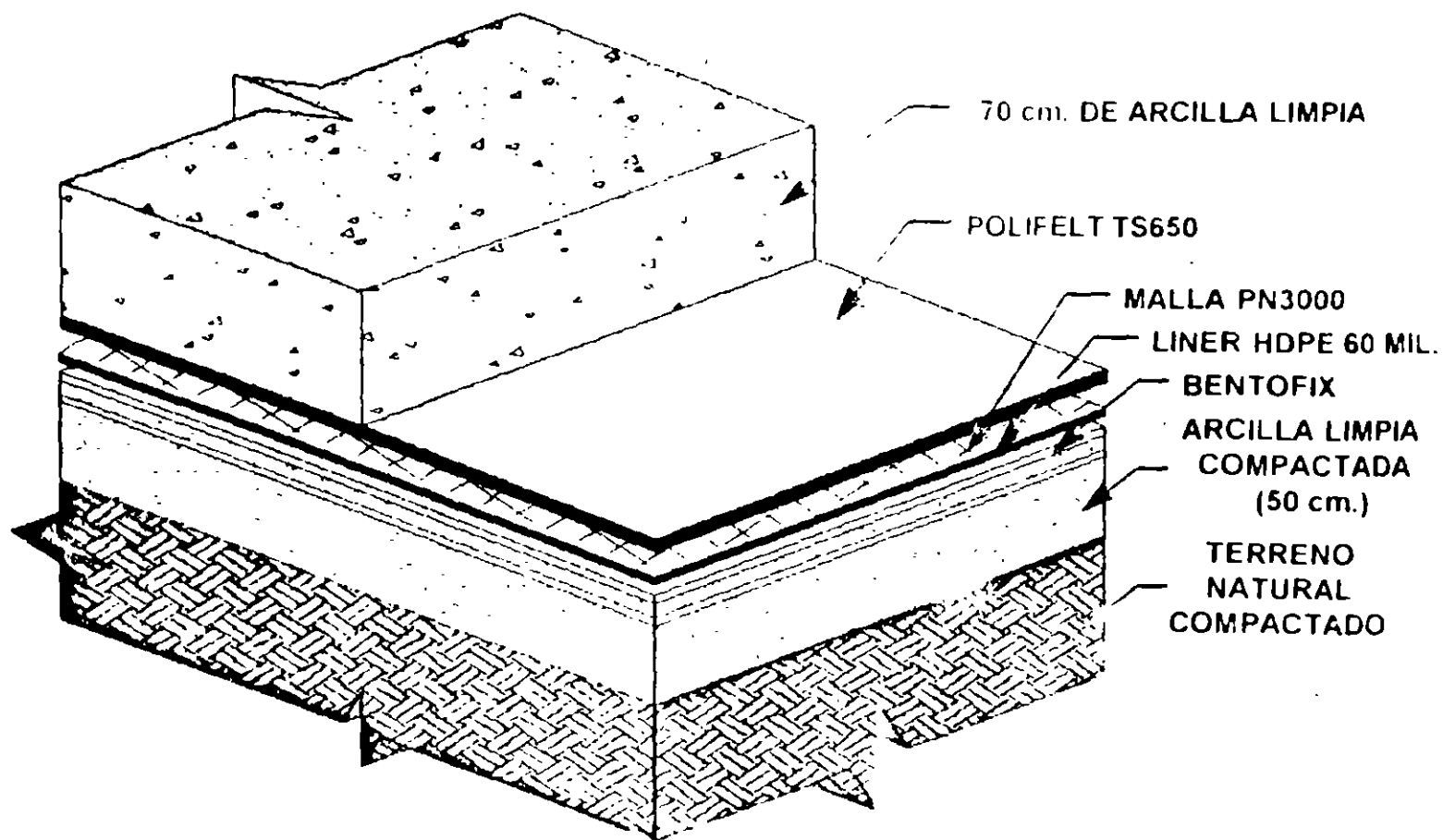


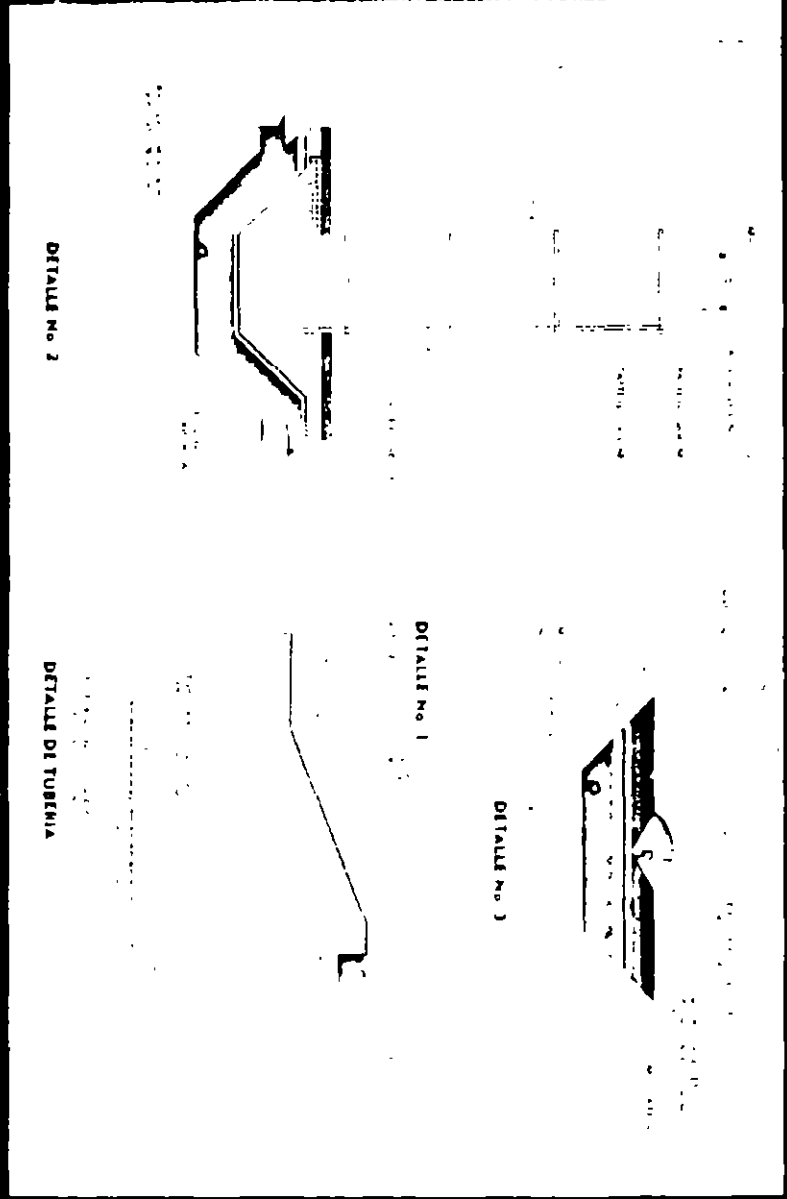
PROYECTO DE CELDAS





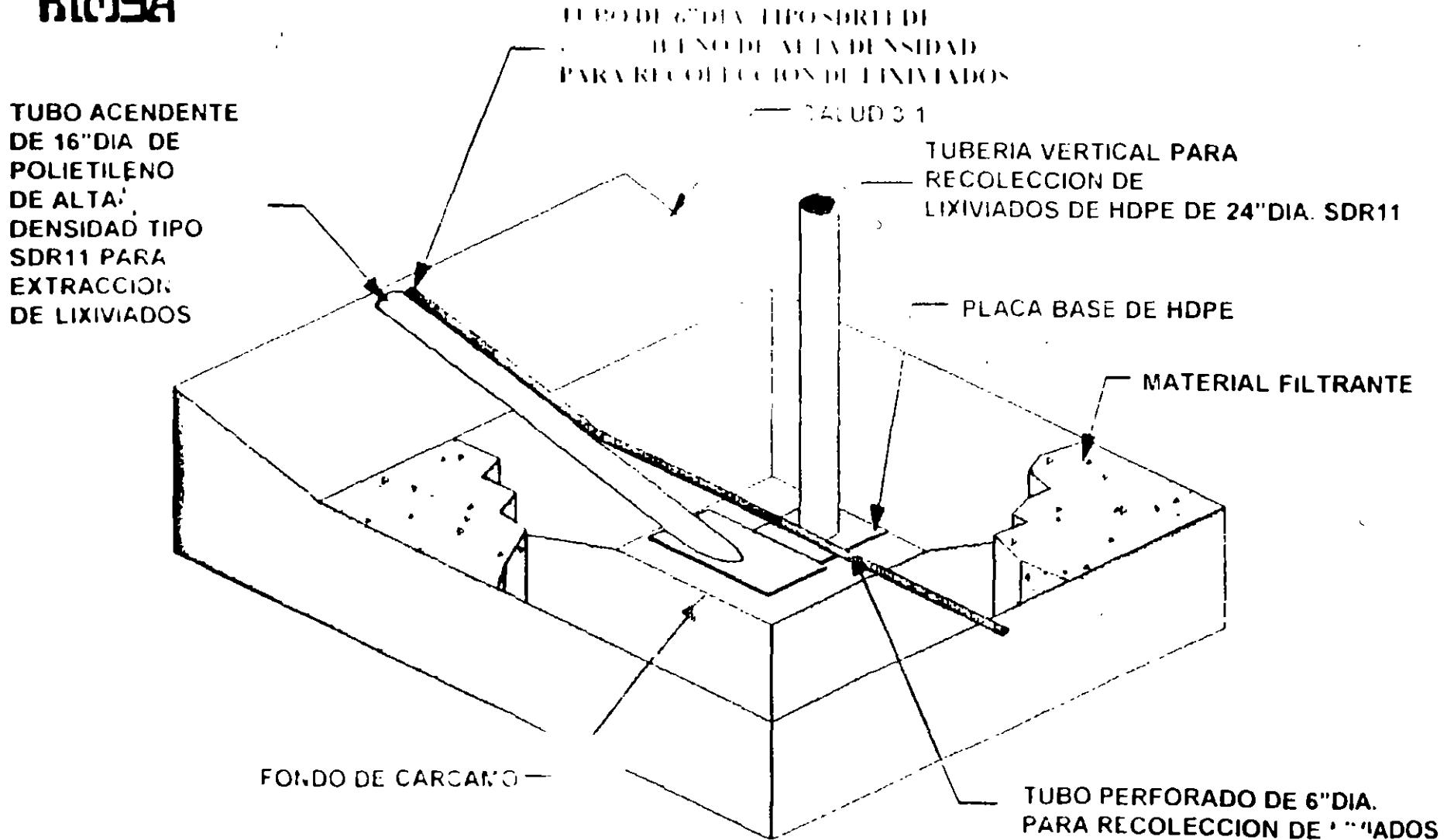
SISTEMA DE MEMBRANA





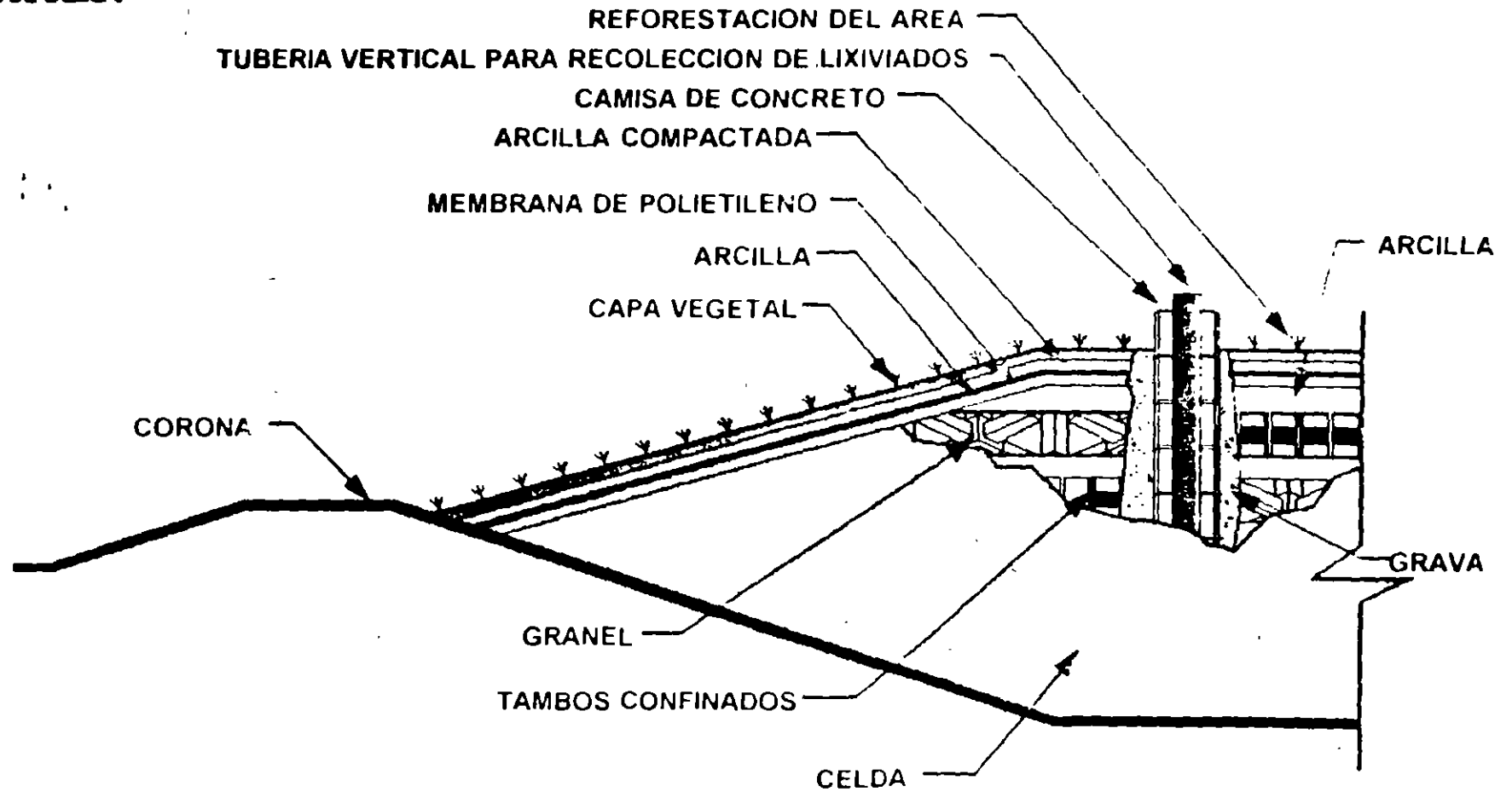


SISTEMA DE DETECCION DE LIXIVIADOS





CELDA FUERA DE OPERACION





BLOSA

OPERACIONES



OPERACIONES

- * LABORATORIO.
- * CENTRO DE DISTRIBUCIÓN.
- * TRATAMIENTOS.
- * CELDA DE DISPOSICIÓN FINAL.
- * RECICLADO DE SOLVENTES



MANEJO Y DISPOSICION DE RESIDUOS PELIGROSOS

OPERACIONES EN EL CONFINAMIENTO CONTROLADO DE RIMS

LABORATORIO

- 1. RECEPCION DE DOCUMENTOS
- 2. GENERACION DE PROFILE
- 3. MUESTREO
- 4. PRUEBAS FISICO-QUIMICAS
- 5. ASIGNACION DE DESTINO

TRATAMIENTOS

- 1. REVISION DE DOCUMENTOS
- 2. ASIGNACION DE MATERIAS PRIMAS Y RESIDUOS A LA CAZUELA DE TRATAMIENTOS
- 3. EJECUCION DE TRATAMIENTO
- 4. TOMA DE MUESTRA POST-TRATAMIENTO
- 5. CONFIRMACION DEL LABORATORIO
- 6. ENVIO DEL MATERIAL TRATADO ACUIDA

RECICLADO DE SOLVENTES

- 1. REVISION DE DOCUMENTOS
- 2. DESCARGA DEL EMBARQUE
- 3. CARGA DEL RESIDUO A LOS TANQUES DE MATERIA PRIMA
- 4. ALIMENTACION AL DESTILADOR
- 5. SEPARACION DEL SOLVENTE LIMPIO
- 6. ENVIO DE LOS TODOS DEL PROCESO AL AREA DE TRATAM.

CENTRO DE DISTRIBUCION

- 1. REVISION DE DOCUMENTACION
- 2. DESCARGA DEL EMBARQUE
- 3. IDENTIFICACION Y CONTROL
- 4. MUESTREO
- 5. ENVIO DE LAMBORES AL AREA ASIGNADA

CELDA DE DISPOSICION FINAL

- 1. REVISION DE DOCUMENTOS
- 2. REVISION DE LA CARGA DEL EMBARQUE
- 3. ASIGNACION DEL AREA DE DESCARGA
- 4. DESCARGA DEL EMBARQUE
- 5. REGISTRO DE LA LOCALIZACION



OPERACIONES

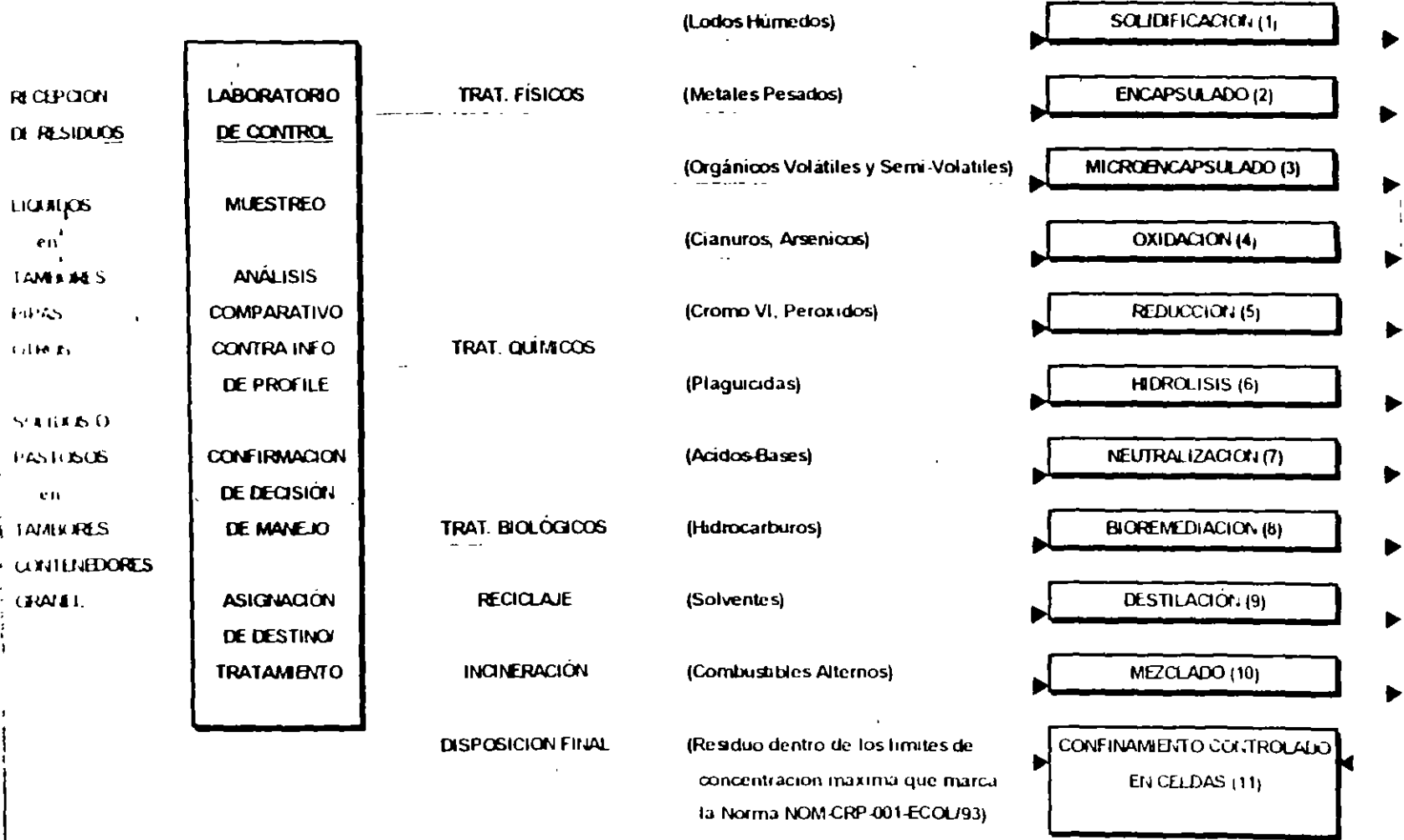
LABORATORIO

- 1.- GENERACIÓN DE PROFILE.**
- 2.- RECEPCIÓN DE DOCUMENTOS.**
- 3.- MUESTREO.**
- 4.- PRUEBAS FÍSICO - QUÍMICAS.**
- 5.- ASIGNACIÓN DE DESTINO.**

LABORATORIO DE CONTROL E INVESTIGACION

- **El Laboratorio cuenta con 3 Quimicos, 4 Tecnicos y 2 Muestreadores**
- **El Laboratorio ocupa un area de 130 mts.2.**
- **El Laboratorio esta organizado en 3 areas principales:
(organicos, metales y quimica humeda)**
- **Tipo de Instrumentacion localizada en el Laboratorio:**
 - **3 Cromatografos de Gases: (1 c/P&T)**
 - **Acrilonitrilo, Halogenados, No Halogenados y Aromaticos**
 - **Fenoles, Nitroaromaticos**
 - **Herbicidas, Pesticidas, PCB's, Hidrocarburos Clorados**
 - **2 Espectrofotometros de Absorcion Atomica (1 c/Generador de Hidruros)**
 - **As, Ba, Cd, Hg, Ni, Ag, Pb, Se**
 - **1 Espectrofotometro uv/vis** - **Cianuro, Cromo VI**
 - **1 Calorimetro** - **Poder Calorifico y muestras para Cloro**
 - **1 Analizador de Humedad** - **Determinacion de % de Agua**
 - **Extractores de Lixiviados, pHimetros, Viscocimetros, Balanzas, Medidores de Radiactividad, Flash Point, Computadoras, Equipo de Destilacion, etc.**

TIPOS DE DESTINO / TRATAMIENTO



OTROS TRATAMIENTOS: OXI-ENCAPS (12), NEUTR-ENCAPS (13), RED-ENCAPS (14), HIDROL-ENCAPS (15)

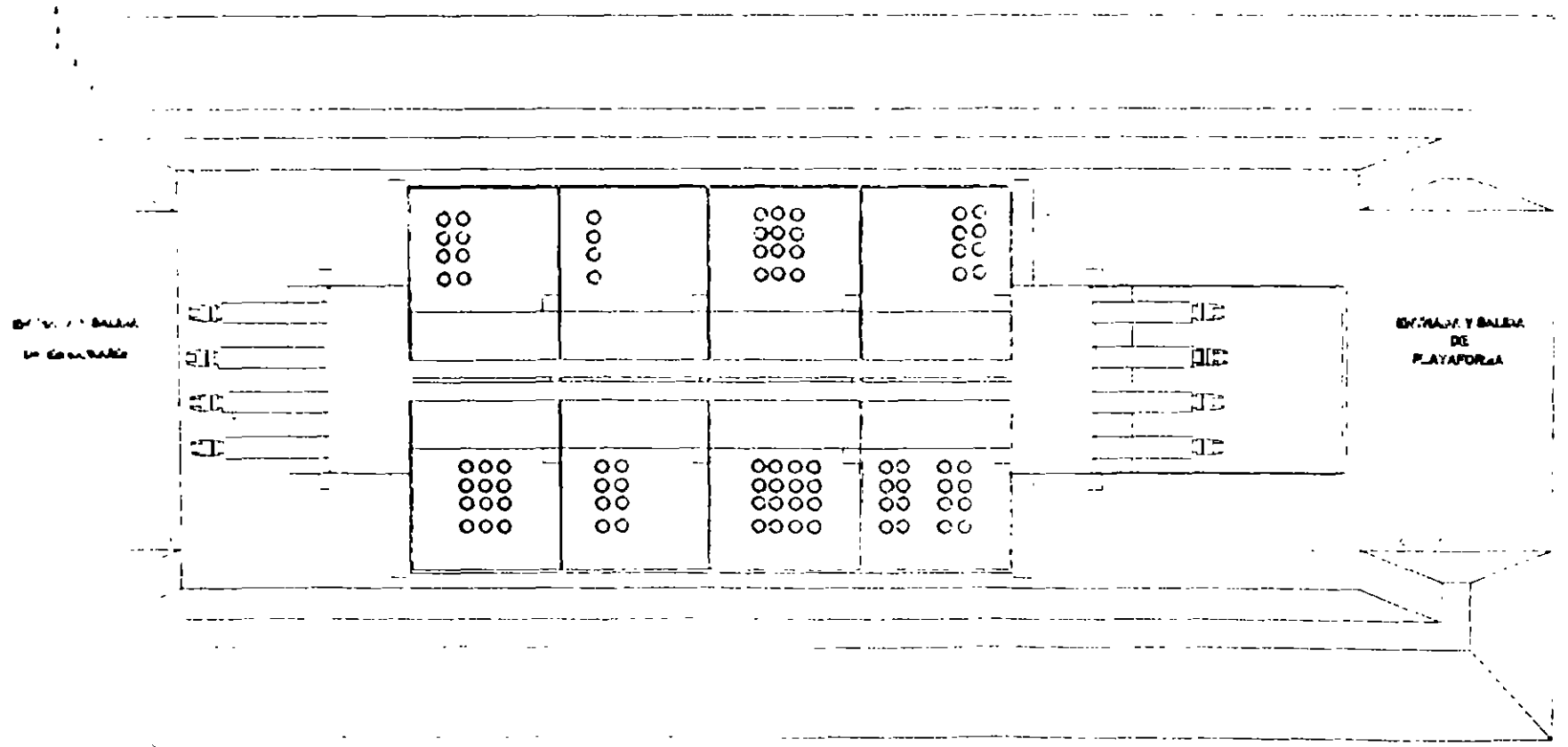


OPERACIONES

CENTRO DE DISTRIBUCIÓN

- 1.- REVISIÓN DE DOCUMENTACIÓN.**
- 2.- DESCARGA DEL EMBARQUE.**
- 3.- IDENTIFICACIÓN Y CONTEO.**
- 4.- MUESTREO.**
- 5.- ENVÍO DE TAMBORES AL ÁREA ASIGNADA.**

CENTRO DE DISTRIBUCION





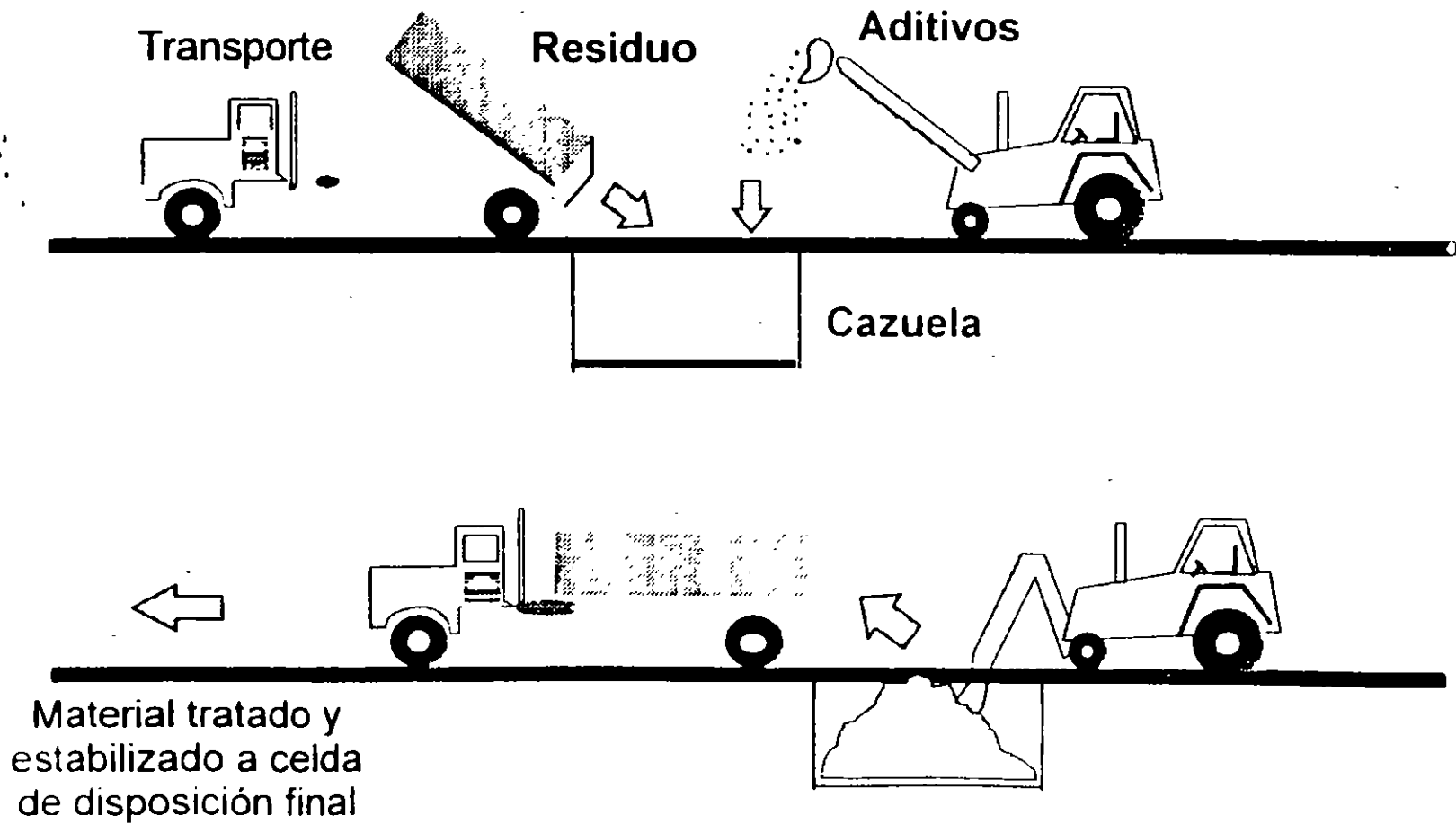
OPERACIONES

TRATAMIENTOS

- 1.- REVISIÓN DE DOCUMENTOS.**
- 2.- ASIGNACIÓN DE MATERIAS PRIMAS Y RESIDUOS A LA CAZUELA DE TRATAMIENTOS.**
- 3.- EJECUCIÓN DE TRATAMIENTO.**
- 4.- TOMA DE MUESTRA POSTRATAMIENTO.**
- 5.- CONFIRMACIÓN DEL LABORATORIO.**
- 6.- ENVÍO DEL MATERIAL TRATADO A CELDA.**

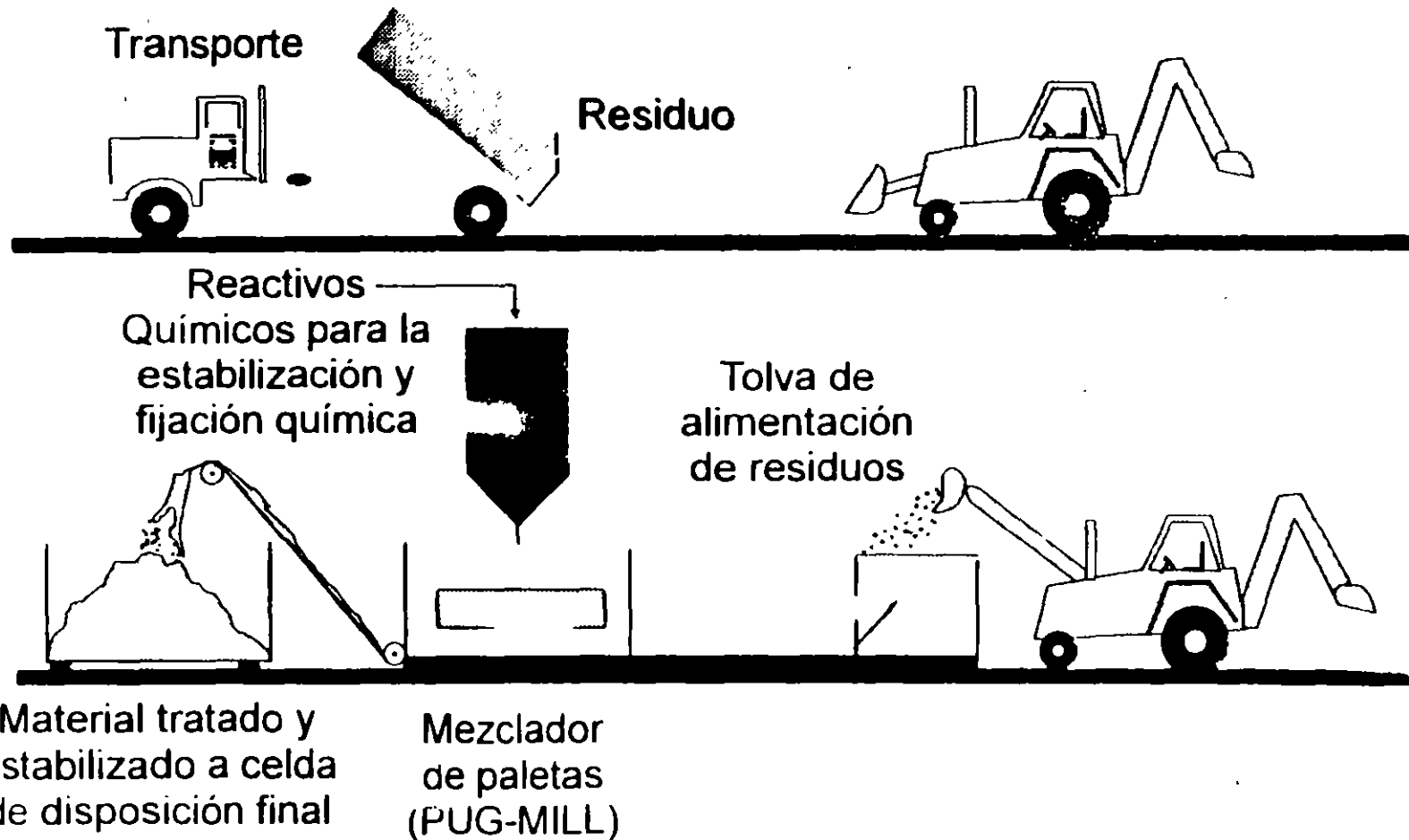
Tecnologías de Tratamiento

Sistemas de Mezclado



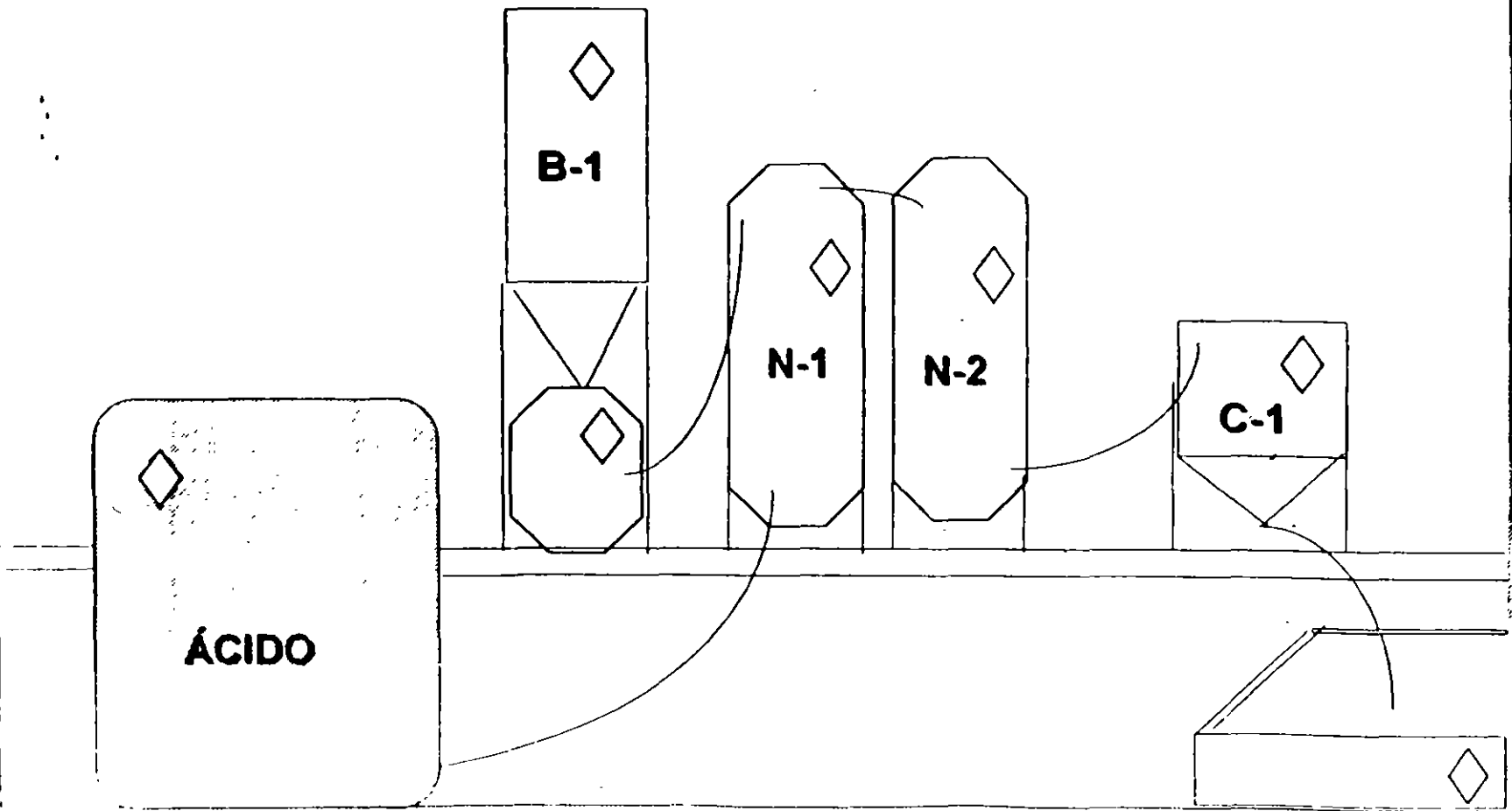
Tecnologías de Tratamiento

Sistemas de Mezclado



Tecnologías de Tratamiento

Neutralización





OPERACIONES

RECICLADO DE SOLVENTES

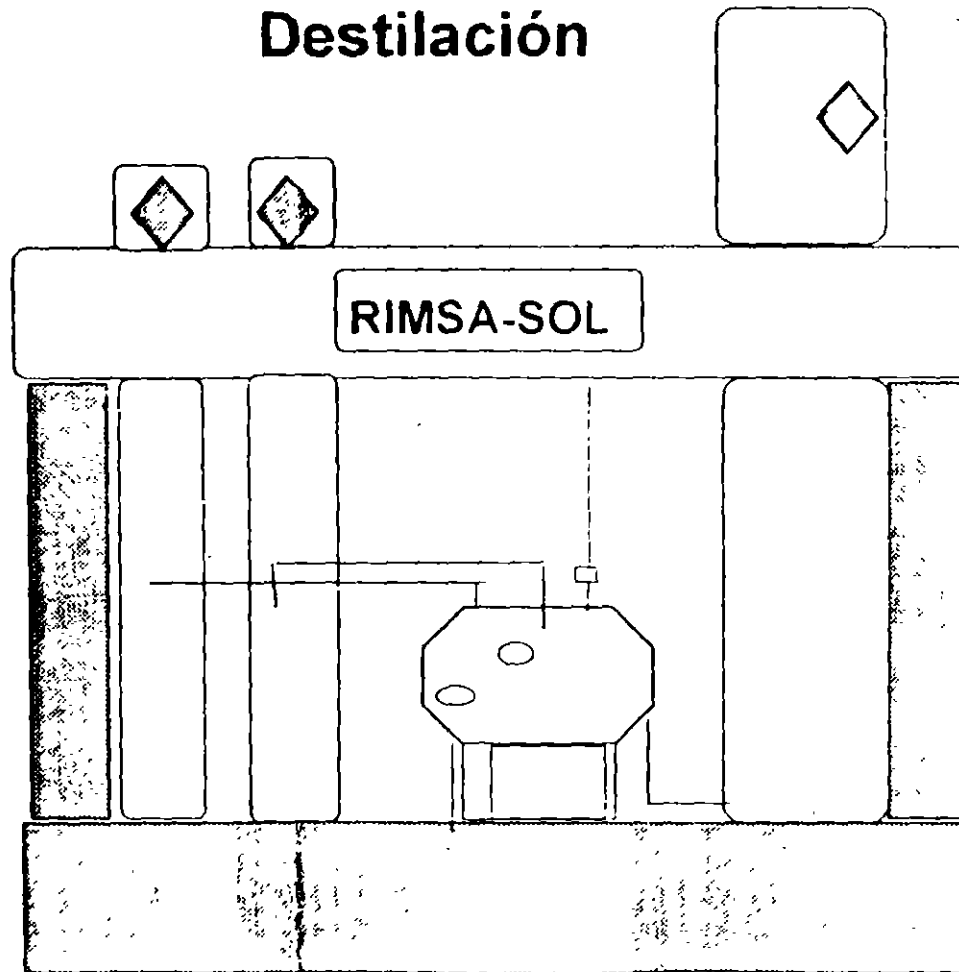
- 1.- REVISIÓN DE DOCUMENTOS.**
- 2.- DESCARGA DEL EMBARQUE.**
- 3.- CARGA DEL RESIDUO A TANQUES DE MATERIA PRIMA.**
- 4.- ALIMENTACIÓN AL DESTILADOR.**
- 5.- SEPARACIÓN DEL SOLVENTE LIMPIO.**
- 6.- ENVÍO DE LODOS DE PROCESO AL ÁREA DE TRATAMIENTO.**

Tecnologías de Tratamiento

Destilación

TIPOS DE DESTILACIÓN

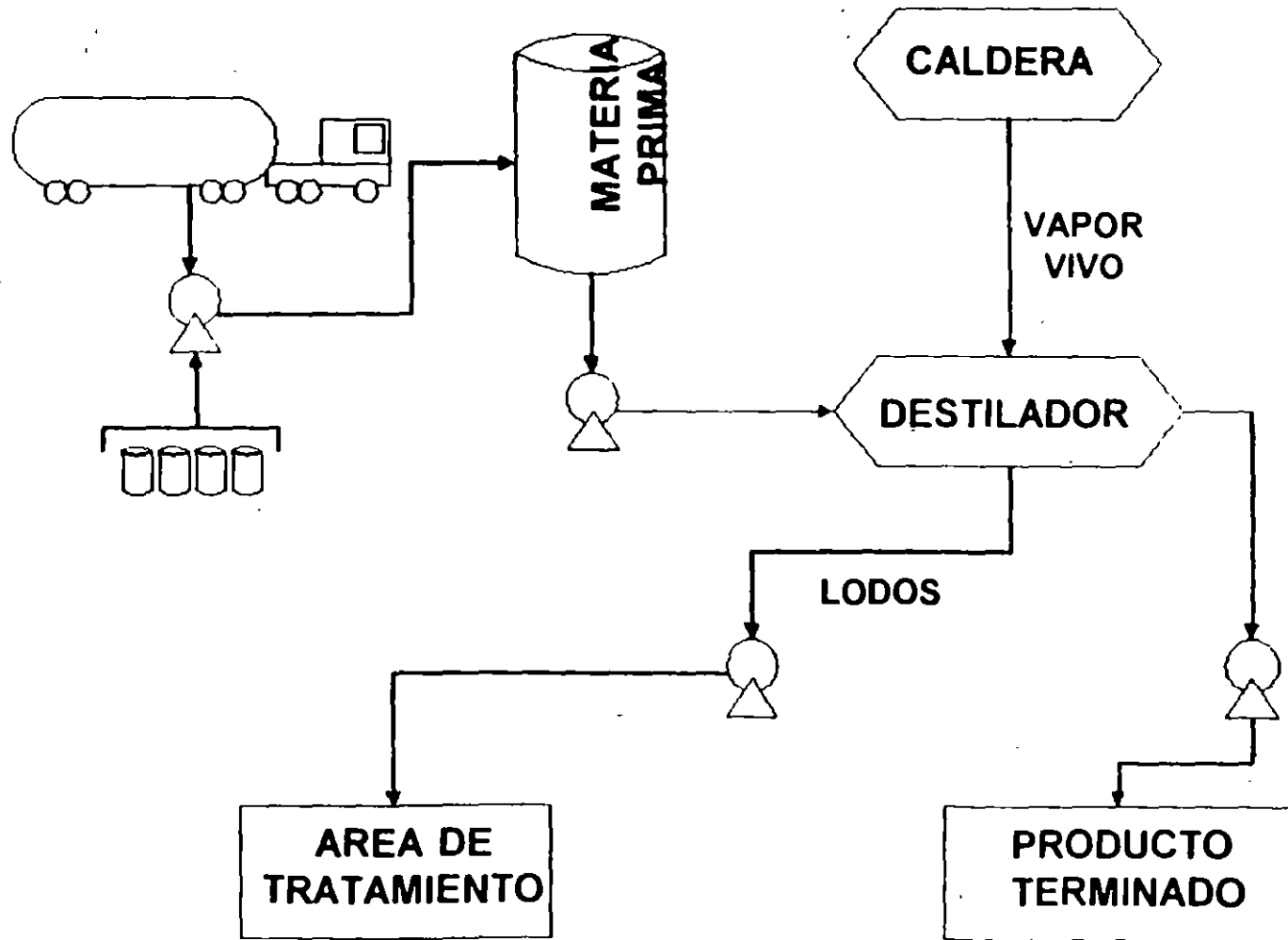
- Simple
 - Atmosférica
 - Al Vacío
- Fraccionada
- Por Arrastre



TIPOS DE SOLVENTES

- Alcoholes
- Alifáticos
- Aromáticos
- Cetonas
- Clorados
- Esteres
- Glicoles
- Mezclas

RECICLADO DE SOLVENTES



Tecnologías de Tratamiento

Dstrucción Térmica

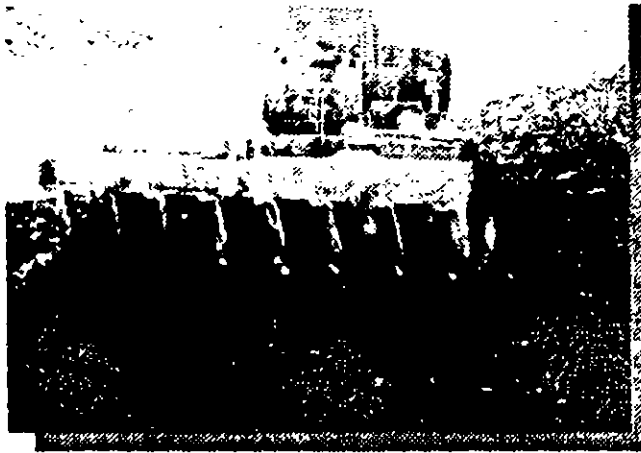
Alimentación
del
Combustible
Alterno



Horno Cementero

Tecnologías de Tratamiento

Remediación de suelos impactados por Hidrocarburos



Cultivo agrícola
(oxigenación)



Adición de nutrientes
(fósforo, nitrógeno)

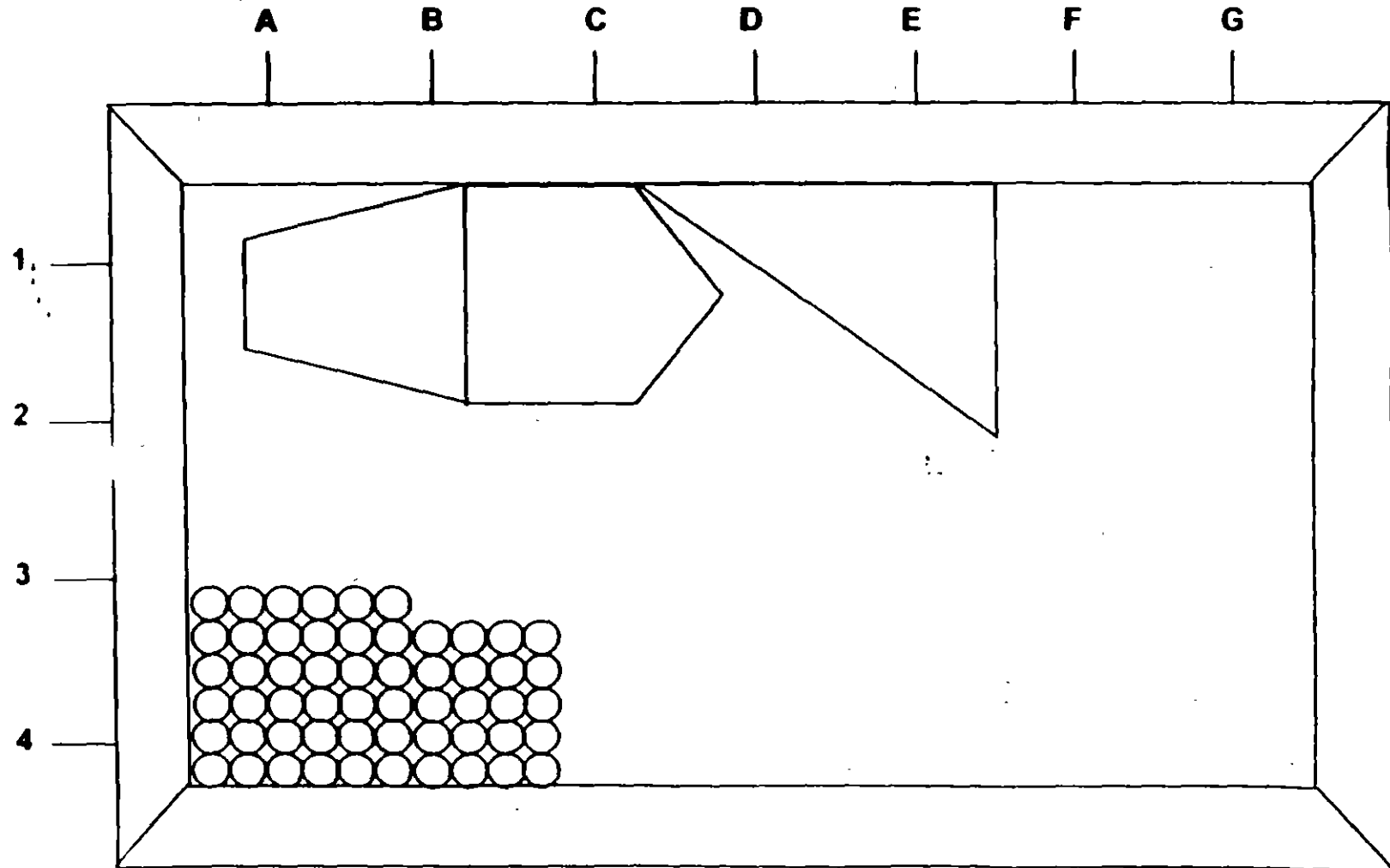


OPERACIONES

CELDA DE DISPOSICIÓN FINAL

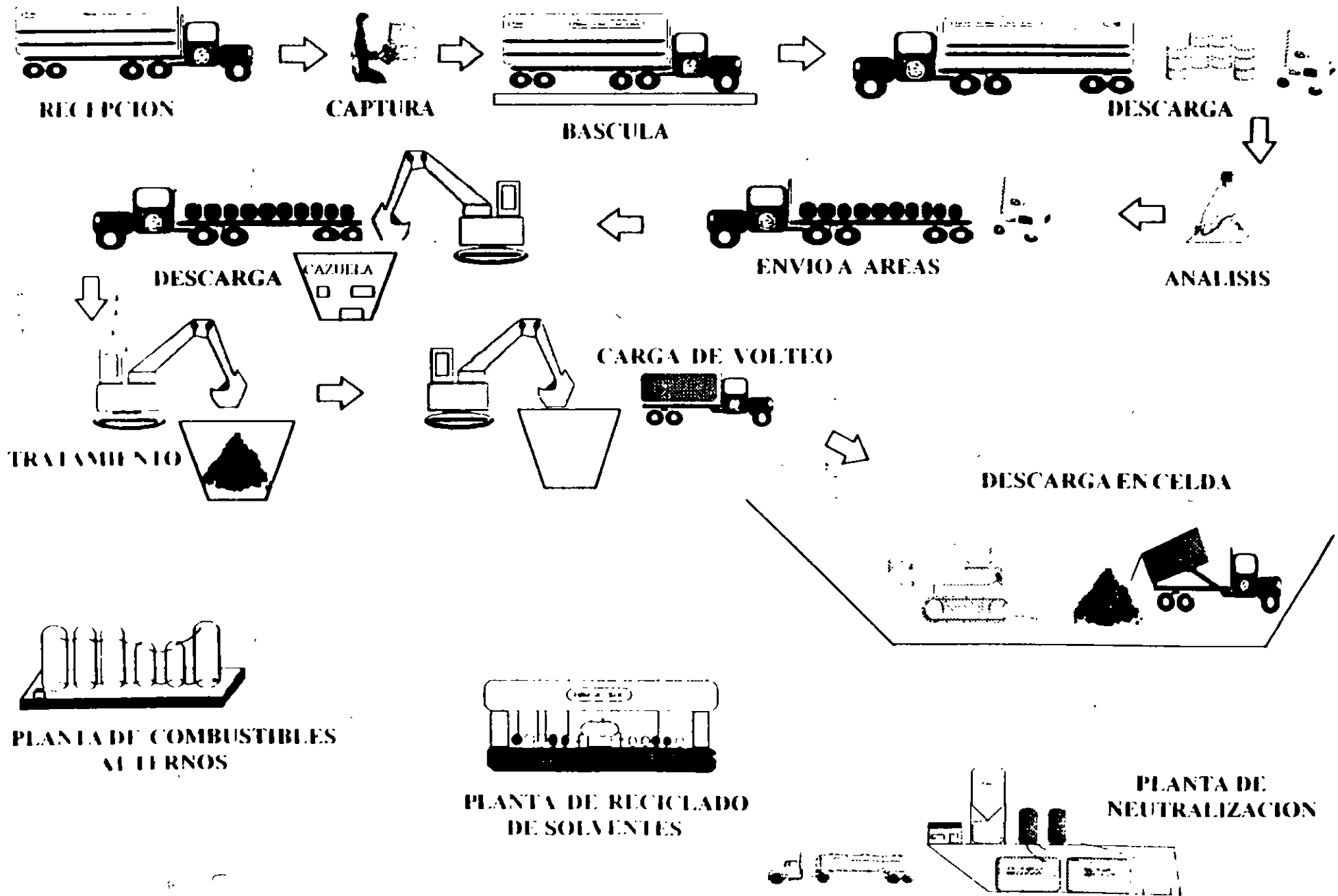
- 1.- REVISIÓN DE DOCUMENTOS.**
- 2.- REVISIÓN FÍSICA DEL EMBARQUE.**
- 3.- ASIGNACIÓN DEL ÁREA DE DESCARGA.**
- 4.- DESCARGA DEL EMBARQUE.**
- 5.- REGISTRO DE LA LOCALIZACIÓN.**

CELDA DE DISPOSICIÓN FINAL



Caseta de
Supervisor

RECEPCION, TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE RESIDUOS





FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERIA

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

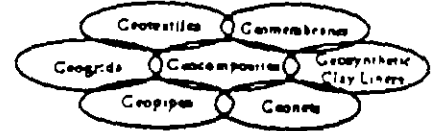
TEMA ANEXOS

EXPOSITOR M EN I JORGE SANCHEZ GOMEZ

1996



Geosynthetic Research Institute
 33rd & Lancaster Walk
 Rush Building - West Wing
 Philadelphia, PA 19104
 TEL 215 895-2343
 FAX 215 895-1437



Publications Available from Geosynthetic Research Institute

<u>Publication Title</u>	<u>Price</u>	
1. EPA Design Manual "Geosynthetic Design Guidance for Hazardous Waste Landfill Cells and Surface Impoundments"	\$30.00 + \$5.00 postage/handling - domestic \$30.00 + \$10.00 postage/handling - foreign	
2. "Designing with Geosynthetics" 1994 - Third Edition (hard bound)	\$75.00 + \$5.00 postage/handling - domestic \$75.00 + \$10.00 postage/handling - foreign	
Solutions Manual for Problems in 3rd Edition "Designing with Geosynthetics"	\$35.00 + \$5.00 postage/handling - domestic \$35.00 + \$10.00 postage/handling - foreign	
3. GRI Standards (currently numbering 35)	\$65.00 + \$10.00 postage/handling - domestic \$65.00 + \$15.00 postage/handling - foreign	
4. <u>GRI Proceedings</u>	<u>Soft Cover*</u>	<u>Hard back**</u>
1987 - Very Soft Soil Stabilization Using Geosynthetics	n/a	n/a
1988 - Durability and Aging of Geosynthetics	n/a	\$112.00
1989 - The Seaming of Geosynthetics	n/a	\$126.00
1990 - Landfill Closures: Geosynthetic Interface Friction and New Developments	\$35.00	\$130.00
1991 - Geosynthetics in Filtration, Drainage and Erosion Control	\$35.00	\$180.00
1992 - MQC/QOA and CQC/QQA of Geosynthetics	n/a	\$75.00
1993 - Geosynthetic Liner Systems: Innovations, Concerns and Designs	\$45.00	\$80.00
1994 - Geosynthetic Resins, Formulations and Manufacturing	\$45.00	(avail. early '95)

*Available through GRI in limited quantities
 add
 \$5.00 postage/handling - domestic
 \$10.00 postage/handling - abroad

**Available through IFAI
 IFAI - Publications Dept.
 345 Cedar Street, Suite 800
 St. Paul, MN 55101 U.S.A.
 (612) 222-2508 Phone
 (612) 222-8215 Fax

GRI Members
 1/2 price on all publications **except book**

Postage/Handling
 \$5.00 U.S. & Canada
 \$9.00 Central America
 \$14.00 Europe & South America
 \$20.00 All other countries

Adequate and safe storage of all of the aforementioned material must be ensured. Currently, geomembranes are being used as a primary strategy for such containment. Their proper design and construction is at the heart of this important section.

5.6.1 Overview

As a ground-water pollution control mechanism, the use of some type of liner on the bottom and sides of a landfill has been considered necessary for many years. This necessity is created by the moisture in the landfilled materials (augmented by rainfall and snowmelt) interacting with the contained waste, forming a liquid called *leachate*. This leachate flows gravitationally downward and, if not for a liner, would continue to flow until it encountered ground water, posing the threat of pollution. Although both the quantity and quality of leachate are of concern, it is the quality that can have horrendous characteristics and be extremely variable in its composition. Table 5.14 gives the range of leachate values at 18 different municipal solid waste (MSW) sites. This table is in contrast to Table 5.15, which gives the range of leachate values at a selected hazardous waste site. Note the high levels of several types of organic solvents.

The types of liners that have been used for leachate containment are numerous (e.g., see Kays [53] for an excellent review), but the predominant liner material until recently has been clay. When of the proper type, clay liners can achieve hydraulic conductivity (or permeability) values in the range 1×10^{-7} to 1×10^{-8} ft./min. (0.5×10^{-7} to 0.5×10^{-8} cm/sec.) and perform satisfactorily. There are

Table 5.14 Range of leachate characteristics from various municipal solid waste (subtitle D) landfills, after Chian and de Walle [51]

Chemical oxygen demand (COD)	47-89,520
Biological oxygen demand (BOD)	7-33,360
Total organic carbon (TOC)	256-28,000
pH	3-8.5
Total solids (TS)	0-19,200
Total dissolved solids (TDS)	584-44,900
Total suspended solids (TSS)	10-700
Specific conductance	2810-16,800
Alkalinity (CaCO ₃)	0-20,800
Hardness (CaCO ₃)	0-22,800
Total phosphorus (P)	0-130
Ortho-phosphorus (P)	6.5-85
NH ₄ -N	0-1106
NO ₃ + NO ₂ -N	0.2-10.29
Calcium (Ca ²⁺)	60-7200
Chlorine (Cl ⁻)	4.7-2467
Sodium (Na ⁺)	0-7700
Sulfate (-SO ₄) ²⁻	1-1558
Manganese (Mn)	0.09-125
Magnesium (Mg)	0.09-125

* All values in milligrams per liter (mg/L) except specific conductance, which is in microsiemens/cm, and pH, which is in standard units.

Solid Material (Landfill) Liners

Table 5.15 Leachate characteristics from a hazardous solid waste (subtitle C) landfill, after Dudzik and Tisinger [52]

<i>Parameter</i>	<i>Units</i>	<i>Value</i>
Alkalinity	mg/l as CaCO ₃	11,600
BOD ₅	mg/l	19,500
COD	mg/l	37,200
Conductivity	µMhos	38,575*
Oil & grease	mg/l	210
pH	Standard units	9.1
Silica	mg/l as SiO ₂	141
Total dissolved solids	mg/l	50,100
Total organic carbon	mg/l	11,500
Total suspended solids	mg/l	212
Turbidity	NTU*	156
Calcium	mg/l	30
Iron	mg/l	19
Magnesium	mg/l	16
Nickel	mg/l	28
Potassium	mg/l	2715
Sodium	mg/l	13,250
Chloride	mg/l	12,100
Nitrate	mg/l as N	51
Phosphorous	mg/l as P	21
Sulfate	mg/l as SO ₄	3850
Benzene	µg/l	6500
Chloroform	µg/l	1330
1,1 Dichloroethane	µg/l	2900
Ethyl benzene	µg/l	35
Phenol	µg/l	14,100
Styrene	µg/l	95
Toluene	µg/l	21,100
m-Xylene	µg/l	284
o-Xylene	µg/l	93

*Nephelometric turbidity units

drawbacks to clay liners, however, both of which have led to the use of geomembranes for landfill liners.

1. Clay liners must be typically 2 to 6 ft. (0.6 to 1.8 m) thick, which takes up significant space that could be used to house the waste itself.
2. Clay liners have been shown to be subject to chemical reaction and subsequent piping when evaluated in fixed-wall permeameters and exposed to full concentrations of organic solvent leachates (e.g., xylene, methanol, aniline, acetic acid, etc.) [54]. This feature of clay liners caused the U.S. Environmental Protection Agency to promulgate the following regulations on July 6, 1982.

Prevention (via geomembranes), rather than minimization (via compacted clay liners), of leachate migration produced better results than compacted clay liners. (U.S. EPA, 1982)

used to dispose of hazardous wastes. A liner that prevents rather than minimizes leachate migration provides added assurance that environmental contamination will not occur.

This series of events has ushered in increased awareness of, interest in, and demand for geomembranes made from polymeric materials. This section and the following one focus on geomembrane designs for landfill liners and closure systems.

Note, however, that all landfills are not toxic, hazardous, or radioactive, and some are as harmless as building demolition debris. A suggested ranking of environmental and personal danger from lowest to highest is as follows:

- Building demolition
- Power plant ash
- Sewage treatment sludge
- Impoundment leachate residual waste
- Treated or incinerated waste ash
- Nontreated, nontoxic waste
- Untreated municipal waste
- Untreated biological (hospital) waste
- Near hazardous waste
- Hazardous waste
- Radioactive waste
 - Low level
 - Transuranic
 - High level

Industrial waste is the highest in quantity, followed by municipal waste and power plant ash. Hazardous and radioactive wastes are much less in quantity, but of significantly more dangerous quality. For this reason the U.S. Environmental Protection Agency has expended considerable effort in distinguishing between hazardous and nonhazardous waste. For hazardous waste (as classified by having any one of 800+ priority pollutants above legislated acceptable limits) federal regulations fall under 40 CFR 264.221, 1986. Such Subtitle C hazardous waste landfills, surface impoundments, and waste piles must have

- two or more liners and a leachate collection system between such liners. The liners and leachate collection system must protect human health and the environment. The requirement for the installation of two or more liners may be satisfied by the installation of a top liner designed, operated and constructed of materials to prevent the migration of any constituent into such liner during the period such facility is in operation (including any post-closure monitoring period) and a bottom liner designed, operated, and constructed to prevent the migration of any constituent through such liner during such period.

Furthermore, the leachate collection and removal system regulations for doubly lined waste piles and landfills specifically require that the system be designed and operated to ensure that the leachate depth over the primary liner does not exceed 12 in. (30 cm). The system must also be chemically resistant to wastes and leachate, sufficiently strong to withstand landfill loadings, and protected from clogging through the scheduled closure of the facility. Minimum technology guidance for double liners provides specific design criteria for the primary leachate collection and leak detection systems. These criteria are as follows:

- The leachate collection system should be capable of maintaining a leachate head of less than 12 in. (30 cm).
- Both leachate collection and leak detection systems should have at least 12-in. (30-cm) granular drainage layers that are chemically resistant to the waste and leachate, with a hydraulic conductivity not less than 2×10^{-2} ft./min. (1×10^{-2} cm/sec.) or an equivalent synthetic drainage material (e.g., a geonet).
- The minimum bottom slope of the facility should be 2%.
- The leachate collection system should have a granular filter or synthetic filter fabric (i.e., a geotextile) above the drainage layer to prevent clogging.
- Both systems, when made of natural soils, should have a drainage system of interconnected pipes to collect leachate; the pipes should have sufficient strength and chemical resistance to perform under anticipated landfill loadings.
- By virtue of the leak detection rules 40 CFR 260, 264, 265, 270, 271 (1992), a site-specific action leakage rate (ALR) must be set for each facility.
- A construction quality assurance (COA) program must be developed to ensure that the constructed facility meets or exceeds all design criteria, plans, and specifications.

Most federal and many state regulations refer to the leachate collection systems above the primary liner as the primary leachate collection and removal system (PLCRS), and to the leak detection systems between the two liner systems as the secondary leachate collection and removal system (SLCRS). For simplicity, we will refer to these two drainage systems as *leachate collection* (above the primary liner) and *leak detection* (between the two liners).

For *nonhazardous waste* (those wastes not containing priority pollutants, or at least not up to prescribed levels) federal regulations fall under 40 CFR Parts 257 and 258 Subtitle D for solid waste disposal. These regulations clearly identify municipal solid waste (MSW) as being the focus material of the regulations. However, it is presumed that nonhazardous industrial waste could fall under these Subtitle D regulations rather than those of Subtitle C. Some salient points regarding Subtitle D liner systems are as follows:

- A leachate collection system should be located above the liner system.
- The leachate collection system should be capable of maintaining a leachate head of less than 12 in. (30 cm).

- The liner system should be a single composite liner (i.e., it is not required to have a double liner system with leak detection capability).
- The single composite liner must be a geomembrane placed over a compacted clay liner.
- The geomembrane must be 30 mils (0.75 mm) thick, unless it is HDPE. In the latter case it must be 60 mils (1.50 mm).
- The geomembrane must have "direct and uniform contact with the underlying compacted soil component." Furthermore the term *intimate contact* is referenced in some state regulations.
- The compacted clay liner must be 24 in. (60 cm) thick and of a permeability of 2×10^{-7} ft./min. (1×10^{-7} cm/sec.) or less.

Thus by U.S. EPA regulatory mandate we have an extremely large use of geomembranes and associated drainage systems. Throughout Subtitle C and D legislation, geosynthetic materials can be substituted for natural soil materials if technical equivalency can be shown. Thus geonets can often be used to replace drainage soils, geotextiles can often be used to replace filter soils, and geosynthetic clay liners can sometimes be used to replace compacted clay liners. It is clear that liner and drainage systems of this type are currently driving the geosynthetics industry in North America and have all the earmarks of spreading worldwide.

The regulations just mentioned are minimum technology guidance (MTG) and individual states can, and often do, exceed these requirements. For example, in New York state, all solid waste (both hazardous and nonhazardous) goes to a landfill which consists of a double composite (geomembrane and compacted clay) liner system. Various other states also have regulations which are distinctly more restrictive than the federal standards. Indeed, a consulting engineering firm under contract to an owner/operator developing a landfill liner system must be fully cognizant of the state regulations where the facility will be located. It is this state (usually) which must issue the permit to proceed with construction.

5.6.2 Siting Considerations and Geometry

Due largely to nontechnical considerations (i.e., social, political, legal, etc.), the siting of solid waste landfills of any type is very difficult. This difficulty is increased even further when the waste contains hazardous or radioactive materials. Nowhere is the NIMBY (Not In My Backyard) syndrome more obvious. An even higher (more politically oriented) level of difficulty is expressed by the acronym NIMTO (Not In My Term of Office). Yet when properly sited, designed, constructed, and maintained, landfills can be made secure for as long as they generate leachate—even in the case of landfills containing low-level radioactive waste. (High-level radioactive wastes have completely different containment strategies than those to be discussed in this book.) Regarding siting considerations, the following items are important to consider:

- Stratigraphy and geology of site
- Depth to water table
- Quality and significance of subsurface water
- Use of downgradient water
- Population density
- Weather conditions, particularly precipitation
- Seismicity of the region
- Other concerns unique to the particular site

Regarding the geometry for such landfills, the general recommendations and specific designs discussed in Section 5.3.1 are applicable here as well. A major difference, however, is the manner of placement of the contained materials, which are now solid rather than liquid. This process should be carefully controlled and planned in every detail. Separate cells within a landfill are often made, each being an individual containment zone partitioned off by a soil embankment, or *berm*, around its perimeter. The external embankment dikes surrounding the site are usually quite steep and often reinforced with geogrids or geotextiles. Usually a haul road is made at the top and used for access during construction and filling. Proper solid waste practices must be used. It is suggested that some cells may be enclosed within a geomembrane itself (a super trash bag if you will) or be placed beneath a temporary enclosure or canopy made as a tension structure or air-supported structure. Such actions would drastically reduce leachate generation but are very expensive from an initial cost perspective.

5.6.3 Typical Cross Sections

A critical element in the proper functioning of a landfill containment system is the leachate barrier, or liner. This is often referred to as a *liner system* and thus includes geomembranes, compacted clay liners, and/or geosynthetic clay liners. For solid waste landfills a leachate collection (and removal) system must be integrated into the system, and in cases of a double liner, a leak detection system as well. The leachate collection and removal system is located above the uppermost, or primary, liner. For single-liner systems (such as MTG for Subtitle D landfills), the only way to monitor for a leak through the liner is when the leachate becomes fugitive. This has traditionally necessitated downstream monitoring wells and, for comparative purposes, upstream wells. If the wells are numerous enough and properly sited, the difference in water quality between downstream and upstream wells is indicative of the functioning of the landfill liner. If the quality is the same, the lined landfill is functioning as intended. If not, a leak is suggested. Considerably better than such a hit-or-miss leak detection approach is to construct a doubly lined landfill liner (such as MTG for Subtitle C landfills) with a gravel and perforated pipe system or geonet drainage system between them. When graded to a low spot beneath the landfill, any leachate getting through the primary (upper) liner indicates

a leak. The leakage can come from a number of different sources. Gross et al. [55] have identified the following possible sources:

- Primary liner leakage
- Expulsion of construction water
- Expulsion of compression water
- Compacted clay liner consolidation water
- Infiltration water from other areas

Particularly troublesome is the consolidation water from a compacted clay liner in the lower component of a primary composite liner. When such a compacted clay liner is placed at wet of optimum water content, as it usually is, each layer of waste placed in the facility will expel consolidation pore water, which is then captured and transmitted in the leak detection network. The quantities can be very large and can easily mask the true leakage which may be coming through the primary liner. The situation can become contentious if an ALR has been set for the site and it is exceeded because of consolidation water from the overlying compacted clay liner.

If, indeed, leachate leakage through the primary liner is noted above the ALR, corrective measures must be instituted. The prescribed corrective measures will be delineated in the response action plan (RAP), which necessarily accompanies the regulatory permit and sets the site-specific ALR value. Such actions might be as follows:

- Continuous monitoring and tracking of the leakage rate
- Chemical analysis of both the liquid in the leak detection system and the leachate in the primary collection system for comparative purposes
- Placement of downstream monitoring wells (or additional ones)
- Secession of waste placement in the facility
- Removal of waste from the facility to find and repair the leak(s)

Figure 5.41 shows the genesis of liners that have been used in the United States since the enactment of the 1982 legislation mentioned earlier. Table 5.16 provides details of each sketch in Figure 5.41. Figure 5.41a shows the best that one could hope for in a solid waste liner system prior to 1982. There were no regulations regarding the clay's thickness or its permeability. (Note that throughout this book permeability will be referenced rather than hydraulic conductivity. Further, compacted clay liners will be referred to by the acronym CCL, to be distinguished from geosynthetic clay liners, or GCLs, which are the subject of Chapter 5.)

The enactment of the 1982 regulations mentioned earlier gave rise to the cross section of Figure 5.41b. Shortly thereafter, in 1983, it was recognized that redundancy of geomembrane liners was desirable, which allowed for a drainage layer to be placed between the two geomembranes (see Figure 5.41c). This drainage layer has been called a *witness drain*, *leak detection layer*, and *secondary leak* (see

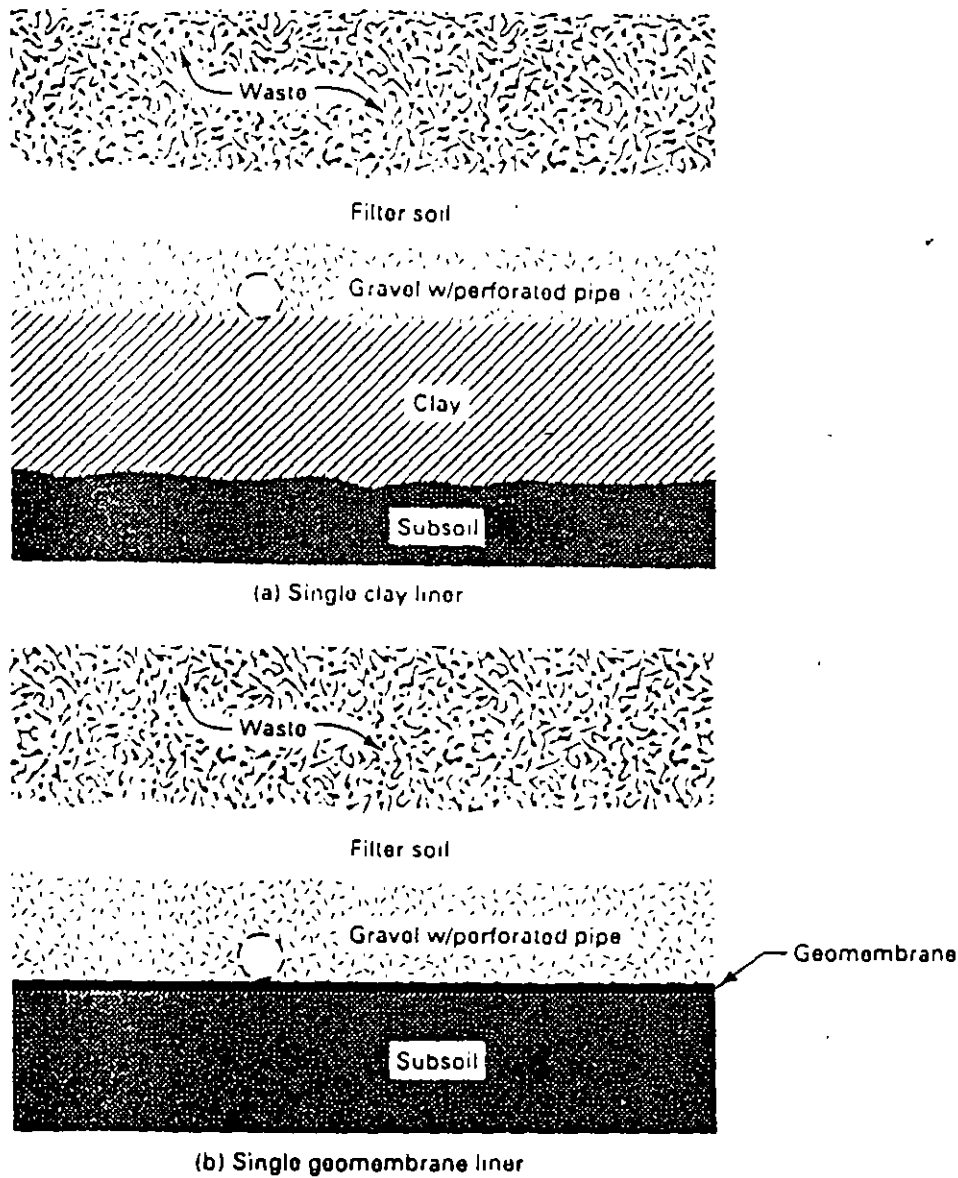
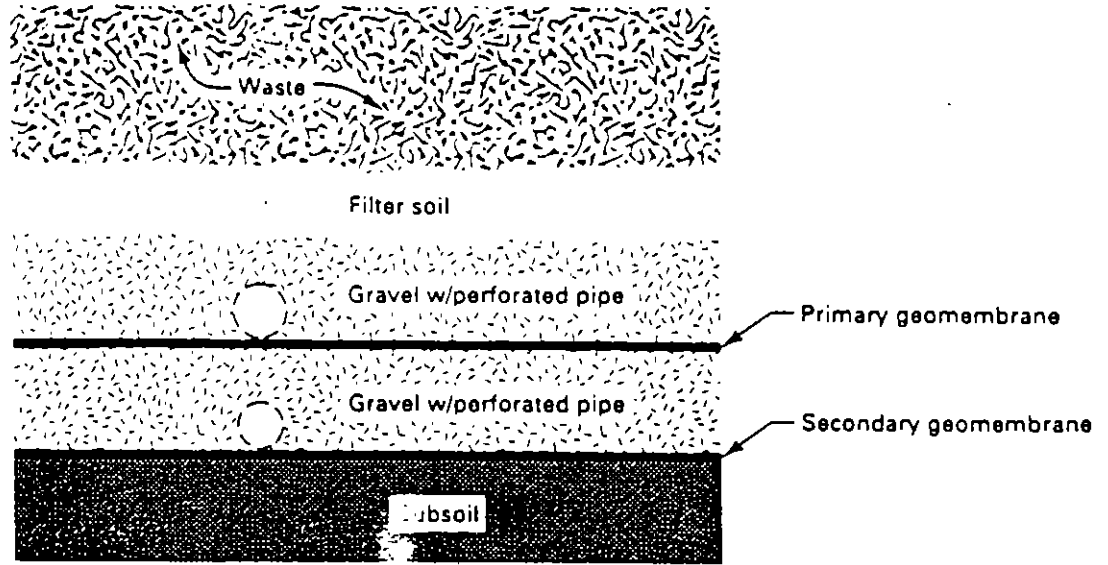


Figure 5.41 Genesis of liner cross sections used to contain solid waste in the United States since 1992.

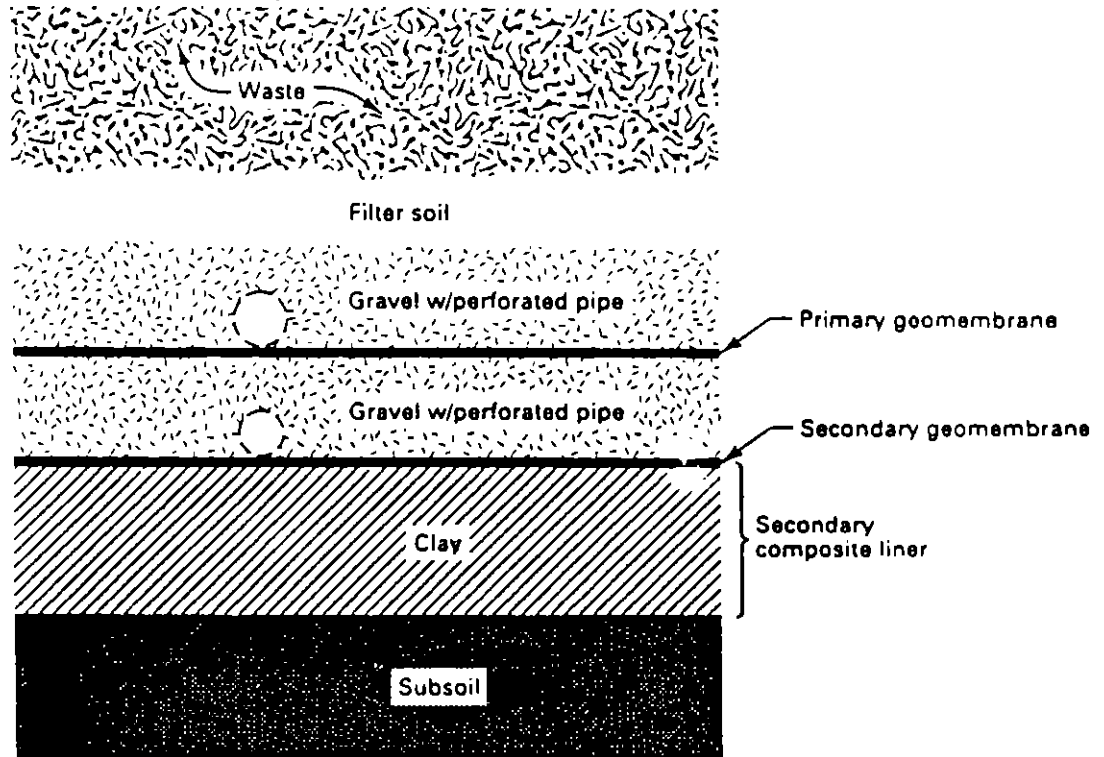
collection and removal system. Generally, we will refer to it as the leak detection layer, versus the leachate collection layer placed above the primary liner.

CCLs were not to be denied. The study cited as reference 54 was flawed to the extent that 100% pure chemicals were used and evaluated in rigid wall permeameters. With additional research, CCLs reentered the cross section as part of a composite liner (see Figure 5.41d after Buranek and Pacey [56]). Work by Groud and Bonaparte [57] confirmed the low leakage rates that could be accomplished through composite liners which have "intimate contact" with one another.

It was soon recognized that the construction of synthetic and natural soil systems were difficult to construct, particularly as far as the drainage soil's stability when placed on geomembranes on side slopes. Geonets entered as the leak detection



(c) Double geomembrane liner

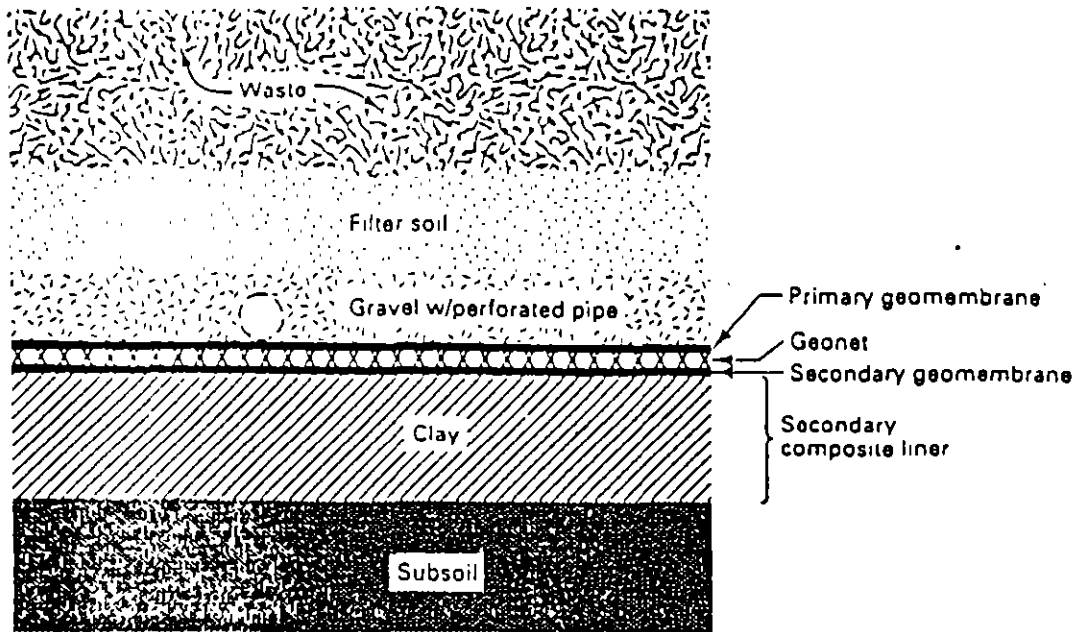


(d) Single geomembrane, single composite liner

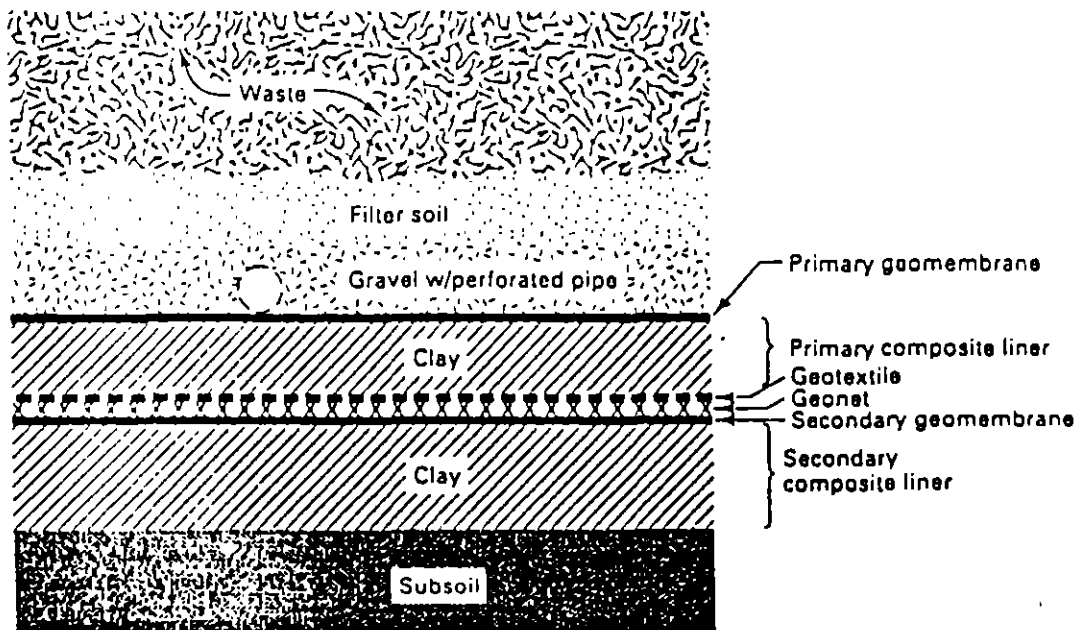
Figure 5.41 continued

network (no perforated pipes were required) as shown in Figure 5.41e. Thus stability was assured, as well as considerable savings in air space.

The effectiveness of a composite liner is not to be denied. Furthermore, if this is the best strategy for the secondary liner, why not the primary liner is well (Hence the cross-section of Figure 5.41f.) This CCL above the primary liner system however, is extremely difficult to place properly and compact. Furthermore, the secondary liner is so troublesome to install during waste placement that it is



(a) Single geomembrane, single composite liner with geonet

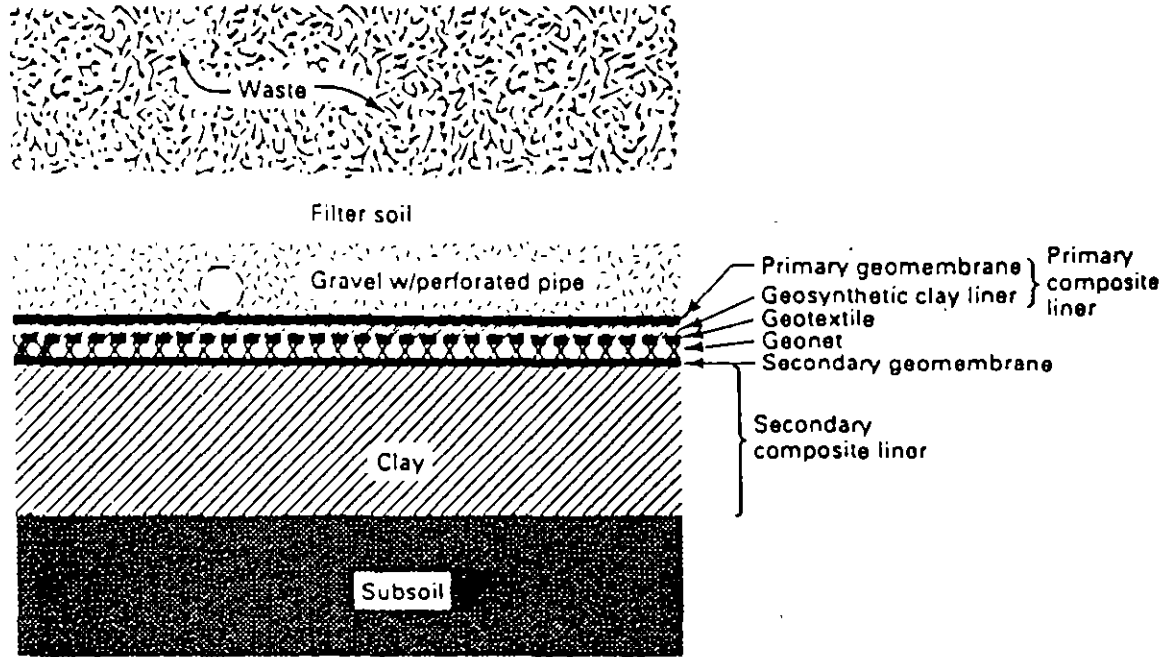


(f) Double composite liner with geonet

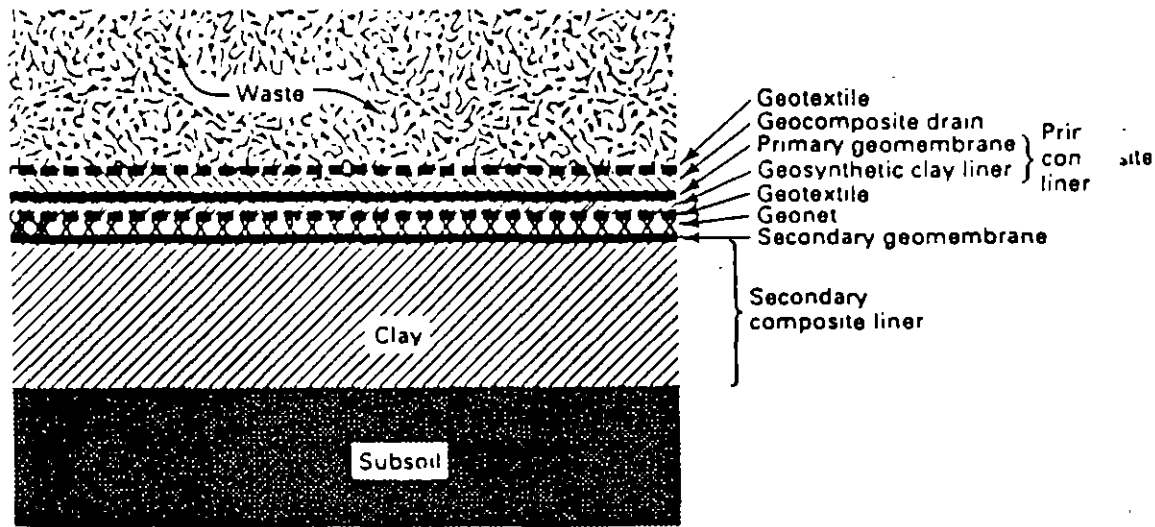
Figure 5.41 continued

alternate scheme is very attractive. Geosynthetic clay liners (GCLs) as the lower component of the primary liner nicely solve this situation, with the added attraction of saving air space (see Figure 5.41g)

Finally, geonets or high-compressive-strength geocomposites for leachate collection above the primary liner are being used in some facilities, particularly on side slopes (see Figure 5.41h). Thus it is seen that geosynthetics have replaced natured soils in the entire cross section with the exception of the lower component



(g) Double composite liner (with geosynthetic clay liner) and geonet



(h) Double composite liner (with geosynthetic clay liner), geonet, and geocomposite

Figure 5.41 continued

of the secondary liner. In this location directly on top of the soil subgrade, a CCL can be placed and compacted with no danger of damaging the associated geosynthetic materials.

Figure 5.41h shows that geosynthetics are being driven to new heights in solid waste liner systems. The designs to follow, as well as others that have been already presented in this book, will focus on many of these details. In this discussion on liner systems, savings in air space were mentioned several times. The following

Table 5.16 Genesis of liner systems used in the United States

<i>Illustration in Fig. 5-41</i>	<i>Type of Liner System(s)</i>	<i>Approx. Date in Use</i>	<i>Leachate Collection System</i>	<i>Primary Liner</i>	<i>Leak Detection System</i>	<i>Secondary Liner</i>
(a)	Single CCL	Pre-1982	Soil/pipe	CCL	None	None
(b)	Single GM	1982	Soil/pipe	GM	None	None
(c)	Double GM	1983	Soil/pipe	GM	Soil/pipe	GM
(d)	Single GM, single composite	1984	Soil/pipe	GM	Soil/pipe	GM/CCL
(e)	Single GM, single composite	1985	Soil/pipe	GM	GN	GM/CCL
(f)	Double composite	1987	Soil/pipe	GM/CCL	GT/GN	GM/CCL
(g)	Double composite	1989	Soil pipe	GM/GCL	GT/GN	GM/CCL
(h)	Double composite	1991	GT/GC	GM/GCL	GT/GN	GM/CCL

Abbreviations GM = geomembrane;
 GN = geonet;
 GT = geotextile;
 GC = geocomposite;
 CCL = compacted clay liner;
 GCL = geosynthetic clay liner.

Example:

In a 10-acre landfill cell, a designer is considering using a 0.200-in-thick drainage geonet to replace a 12-in.-thick sand layer as a leak detection layer. Technical equivalency has been shown numerically in Section 4.2.3 and corroborated in the field [58]. How much will this replacement save if the tipping fee of the solid waste is \$60 per ton, as it is currently for MSW in the Philadelphia area?

Solution: The air space saved is first calculated

$$\begin{aligned}\Delta H &= 12.0 - 0.20 \\ &= 11.8 \text{ in.}\end{aligned}$$

For a 10-acre cell at \$60 per ton and assuming the waste weighs 75 lb./ft.³ in place

$$\begin{aligned}\text{savings/acre} &= 43,600 \times \frac{11.8}{12} \times \frac{75}{2000} \times 60 \\ &= \$96,465 \text{ per acre} \\ \text{total savings} &= \$964,650 \\ &= \$1,000,000 \text{ per 10-acre cell (case closed!)}\end{aligned}$$

5.6.4 Grading and Leachate Removal

The profile and configuration of the bottom of a landfill must be such that gravitational flow to a low point always exists. This statement must be satisfied for both leachate collection and, when present, for the leak detection system as well. Thus accurate grading of the bottom of the landfill (and every cell within a landfill) is very important. The consequence of improper design, localized low points, subsidence of subsoil, poor construction quality control and assurance, etc., is that leachate will pond above the geomembrane and eventually diffuse through it, rather than being properly removed and treated. Yet grading of the site for gravity flow leachate collection and leak detection can be troublesome.

For large sites with no water table restrictions, grades of 2% or higher can be designed and constructed with relative ease. Note, however, that such grades in a large landfill take considerable air space from the facility and alternate designs (e.g., accordion-shaped profiles) become necessary. For smaller sites and/or high water tables, however, one is usually designing on the basis of 0.5 to 1% slopes, which is very difficult and costly. Figure 5.42 gives some suggested contours for gravity flow drainage. The low point of the leachate collection system must terminate at a sump, with a manhole rising from this location through which access to it is placed.

For sites where removal pipe systems within the leachate collection system must be periodically inspected, cleaned, and flushed, both access and egress must be available. This will require careful planning and can completely dictate the nature

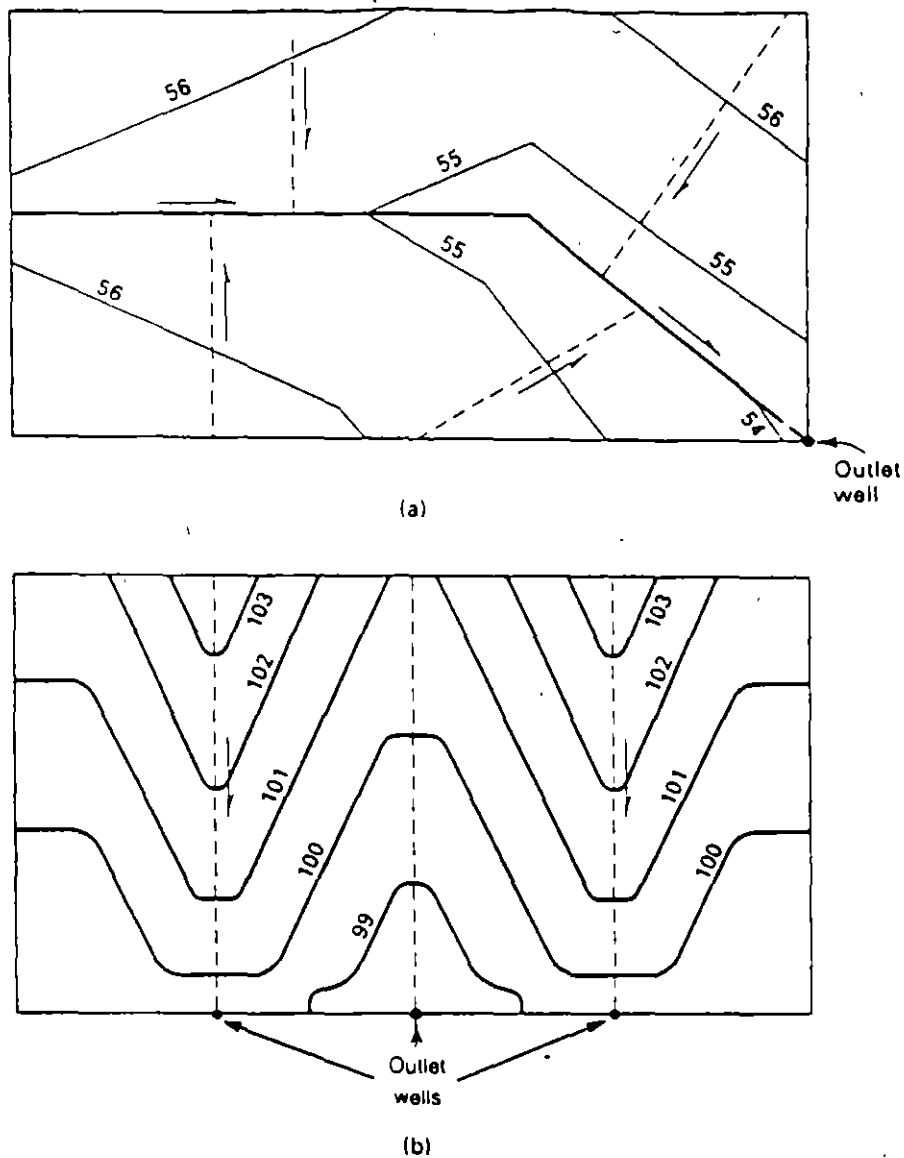
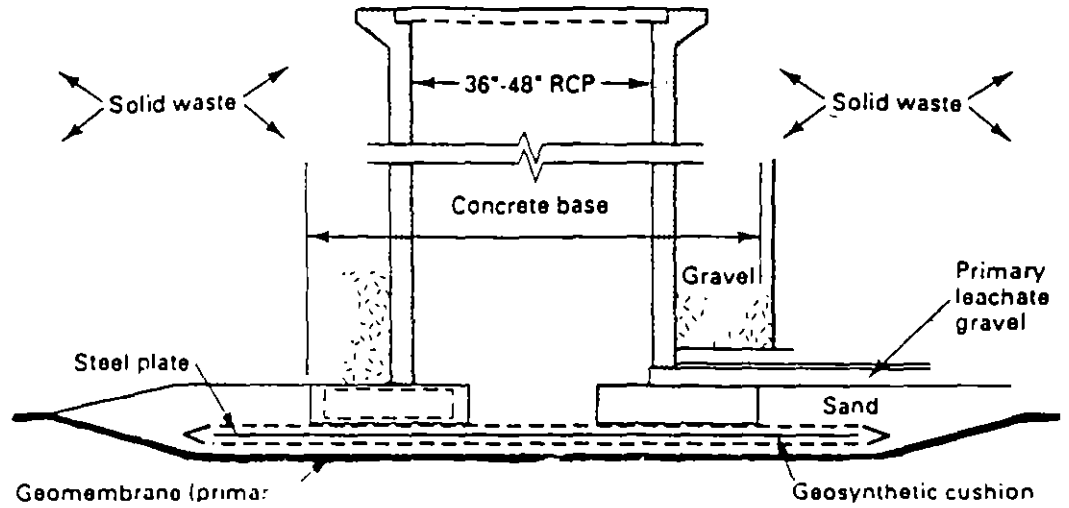


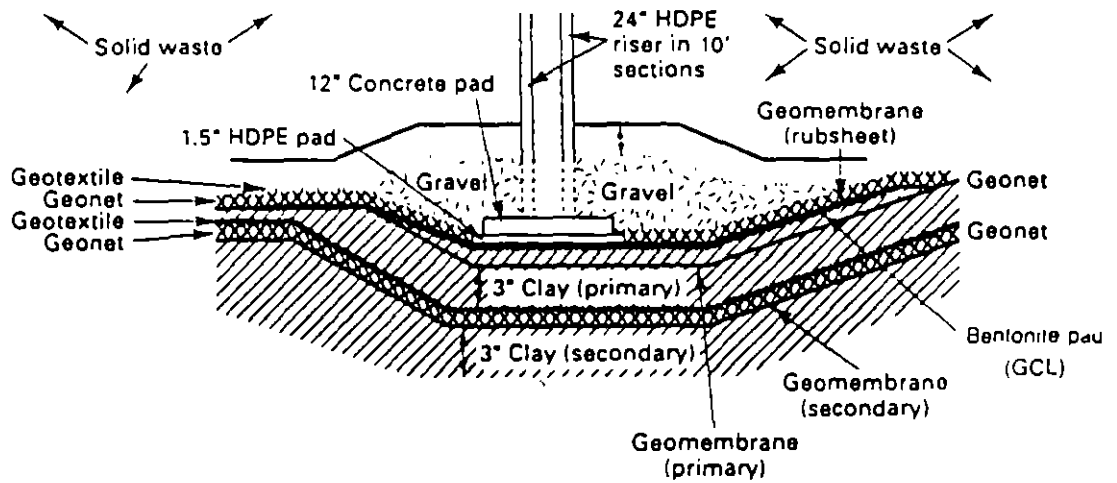
Figure 5.42 Various shapes for bottom of landfills for proper leachate collection and/or leak detection. (a) V-shaped bottom. (b) Accordion-shaped bottom.

of the grading plan. Some permits require only the header pipe to be cleaned; thus feeder liners can be laid out in a herring-bone fashion and V-shaped contours over the entire cell are acceptable. Figure 5.42a shows such a scheme, but sharp bends both horizontal and vertical (i.e., up side slopes) must be made with wide-angle fittings. If all pipes must be inspected, cleaned, and flushed, the accordion profile shown in Figure 5.42b must be considered. Within each trough will be a perforated pipe having access at the top of the slope and egress at the bottom of the slope. This latter case is very difficult to handle when constructing individual cells within a larger permitted facility. Careful detail and planning must be considered and designed accordingly.

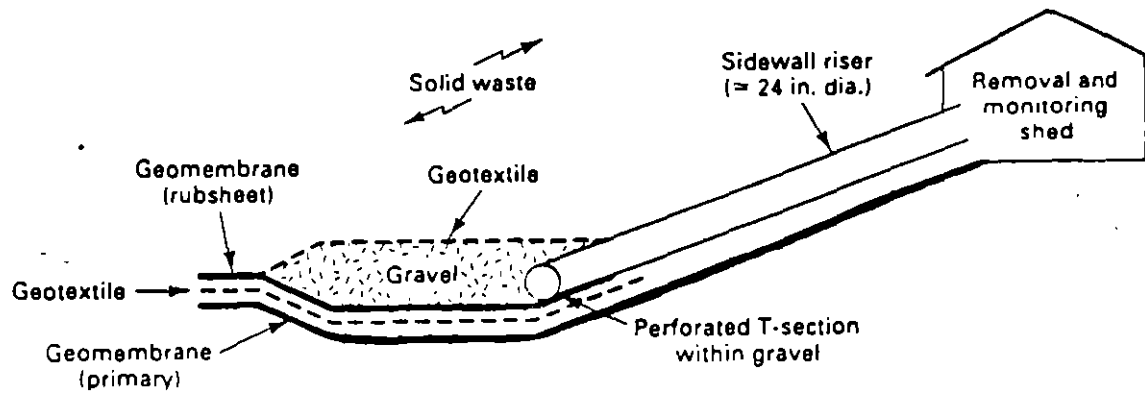
Figures 5.43a and b show details of low- and high-volume leachate collection sumps and manholes [53,59]. The manhole risers raise vertically through the waste



(a) Low-volume primary leachate collection sump and manhole



(b) High-volume primary leachate collection sump and manhole (after Chemical Waste Management, Inc.)



(c) Side wall primary leachate collection sump and riser

Figure 5.43 Various removal designs for primary leachate collection systems

as it is being placed and eventually penetrate the landfill cover when the site is closed. Leachate is removed using submersible pumps until it is no longer generated [60]. Note that the postclosure period for hazardous waste landfills according to the U.S. EPA is 30 years. A related aspect of this leachate removal manhole is the downward pressure exerted on the outside of the pipe risers by the subsiding waste mass. Called downdrag, or negative skin friction, by geotechnical engineers in dealing with end-bearing piles, piers, and caissons, it can result in very large downward pressures (see Vesic [61]); hence the careful detail beneath the footing in both sketches of Figure 5.43. Examples by Richardson and Koerner [59] illustrate this feature. To relieve the pressures somewhat, the outside of the concrete riser sections extending through the waste are sometimes wrapped in a low-friction material such as high-density polyethylene. Other downdrag-reducing methods such as bitumen slip layers are also possible [62].

This downdrag issue is largely eliminated by using a side wall riser scheme for leachate removal as shown in Figure 5.43c. Furthermore, vertical risers in the waste mass itself, which result in many operational problems, are avoided. Here a large diameter HDPE or PVC pipe, typically 24 in. (60 cm), is brought from the sump area up the side slope above the primary liner into an enclosure or shed. A submersible pump is lowered in the pipe on a sled down into the sump area, where it terminates at a T (with perforations in the pipe sections forming the T). The pump can be withdrawn for maintenance or if problems arise. Figure 5.44 shows the type of sump area along with the riser pipes. In the lower photograph, the two large pipes are for primary leachate removal, the smaller central pipe is for header cleanout, and the smaller pipe on the right is for leak detection monitoring.

Monitoring and removal of liquid from the leak detection system between the primary and secondary liners in a doubly lined system is also necessary. To do so, a pipe of 4–6-in. (100–150-mm) diameter is placed between the primary and secondary liners from a small sump in the secondary liner up the side slope, as shown in Figure 5.45. Unfortunately, it is necessary to penetrate the primary liner at the upper slope, but pipe boots can be carefully fitted and seamed for this detail. A small-diameter bailer or pump is generally used to extract the liquid within this leak detection piping system (recall the right side pipe in the lower photograph of Figure 5.44).

An alternative to the leak detection removal system shown in Figure 5.45 is to extend the low-point sump through the secondary liner of the landfill and let leakage flow gravitationally to the monitoring point (see Figure 5.46). The problem is that the secondary liner must be penetrated, which poses the danger of direct ground-water contamination; hence this is not usually recommended. If the leachate is indeed hazardous, then the piping system and the removal manhole beyond the confines of the landfill itself can be considered underground storage tanks and would require double-liner containment strategies. This would probably not be the case if they were through interior berms within the landfill boundaries and already adequately protected. However, this is a site-specific consideration, and local regulations must be followed.

Liquid in leak detection sumps can be quantitatively measured by a number of techniques. Some of the following have been noted at sites and mentioned in

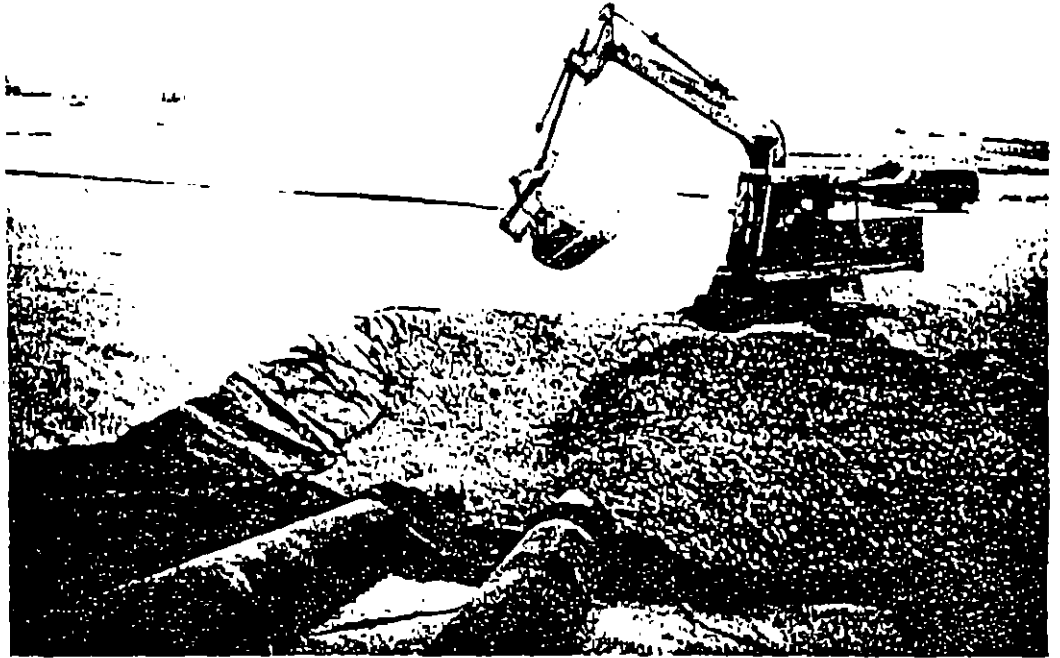


Figure 5.44 Primary leachate collection sump side wall riser pipes leading from sump into collection and monitoring shed.

the literature:

- Monitoring the change in liquid depth in the sump or riser pipe
- Using a flow meter with a mechanical or automatic accumulator coming from sump
- Using a tipping bucket for gravity systems with a mechanical or automatic accumulator

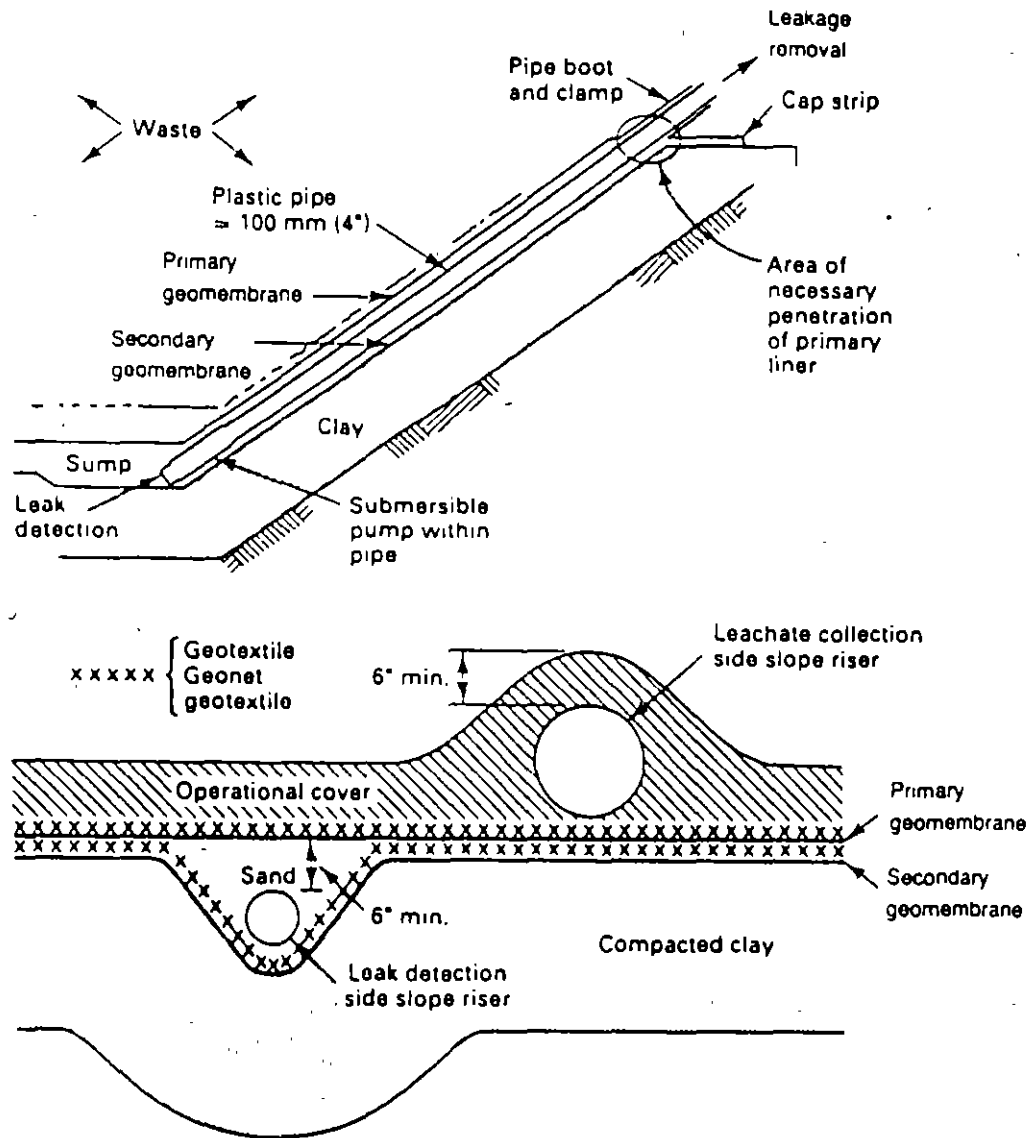


Figure 5.45 Leak detection and removal system (upper) and sidewall details when using a geonet (lower).

The liquid gathered in the leak detection sump is, of course, the quantity which must be compared to the action leakage rate (ALR) as prescribed in the site-specific response action plan (RAP). (Recall the discussion of Section 5.6.3.) The quantities of liquids found in the leak detection sump of different facilities vary widely. The actual quantity appears to depend on the following items:

- Workmanship and attitude of the installation contractor
- Solid waste landfills versus surface impoundments
- Good COA versus no COA
- Type of primary liner (GM, GM UCL, or GM GCL)
- Site operations (e.g., type of waste and daily cover)

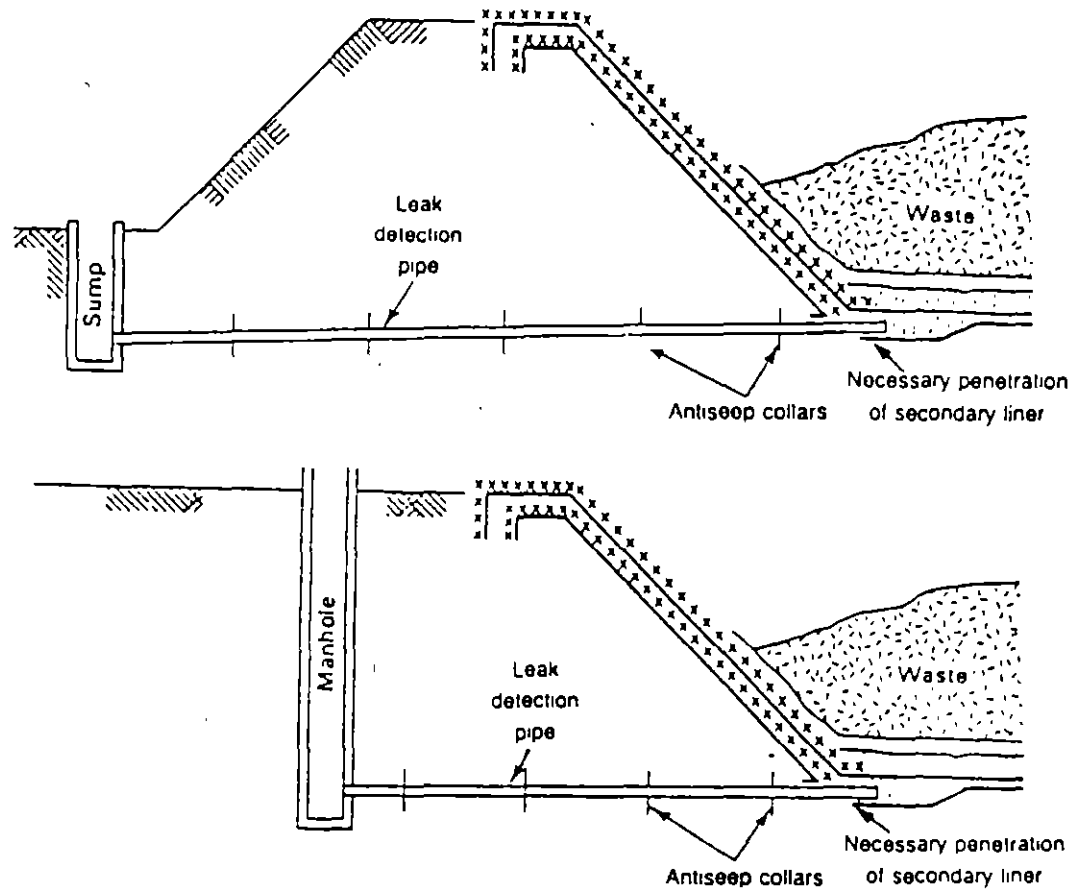


Figure 5.46 Gravitational leachate removal systems for internal cell (upper) and edge of landfill (lower).

- Site location (e.g., hydrology and precipitation)
- Other circumstances (e.g., consolidation water from CCLs)

5.6.5 Material Selection

The serious consequences of leaks caused by leachate reactions with the geomembrane or its premature degradation make solid waste landfill liner selection more critical than for any other application. Making the selection process more difficult is the extreme variation of solid waste leachates (recall Tables 5.14 and 5.15). Thus the candidate liner testing (generally via EPA Test Method 9090 or ASTM D5322 and its associated tests) with the actual or synthesized leachate is often necessary to select the proper liner material. This incubation process is then followed by a series of physical and mechanical tests over varying time periods to determine if the original geomembrane properties have changed during the incubation period. If several geomembrane materials are being considered, the one with no change or the least change is the obvious choice. Recall the details of this procedure from Section 5.1.4.4.

The importance of the selection of the incubating leachate cannot be over-emphasized. If a worst-case leachate is selected (for example, one containing

organic solvents and similarly aggressive chemicals as noted in Table 5.15), the resulting geomembrane will probably be some form of polyethylene. The more concentrated and aggressive the leachate, the higher the required density of the polyethylene. This worst-case leachate selection has indeed been the trend in the recent past and has resulted in the common use of HDPE for solid waste landfill liners.

While the chemical resistance of HDPE is a desirable and necessary feature of the polymer, it comes with some less than desirable characteristics:

- HDPE, due to its high crystallinity, can be sensitive to stress-cracking. It is hoped that the NCTL test described in Section 5.1.3.11 along with its 100-hour transition time required will prove effective in this regard (see references 16 and 17).
- HDPE, with a high coefficient of thermal expansion (recall Table 5.10) coupled with being very stiff, has poor conformance to subgrade materials.
- HDPE has a low friction coefficient, leading to stability concerns. These concerns are eliminated, however, when dealing with textured HDPE. Although the process by which texturing is accomplished differs between manufacturers, all result in major improvement in interface friction.
- HDPE has poor axi-symmetric tensile elongation (recall Section 5.1.3.3). This is only a concern for those sites with poor subgrade stability like landfill covers above waste. In general, it should not be a problem beneath the base of a properly sited and designed landfill. If questionable subgrades are anticipated, out-of-plane deformation can be offset by using coextruded HDPE/VLDPE/HDPE geomembrane. As seen in Figure 5.5, the core of VLDPE is excellent in this particular stress mode.

Thus, with proper selection of resin, an awareness of proper design methods, and careful installation CQC and CQA, HDPE can be used to advantage in landfill liners which contain aggressive leachates. This is not to say that other existing geomembranes cannot be used, or that other new formulations will not appear in the future. It is only meant to explain to the reader the current widespread use of HDPE as landfill liners.

5.6.6 Thickness

According to U.S. EPA regulations, the required minimum thickness of a geomembrane liner for hazardous materials containment is 30 mils (0.75 mm) with timely cover, and 60 mils (1.5 mm) if it is made from HDPE. Federal German regulations require a minimum thickness of HDPE to be 80 mils (2.0 mm) and, furthermore, HDPE is the only polymer that can be used. Whatever the regulatory situation, the technical design should proceed along the same lines as that of any liner, as described in Section 5.3.4. As with thickness design dealing with reservoir liners, solid waste geomembrane thickness can be calculated and then compared to the minimum values if regulations apply, or to the minimum survivability values of Table 5.11 if there are no regulations. When the secondary liner is also a geomembrane, it should also be the same thickness as the primary liner.

The design utilizes the same formulation : was developed in Section 5.3.4; that is,

$$t_{\text{reqd}} = \frac{p}{\cos \beta} \frac{x}{\sigma_{\text{allow}}} (\tan \delta_U + \tan \delta_L) \quad (5.18)$$

where the terms were previously defined. The following example illustrates the procedure for an HDPE geomembrane where the σ_{allow} value is replaced by σ_{yield} as per the test results of Section 5.1.3.2 or 5.1.3.3. Any one of a number of design situations can be envisioned and solved using this approach.

Example:

Obtain the required thickness of an HDPE geomembrane beneath a 150-ft.-high landfill containing solid waste of unit weight of 80 lb./ft.³. Localized subsoil settlement is estimated to result in a liner deformation angle of 20 deg. Drainage sand is above the geomembrane and a geonet is below it.

Solution: The necessary information for solving the design equation is as follows:

- (a) For out-of-plane tension testing, the yield stress of HDPE from Table 5.5 is conservatively estimated as 2500 lb./in.².
- (b) The mobilization distance for HDPE at $150 \times 80/144 = 83 \text{ lb./in.}^2$ from Figure 5.10 is approximately 3.0 in.
- (c) The friction angle from Table 5.7a for HDPE against Ottawa sand (δ_U) is 18 deg.
- (d) The friction angle for HDPE against a geonet (separate test results) (δ_L) is 10 deg.

These values result in the required thickness as follows:

$$\begin{aligned} t_{\text{reqd}} &= \frac{p}{\cos \beta} \frac{x}{\sigma_v} (\tan \delta_U + \tan \delta_L) \\ &= \frac{(150)(80)}{\cos 20} \frac{(3.0)}{(2500)(144)} (\tan 18 + \tan 10) \\ t_{\text{reqd}} &= 0.054 \text{ in. (or 54 mils)} \end{aligned}$$

This value must now be checked against regulatory values (e.g., ≥ 60 mils for HDPE) and installation survivability values (e.g., ≥ 35 mils from Table 5.11) requirements to see that they are not greater than the calculated value. Since the regulatory value of 60 mils is the greatest, it would be specified.

5.6.7 Side-Slope Soil Stability

The design of the stability of the soil mass beneath a solid waste landfill is

slopes and berms (recall Section 5.3.5.1). The process can include the strength of the covering liner materials, but if they are not included in the analysis the error is on the conservative side. Interior berms, with or without geosynthetic inclusions, are also handled in the same manner as previously described.

5.6.8 Side-Slope Liner Stability

The situation of liner stability, or slippage, along the plane of the side slope becomes complicated for multilayered liner and leachate collection systems of the type shown in Figure 5.41. Consider such a system as shown in Figure 5.41e. The unit load of waste gravitationally induces shear stress through the leachate collection system onto the primary leachate collection system and then onto the primary geomembrane. Depending on the frictional characteristics of the surfaces involved, a portion of this stress is transmitted by means of friction to the geonet leak detection system beneath it. The difference between these frictional components must be carried by the primary geomembrane in the form of tensile stress and then compared to the geomembrane's yield or allowable stress for the resulting factor of safety. The portion of frictional stress transmitted to the geonet is now propagated through it to the secondary geomembrane below. Here, too, the difference must be carried by the geonet and then successively to the secondary geomembrane. The remaining frictional stress is eventually transmitted to the clay soil beneath the lower geomembrane. Figure 5.47 illustrates these details, with the values defined as follows:

- W = the weight of a lift thickness of waste plus the drainage soil,
- β = the slope angle,
- $N = W \cos \beta$,
- $F_1 = N \tan \delta_1$,
- δ_1 = the friction angle of the drainage soil to the upper surface of the geomembrane,
- $F_2 = N \tan \delta_2$,
- δ_2 = the friction angle of the lower surface of the geomembrane to the upper surface of the geonet,
- $F_1 - F_2$ = the tensile stress the primary geomembrane must carry (but only if $F_1 > F_2$),
- F_3 = the equal and opposite force to F_2 ,
- $F_4 = N \tan \delta_4$,
- δ_4 = the friction angle of the lower surface of the geonet to the upper surface of the secondary geomembrane (note if primary and secondary geomembranes are the same materials and surface texture, $\delta_1 = \delta_2$ and then $F_1 = F_2$),
- $F_5 - F_4$ = the tensile stress the geonet must carry (but only if $F_5 > F_4$),
- F_6 = the equal and opposite force to F_5 ,
- $F_7 = N \tan \delta_7$,

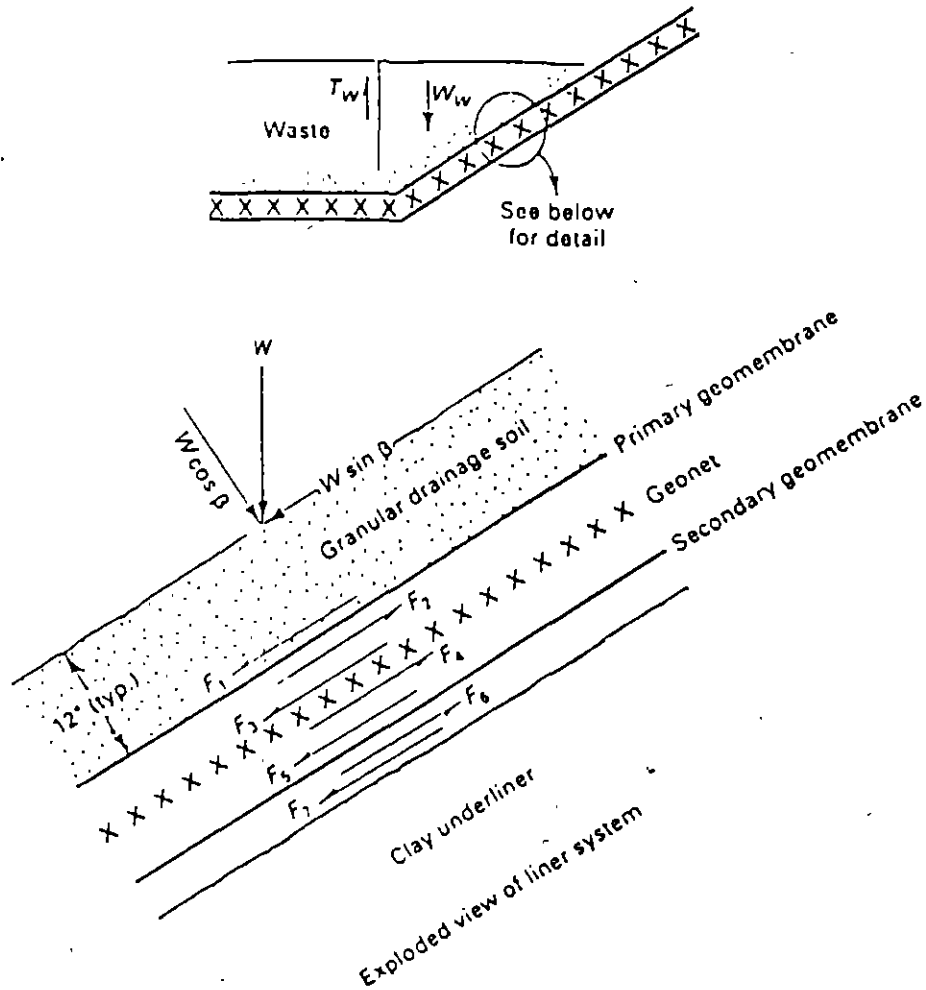


Figure 5.47 Resolution of shear stresses on double liners in geosynthetic-lined landfill systems.

- δ_n = the friction angle of the lower surface of the secondary geomembrane to the clay underliner,
- $F_3 - F_6$ = the tensile stress the secondary geomembrane must carry (but only if $F_3 > F_6$),
- F_7 = the equal and opposite force to F_6 (which must be carried by the clay).

The process can be carried out in a similar manner for any number of interfaces, including cross sections involving geotextiles and geosynthetic clay liners. Note that if a failure of the system is going to occur, it will seek out the surface with the lowest friction. The following example illustrates the calculations involved and the tensile stresses to be carried by the individual components. It is based on an infinite slope concept in that no anchor trenches or slope berms are encountered.

Example:

A double-lined landfill system, as shown in Figure 5.47, has individual components

- Unit weight of waste = 80 lb./ft.³
- Individual lift height of waste = 10 ft.
- Total landfill height = 100 ft.
- Slope angle = 1(*V*) on 3(*H*) (i.e., $\beta = 18.4$ deg.)
- Primary and secondary geomembrane = 60-mil smooth HDPE
- Friction angle HDPE-to-drainage soil = 18 deg.
- Friction angle HDPE-to-geonet = 12 deg.
- Friction angle HDPE-to-clay = 15 deg.
- Geonet thickness = 0.25 in.
- Geonet compressive strength = 15,000 lb./ft.²
- Geonet shear strength = 1500 lb./in.²
- HDPE yield stress = 2200 lb./in.² (wide-width test value)
- Friction angle of waste = 40 deg.

Determine the tensile stresses and shear stresses carried by the two geomembranes and the geonet. Calculate the resulting factors of safety. Note that the granular drainage soil must reorient and adjust itself to the $W \sin \beta$ force as it propagates through its 12-in. thickness. This same concept must hold for the F_r force through the cohesive clay layer. Thus movements of both of the natural soil components of a liner system as waste is being placed to be expected.

Solution: Working from the waste material downward through the liner system, we must perform the following calculations, (a) through (f):

- (a) Calculate the various weight components of a single waste lift thickness, the assumption being that each lift is sufficiently far apart in time that readjustment of the system will occur, and either equilibrium will be restored or problems will make themselves evident.
- Weight of waste

$$\begin{aligned} W_u &= \frac{1}{2} (10)(30)(80) \\ &= 12,000 \text{ lb./ft.} \end{aligned}$$

- Friction force on edge of waste (assume K_u conditions with $K_u = 1 - \sin \phi$ as the appropriate formula)

$$\begin{aligned} F_u &= \sigma_u \tan \phi (D) \\ &= K_u \sigma_u \tan \phi (D) \\ &= (1 - \sin 40) (0.5)(10)(80)(\tan 40)(10) \\ &= (0.357)(0.5)(10)(80)(0.839)(10) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \therefore W_{\text{net}} &= W = W_w - T_w \\
 &= 12,000 - 1200 \\
 &= 10,800 \text{ lb./ft.} \\
 W \cos \beta &= 10,800 \cos 18.4 \\
 &= 10,250 \text{ lb./ft.} \\
 W \sin \beta &= 3410 \text{ lb./ft. (which is partly dissipated through the} \\
 &\quad \text{12 in. of drainage stone)}
 \end{aligned}$$

(b) Calculate the shear forces above and below the primary geomembrane.

$$\begin{aligned}
 F_1 &= N \tan \delta_1 \\
 &= (W \cos \beta) \tan \delta_1 \\
 &= 10,250 \tan 18 \\
 &= 3330 \text{ lb./ft. (note that this is slightly less than} \\
 &\quad W \sin \beta, \text{ which would control it if } \delta_1 \text{ were} \\
 &\quad \text{lower in value)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_2 &= N \tan \delta_2 \\
 &= (W \cos \beta) \tan \delta_2 \\
 &= 10,250 \tan 12 \\
 &= 2180 \text{ lb./ft.}
 \end{aligned}$$

(c) Calculate the tension force to be carried by the primary geomembrane and its factor of safety.

Since $F_1 > F_2$, the geomembrane will be in tension:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{act}} &= (F_1 - F_2)/t \\
 &= \frac{(3330 - 2180)}{12} \frac{1}{0.060} \\
 &= 1600 \text{ lb./in.}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 FS &= \delta/\delta_{\text{act}} \\
 &= 2200/1600 \\
 &= 1.37 \text{ acceptable, but certainly not excessive}
 \end{aligned}$$

(d) Calculate the normal and shear stress on the geonet and their respective factors of safety. Note that the maximum normal stress occurs at full landfill height

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{net}} &= \gamma H_{\text{max}} \\
 &= (80)(100)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 FS &= \sigma_{allow} / \sigma_{act} \\
 &= 15,000 / 8000 \\
 &= 1.9, \text{ acceptable}
 \end{aligned}$$

and that the incremented shear stress occurs during each lift in the form of an $F_3 = F_4$ couple:

$$\begin{aligned}
 \tau_{act} &= F/l \\
 &= \frac{2180}{12} \frac{1}{0.25} \\
 &= 727 \text{ lb./ft.}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 FS &= \tau_{allow} / \tau_{act} \\
 &= 1500 / 727 \\
 &= 2.1, \text{ acceptable (If } F_3 > F_4, \text{ the geonet will have to carry} \\
 &\quad \text{tensile stress equal to } F_3 - F_4 \text{ in a similar manner} \\
 &\quad \text{as the geomembrane.)}
 \end{aligned}$$

(e) Calculate the shear forces above and below the secondary geomembrane:

$$F_4 = F_5 = 2180 \text{ lb./ft.}$$

$$\begin{aligned}
 F_6 &= N \tan \delta_6 \\
 &= (W \cos \beta) \tan \delta_6 \\
 &= 10,250 \tan 15 \\
 &= 2750 \text{ lb./ft.}
 \end{aligned}$$

(f) Calculate the tension force to be carried by the secondary liner and its factor of safety.

Since $F_6 > F_5$, there is no tension force in the secondary liner (i.e. the factor of safety is infinite and only a value equal to F_5 will be mobilized at the surface of the clay, that is, $F_7 = F_5 = 2180 \text{ lb./ft.}$) Note, however, that if consolidation of the clay occurs and water is expelled out to the upper surface where it comes in contact with the geomembrane, the 15-deg. friction angle can decrease significantly. The implications are obvious.

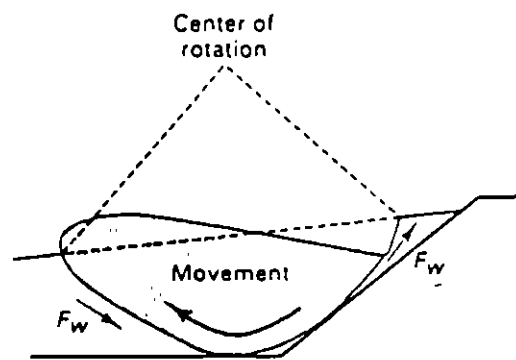
There are an incredible number of variations of this example. Examples using composite upper and lower liners become quite complicated but can be approached in a similar manner. Needed throughout this computational process are site-specific and product-specific interface shear values performed according to ASTM D5321, or similar, with complete geotechnical engineering modeling. As noted by Boschuk [13], there are too many failures of liner systems even

differential deformation of the various components. More accurate modeling is warranted for marginal or critical situations; see Wilson-Fahmy [63].

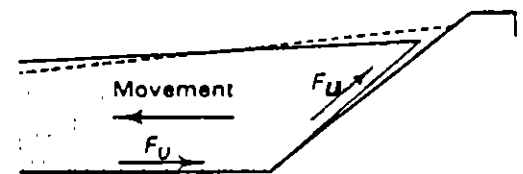
5.6.9 Side-Slope Waste Stability

Solid waste placed within a lined facility will have a gravitational weight component that tends to cause an internal stability problem. Figure 5.48 illustrates how problems might occur. Figure 5.48a represents a rotational stability failure within the waste itself. As unlikely as it may seem, this situation has occurred and unfortunately on a massive scale. In 1989, an aboveground landfill founded on a stratified clay subgrade failed very abruptly and displaced 5.3 million cu. yd. of municipal solid waste. Not only one, but as many as six successive failures through the solid waste occurred (see Figure 5.49) as reported by Reynolds [64], the situation was caused by a number of interrelated factors, including

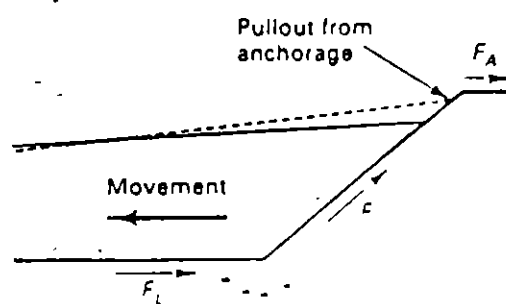
- Overexcavation of the upper, and stronger, portion of the clay foundation soil
- High unit weight of the waste itself plus heavy rains which produced still higher values
- Likely occurrence of seepage forces oriented toward the working face
- Steep working face so as to conserve area which was rapidly diminishing



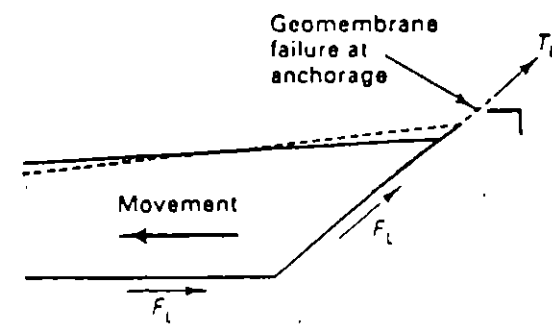
(a) Internal waste failure



(b) Wedge failure above liner



(c) Wedge failure with liner pullout



(d) Wedge failure with liner pullout



Figure 5.49 Failure of municipal solid waste landfill within the waste mass itself.

The analysis of such a failure is classic geotechnical engineering and has nothing to do with geosynthetics (see Section 5.3.5.1). Perhaps the most provocative issue here has to do with the estimate of the shear strength parameters of solid waste. Reynolds [64] and Singh and Murphy [65] have provided some interesting data in this regard. Both large-scale laboratory tests and field tests are included in the studies. While not known with certainty, it is possible that with geosynthetics on side slopes such failures might extend to the following limits.

Figures 5.48b, c, and d represent more plausible failure mechanisms where a low-friction surface exists in a multilayer liner system of the type that was illustrated in Figures 5.41b through h. Interfaces such as waste to geomembrane, sand to geomembrane, geomembrane to geonet, geomembrane to GCL, geomembrane to CCL, or mid-plane within GCLs are very suspect in this regard. If the critical failure surface(s) is (are) beneath the geomembrane as shown in Figures 5.48c and d, the liner must either pull out of its anchorage or fail. The analysis must reflect this by adding a force F_A or T_i as indicated. An example of the type shown in Figure 5.48d follows, where the T_i force is taken as the yield stress of the geomembrane times its thickness. (A similar problem based on the Kettleman Hills failure is given by Byrne et al. [66]).

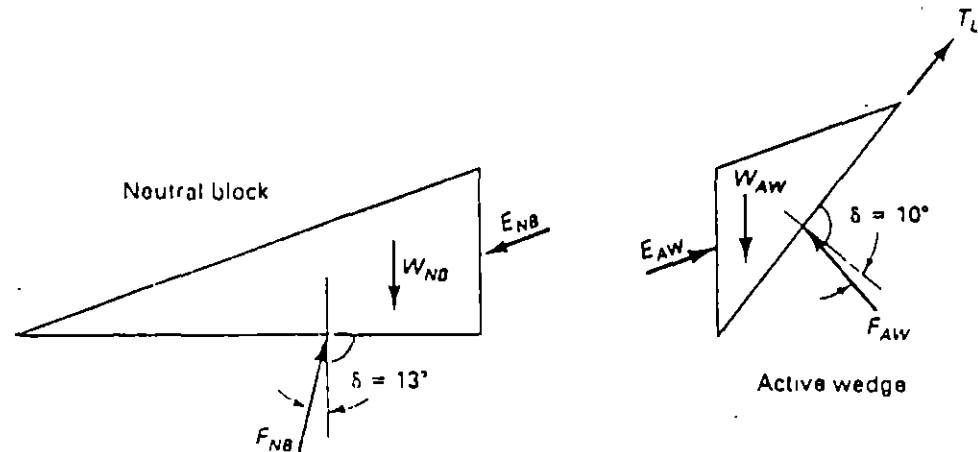
Example:

Calculate the factor of safety for the following canyon-type landfill against possible mass movement of the type shown in Figure 5.48d. Use a wedge analysis and the following information:

- Liner = 80-mil HDPE with $\bar{\sigma} = 2500 \text{ lb/ft}^2$
- Side-slope friction angle = 10 deg

- Waste unit weight = 90 lb./ft.³
- The side slope is at 21.8 deg. (1 on 2.5) and is 80 ft. high.
- The bottom slope is 2% (2 on 100).
- The top of waste slope is 12% (12 on 100).

Solution: Using the total zone as two adjacent wedges (one an active wedge and the other a neutral block), the following forces are involved:



where the weights are obtained from a scale drawing as follows:

$$\begin{aligned} W_{NB} &= A_{NB} \times 90 \\ &= (0.5)(536)(54)(90)/1000 \\ &= 1300 \text{ k/ft. (where 1 k = 1000 lb.),} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{AW} &= A_{AW} \times 90 \\ &= (0.5)(214)(50)(90)/1000 \\ &= 480 \text{ k/ft.,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_L &= 2800 \times 0.080 \times 12/1000 \\ &= 2.7 \text{ k/ft. (Note that the resisting tension} \\ &\text{force provided by the geomembrane is essentially} \\ &\text{negligible.)} \end{aligned}$$

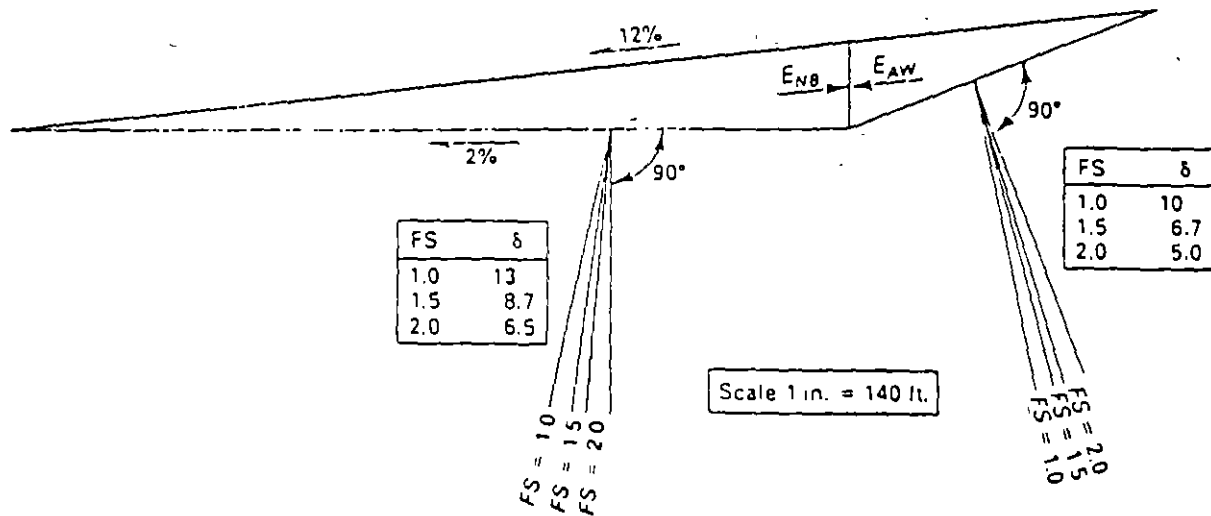
F_{NB} , F_{AW} = friction forces, known in direction
but not in magnitude, and

E_{NB} , E_{AW} = wedge interaction forces,
known in direction (i.e., parallel to slope)
but not in magnitude.

Force polygons are drawn for the neutral block, giving a temporary value for E_{AW} , which is used for the active wedge to see if closure of the polygon results. If it does then the $FS = 1.0$. If not, an estimated FS is put on the δ values until closure results. When it does, that particular value of FS on the δ values is the factor of safety for the problem.

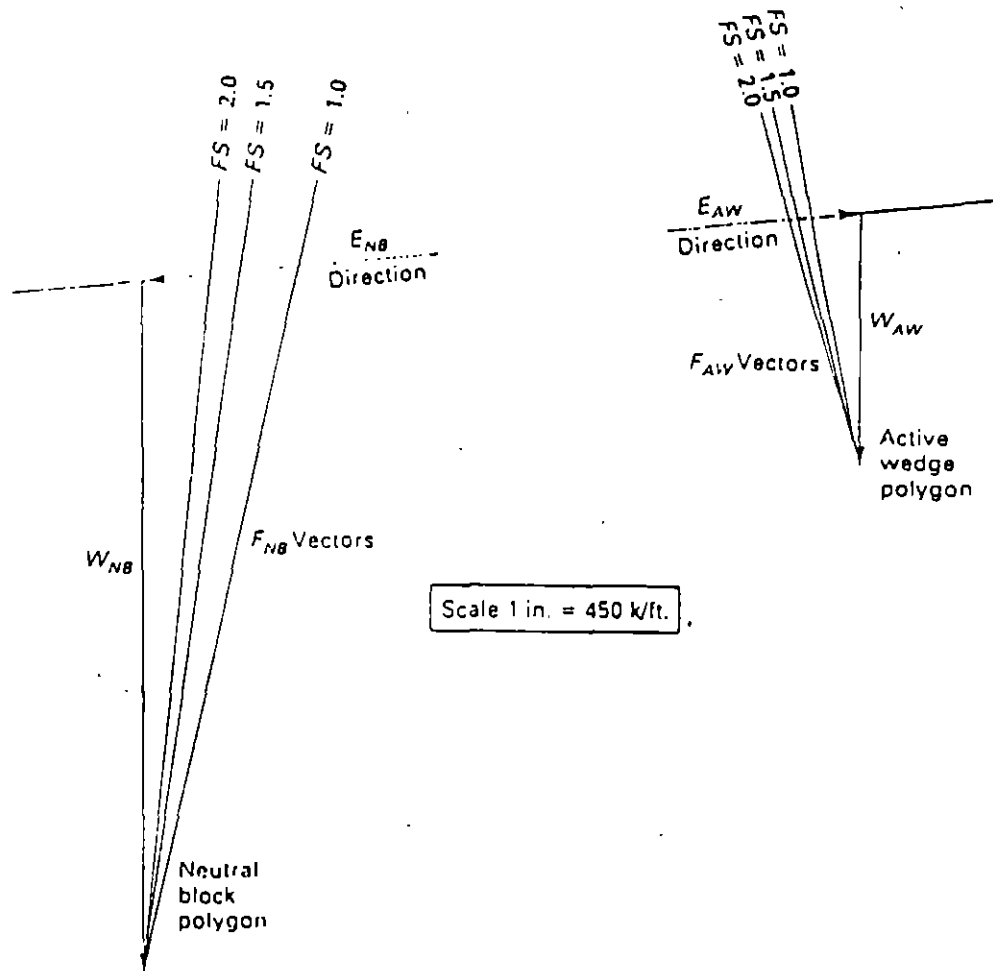
The force polygons for both the neutral block and the active wedge of the example problem follow, and a series of cascading factor of safety trials on the

values are seen. The first, an assumed $FS = 1.0$, resulted in an $E_{NB} = 300$ k/ft., which when transposed to the active wedge overpredicted closure by 210 k/ft. The second attempt at an assumed $FS = 1.5$ resulted in an $E = 180$ k/ft., which, on the active wedge, is an overprediction of closure of 60 k/ft. Thus we are proceeding in the correct direction with the second FS value. A third attempt is shown for $FS = 2.0$, which results in an $E = 130$ k/ft., which on the active wedge is exact closure. Thus the actual factor of safety of the problem is 2.0, which is acceptable.



In closing this section on the waste-to-geosynthetic liner system, the concept of piggybacking a new landfill on an existing one should be mentioned. Many existing landfills are filled, and even closed, by means of a permanent cap system (geomembrane and/or clay), and there is nowhere else to go but up. Thus a new landfilling operation above the existing one sometimes becomes necessary. Some precautions regarding this type of waste facility are as follows:

- Total settlement of the existing landfill must be anticipated and estimated. Thus leachate collection slopes must reflect this requirement and will probably be quite high, as much as 10 to 15%.
- Estimation of differential settlements within the existing landfill may require a high-strength geogrid or geotextile network to be placed over all or a portion of the site. (Recall Section 3.2.5 and the example problem.)
- Waste placement in the new landfill must be carefully sequenced to balance stress on the existing landfill.
- If being generated, methane gas generation from the existing landfill must be carried laterally under the new landfill liner to side-slope venting and/or collection locations. Active gas collection systems may be required.
- Leachate collection from the existing landfill should be considered. If required withdrawal wells at the perimeter of the facility may be a consideration.



5.6.10 Runout and Anchor Trenches

The terminus of geomembranes (and geonets if they are also involved) is usually a short horizontal runout at the top of the slope and then a short drop into an anchor trench. The anchor trench is backfilled with soil and suitably compacted. Concrete anchor trenches with full fixity to the liner should generally not be used, since anchor pullout is probably more desirable than liner failure, although both should obviously be avoided.

The design method was explained and illustrated in Section 5.3.6 and will not be repeated. Both analyses (runout alone and runout plus anchor trench) are applicable, with the latter being the most common.

For termination of double-liner systems, the designer is faced with a number of possible choices (see Figure 5.50). Major considerations are to protect the integrity of both geomembranes and to keep surface water out of the leak detection system (shown as a geonet in Figure 5.50).

The terminus of the liner of a completed internal cell in a zoned landfill with eventual continuation into an adjacent cell is usually done by overlapping and sealing along the horizontal runout length. When waste fills the second cell, it then continues from cell to cell over the sealed area, resulting in an encapsulated berm. Shear stress on the geomembrane in both cells over this berm have been

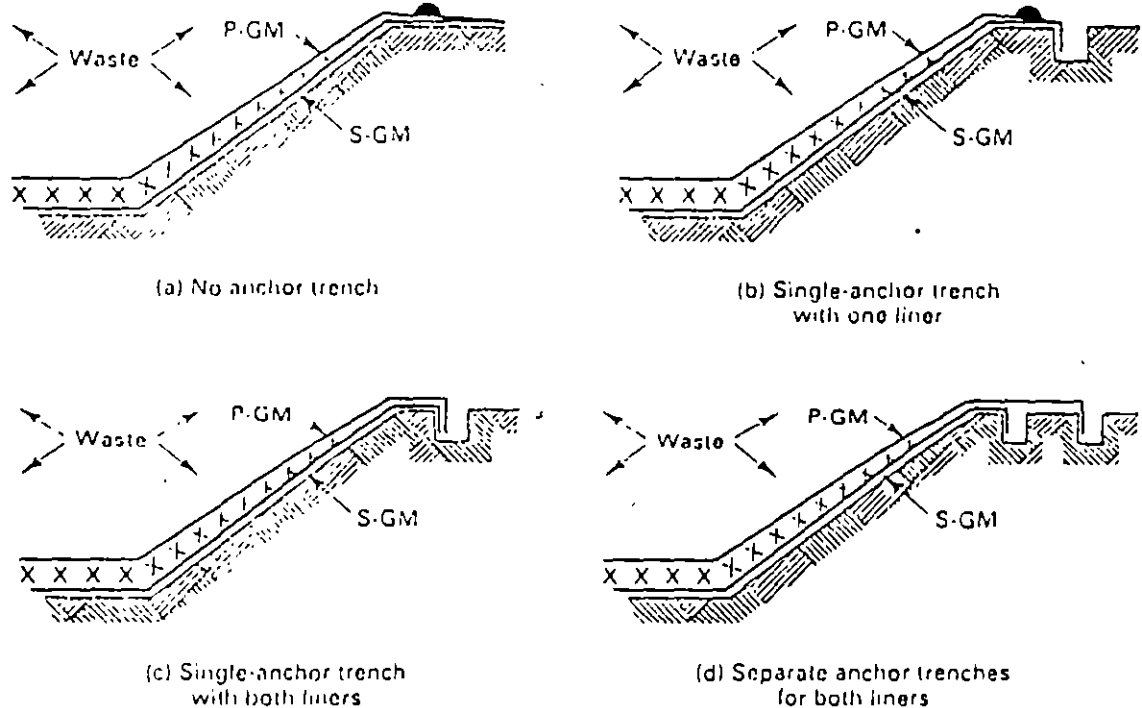


Figure 5.50 Various methods of terminating double-liner systems, where P-GM = primary geomembrane and S-GM = secondary geomembrane.

evaluated by large-scale laboratory models and found to be generally small and geomembrane dependent (see Koerner and Wayne [67]). In such cases where higher stresses are felt to be generated, an auxiliary (or sacrificial) geomembrane "rub-sheet" over the crest of the berm should effectively dissipate the stresses before they propagate to the underlying primary geomembrane.

5.6.11 Other Solid Material Liner Systems

There is a number of solid material liner systems that have not been mentioned yet. A small but growing segment of these systems is *solar ponds*. The geomembrane is placed in an excavation and then filled with salt. Solar energy is collected and stored as heat. A salt gradient effect is created whereby zones are set up, constantly replenishing new heat as it is gradually withdrawn from the lower storage zone for useful heat. The main consideration insofar as the geomembrane is concerned is that temperatures up to 200°F (93°C) must be withstood without loss of strength required for containment. The design, as with other situations not mentioned, should be possible using the guidelines set up in this section.

Heap leach pads, where mine-excavated rock containing small amounts of valuable metals (gold, silver, copper, etc.) is leached with cyanide or sulfuric acid, is another area for geomembrane use [68]. The geomembrane, and the drainage system above it, must support very high compressive stresses. Some heap leach piles are over 300 ft. (91 m) high with unit weights of 130 lb/ft³ (21 g/cm³). The most common profile is as shown in Figure 5.41b, with the possible addition of a thick nonwoven needle-punched geotextile protection layer over and/or under the geomembrane. The drainage system above the geomembrane collects the leaching

acid with its dissolved metals, and the metals are extracted out of the retrieved liquid in an adjacent processing operation. Upon reconstitution, the acid is returned to the top of the pile to again filter through the mass. The process is continued until it is no longer profitable. A number of such projects are going on in the western United States and in Canada. Currently there are no environmental restrictions and/or regulations on this technique; thus a recommended double-liner cross section is not mandated.

5.6.12 Summary

This section on the design of solid material containment liners followed closely the concepts developed in Section 5.3 on liquid containment (pond) liners. The notable exceptions are that

- a. Solid materials develop sidewall shear stresses that interact with the liner system.
- b. The interaction of shear stresses can result in tensile stresses in various geosynthetic components that can be very high.
- c. Leachate collection systems above the primary geomembrane are always necessary.
- d. Leak detection systems, hence double liners, are often necessary or required by regulations.
- e. The cross sections can become very complex, requiring numerous design details to be considered.
- f. These extra design considerations require the determination of many physical and mechanical properties of the various geosynthetic and natural soil components and of the solid waste itself.
- g. The criticality of proper laboratory testing of physical and mechanical properties for a rational design approach becomes obvious.

Tables 5.17 and 5.18 summarize the specific design problems for geomembranes and drainage geosynthetic, respectively [69]. They also indicate the large number of required properties of the geosynthetics and of the contained solid material. Keep in mind, however, that all of these values are obtainable, and a design-by-function approach is indeed possible in solid waste containment facilities.

With all of the geosynthetic components discussed in this section, and an entirely new set to be discussed in the next section, it should come as no surprise that the solid waste (landfill) area is pushing geosynthetics to new heights. Design models, testing methods, installation practice, inspection techniques, and geosynthetic product sales are all evident when considering the cross section shown in Figure 5.51, which indicates the awesome use of geosynthetics in the solid waste containment application area. Yet every component can be, and must be, justified by an environmentally sound technical equivalency argument and a life-cycle benefit/cost basis. Regarding the liner system beneath the waste, each component should make sense. Now let's fill the site with solid waste and consider the capping system placed above the waste.

Table 5.17 Various design models for geomembranes in waste disposal situations (after Richardson and Koerner [69])

Problem	Liner Stress	Free Body Diagram	Required Properties		Typical Factor of Safety
			Geomembrane	Landfill	
1. Liner self-weight	Tensile		$G, t, \sigma_{allow}, \delta_L$	β, H	10 to 100
2. Weight of filling	Tensile		$t, \sigma_{allow}, \delta_L, \delta_t$	β, h, γ, H	0.5 to 10
3. Impact during construction	Impact		I	d, W	0.1 to 5
4. Weight of landfill	Compression		σ_{allow}	γ, H	10 to 50
5. Puncture	Puncture		σ_p	γ, H, P, A_p	0.5 to 10
6. Anchorage	Tensile		$t, \sigma_{allow}, \delta_L, \delta_t$	β, γ, ϕ	0.7 to 5
7. Settlement of landfill	Shear		τ, δ_t	β, γ, H	10 to 100
8. Subsidence under landfill	Tensile		$t, \sigma_{allow}, \delta_L, \delta_t, \chi$	α, γ, H	0.3 to 10

Notes

• Geomembrane Properties

- G = specific gravity
- t = thickness
- σ_{allow} = allowable strength (yield, break, or allow)
- τ = shear strength
- I = impact resistance
- σ_p = puncture strength
- f_u = friction with material above
- f_b = friction with material below
- χ = mobilization distance

• Landfill Properties

- β = slope angle
- H = landfill height
- γ = unit weight
- h = lift height
- α = subsidence angle
- ϕ = friction angle
- d = drop height
- W = weight
- P = puncture force
- A_p = puncture area

Table 5.18 Various design considerations for drainage geocomposites (usually geonets) in waste disposal situations [69]

Problem	Reason	Approach	Required Properties		Status of Problem
			Geocomposite	Landfill	
1. Strength of core	Avoid crushing of core	$FS = \sigma_{ult}/\sigma_{max}$	σ_{ult}	γ, H	Designable
2. Flow in core	First approximation	$FS = q_{allow}/q_{reqd}$	q_{allow}	γ, H, i, q_{reqd}	Designable
3. Creep of core	First reduction	$FS = q'_{allow}/q_{reqd}$	q'_{allow}	γ, H, q_{reqd}	Designable
4a. Elastic intrusion of geomembrane	Second reduction	Elastic plate theory	E, μ, x, y	γ, H, q_{reqd}	Designable
4b. Elastic intrusion of geotextile	Second reduction	Elastic plate theory	E, μ, x, y	γ, H, q_{reqd}	Designable
5a. Creep intrusion of geomembrane	Third reduction	Creep theory	$\epsilon(\sigma, t), x, y$	γ, H, t	Unknown
5b. Creep intrusion of geotextile	Third reduction	Creep theory	$\epsilon(\sigma, t), x, y$	γ, H, t	Unknown

Notes

• Geocomposite properties

- σ_{ult} = ultimate compression strength
- q_{allow} = allowable flow rate
- q'_{allow} = reduced allowable flow rate
- t = time
- E = modulus of elasticity
- μ = Poisson's ratio
- x, y = core dimensions
- $\epsilon(\sigma, t)$ = strain rate

• Landfill Properties

- γ = unit weight
- H = landfill height
- i = hydraulic gradient
- q_{reqd} = required (design) flow rate
- t = time
- σ_{max} = maximum stress
- σ = applied stress

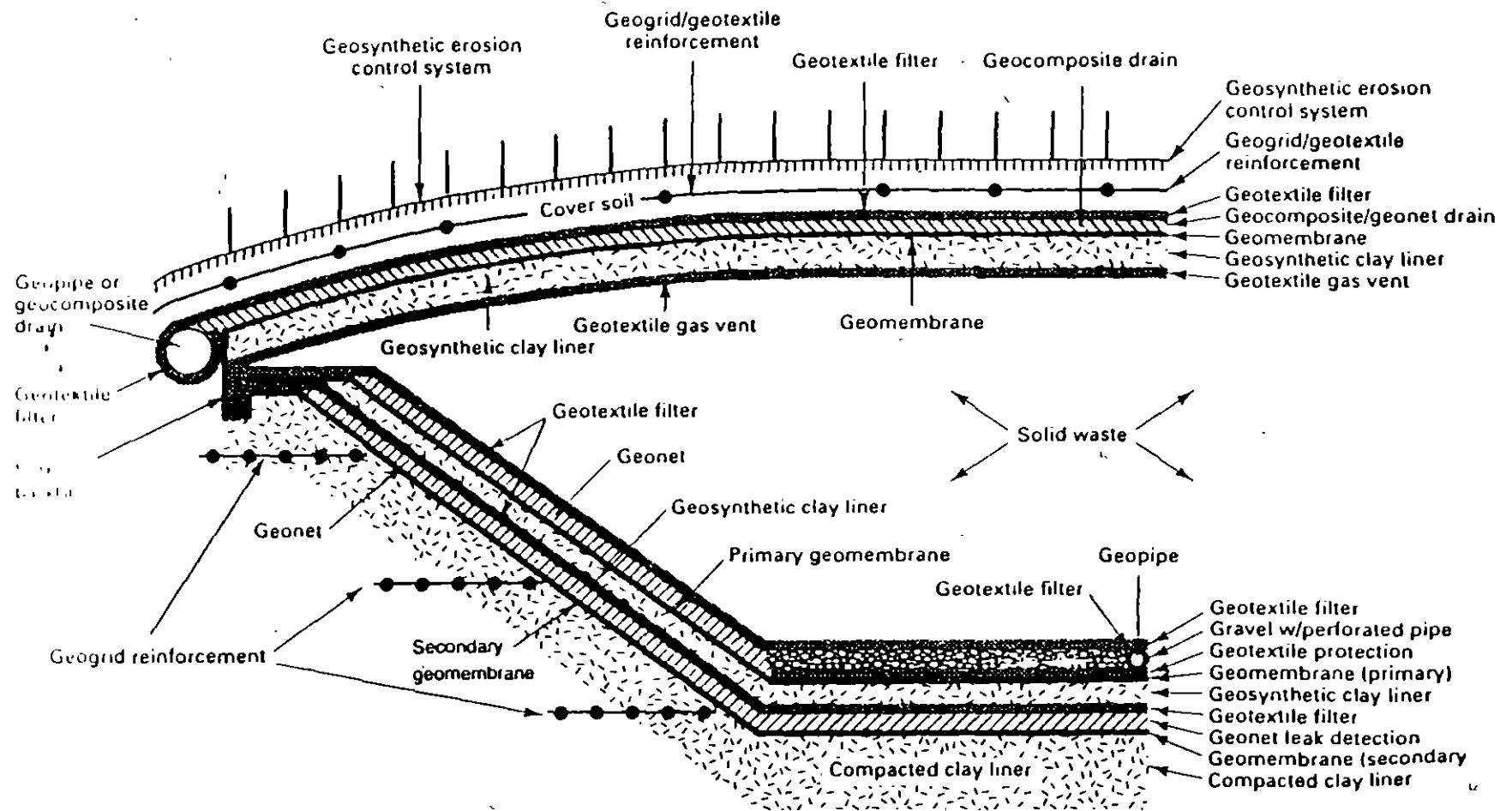


Figure 5.51 Solid waste containment system with high geosynthetic utilization.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**TEMA: CRITERIOS DE EVALUACION DE SUELOS Y AGUAS
SUBTERRANEAS**

EXPOSITOR: DRA. CLAIRE VAN RUYMBEKE D.

1996

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE SUELOS Y AGUAS SUBTERRÁNEAS

Por Dra. Claire van Ruymbeke D.

1.0 ASPECTOS LEGALES

1.1 Introducción

Se revisó la legislación vigente en México, leyes, reglamentos y normas oficiales mexicanas relacionados con el tema. Se verificó la existencia de acuerdos publicados relacionados con la descontaminación de suelos y mantos freáticos.

Paralelamente se realizó una revisión de las normas y criterios de calidad del suelo del agua subterránea así como descontaminación de sitios contaminados en otros países. Este documento presenta una información relativa a los criterios de evaluación y descontaminación desarrollados por instituciones ambientales de diferentes países como los Estados Unidos, Canadá, Holanda, Inglaterra, Alemania, Australia y Nueva Zelanda.

1.2 Definición del entorno

Es importante evaluar el entorno y tipo de actividades desarrolladas históricamente en el sitio para definir los contaminantes susceptibles de existir en el suelo y aguas subterráneas. Según el tipo probable de contaminación presente se definen los parámetros a evaluar. Como ejemplo, en el caso de un sitio que presenta una posible contaminación de los suelos y aguas subterráneas por derrames de productos petroleros, los parámetros a analizar son los siguientes:

Productos derivados del petróleo	Parámetros a analizar
Gasolina (con o sin plomo)	▷ BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno, xileno)
Otros productos (diesel, aceites combustibles, ..)	▷ Grasas y aceites minerales ▷ BTEX ▷ Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)
Aceites gastados	▷ Grasas y aceites minerales ▷ HAP ▷ Plomo, cromo, zinc, cadmio, níquel y cobre ▷ Otros contaminantes (según se sospecha su presencia)

Para los propósitos de este curso, se realizó una investigación bibliográfica sobre los criterios ambientales para sitios contaminados, tomando como base los parámetros trazadores de la contaminación por productos petroleros, incluyendo :

Grupo	Principales parámetros
Parámetros inorgánicos	Arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, mercurio, molibdeno, níquel, selenio y zinc
Grasas y aceites minerales	Valor global
Hidrocarburos petroleros totales (TPH)	Valor global
Hidrocarburos aromáticos monocíclicos (HAM)	Benceno, etilbenceno, tolueno, clorobenceno, dicloro-1,2, benceno, dicloro-1,3, benceno, dicloro-1,4, benceno, estireno, xileno
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	Benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(j)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, pireno, acenafteno, acenaftileno, antraceno, fluoranteno, fluoreno, naftaleno, fenantreno

El resultado de esta investigación bibliográfica se presenta a continuación.

1.3 Situación en México

El marco legal está constituido por disposiciones constitucionales, leyes federales, civiles, penales y administrativas (generales y sectoriales), Reglamentos Federales y Normas Técnicas. Por la parte del derecho local, también inciden la Constitución Política de cada Estado, sus Códigos Civil y Penal y la Ley específica de Protección ambiental. Se presenta un esquema del marco legal.

En materia ambiental la Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección al Ambiente (LGEEPA), en su título cuarto, dice :

Capítulo II : Prevención y control de la contaminación del agua y los sistemas acuáticos

Artículo 117 : Para la prevención y control de la contaminación del agua se consideran los siguientes criterios :

Fracción II : Corresponde al Estado y a la sociedad prevenir la contaminación de los ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás sitios y corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo.

Capítulo III : Prevención y control de la contaminación al suelo

Artículo 134 : Para la prevención y control de la contaminación del suelo se consideran los siguientes criterios :

Fracción I : Corresponde al estado y a la sociedad prevenir la contaminación del suelo.

La Ley de Aguas Nacionales en su título séptimo, relativo a la prevención y control de la contaminación de las agua indica :

Artículo 85 : Es de interés público la promoción y ejecución de las medidas y acciones necesarias para proteger la calidad del agua, en los términos de la Ley.

Para la aplicación de la Ley, existen Reglamentos y Normas Oficiales Mexicanas. En estos textos no existe una reglamentación relativa a criterios de evaluación de suelos y aguas subterráneas contaminadas, ni tampoco criterios de descontaminación de los mismos.

El Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Residuos Peligrosos se refiere a la contaminación de los suelos en los siguientes términos :

Capitulo III : Manejo de residuos peligrosos

Artículo 42 : Cuando haya derrames, infiltraciones, descarga y vertidos de residuos peligrosos, el generador debe dar aviso inmediato a la Secretaría, ratificado por escrito en los 3 días de haber ocurrido, mencionando:

- ▷ identificación del propietario de los residuos
- ▷ localización del accidente
- ▷ causas del accidente
- ▷ descripción del residuo (físico-química, toxicidad)
- ▷ acciones para la atención al accidente
- ▷ medidas de limpieza y restauración de la zona afectada
- ▷ posibles daños al ecosistema

Asimismo el Reglamento de Aguas de la Ley de Aguas Nacionales se refiere a la contaminación del suelo en los siguientes términos :

Título séptimo : Prevención y control de la contaminación de las aguas

Artículo 150 : "La Comisión" en el ámbito de su competencia, promoverá las medidas preventivas y de control para evitar la contaminación de las aguas superficiales o las del subsuelo por materiales y residuos peligrosos.

En el caso de que el vertido o infiltración de dichos materiales y residuos peligrosos contaminen las aguas nacionales a que se refiere la "Ley". La "Comisión" determinará las medidas correctivas que deban llevar a cabo las personas físicas o morales responsables o las que, con cargo a éstas efectuará la "Comisión".

En ningún Reglamento ni Norma Oficial Mexicana se mencionan criterios para la evaluación de los suelos contaminados. Los únicos parámetros que existen publicados se refieren a la definición de residuos peligrosos y en esta caso no son aplicable dado que los suelos contaminados no pueden considerarse como residuos. La LGEEPA en su título primero, capítulo I, artículo 3, fracción XXVI define los residuos de la siguiente manera :

Residuo : Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

En lo que se refiere a la contaminación de las aguas, la SEDESOL publicó en el diario oficial del 2 de diciembre de 1989 el acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos de calidad del agua CE-CCA-001/89.

Este acuerdo establece los criterios para calificar los cuerpos de agua como aptos para ser utilizados como :

- ▷ fuentes de agua potable
- ▷ en actividades recreativas con contacto primario
- ▷ para riego agrícola
- ▷ para uso pecuarios
- ▷ para la protección de la vida acuática en agua dulce y agua marina

Tomando en cuenta los parámetros relacionados con el tipo de actividad desarrollada en el taller se seleccionó en los criterios publicados los siguientes :

Sustancia o parámetro en mg/l	Fuente de abastecimiento de agua potable	Riego agrícola	Pecuario	Protección de la vida acuática Agua dulce
Arsénico	0.05	0.1	0.2	0.2
Plomo	0.05	5.0	0.1	(I)
Cromo 6+	0.05	1.0	0.01	
Zinc	5.0	2.0	50.0	(II)
Cadmio	0.01	0.01	0.02	(III)
Cobre	1.0	0.2	0.5	(IV)
Mercurio	0.001		0.003	0.00001 (V)
Selenio (como selenato)	0.01	0.02	0.05	0.008
Benceno	0.01			0.05
Tolueno	14.3			0.2
Etilbenceno	1.4			
Grasas y aceites	Ausente			
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	0.00003			
Naftaleno				0.02

El programa de descontaminación de sitios contaminados es reciente en México por tal razón a la fecha no existe una definición de los criterios de descontaminación para estos sitios.

1.4 Selección de criterios de descontaminación para suelos y agua subterránea

Existen dos escuelas principales para la selección de los criterios, dependiendo de:

- ▷ El enfoque **caso por caso**, que consiste en la evaluación de cada sitio mediante el análisis de los riesgos específicos, como la que se utiliza por la EPA y en ciertos estados como California

- ▷ El enfoque **por criterios**, recomienda el uso de criterios pre-establecidos definidos en función de diferentes parámetros, mismos que se presentan en los párrafos siguientes. Este enfoque es utilizado en parte de los Estados Unidos, por ejemplo el New-Jersey, New-York, Texas, etc., en Europa y en Canadá.

El enfoque por criterio está más adaptado para las empresas que deben realizar una gestión de varios centros contaminados. En el caso de adoptar el criterio caso por caso se requiere realizar un estudio de los riesgos asociados con las condiciones específicas de cada sitio.

2.0 ENFOQUE POR CRITERIOS

Entre los países que han adoptado este tipo de enfoque, los Países Bajos fueron de los primeros en definir un modelo, del cual se inspiraron diferentes países europeos, Canadá, Australia y Nueva Zelanda.

La literatura reporta numerosos criterios para la calidad ambiental de los suelos, sin embargo :

- ▷ la lógica o la argumentación que sirvió de base para estos criterios en general no es disponible
- ▷ los enfoques para establecer los criterios varían de un organismo normativo a otro. En los Estados Unidos, por ejemplo, los criterios pueden variar considerablemente de un estado a otro, lo que dificulta la gestión de los suelos y aguas contaminados
- ▷ los criterios en general se establecieron de manera subjetiva y no son basados en un enfoque científico riguroso.

Para ilustrar esta situación se presenta a continuación una descripción de los enfoques adoptados en diferentes países así como los factores que fueron utilizados más comúnmente en el establecimiento de estos criterios.

2.1 Revisión de los diferentes enfoques evaluación existentes

La manera de utilizar los criterios y el significado de estos varía como el número de instituciones que los han establecido. Sin embargo es posible agrupar esos enfoques a ciertos tipos de situaciones. Un modo de generalizar las formas de utilizar los criterios es tomar en cuenta el número de criterios definidos para cada contaminante. Este estudio bibliográfico muestra que las instituciones que definieron criterios establecieron entre 1 y 4 criterios numéricos para cada

contaminante. Según el caso, la interpretación de los criterios es diferentes. Mencionamos los siguientes casos :

Instituciones que ha establecido 1 criterio numérico por contaminante : En este caso, el criterio representa el umbral para activar una investigación del sitio. Si las concentraciones de contaminantes son mayores a esos umbrales, se debe caracterizar completamente la contaminación del suelo y, en función de los resultados obtenidos, se define si es necesario descontaminar el sitio. Cuando las concentraciones son inferiores al criterio, no es necesario efectuar una caracterización o una descontaminación del sitio. Este enfoque fue adoptado en Alberta, New Jersey y Australia y el método no toma en cuenta las condiciones específicas de un sitio.

Instituciones que han establecido 2 criterios numéricos por contaminante : El primer criterio, que corresponde al valor inferior, es equivalente al umbral de investigación descrito en el párrafo anterior; el segundo criterio que corresponde al valor superior, indica, en caso de ser excedido, que se requiere descontaminar el sitio o que se debe de modificar su uso del suelo. Para concentraciones de contaminantes comprendidas entre estos dos criterios, se debe efectuar un estudio del sitio para evaluar si se debe descontaminarlo o no. Ciertos países definen criterios dobles para diferentes usos de suelo del terreno. El Reino Unido estableció este tipo de criterios.

Instituciones que han establecido 3 criterios numéricos por contaminante : son las instituciones o países que usan el formato ABC. Aunque el origen de estos criterios sea común, las diversas instituciones los utilizan de forma diferente. Existen dos enfoques principales :

- A : Valor de referencia, a bajo del cual es suelo es de buena calidad.
- B : Valor que indica una cierta contaminación y efectos potenciales sobre la salud. Arriba de este valor se debe realizar un estudio más completo del suelo.
- C : Valor que cuando es rebasada, indica que se deben implementar acciones de restauración del sitio.

Este enfoque es utilizado en los Países Bajos. El otro enfoque relaciona los valores ABC con el uso del suelo.

Para terreno de uso agrícola, recreativo o residencial :

- A : Valor que corresponde al umbral para requerir un estudio más detallado del sitio

B : Valor arriba de la cual se deben implementar acciones de restauración del sitio

Para terreno de uso comercial y/o industrial :

B : Valor que corresponde al umbral para requerir un estudio más detallado del sitio

C : Valor arriba de la cual se deben implementar acciones de restauración del sitio

Este enfoque está aplicado entre otros por el Ministerio del Ambiente de Quebec (MENVIQ), la Columbia Británica y el Consejo Canadiense de los Ministros del Ambiente (CCMER).

Instituciones que establecieron 4 valores numéricos por contaminante : Cada valor representa un umbral de acción. El valor más bajo corresponde al umbral de anomalía es decir al limite superior para la concentración de sustancias que se encuentran de manera natural en el ambiente. Los otros 3 valores se corresponden al umbral de investigación, umbral de tratamiento y umbral de emergencia . Francia es uno de los países que utilizan este enfoque.

2.2 Factores considerados para el establecimiento de criterios

En los estudios más recientes para la definición de los criterios de calidad ambiental, las instituciones incluyen varios factores y utilizan técnicas como la modelización de la migración, el análisis de las vías de exposición y la evaluación del riesgo. En general existen 8 factores fundamentales utilizados para el establecimiento y la recomendación de criterios:

- ▷ Ruido de fondo o concentración ambientales de las sustancias
- ▷ Movilidad ambiental de las sustancias
- ▷ Relación entre la calidad del agua y el suelo
- ▷ Bienestar de los animales y las plantas terrestres
- ▷ Consideraciones relativas a la salud pública
- ▷ Estética
- ▷ Limites de detección analítica
- ▷ Uso programado del sitio

Ciertas instituciones incluyen otros factores como el ataque a los materiales de construcción por sustancias corrosivas, el fuego y la explosión de contaminantes como el metano, el azufre y el polvo de carbón, la salud de las plantas y animales acuáticos, etc.

Ruido de fondo

Las concentraciones químicas encontradas naturalmente en el ambiente corresponden al ruido de fondo y son uno de los factores más comúnmente utilizados para establecer criterios. En general se consideran los ruidos de fondo como representativo del "ruido ambiental" y por ende como las condiciones aceptables. El ruido de fondo representa la meta final a alcanzar en un proceso de descontaminación.

Para ciertas sustancias, como el mercurio y el cobalto, el ruido de fondo no varía mucho; en otros casos, como para el cobre y el selenio, el ruido de fondo es muy variable y su interpretación es más difícil. En el caso de compuestos relacionados con las actividades humanas, la información sobre los ruidos de fondo es de poca utilidad dado que su valor natural es equivalente a cero. Países como los Estados Unidos, Canadá, Alemania, Australia, Países Bajos y Reino Unido han publicado datos relacionados con el ruido de fondo de ciertos contaminantes. En México no existe a la fecha un estudio publicado de los ruidos de fondo de contaminantes.

Movilidad ambiental

La movilidad ambiental se refiere a la habilidad y/o al modo por el cual una sustancia logra desplazarse en el ambiente. Las sustancias relativamente móviles incluyen las que son solubles en el agua o volátiles. La movilidad depende de las condiciones ambientales del sitio tales como las propiedades del suelo, las características del régimen del agua subterráneas. Las sustancias móviles tendrán tendencia a migrar fuera del sitio y a entrar en contacto con diversos receptores. Se utilizan técnicas de modelización para estimar la migración ambiental de los contaminantes.

En la definición de los criterios de calidad ambiental, ciertas instituciones toman en cuenta parámetros como textura del suelo, contenido en arcilla y materia orgánica.

Relación entre el suelo y la calidad del agua

Existe una relación directa entre las condiciones del suelo y de las aguas subterráneas adyacentes. En muchos casos los criterios para las aguas subterráneas son derivados de los criterios existentes para el agua potable.

Otras instituciones no definen criterios específicos para las aguas subterráneas porque su contaminación se debe en general a la presencia de sustancias contenidas en el suelo y al mejorar la condición del suelo se mejora normalmente las condiciones del agua subterránea.

Salud de las plantas y animales terrestres

Ciertas instituciones han utilizado la información disponible en relación a la salud de las plantas terrestres para establecer los criterios de descontaminación sobre todo para evitar los efectos fitotóxicos u otros efectos nocivos en los animales que pastan. La mayoría de los datos disponibles se refieren a los cultivos agrícolas y contaminantes como boro, cobre, níquel y zinc dado sus efectos fitotoxicológicos conocidos. Casi no existe información de este tipo para los compuestos orgánicos.

Salud pública

Es el parámetro considerado por todas las instituciones que trabajaron en la definición de criterios de calidad ambiental de los suelos y aguas subterráneas. En varias metodologías recientemente publicadas la salud pública es el principal factor para establecer los criterios, basándose en la hipótesis de que si los criterios son suficientes para proteger la salud pública también lo son para proteger el ambiente. Sin embargo éste no es el caso para ciertos contaminantes como el zinc y ciertos ésteres de estanoatos que son capaces de provocar efectos tóxicos antes de representar un riesgo para la salud pública.

La evaluación del riesgo requiere hacer varias hipótesis para las personas que podrían estar expuestas, las vías de exposición, la relación entre dosis y respuesta, y el ambiente en la cual la exposición se produce o podría producirse. En el caso de los carcinógenos se admite en general que cualquier dosis representa un riesgo y en este caso es necesario definir el riesgo "aceptable". En cada uno de esos aspectos existen numerosas dudas que generan muchas polémicas.

Estética

Los contaminantes presentes en el ambiente pueden ser fuentes de olores, ensuciamiento del suelo, formar películas o espumas en las superficies de agua o dar un sabor desagradable al agua. Los criterios basados en el factor estético tienen como meta evitar estos efectos.

Aunque los tipos de contaminantes que pueden generar daños estéticos son bien conocidos, no existe mucha información respecto a las concentraciones en el suelo para las cuales esos efectos se presentan. Por esta razón pocas instituciones toman en cuenta el factor estético en el desarrollo de sus criterios.

Capacidad analítica

Varias instituciones utilizaron los límites de detección analíticas para el desarrollo de sus criterios de descontaminación, principalmente cuando no existe información sobre las sustancias. Para las sustancias relacionadas con las actividades humanas, se supone que cualquier concentración que puede ser medida es

inaceptable en los sitios cuyo uso propuesto es residencial o agrícola. En caso de uso comercial o industrial la concentración máxima aceptada es en general definida como un múltiplo del límite de detección.

Sin embargo el uso del límite de detección analítica y su papel en el desarrollo de los criterios disminuye a medida que otros factores se vuelven más importantes. En efecto aunque una sustancia pueda ser detectada, no se producirá necesariamente efectos nocivos. También cabe mencionar que a lo largo de los últimos decenios los límites de detección fueron mejorados modificando así las metas a alcanzar.

Para diversas sustancias naturalmente presentes en el suelo en concentraciones superiores a los límites de detección, la capacidad analítica no puede ser utilizada como factor.

Uso del suelo

El uso del suelo es un factor utilizado con frecuencia en el desarrollo de los criterios. Por lo general los usos del suelo son clasificados en residencial, agrícola, industrial y otros usos y/o actividades específicas como : no-utilización, recreación, parques, sitios para usos comercial, terrenos públicos, áreas pavimentadas o cubiertas de concreto y jardines domésticos. Globalmente éstos pueden ser agrupados en tres categorías: sitios comerciales/industrial, agrícola y los demás.

Las instituciones que diferencian los usos de suelo manejan criterios inferiores para los usos agrícolas y residencial/recreativo en relación al uso comercial/industrial. Se considera que los usos comercial/industrial ofrecen menos oportunidades de exposición de los usuarios a los contaminantes, no incluyen niños y los usuarios permanecen menos tiempo en esos sitios que en los sitios agrícolas y residencial/recreativo. También los sitios comercial/industrial están en general cubiertos en gran parte por concreto lo que tiende a reducir o inhibir la movilidad ambiental.

2.3 Criterios de evaluación de los suelos y del agua

	Suelo (mg/kg)	Agua (µg/l)
Parámetros inorgánicos		
Arsenico	5	5
Cadmio	0.5	1
Cromo +6	2.5	--
Cromo total	20	15
Cobre	30	25
Plomo	25	10
Mercurio	0.1	0.1
Molibdeno	2	5
Níquel	20	10
Selenio	1	1
Plata	2	5
Vanadio	25	--
Zinc	60	50
Hidrocarburos aromáticos monocíclicos		
Benceno	0.05	0.5
Etilbenceno	0.1	0.5
Tolueno	0.1	0.5
Clorobenceno	0.1	0.1
Dicloro-1,2 benceno	0.1	0.2
Dicloro-1,3 benceno	0.1	0.2
Dicloro-1,4 benceno	0.1	0.2
Estireno	0.1	0.5
Xileno	0.1	0.5
Hidrocarburos aromaticos policiclicos (HAP)		
Benzo (a) antraceno	0.1	0.01
Benzo (a) pireno	0.1	0.01
Benzo (a) fluoranteno	0.1	0.01
Benzo (b) fluoranteno	0.1	0.01
Dibenzo (a,h) antraceno	0.1	0.01
Indeno (1,2,3 cd) pireno	0.1	0.1
Naftaleno	0.1	0.2
Fenantreno	0.1	0.2
Pireno	0.1	0.2

2.4 Criterios de descontaminación para los suelos

En m/kg	Agrícola	Residencial/ Recreativo	Comercial/ Industrial
Parámetros inorgánicos			
Arsenico	20	30	50
Cadmio	3	5	20
Cromo + 6	8	8	--
Cromo total	750	250	800
Cobre	150	100	500
Plomo	375	500	1000
Mercurio	0.8	2	10
Molibdeno	5	10	40
Níquel	150	100	500
Selenio	2	3	10
Plata	20	20	40
Vanadio	200	200	--
Zinc	600	500	1500
Hidrocarburos aromaticos monociclicos (HAM)			
Benceno	0.05	0.5	5
Etilbenceno	0.1	5	50
Tolueno	0.1	3	30
Clorobenceno	0.1	1	10
Dicloro-1,2 benceno	0.1	1	10
Dicloro-1,3 benceno	0.1	1	10
Dicloro-1,4 benceno	0.1	1	10
Estireno	0.1	5	50
Xileno	0.1	5	50
Hidrocarburos aromaticos policiclicos (HAP)			
Benzo (a) antraceno	0.1	1	10
Benzo (a) pireno	0.01	1	10
Benzo (b) fluoranteno	0.1	1	10
Benzo (k) fluoranteno	0.1	1	10
Dibenzo (a,h) antraceno	0.1	1	10
Indeno (1,2,3, cd) pireno	0.1	1	10
Naftaleno	0.1	5	50
Fenantreno	0.1	5	50
Pireno	0.1	10	100

2.5 Criterios de descontaminación para el agua

En µg/l	Vía acuática agua dulce	Riego	Agua para ganado	Agua potable
Parámetros inorgánicos				
Arsenico	50	100	500-5000	25
Cadmio	0.2-1.8	10	20	5
Cromo +6	--	--	--	--
Cromo total	2-20	100	1000	50
Cobre	2-4	200-1000	500-5000	<1000
Plomo	1-7	200	100	50
Mercurio	0.1	--	3	1
Molibdeno	--	10-50	500	--
Níquel	25-150	200	1000	--
Selenio	1	20-50	50	10
Plata	0.1	--	--	--
Vanadio	--	100	100	--
Zinc	30	1000-5000	50000	<5000
Hidrocarburos aromaticos monociclicos (HAM)				
Benceno	300	--	--	5
Etilbenceno	700	--	--	<2.4
Tolueno	300	--	--	<24
Clorobenceno	15	--	--	--
Dicloro-1,2 benceno	2.5	--	--	200
Dicloro-1,3 benceno	2.5	--	--	--
Dicloro-1,4 benceno	4	--	--	5
Estireno	--	--	--	--
Xileno	--	--	--	<300
Hidrocarburos aromaticos policiclicos (HAP)				
Benzo (a)antraceno	--	--	--	--
Benzo (a) pireno	--	--	--	0.01
Benzo (a) fluoranteno	--	--	--	--
Benzo (k) fluoranteno	--	--	--	--
Debenzo (a,h) antraceno	--	--	--	--
Indeno (1,2,3 cd) pireno	--	--	--	--
Naftaleno	--	--	--	--
Fenantreno	--	--	--	--
Pireno	--	--	--	--

2.6 Criterios indicadores de la contaminación en los suelos y el agua subterránea en Quebec

Para completar estos criterios es interesante mencionar los siguientes criterios adoptados por el Ministerio del ambiente de Quebec para las aguas subterráneas de los sitios contaminados con productos petroleros:

Parámetro	Criterio para suelo ($\mu\text{g/l}$)			Criterios para agua subterránea (mg/kg)		
	A	B	C	A	B	C
Aceites y grasa minerales	<100	1,000	5,000	<100	1,000	5,000
TPH			1,000			
Benzeno						5
Etilbenzeno						150
Tolueno						100
Xileno						60
Total de HAP	1	20	200	0.2	10	50

- A : Uso de suelo agrícola
B : Uso de suelo residencial / recreativo
C : Uso de suelo comercial industrial

3.0 ENFOQUE CASO POR CASO

El análisis caso por caso requiere la realización de un estudio de riesgo.

3.1 Análisis de riesgo toxicológico

El análisis de riesgo toxicológico tiene como meta cuantificar los riesgos para la salud asociados a la presencia de contaminantes en un sitio dado.

Los índices de riesgos son calculados a partir de datos específicos obtenidos durante la caracterización ambiental del sitio en estudio e incluyen lo siguiente:

- usos históricos del suelo y agua con el fin de identificar las sustancias químicas que presentan un riesgo potencial a la salud humana y al ambiente.
- usos actuales del suelo y agua subterránea, con el fin de determinar las personas que puedan estar en contacto con las sustancias y el tipo de contacto que puede presentarse

- resultados de la caracterización ambiental que permite establecer el tipo y la extensión de la contaminación, con el fin de obtener los parámetros fisicoquímicos específicos de los suelos y el agua subterránea del sitio estudiado (concentración de sustancias químicas, estratigrafía, escurrimiento superficial dirección y velocidad de escurrimiento del agua subterránea, etc)

Estos datos permiten identificar en el sitio los contaminantes que presentan un riesgo potencial inmediato para la salud humana. El análisis de riesgo permite establecer los niveles de riesgo actuales (y futuros si hay migración de contaminantes) y si éstos sobrepasan los criterios aceptables, las concentraciones máximas para el uso seguro del sitio.

3.2.1 Metodología

Existe varias metodología para realizar el análisis de riesgo, todas con el mismo enfoque. Mencionamos como referencia los criterios de la U.S.E.P.A. especificados en el documento "Risk assessment guidance for superfund Volume 1, Human Health Evaluation Manual".

Para la estimación de los riesgos potenciales y la selección de sustancias objeto de estudio, se tiene que llevar a cabo los siguientes análisis:

- Identificación de los receptores en el sitio
- Proceso de modelaje simple determinístico de la exposición en función de escenarios predefinidos de usos del suelo (residencial/agricultura/comercial/industrial)
- Estimación de riesgos humanos usando el procedimiento de estimación lineal para estimar el riesgo de cáncer
- Dosis de referencia elaboradas sobre un método revisado basado por ejemplo en la estimación NOAFIs/OAFIs y factores de seguridad
- Proceso simplificado de modelaje realizado para una investigación mínima del sitio y las condiciones de exposición (cálculo de la concentración potencial en diferentes medios)
- Examen detallado de la base de datos para la estimación del riesgo humano (referencias de concentración, dosis de referencia y coeficiente de cáncer potencial)
- Cuantificación de índices de riesgo para cada sustancia/vector/grupo de edad, para cada órgano o sistema orgánico o tipo de efectos (suma de sustancias)

Con base en los puntos anteriores se determina si el riesgo asociado a la contaminación del predio es inferior o superior al riesgo aceptable por los criterios de seguridad seleccionados.

El índice de riesgo se calcula como sigue :

$$\text{IR (aguda, cronica)} = \frac{\text{Dosis absorbida}}{\text{Dosis de referencia}}$$

$$\text{Indice ajustado} = \text{IR (si RF < DF)} \text{ o } \frac{\text{Dosis adicional}}{\text{RF} \times 1\%}$$

Cancer :

$$\text{Indice} = \frac{\text{Riesgo adicional de cancer}}{10^{-6}}$$

Con : IR = Índice de riesgo
RF = Ruido de fondo
DF = Dosis de referencia

Si el índice de riesgo es inferior a las normas aceptables, las concentraciones presentes en el sitio son de "seguridad" y no será necesario implementar medidas de restauración. Al contrario si el índice de riesgo excede las normas aceptables, es necesario implementar medidas de restauración. Las medidas apropiadas son orientadas hacia el tipo de riesgo. En su caso, el análisis de riesgo permite definir las concentraciones de seguridad de contaminantes en el suelo y agua subterránea. Estas concentraciones serian los criterios específicos del sitio y los objetivos de restauración.

3.1.2 Requerimientos de información

Los datos necesarios para efectuar el análisis de riesgo son los siguientes :

- Estratigrafía del suelo, capas, profundidad de las capas, fracturas, etc.
- Granulometría y análisis de sedimentación
- Presencia de agua en el subsuelo y características hidráulicas
- Identificación de contaminantes
- Concentración de contaminantes (en mg/kg) según la estratigrafía encontrada
- Evaluación de la o las superficies afectadas por contaminación de suelos
- Estimación del volumen de suelo contaminado
- Calidad ambiental del suelo superficial (0 - 10 cm)
- Fracción orgánica total

3.2 Migración de los contaminantes

En ciertos casos es necesario estimar la migración de los contaminantes en el suelo. En caso que hay presencia de agua como vector de transporte se utilizan modelos matemáticos de dispersión. Existen numerosos modelos desde sencillo, a una dimensión hasta tridimensional. La selección del modelo a utilizar depende de la cantidad y calidad de la información disponible relativa al medio.

La migración de los contaminantes es evaluada mediante el uso de modelos matemáticos del escurrimiento del agua subterránea y del transporte de contaminantes disueltos en el agua. Este análisis será llevada a cabo en dos etapas, siempre que esta contaminación sea transportada por el agua.

1. Modelización del escurrimiento del agua y del transporte de contaminantes en un plano horizontal para la capa superficial.
2. Modelización del transporte de contaminantes por difusión vertical en la capa ubicada abajo de la capa superficial.

Según la calidad de los datos disponibles se utilizará ya sea el Modelo Flowpath (Waterloo Hydrologic Software) o ASM (Aquifer Simulation Model de Kinzelback y Rausch). Estos modelos se basan en el método de diferencias finitas para simular el escurrimiento en dos dimensiones y el transporte de contaminantes en un medio poroso horizontal. También pueden simular el escurrimiento para condiciones confinadas o no confinadas en medios heterogéneos o anisotrópicos. Basado en la solución del sistema de escurrimiento, se puede simular el transporte advectivo a partir de una o varias fuentes de un contaminante disuelto en el agua.

3.2.1 Selección de los modelos

Para poder modelizar el transporte de los contaminantes, hay que determinar primero la distribución de las cargas hidráulicas en el sitio. La modelización numérica del escurrimiento del agua, con un modelo como Modelo Flowpath por ejemplo, es útil cuando existen datos sobre las variaciones de conductividad hidráulica de los medios acuíferos o cuando la geometría del sitio es irregular. La alternativa consiste en utilizar las propiedades de acuíferos constantes y uniforme para resolver el sistema de escurrimiento de manera analítica. Esto se hace generalmente en estudios hidrogeológicos clásicos como por ejemplo, en la cartografía de los niveles del manto a partir de mediciones realizadas sobre el terreno.

Cuando no hay suficiente información para describir la migración de los contaminantes de manera matemática se puede utilizar fácilmente un modelo como el 3DADE. Se describe a continuación a título de ejemplo.

3.2.2 Ejemplo de caso - Modelo 3DADE

Descripción matemática del modelo 3DADE

Referencia: 3DADE: A computer program for evaluating three-dimensional equilibrium solute transport in porous media. Por F.J. Ley y S.A. Bradford, U.S Salinity Laboratory, U.S Department of Agriculture, 1994.

El modelo 3DADE presenta soluciones analíticas (exactas) para el transporte en tres dimensiones de los contaminantes en un campo de escurrimiento unidireccional, para contaminantes y un medio poroso uniforme. Diferentes geometrías de la fuente de contaminantes pueden ser simuladas.

Ecuación de transporte:

$$R \frac{\partial C}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - V \frac{\partial C}{\partial x} + D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - \mu C + \lambda C$$

En la cual :

R:	Factor de retardamiento
C:	Concentración
t:	Tiempo
x:	Posición en dirección del escurrimiento
y, z:	Coordenadas rectangulares
D_x, D_y, D_z :	Coefficientes de dispersión en x, y, z
V:	Velocidad constante del agua subterránea
μ :	Coefficiente de degradación de primer orden
λ :	Coefficiente de producción de primer orden

A continuación se da un ejemplo obtenido en base a un estudio de caracterización de un sitio contaminado con hidrocarburos (gasolina y diesel).

Escurrimiento del agua

Los datos recolectados en campo nos dan la elevación del manto freático en una serie de piezómetros. Esto permitió establecer un mapa que muestra la variación del nivel del manto en el sitio y calcular la dirección del escurrimiento del agua, así como el gradiente hidráulico promedio sobre el área. Dado la información hidrológica disponible, se hizo la suposición de que el escurrimiento es horizontal en el acuífero semiconfinado.

En base al análisis de los datos obtenidos en campo y de los mapas piezométricos, se calcula la velocidad de escurrimiento del agua en el acuífero:

- Gradiente hidráulico promedio : $i = 0.004$
- Conductividad hidráulica: $K = 10^{-8} \text{ m/s}$
(basado en el análisis granulométrico)
- Porosidad: $n = 0.25$
(valor representativo para una arena, véase e.g Freeza et Cherry, 1979)

Velocidad de escurrimiento: $V = \frac{K_i}{n} = 1.6 \times 10^{-8} \text{ m/s}$
 La velocidad de escurrimiento calculada es : $V = 0.5 \text{ m/año}$

Simulación del transporte de los contaminantes

Parámetros de transporte:

Se utilizó una velocidad constante de escurrimiento horizontal de 0.5 m/año, y los siguientes valores típicos de dispersión para acuíferos de arena (Domeni et Schwartz, 1990):

Factor de dispersión longitudinal	$\alpha_x = 1.00 \text{ m}$
Factor de dispersión transversal horizontal	$\alpha_y = 0.10 \text{ m}$
Factor de dispersión transversal vertical	$\alpha_z = 0.01 \text{ m}$

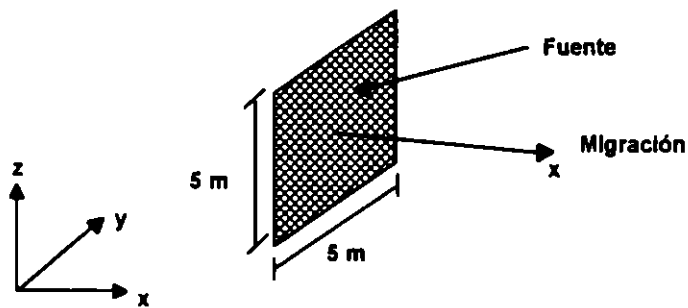
Los coeficientes de dispersión utilizados en 3DADE son los siguientes:

$$D_x = \alpha_x V = (1) (0.5) = 0.5 \text{ m}^2/\text{año}$$

$$D_y = \alpha_y V = (0.1) (0.5) = 0.05 \text{ m}^2/\text{año}$$

$$D_z = \alpha_z V = (0.01) (0.5) = 0.005 \text{ m}^2/\text{año}$$

En la modelización se adopta un enfoque conservador, haciendo la hipótesis de que los contaminantes orgánicos no son biodegradables. Después de varias corridas de simulaciones se determinó que las dimensiones de la fuente no afectan los resultados, por eso hemos puesto la fuente en un plano de dimensión de 5 m x 5 m en Y y Z. Se supone que la concentración de la fuente es constante en el tiempo.

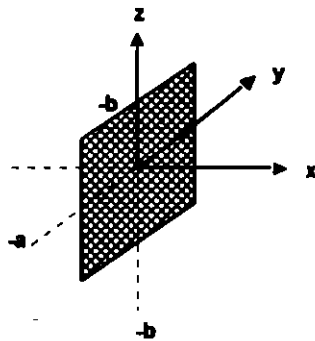


Dadas las propiedades constantes, la migración de los contaminantes se efectuó de manera similar a partir de cada fuente, y se calculó la simulación de la migración de los contaminantes por un periodo de 5 a 10 años, suponiendo que ninguna medida de restauración ha sido aplicada.

La simulación efectuada sólo considera que la migración de contaminantes se realiza a partir de las fuentes identificadas, por lo que se supone que la concentración inicial de los contaminantes es nula en otros puntos. La simulación permite entonces definir la migración a partir de las fuentes, pero no reproduce el estado actual de la contaminación del sitio.

Para obtener este tipo de información se requerirían de un gran número de puntos de medición para determinar con precisión la extensión espacial de la contaminación y contar con los datos necesarios para la utilización de modelos numéricos.

Las condiciones en los límites son los siguientes :



$$C(y, z, t) = \begin{cases} C_0 & \text{para } |y| < a; |z| < b \\ 0 & \text{fuera de estos límites} \end{cases}$$

$$\text{para } t = 0, \quad C(x, y, z, t = 0) = 0$$

Resultados de las simulaciones 3DADE

Las concentraciones relativas a lo largo del eje principal longitudinal de la pluma generada por la fuente (el eje principal presenta las concentraciones más elevadas que indican la migración longitudinal del contaminante) se tiene en la siguiente tabla.

Distancia a la fuente X = (m)	Concentración relativa 5 años después	Concentración relativa 10 años después
0	1.0	1.0
1	0.9086	0.9756
2	0.7517	0.9278
3	0.5512	0.8511
4	0.3508	0.7449
5	0.1909	0.6162
6	0.0878	0.4776
7	0.0339	0.3446
8	0.0109	0.2301
9	0.0029	0.1416
10	0.0006	0.801
11	0.0001	0.0415
12	$<5 \times 10^{-5}$	0.0196
13	--	0.0085
14	--	0.0033
15	--	0.0012
16	--	0.0004
17	--	0.0001
18	--	$<5 \times 10^{-5}$

Dada la baja dispersión lateral, la pluma será poco extendida en Y y Z.

A fin de evaluar el efecto sobre la migración de una conductividad hidráulica más elevada se realizó la simulación con un valor de conductividad hidráulica de 10 m/s (es decir 10 veces más elevado).

Los parámetros de entrada al modelo son los siguientes:

$$\begin{aligned} V &= 5 \text{ m/año} \\ D_x &= 5 \text{ m}^2/\text{año} \\ D_y &= 0.5 \text{ m}^2/\text{año} \\ D_z &= 0.005 \text{ m}^2/\text{año} \end{aligned}$$

Los resultados son los siguientes :

Distancia a la fuente X = (m)	Concentración relativa 5 años después	Concentración relativa 10 años después
0	1.0	1.0
5	0.9991	0.9998
10	0.9897	0.9981
15	0.9420	0.9933
20	0.8005	0.9839
25	0.5479	0.9687
30	0.2745	0.9430
35	0.0939	0.8954
40	0.0210	0.8085
45	0.0030	0.6706
50	0.0003	0.4926
55	$<5 \times 10^{-5}$	0.3100
60	--	0.1629
65	--	0.0702
70	--	0.0244
75	--	0.0068
80	--	0.0015
85	--	0.0003
90	--	$< 5 \times 10^{-5}$

Interpretación de los resultados

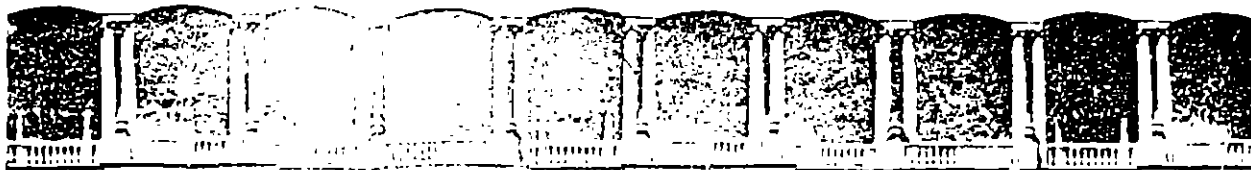
En base a los datos disponibles, las simulaciones muestran que la migración de los contaminantes a partir de las fuentes identificadas se realizará muy lentamente en el acuífero semiconfinado.

Después de 5 años los contaminantes habrán migrado de 11 m aguas abajo de las fuentes (basado en valores de concentración relativa a la fuente). La migración lateral será todavía menor. Después de 10 años, las concentraciones significativas se encuentran a una distancia de 17 m.

Estos resultados concuerdan con los datos de campo que muestran que las fuertes concentraciones que existen medidas cerca de las fuentes potenciales de contaminantes tienen una extensión muy limitada en el plano horizontal.

Hay que remarcar que esta modelización sólo toma en cuenta la migración de un contaminante de la fuente, en un acuífero inicialmente no contaminado.

Las simulaciones efectuadas con el valor de conductividad más elevado ($K = 10^{-5}$ m/s) muestran que la longitud de la pluma es de 50 m (aproximadamente) a los 5 años y de 85 m después de 10 años. Esto da una idea de la extensión de la contaminación para un medio más permeable. Sin embargo, el cálculo del análisis granulométrico y la extensión de la contaminación observada en campo, parecen indicar que las velocidades de escurrimiento serían más cercanas a las utilizadas con el valor de conductividad $K = 10^{-6}$ m/s.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

TEMA ANEXOS

EXPOSITOR LIC JAVIER GUERRA C

1996

BROWNING-FERRIS INDUSTRIES, Inc.
Houston, Texas

GLOSSARY FOR THE
WASTE MANAGEMENT INDUSTRY

English - Spanish

prepared by
M. Eta Trabing and Terry A. McElhanev

This glossary was prepared by and for the Waste Management Industry. As with all technical and specialized glossaries that cover such broad areas, it must stop at some point so that it will be truly useful and yet not duplicate existing dictionaries that are readily available. It is the intent of this glossary to both stand alone in a limited fashion, and to be used in conjunction with at least those dictionaries listed in the bibliography on the following page.

It should be noted that many of the words included in this glossary have other meanings as well as those given, but only the meanings relating to the Waste Management Industry have been used.

Glossaries, lexicons and dictionaries are, at best, incomplete and soon out-of-date. The editors of this one have broad experience in the Waste Management field and have recorded the terminology used over the years in the industry. Glossaries should be used as guides and not as authoritative statements. Modern languages are in a constant state of change - words sometimes change meanings with time or meanings are broadened or narrowed to include or exclude new concepts, experiences and inventions. The use of some words differs from country to country (both in English and Spanish) and between regions in a given country. There are vast differences in word usage and meanings among the world's 20+ Spanish-speaking countries. Wherever possible, we have tried to indicate which words are typical of which country, although this does not necessarily mean that those words are used only in that country. For instance, many words that have been indicated as being Argentine, are also common to Uruguay, Paraguay, Chile, and sometimes Bolivia; many words that are typical of Mexico are also used throughout Central America.

It is hoped that this glossary will be useful to those in the industry who travel in both English- and Spanish-speaking countries. Any comments will be gratefully accepted by Browning-Ferris Industries, so that subsequent editions may be more complete and more helpful.

MET and TAM

The following abbreviations have been used in this glossary:

n.	noun	(Arg)	Argentina
a.	adjective	(Ch)	Chile
v.	verb	(CA)	Central America
adv.	adverb	(Mex)	Mexico
m.	masculine	(Ven)	Venezuela
f.	feminine		
pl.	plural		

Unless otherwise noted, most adjectives have both a masculine and a feminine version in Spanish and this is shown by having changed the last syllable of the word. When a noun is both masculine and feminine, then the complete word has been written out. If two or more words in the Spanish version are masculine or feminine, the abbreviation has been used only once, before the word. Any Spanish verb that has "(se)" written after the infinitive form, means that the verb is both transitive and intransitive.

BIBLIOGRAPHY

Diccionario Moderno Larousse - English-Spanish/Spanish-English, by Larousse, 1976. (Note: By far one of the best dictionaries available, very complete and up-to-date.)

Engineers' Dictionary, by Louis A. Robb, Spanish-English/English Spanish. (Note: Highly specialized and very good.)

Dictionary of Modern Business, by Louis A. Robb, Spanish-English/English-Spanish. (Note: Excellent for general business, accounting, banking and some legal.)

Dictionary of Environmental Engineering and Related Sciences, by José T. Villate, Ph.D., P.E. 1980, English-Spanish/Spanish-English. (Note: Good in terms of entries, but very poor proof-reading and full of typos.)

*A.C.T. = Awareness Compliance Tools
(for Environmental Responsibility)*
*Medios para Conciliar Tercer
y Cuarto auto*

abandon: v. abandonar
abandoned vehicles: vehículos abandonados
absorb: v. absorber
absorbancy: n.f. absorbencia
absorbent: n.m. & a. absorbente
absorption: n.f. absorción, absorbencia
access: n.m. acceso
access road: n.m. camino de acceso, camino de entrada
accessibility: n.f. accesibilidad
accessible: a. accesible
accident: n.m. accidente
accident insurance: n.m. seguro contra accidentes
accident prevention: n.f. prevención de accidentes, evitar accidentes
accident report: n.m. informe sobre un accidente
accident, to report an: denunciar un accidente
accidental: a. accidental
account: n.f. (com) cuenta
accountant: n. (com) m. contador; f. contadora
accounting: n.f. (com) contabilidad
accumulate: v. acumular
accumulated: a. acumulado,da
accumulation: n.f. acumulación
accumulative: a. acumulativo,va; acumulado,da
accuracy: n.f. exactitud, precisión
accurate: a. preciso,sa; exacto,ta
acetate: n.m. acetato
acetone: n.f. acetona
acetylene: n.m. acetileno
acid: n.m. ácido
acid-proof: a. a prueba de ácido
acid-resistant: a. antiácido, resistente al ácido
acidic: a. ácido,da; n.m. acidificador
acidity: n.f. acidez
acidize: v. acidificar, tratar con ácido, acidular
acre: n.m. acre (see conversion table)
acreage: n.m. área, superficie en acres
act: n.f. acción, obra; m. acto, hecho; (com) m. decreto
act of God: n.m. caso fortuito; n.f. fuerza mayor
action: n.f. acción
activate: v. activar
activated sludges: barros, cienos, lodos o fargos activados
activator: n.m. activador
active: a. activo,va
active portion of a cell: n.f. parte activa de una celda, parte de la celda donde se están depositando los residuos
active sludge: n.m. barros biológicamente activos
activity: n.f. actividad
actual: a. real, verdadero,ra; efectivo,va
additive: n.m. aditivo; a. aditivo,va
address: n.f. dirección, domicilio
adjust: v. ajustar, regular, adaptar, adecuar
adjustable: a. ajustable, regulable, adaptable, adecuado
adjustment: n.m. ajuste, reglaje, regulación
adsorb: v. adsorber
adsorbent: n.m. & a. adsorbente
adsorption: n.f. adsorción
aerate: v. aerear, aerar, airear
aerated: a. aereado,da; aireado,da
aerated lagoon: n.f. laguna aereada
aerated pond: n.m. estanque aereado
aeration: n.f. aereación, aeración, aireación
aeration tank: n.m. tanque de aereación
aerator: n.m. aereador, aerador, aireador
aerobe: n.m. aerobio
aerobic: a. aeróbico,ca; aerobio,bia
aerobic pond: n.m. estanque aeróbico o aerobio
agency: n.f. agencia, organismo, entidad, ente, repartición, dependencia
government agency: n.f. repartición pública, entidad gubernamental
regulatory agency: n.f. entidad reglamentaria
agent: n.m. agente, representante; apoderado, (chem) agente
aggregate: n.m. agregado
agreement: n.m. acuerdo, convenio, trato, pacto
agricultural: a. agrícola, agropecuario,ria
agricultural wastes: n.m. desechos o residuos agropecuarios o agrícolas

air: n.m. aire
air brake: n.m. freno de aire
air classifier: n.f. separadora por aire, m. clasificador por aire
air classifying: separación, clasificación por aire
air cleaner: n.m. depurador, limpiador de aire
air compressor: n.m. compresor de aire
air conditioner: n.m. acondicionador de aire
air conditioning: n.m. aire acondicionado
air cooling: n.m. enfriamiento por aire
air filter: n.m. depurador, filtro de aire
air flow: n.m. flujo de aire, corriente de aire
air horn: m.f. bocina, klaxon de aire
air hose: n.f. manguera para aire comprimido, manguera neumática
air intake: n.f. entrada o toma de aire, respiradero, boca de aspiración
air pollutant: n.m. contaminador, polucionante del aire; agente contaminante
air pollution: n.f. contaminación o polución del aire o atmosférica
air pressure: n.f. presión del aire, presión neumática
air quality: n.f. calidad del aire
air scrubber: n.m. depurador del aire
air separator: n.f. separadora por aire
air space: n.m. espacio vacío
air vent: n.m. aspirador de aire, respirador, respiradero, venteo
airborne: a. llevado, da por el aire, aerotransportado, da
air-dried: a. secado, da al aire
alarm: n.f. alarma
alarm signal: n.f. señal de alarma
algae: n.f.pl. algas
align: v. alinear
alignment: n.m. alineamiento; f. alineación
alkali: n.m. álcali
alkaline: a. alcalino, na
alkalinity: n.f. alcalinidad
alkalize: v. alcalizar
alkylate: n.f. alquilar
alkylation: n.f. alquilación
all-weather road: n.m. camino siempre transitable
alley: n.m. callejón
allow: v. permitir
allowable: a. permitido, admisible
allowable load: n.f. carga admisible o límite
alluvial: a. aluvial, aluvional
alluvial deposit: n.m. aluvión, depósito aluvial
alternating current (AC): n.f. corriente alterna o alternada (c.a.)
alternator: n.m. alternador
altitude: n.f. altitud, altura, elevación
aluminum: n.m. aluminio
aluminum separator: n.m. separador de latas de aluminio o de productos aluminicos
amino acid: n.m. aminoácido
ammonia: n.m. amoníaco
amoeba: n.f. ameba, amiba
amoebic: a. amibico, ambiano
amortization: n.f. amortización
amortize: v. amortizar
ampere (amp): n.m. amperio (a.)
ampere-hour: n.m. amperio-hora
anaerobe: n.m. anaerobio, anaerobiante
anaerobic: a. anaerobio, bia; aneróbico, ca, anaeróbico, ca
analysis: n.m. análisis ("analyses" pl. has no Spanish equivalent - simply change article from "el" to "los")
analyst: n.m. analista
analyze: v. analizar
analyzer: n.m. analizador
angle: n.m. ángulo
animal: n.m. animal
dead animals: n.m. animales muertos
annual: a. anual
annual report: n.m. informe anual, f. memoria anual
antenna: n.f. antena
anticorrosion: a. anticorrosivo, va
anticorrosive: a. anticorrosivo, va
antifreeze: n.m. anticongelante
aperture: n.m. orificio, agujero; f. abertura
appliances, household: enseres electrodomésticos; electrodomésticos
applicator: n.m. aplicador
applied: a. aplicado, da

appraisal: n.f. valuación, valorización, tasación; m. avalúo, aforo
appraise: v. valuar, valorizar, aforar, avaluar, valorar, justipreciar
apprentice: n.m. aprendiz
apprenticeship: n.m. aprendizaje
approach: n.m. acceso, acercamiento; f. aproximación
approach: v. acercarse(se)
appropriation: n.f. apropiación, asignación, consignación
approval: n.f. aprobación; n. visto bueno
approve: v. aprobar; dar el visto bueno
approved: a. aprobado,da
approximate: a. aproximado,da
aquatic: a. acuático,ca
aqueduct: n.m. acueducto
aqueous: a. acuoso,sa; áqueo,a
aquiclude: n.m. acuicludo
aquifer: n.f. capa o napa freática o acuífera; m. acuífero, manto acuífero
arbitrate: v. arbitrar
arbitration: n.m. arbitraje, arbitramento; f. arbitración
area: n.f. área, superficie
 metropolitan area: n.f. área metropolitana
 flood-prone area: n.f. área anegadiza
areal: a. areal, relativo o perteneciente al área
arenaceous: a. arenáceo,cea; arenoso,sa
argillaceous, argilliferous: a. arcilloso,sa
arid: a. árido,da
arterial highway: n.m. camino troncal o arterial; carretera de acceso limitado
artesian: a. artesiano,na; surgente
 artesian well: n.m. pozo artesiano o surgente
asbestos: n.m. asbesto, amianto; a. asbestino,na
 asbestos dust: n.m. polvo asbestino
ash: n.f. ceniza
 ash content: n.m. contenido de ceniza
 fly ash: n.f. ceniza muy fina, ceniza volante
 ash residue: n.f. cenizas residuales
 ash storage bunker: n.m. arcón de almacenaje para cenizas
 ash trough: n.f. batea o m. recipiente para cenizas
aspect: n.m. aspecto
asphalt: n.m. asfalto, brea mineral, betún
asphalt: v. asfaltar
 asphalt cement: n.m. cemento bituminoso o asfáltico o de asfalto
 asphalt paving: n.m. pavimento asfáltico; f. pavimentación asfáltica
asphaltic: a. asfáltico,ca
aspirating: a. aspirador,ra
aspirator: n.m. aspirador
assemble: v. ensamblar, armar, montar
assembly: n.m. montaje, ensamble, ensamblaje, conjunto; f. armadura
assets: n.m. bienes, activos; (cont) activo
assign: v. consignar, asignar, destinar; ceder, traspasar
assimilate: v. asimilar
assimilation: n.f. asimilación
assimilative capacity: n.f. capacidad asimilativa
assistant: n. asistente, ayudante, auxiliar; a. asistente, sub...
assume: v. suponer
assumption: n.f. suposición; en el supuesto
atmosphere: n.f. atmósfera
atmospheric: a. atmosférico,ca
atomization: n.f. atomización, pulverización
atomize: v. atomizar, pulverizar
attach: v. fijar, sujetar, enganchar, juntar, unir
attachment: n.m. aditamiento, accesorio, acoplamiento
attorney: n.m. & f. abogado,da; apoderado,da
Atterberg limits: n.pl.m. límites de Atterberg
Atterberg scale: n.f. escala de Atterberg
audio: a. audio
audit: v. revisar, intervenir, comprobar, verificar (los libros contables)
audit: n.f. revisión, intervención, auditoría (de cuentas o libros contables)
auditor: n.m. auditor, interventor, contador (de cuentas)
 internal auditor: n.m. contador de la administración
automate: v. automatizar
automated: a. automatizado,da
automatic: a. automático,ca

automation: n.f. automatización
automobile: n.m. automóvil, carro, coche, auto, vehículo automotor
automotive: a. automotor, automotriz; automovillario
auxiliary: a. auxiliar
availability: n.f. disponibilidad
available: a. disponible, utilizable, aprovechable, asequible
avalanche: n.f. avalancha; m. alud
avenue: n.f. avenida; (Col.) carrera
average: a. medio, día; n.m. promedio, término medio; f. media;
average: v. promediar
award (of a contract): n.f. adjudicación
award (a contract): v. adjudicar; otorgarse la Buena Pro
awning: n.m. toldo; f. lona
axial: a. axial, axil
axis: n.m. eje; f. línea central
axle: n.m. eje, árbol
axle load: n.f. carga sobre un eje

back: n.f. parte de atrás, parte trasera; (anat) espalda; m. revés, reverso; respaldo (of a seat)
 back: v. retroceder, dar marcha atrás; respaldar, apoyar
 to back up: dar marcha atrás, retroceder
 to back out: salir retrocediendo, salir dando marcha atrás
 back: a. posterior, de atrás, trasero, ra
 back door pick-up: recolección de la puerta trasera o puerta de atrás
 back-end loader: see rear-end loader
 backfill: n.m. relleno
 backfill: v. rellenar
 backfilling: n.m. relleno, rellenamiento
 background: n.m. fondo; antecedentes
 backhoe: n.m. retroexcavador
 backing: n.m. apoyo (financiero); retroceso, marcha atrás
 backing accidents: accidentes al dar marcha atrás o retroceder
 backrest: n.m. respaldo (of a seat)
 backup: a. de apoyo, de reemplazo, de sustitución, de respaldo
 backup equipment: n.m. equipos de reemplazo o de apoyo
 bacteria: n.f.pl. bacterias
 bacterial: a. bacteriano
 bacterial count: n.m. recuento de bacterias, contaje bacteriano
 bag: n.f. bolsa, saco
 bag: v. embolsar, ensacar
 baghouse: n.m. cuarto o área con filtros de bolsa (recolector de polvo)
 balance: n.m. (cont) balance, saldo; equilibrio
 balance sheet: n.m. balance general
 balance: v. balancear, equilibrar; (cont) balancear, saidar
 bale: n. m. fardo; f. paca, bala
 bale: v. empacar, enfardar, embalar
 baler: n.f. empacadora, enfardadora, embaladora
 baling: n.m. embalaje
 ball bearing: n.m. cojinete de bolas o de municiones
 bank: n.m. banco; f. orilla, margen (of a river); terraplén (earthwork)
 bank: v. depositar en un banco
 bankrupt: v. declarar bancarrota o quiebra; declararse en bancarrota
 bankrupt: n. & a. quebrado, insolvente, en bancarrota, en quiebra
 bankruptcy: n.f. quiebra, bancarrota, insolvencia
 barbed wire: n.m. alambre de púa(s)
 barrel: n.m. barril, tambor
 barricade: n.f. barricada, barrera, valla
 barrier: n.f. barrera, valla
 impermeable barrier: n.f. barrera impermeable
 basal: a. básico,ca; basal; fundamental
 base: n.f. base; m. fundamento, zócalo
 basic: a. básico,ca; fundamental
 basic sediments and water (BS&W): n.m. sedimentos básicos y agua
 basin: n.m. estanque, depósito; f. pileta, alberca; (geol) f. cuenca, hondonada
 BAT - Best Available Technology: la mejor tecnología disponible, la tecnología más avanzada
 batch: n.f. carga, tanda; m. lote
 battery: n.f. pila, batería; m. acumulador
 bay: n.f. (geol) bahía
 service bay (in shop): n.f. nave para servicio; m. recinto para servicio
 beach: n.f. playa, ribera; orilla
 bearing: n.f. resistencia; m. asiento, apoyo, soporte; m. cojinete
 bearing capacity of foundations: n.f. capacidad de resistencia de los cimientos
 bedrock: n.m. lecho de roca
 bellows: n.m. fuelle
 belt: n.f. faja; (geol) zona, franja; correa, cinta, banda; m. cinturón
 conveyor belt: correa transportadora, transportador de cinta sin fin
 belt feeder: n.m. alimentador de correa
 green belt: n.f. franja verde
 bench: n.m. banco; f. banquetá; berma (earthwork)
 bench mark: n.m. punto de referencia, banco de cota fija, punto de cota conocida; f. cota de referencia
 bench vise: n.f. prensa de banco
 bentonite: n.f. bentonita
 berm: n.f. berma, barqueta, barral, (Arg) banquina
 berm ditch: n.f. cuneta de berma, contracuneta
 bid: n.f. licitación; propuesta, oferta
 bid: v. licitar, hacer o presentar una propuesta u oferta

bidder: n.m. postor, licitador, licitante, proponente, ofertante concursante
 bidding: n.f. licitación, concurso de ofertas
 bidding conditions: bases de licitación, bases del concurso
 bill: n.f. (com) factura
 bill: v. facturar
 bill of lading: n.m. conocimiento de embarque
 bill of materials: n.f. lista de materiales
 bill of sale: n.m. comprobante de venta; f. boleta de venta
 bills payable: n.m. efectos a pagar; f. obligaciones a pagar
 bills receivable: n.m. efectos a cobrar; f. obligaciones a cobrar
 bin: n.m. cajón, arcón, depósito; f. tolva
 bioactivation: n.f. bioactivación
 bioaeration: n.f. bioaeración
 biochemical: a. bioquímico,ca
 biochemical oxygen demand (BOD): demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
 bioclimate: n.m. bioclima
 biodegradability: n.f. biodegradabilidad
 biodegradable: a. biodegradable
 biodegradation: n.f. biodegradación
 biological: a. biológico,ca
 biological or infectious wastes: n.m. residuos biológicos o infecciosos
 biological wastewater treatment: n.m. tratamiento biológico de aguas residuales o cloacales
 biomass: n.f. biomasa
 bitumen: n.m. betún
 bituminous: a. bituminoso,sa
 blacktop: n.f. capa bituminosa
 blade: n.f. hoja, cuchilla, pala, paleta
 ejection blade: hoja de eyección o de empuje
 packing or packer blade: hoja compactadora, hoja de compactación
 blinker (light): n.m. indicador de giro o viraje
 blizzard: n.f. ventisca, tempestad con nieve
 block: n.m. bloque; adoquín (stone); f. almohadilla (of brake)
 city block: n.f. cuadra; manzana
 blow: v. soplar
 blowout: n.m. (tire) reventón, estallido
 blueprint: n.f. copia azul, copia heliográfica, impresión azul
 bluff: n.f. barranca (geol)
 BOD: see biochemical oxygen demand
 body (of truck): caja (del camión)
 bog: n.m. (geol) pantano; f. ciénaga
 bog, down: v. atascarse, atollarse
 boiler: n.f. caldera
 boiler flue: n.m. tubo de caldera, conducto de humo
 bolt: n.m. perno, tornillo, bulón
 bolt: v. apernar, empernar, bulonar
 bond: n.f. fianza, garantía
 bond: v. afianzar, caucionar; ligar, unir, conectar
 bonding agent: n.m. agente de ligadura; garante, agente fiador
 bonding company: n.f. compañía fiadora; m. garante
 bonus: n.m. premio, aguinaldo; f. gratificación, bonificación
 bookkeeper: n. tenedor(a) de libros
 bookkeeping: n.f. teneduría de libros
 boom: n.m. aguilón; f. pluma
 boom hoist: n.m. elevador o izador del aguilón
 border: n.m. borde, margen; límite
 bore: n.m. diámetro interior, calibre, taladro
 bore: v. perforar, taladrar
 borehole: n.m. barreno, taladro
 boring: n.f. perforación, caladura; m. sondeo, sondeo, agujero de ensayo
 boring core: n.m. testigo de perforación, núcleo, sacanúcleos, corazón; f. muestra de sondeo
 boring drill: n.f. barrera sacanúcleos
 boring sample: n.f. muestra de perforación
 borings: n.f. (geol) perforaciones de reconocimiento; calas de prueba
 borrow material: n.m. material de préstamo
 boss: n.m. jefe, capataz
 bottom: n.m. fondo, lecho, fondo
 bottom: a. inferior, de fondo
 bottom sediment and water: n.m. sedimentos y agua de fondo
 still bottoms: n.m. residuos del fondo de la columna de destilación

boundary: n.m. límite, linde, lindero
boundary line: n.f. línea limítrofe; m. lindero
boundary marker: n.m. marcador delimitador; f. baliza delimitadora
box: n.f. caja; m. cajón
bracket: n.f. ménsula
brake: n.m. freno
brake fluid: n.m. fluido para frenos
brake lights: n.f. luces de frenar
brake shoe: n.f. zapata o patín de freno
braking: n.m. frenaje
break down: v. fallar
break ground: v. empezar la excavación
breakdown: n.f. falla, avería (of a truck); m. desglose (of a list)
bridge: n.m. puente
brine: n.f. salmuera
brook: n.m. arroyo, riachuelo, riacho, (Perú) f. acequia
broom: n.f. escoba
push broom: n.m. escobillón
brush: n.m. cepillo; f. escobilla; m. pincel (paint brush); m. matorral
(weeds)
brush clearing: n.m. desmonte, desenraizado
sweeper brush: n.m. cepillo para barredora
brush: v. cepillar
BTU - British Thermal Unit
bucket loader: n.m. tractor de carga con cucharón, cargador con cucharón
budget: n.m. presupuesto
budget: v. presupuestar
buffer: n.m. (chem) amortiguador, "buffer", regulador
buffer solution: n.f. solución amortiguadora o estabilizadora
buffer zone: n.f. zona libre, zona separadora
build: v. construir, edificar; fabricar
building: n.m. edificio
building permit: n.m. permiso de construcción; f. licencia de edificación
build-up: n.f. acumulación
built-in: a. empotrado,da; construido en el lugar o en sitio
bulk: n.m. volumen; f. masa
bulk: adv. a granel
bulk and drummed solid wastes: n.m. residuos o desechos sólidos a granel sueltos o en tambores
bulking agent: agente de abultamiento o hinchamiento
bulky: a. voluminoso,sa
bulky wastes: n.m. desechos voluminosos
bulldoze: v. nivelar con "bulldozer" o topadora
bulldozer: n.m. "bulldozer"; f. topadora, empujadora, niveladora
bumper: n.m. paragolpes, parachoques (of truck)
bundle: n.m. atado, bulto, manojo, haz
bundle: v. atar en bultos, liar
burial: n.m. entierro
buried: a. enterrado,da
burlap: n.f. arpillera; m. cañamazo
burn: v. quemar, incendiar(se)
burn: n.f. quemadura
burning dump: n.m. botadero incendiado
burnt-out: a. quemado,da
bury: v. enterrar
buzzer: n.m. zumbador, (Arg.) chicharra
by-pass: n.m. desvío; f. desviación; derivación
by-product: n.m. subproducto, producto secundario

cab: n.f. cabina (of truck)
 cab lock: n.f. traba de la cabina
 cab mounts: n.f. suspensión de la cabina
 cab suspension system: n.m. sistema de suspensión de la cabina
 cab tilting angle: n.m. ángulo de inclinación de la cabina
 cable: n.m. cable, cabo, maroma; (com) cablegrama
 cage: n.f. jaula; caja de extracción
 cage, drop-bottom (shredder): n.f. jaula de descarga por debajo; jaula con puertas en el fondo
 cake: v. solidificar, aterronar, endurecer(se)
 calcareous: a. calcáreo, reo; calizo, za
 calcium: n.m. calcio
 calculate: v. calcular
 calculator: n.f. (máquina) calculadora
 calendar: n.m. calendario, almanaque
 caliber: n.m. calibre
 calibrate: v. calibrar
 calibration: n.f. calibración; m. calitraje
 calorific: a. calorífico, ca
 calorific value: n.f. potencia calorífica
 calorimeter: n.m. calorímetro
 cam: n.f. leva
 camshaft: n.m. eje o árbol de levas
 can: n.f. lata; m. envase
 canal: n.m. canal; f. acequia
 canyon: n.m. cañón, quebrada, barrancón, (Mex.) barranca
 cap: n.f. gorra (headgear); (tub) tapa, casquete, sombrerete
 cap: v. (tub) tapar
 cap a landfill, to: v. recubrir
 capacity: n.f. capacidad
 cooling capacity: capacidad de enfriamiento
 heat absorption capacity: capacidad térmica, capacidad para absorción de calor
 installed capacity: potencia o capacidad instalada
 capillarity: n.f. capilaridad
 capital: n.m. (fin) capital; f. capital (city)
 capital assets: n.m. activo fijo, bienes de capital
 capital costs: n.m. gastos de inversión
 capital expenditure: n.f. inversión de capital
 capital investments: n.f.pl. inversiones de capital
 capital-intensive: que requiere gran inversión de capital
 carburetor: n.m. carburador
 carry: v. llevar, acarrear, transportar
 carry out: v. llevar a cabo
 carrier: n.m. portador (of a disease); f. transportadora (company)
 carrier tubes: tubería transportadora
 carrying capacity: n.f. capacidad portante (of liquids)
 cart: n.m. carro, carretón, carrito; f. carreta
 cash: n.m. efectivo
 cash payment: n.m. pago al contado
 casing: n.m. entubado
 casing pipe: n.f. tubería de revestimiento
 casters: n.m. ruedas
 catalyst: n.m. catalizador
 catalytic: a. catalítico, ca
 catalyzer: n.m. catalizador
 catch: n.m. fiador, pestillo, retén
 catch basin: n.m. sumidero; f. boca de tormenta (sewer)
 catch basin grating: n.f. rejilla del sumidero
 catch basin inlet: n.f. boca de admisión; m. tragante
 catchment area: n.f. cuenca de captación o colectora
 cation: n.m. catión
 cation exchange capacity (CEC): n.f. capacidad de intercambio de cationes
 caustic: a. cáustico, ca
 cell: n.f. celda (in a landfill)
 cell excavation: n.f. excavación de una celda
 cell floor: n.m. fondo de la celda
 cement: n.m. cemento
 cement: v. cermentar

centrifugal: a. centrifugo, ga
centrifuge: n.f. centrifuga
centrifuge: v. centrifugar
certificate: n.m. certificado
certify: v. certificar
cesspool: n.m. pozo negro, pozo absorbente
chain: n.f. cadena
chamber: n.f. cámara, caja; m. tanque
channel: n.m. canal, cauce
channel: v. canalizar, encauzar
channeling: m.f. canalización
characteristic: n.f. característica
charge: v. (com) cobrar; (elec) cargar, recargar; alimentar
charger: n.m. cargador
charges: n.m.pl. (fin) cargos, impuestos, gravámenes
charging: n.f. carga, alimentación
 charging chute: n.m. canalón de carga
 charging hopper: n.f. tolva cargadora
chassis: n.m. chasis, armazón
check: v. comprobar, revisar, verificar, checar, chequear
chemical: a. químico, ca
chemical: n.m. producto químico
 chemical compatibility: n.f. compatibilidad química
 chemical industrial cleaning: n.f. limpieza industrial química
 chemical industry: n.f. industria química
 chemical oxidation: n.f. oxidación química
 chemical oxygen demand (COD): n.f. demanda química de oxígeno (DQO)
 chemical reaction: n.f. reacción química
 chemical reduction: n.f. reducción química
 chemical stabilization: n.f. estabilización química
 chemical treatment: n.m. tratamiento químico
 chemical wastes: n.m. desechos o residuos químicos
chemist: n.m. químico; f. química
chloride: n.m. cloruro
chlorinate: v. clorinar, clorar, clorificar
chlorination: n.f. clorinación, cloración, clorización
chlorine: n.m. cloro
 chlorine demand: n.f. demanda de cloro
chromatography: n.f. cromatografía
chromium: n.m. cromo
 hexavalent chromium: n.m. cromo hexavalente
 chromium hydroxide: n.m. hidróxido de cromo
chuckhole, chughole: n.m. bacalé
chute: n.m. canalón, conducto
chute-fed: a. alimentado por canalón o conducto
cinder: n.f. escoria; ceniza
circuit: n.m. circuito
circuit-breaker: n.m. interruptor automático, cortacircuito
circulate: v. circular
circulation: n.f. circulación
cistern: n.f. cisterna; m. aljibe
city: n.f. ciudad; municipalidad; m. municipio
city: a. municipal, urbano
 city dump: n.m. botadero o vertedero municipal
claim: n.f. demanda, reclamación
clamp: n.f. grampa, mordaza, agarradera
clarification: n.f. (tech) clarificación; aclaración
clarifier: n.m. clarificador
classification: n.f. clasificación; separación
classify: v. clasificar; separar
clay: n.f. arcilla; m. barro
 clay berm: n.f. berma de arcilla
 clay seal, compacted: n.m. sello de arcilla compactada
clean: a. limpio, pia
clean: v. limpiar, asear
cleaner: n.m. limpiador
cleaning: n.f. limpieza, limpiamiento, limpiadura; m. aseo
 urban cleaning: n.m. aseo urbano; f. limpieza urbana
cleanup: n.f. limpieza; m. aseo
clear: v. (land) desmontar, desboscar, despejar, desbrozar, desmalezar;
 quitar; aclarar
clearance: n.m. espacio libre
 clearance height: n.f. altura de despeja
 overhead clearance: n.m. espacio libre por arriba
 clearance width: n.f. anchura de paso

clearing: n.m. (land) desmonte, desbosque, despejo, desbroce, desmaleza-
miento; n.f. limpieza de malezas
cliff: n.m. barranco, farallón, acantilado; f. barranca
climate: n.m. clima
climatic: a. climático,ca
climatological: a. climatológico
clippings: n.m.pl. recortes (plants); desechos de poda
clog: v. atascar(se), obstruir(se), atorar(se)
close: v. cerrar
 close a landfill: cerrar un relleno sanitario
closure: n.m. cierre definitivo
clutch: n.m. embrague
coarse: a. tosco,ca; grueso,sa
 coarse aggregate: n.m. agregado grueso; (Arg) pedregullo
 coarse screen: n.f. criba gruesa; n.m. tamiz de malla ancha
coarse-grained: a. de grano grueso; de fibra gruesa
coast: n.f. costa, litoral
coastal area: n.f. área costera o costanera
coat: n.m. (paint) mano; f. capa
coat: v. forrar, revestir
coating: n.m. revestimiento, recubrimiento
cobblestone: n.m. adoquín
code: n.m. código; f. clave
coefficient: n.m. coeficiente
 coefficient of consolidation: coeficiente de consolidación o de com-
 pactación
 coefficient of friction: coeficiente de fricción
 coefficient of percolation: coeficiente de percolado o de filtración
 coefficient of permeability: coeficiente de permeabilidad
cohesion: n.f. cohesión
cohesionless: a. sin cohesión
cold: n.m. frío
cold: a. frío,a
collect: v. (wastes) recolectar; hacer la recolección; recoger
collecting network: red colectora
collecting system: sistema colector
collection: n.f. recolección; recogida
 collection bin: n.m. recipiente de basura; contenedor
 collection center: n.m. centro de recolección
 collection crew: n.f. dotación de recolección
 commercial collection: recolección comercial
 collection frequency: n.f. frecuencia de recolección
 hazardous waste collection: recolección de residuos peligrosos
 industrial collection: recolección industrial
 collection method: n.m. método de recolección
 residential collection: recolección domiciliaria o doméstica
 collection truck: n.m. camión recolector, camión de recolección
collision: n.f. colisión; m. choque (auto)
colloidal: a. coloidal, coloide
 colloidal matter: n.f. materia coloide; m. material coloidal
color: n.m. color
 color sorting: n.f. separación o clasificación por color
combination: n.f. combinación
combine: v. combinar
combined: a. combinado,da; mezclado,da
combustibility: n.f. combustibilidad
combustible: n.m. & a. combustible
combustion: n.f. combustión
 combustion chamber: n.f. cámara de combustión
 combustion engine: n.m. motor a combustión
 combustion gas: n.m. gas de combustión
commercial: a. comercial
 commercial wastes: n.m. residuos o desechos comerciales
comminute: v. triturar, moler
comminution: n.f. trituración, molido, pulverización
commission: n.f. comisión, junta; m. consejo; f. (com) comisión
common: a. común, ordinario,ria, corriente
community: n.f. comunidad, comuna; vecindario
 community center: n.m. centro social
 community clean-up drive: n.m. programa especial de limpieza hecha por
 los habitantes de una zona
compact: v. compactar
compact: a. compacto
compacted: a. compactado,da

compaction: n.f. compactación; (PR) compactación
compaction test: n.f. prueba de compactación
compaction truck: n.m. camión compactador
compactness: n.f. densidad; compacticidad; (PR) compactación
compactor: n.f. (machine) compactadora; m. compactador
compactor body: n.f. caja compactadora
compactor truck: n.m. camión compactador
compatibility: n.f. compatibilidad
chemical compatibility: compatibilidad química
compatible: a. compatible
compatible waste streams: n.f. corrientes residuales compatibles
compensation: n.f. compensación, remuneración
workmen's compensation: n.m. seguro de compensación por accidentes de trabajo
complete: a. completo,ta; integro,ra
complex: a. complejo,ja; n.m. complejo
apartment complex: n.m. grupo de apartamentos; agrupación de edificios multifamiliares
complexity: n.f. complejidad
compliance: n.m. cumplimiento
in compliance with: en cumplimiento con, de acuerdo con
comply: v. cumplir, acceder, obedecer, observar (reglas)
to comply with: cumplir con
component: n.m. componente
composite: n.m. compuesto, mixto; a. compuesto,ta, mixto,ta
composition: n.f. composición
chemical composition: n.f. composición química
compost: n.m. abono vegetal, compost, composte
compost: v. compostar
composter: n.f. (máquina) compostadora
composting: n.m. compostaje
compound: n.m. compuesto; a. compuesto,ta
compress: v. comprimir
compressed air: n.m. aire comprimido; aire compresado; aire a presión
compressibility: n.f. compresibilidad
compression: n.f. compresión
compression index: n.m. índice de compresión
compression ratio: n.f. relación o índice de compresión
compression ring: n.m. aro de compresión
compressor: n.m. or f. compresor, compresora
computation: n.f. computación; m. cómputo, cálculo
compute: v. computar, calcular
computer: n.f. computadora; m. computador, ordenador
computerize: v. computarizar, calcular; poner en la computadora
computerized: a. computarizado,da
concentration: n.f. concentración
concentration factor: n.m. factor de concentración
concrete: n.m. hormigón, concreto
concrete: v. hormigonar, concretar
concreting: n.m. hormigonado, hormigonaje, colado; f. concretadura
condensation: n.f. condensación
condense: v. condensar(se)
condenser: n.m. condensador
condition: n.f. condición, estado
unsanitary conditions: n.f. condiciones insalubres; en estado de insalubridad
condition: v. acondicionar
conditioner: n.m. acondicionador
conditioning: n.m. acondicionamiento
conduction: n.f. conducción
conductivity: n.f. conductividad
conductor: n.m. conductor; conducto, canalón; (driver) conductor, chofer
configuration: n.f. configuración
confine: v. confinar, encerrar
confined: a. confinado,da; encerrado,da
confined aquifer: n.m. acuífero confinado
confined ground water: n.f. agua artesiana
connect: v. conectar, unir, acoplar
connection: n.f. conexión, junta, unión; m. acoplamiento
conservation: n.f. conservación; (ecol) preservación
consistency: n.f. consistencia
console: n.f. ménsula, consola
consolidate: v. consolidar, compactar; (com) unir, juntar
consolidation: n.f. consolidación, compactación
consortium: n.m. consorcio
constant: n. & a. constante
constant-head test: n.f. prueba de carga constante

construct: v. construir, edificar
construction: n.f. construcción, obra; estructura
 (see also "infrastructure" for landfill construction work)
construction debris: n.m. escombros o cascotes de construcción
construction company: n.f. compañía constructora
construction drawings: n.m. planos o dibujos de la obra o de ejecución
constructor (builder): n.m. constructor
consultant: n.m. consultor, asesor, consejero
consultant, environmental - peritos ambientales
consulting engineer: n.m. ingeniero consultor
consumer: n.m. consumidor
 consumer goods: n.m.pl. bienes de consumo
 consumer price index: n.m. índice de precios al consumidor
container: n.m. contenedor, recipiente, envase, receptáculo
metal container: n.m. contenedor de metal
roll-off container: n.m. contenedor deslizante
container-lifter device: n.m. dispositivo para levantar o alzar contenedores
containerize: v. colocar en contenedores
containerized: a. en contenedores
containerized in drums: n.m. residuos colocados en tambores
containerized service: n.m. servicio de recolección con suministro de contenedores
containment: n.m. confinamiento; (f. contención)
contaminant: n.m. contaminante
contaminate: v. contaminar
contamination: n.f. contaminación
content: n.m. contenido
contingency: n.f. contingencia, imprevisto, eventualidad
continuity: n.f. continuidad
continuous: a. continuo, nua; corrido, da
 continuous feed incinerator: n.m. incinerador de carga continua
contour: v. contornear, perfilar, delinear
 contour a road: v. construir un camino siguiendo las curvas de nivel
contour: n.m. contorno (outline); (top) curva de nivel
contour line: n.f. curva de nivel
contour map: n.f. mapa topográfico, planialtimetría
contours and grades: niveles y pendientes
contract: n.m. contrato, convenio
 contract documents: n.m. documentos contractuales
contract: v. contratar; contraer(se)
contracting parties: partes contratantes
contraction: n.f. contracción
contractor: n.m. contratista
contractual: a. contractual
 contractual agreement: n.m. acuerdo contractual
control: v. controlar; gobernar, mandar, regular
control: n.m. mando, gobierno, control
 remote control: n.m. control remoto
 control room: n.m. cuarto de mando; f. sala de control
controllable: a. controlable, regulable
controlled: a. controlado, da; regulado, da, gobernado, da; con control
conventional: a. convencional
 conventional treatment: n.m. tratamiento convencional
convergent: a. convergente
conversion: n.f. conversión
convert: v. convertir
converter: n.m. convertidor
convey: v. transportar, conducir, acarrear
conveyor: n.m. transportador, conductor
 conveyor belt: n.f. cinta transportadora, correa conductora
 vibrating conveyor belt: n.m. transportador vibratorio o vibrante
cool: v. enfriar, refrescar
coolant: n.m. enfriador
cooling: n.m. enfriamiento; f. refrigeración
core: v. sacar núcleos; extraer muestras; sondear; perforar
core: n.m. núcleo, corazón; f. muestra de sondaje; m. testigo de perforación
 core drilling: sondaje o perforación con corazón; sondaje de testigo
 core sample: n.f. muestra de sondaje, m. testigo tubular
 core sampler: n.m. sacanúcleos
coring: n.f. extracción de muestras
corner: n.f. esquina
corporate: a. corporativo, de la corporación; social, de la sociedad
corporation: n.f. corporación, sociedad anónima

correct: v. corregir, remediar
correction: n.f. corrección
corrective measures: medidas correctivas o correctoras
corrode: v. corroer(se)
corrosion: n.f. corrosión
corrosion-resistant: resistente a la corrosión
corrosive: a. corrosivo, va; corroyente
corrosives: n.m. corrosivos
corrosivity: n.f. corrosividad
cost: n.m. costo; pl. costos, gastos
cost accounting: n.f. contabilidad o contaduría de costos
cost-effective: a. eficaz en función de costos
cost of living: n.m. costo de vida
cost plus insurance and freight (CIF): costo, seguro y flete (CSP)
count: v. contar
count: n.f. cuenta; m. recuento, contaje
counteract: v. contrarrestar
country: n.m. país
county: n.m. condado
couple: v. acoplar, enganchar, juntar
coupling: n.m. acoplamiento, unión, empalme, acopladura
course (route): n.m. recorrido, curso; f. ruta
cover: n.f. cobertura; cubierta, tapa
cover material: n.m. material de cobertura o de cubierta
daily cover: n.f. cobertura diaria
final cover: n.f. cobertura final o de clausura
intermediate cover seal: sello intermediario de material de cobertura
cover: v. cubrir, recubrir; tapar
crack: v. (earth) agrietar
cracking: n.m. (earth) agrietamiento
cradle to grave responsibility: responsabilidad total y eterna
crane: n.f. grúa; (Arg) guinche
overhead crane: n.f. grúa aérea, grúa de puente; m. puente grúa
crank: m.f. manivela, cigüeña; m. manubrio
crankcase: n.m. cárter; f. caja del cigüeñal
crankcase oil: n.m. aceite del cárter
cranking system: n.m. sistema del cigüeñal
crankshaft: n.m. cigüeñal, árbol del motor; eje cigüeñal
crankshaft gear: n.m. engranaje del cigüeñal
crawler tractor: n.m. tractor de orugas
creek: n.m. arroyo, riachuelo, riacho
crew: n.f. dotación, personal, equipo de trabajadores
critical: a. crítico, ca
critical path method: n.m. método de paso crítico
cross: v. cruzar, atravesar
cross-contamination: contaminación entre el producto dado y otros *cr. Tam. cruzada*
cross drainage: n.m. drenaje transversal
cross section: n.m. corte transversal
crossing: n.m. cruce (intersection); paso a nivel (railroad)
crown: n.f. (of road) corona, parte abovedada
crude: a. crudo, da; bruto, ta
crush: v. aplastar; triturar, quebrar
crusher: n.f. trituradora, quebradora
crushing: n.f. trituración, quebradura; m. aplastamiento
cubic: a. cúbico, ca
cubic foot: n.m. pie cúbico
cubic meter: n.m. metro cúbico
cubic yard: n.f. yarda cúbica
cullet: n.m. cristal desechado
culvert: n.f. alcantarilla
curb: n.m. (of sidewalk) cordón, brocal, contén, encintado, sardinel, bordillo; f. solera
curb kilometer: n.m. kilómetro de cordón (street sweeping)
curbside pick-up: n.f. recogida o recolección del cordón de la acera
current: n.f. corriente; a. corriente, actual
alternating current: corriente alterna
direct current: corriente directa, corriente continua
curve: n.f. curva
custom-built: a. fabricado a la orden, fabricado según especificaciones del comprador
customer: n.m. cliente; pl. clientela
customs: n.f. aduana
customs duties: n.m. derechos de aduana o aduaneros; aranceles, derechos arancelarios
cut and fill (embankment): n.m. desmonte y terraplén, corte y relleno

cuttings: n.pl. f. cortaduras, recortes de poda; m. recortes; (metal) f.
virutas
cyanide: n.m. cianuro
cyanuric: a. cianúrico,ca
cycle: n.m. ciclo
cyclic: a. cíclico,ca
cyclone: n.m. (weather) ciclón, huracán
cyclone dust collector: n.m. separador centrífugo; colector centrífugo
de polvo
cyclone fence: n.m. cercado de malla metálica
cylinder: n.m. cilindro
cylinder head: n.f. tapa del cilindro; m. fondo del cilindro
cylinder liner: n.m. forro del cilindro; f. camisa interior del cilin-
dro

daily: a. diario,ria; adv. diariamente, a diario
daily cover: n.f. cobertura o cubierta diaria
daily schedule: n.m. programa diario
damage: n.m. daño, desperfecto; f. avería
damage: v. dañar, averiar
damages: n.pl. daños y perjuicios
damp: a. húmedo,da
damper: n.m. regulador de tiro; (vibration) amortiguador
dampness: n.f. humedad
dashboard: n.m. (auto) tablero de instrumentos
data: n.pl. m. datos, antecedentes; f. informaciones
data processing: n.m. procesamiento de datos
data retrieval: n.f. recuperación de datos
day: n.m. día
working day: n.m. día laboral
day shift: n.m. turno de día o diurno
daylight: n.f. luz de día, luz natural
daylight hours: n.f. horas diurnas
dead: a. muerto,ta; inactivo,va
dead animals: n.m. animales muertos
dead end street: n.f. calle sin salida
dead load: n.f. carga muerta o fija o permanente; m. peso propio
dead storage: n.m. almacenaje o almacenamiento inactivo
dead weight: n.m. peso muerto
deadline: n.f. fecha tope, fecha límite
deerate: v. desaerear, desairear, desecar
deeration: n.f. desaeración, desaireación
deerator: n.m. desaerador, desaireador
debris: n.m. (building) escombros, desechos, cascotes; (street) f.
barreduras, basuras y papeles
decant: v. decantar
decantation: n.f. decantación
decay: n.f. podrición; deterioro, descomposición, degradación,
desintegración
decay: v. podrirse; descomponerse, degradarse, desintegrarse,
deteriorarse
decompose: v. descomponer(se)
decomposition: n.f. descomposición
decontamination: n.f. descontaminación
decontaminate: v. descontaminar
deep: a. profundo,da; hondo,da
deep-well injection: n.f. inyección en pozo profundo
deep-well disposal: n.f. disposición final en pozo profundo
deep-ocean dumping: n.m. botado en alta mar
defect: n.m. defecto; f. imperfección
defective: a. defectuoso,sa
deficiency: n.f. deficiencia, falta
deforest: v. desboscar, desforestar, deforestar
deforestation: n.f. deforestación, desforestación, desarborización
defrost: v. descongelar
defroster: n.m. descongelador
defrosting: n.f. descongelación
degasification: n.f. degasificación
degasifier: n.m. degasificador
degasify: v. degasificar
degradation: n.f. degradación
degrade: v. degradar
degraders: n.m.pl. degradadores
degrease: v. desengrasar
degreasing: n.m. desgrase
degree: n.m. grado
dehumidifier: n.m. deshumecedor, deshumectador
dehumidify: v. deshumecer, deshumidificar, deshumectar
dehydrate: v. deshidratar
dehydrating agent: n.m. agente deshidratador
dehydration: n.f. deshidratación
delay: n.f. demora; m. atraso, retraso
deleterious: a. deletéreo,rea; nocivo,va; perjudicial
demolish: v. demoler, demoler, arrasar, destruir
demolition: n.f. demolición, destrucción; m. derribo, arrasamiento

demurrage: n.f. demora, sobrestadía
dense: a. denso,sa; compacto,ta; espeso,sa
densification: n.f. densificación
density: n.f. densidad, espesura; (traffic) densidad, intensidad
dent: n.f. abolladura
dent: v. abollar
denudation: n.f. denudación
deposit: n.m. depósito
deposit: v. depositar; (chem) precipitar
deposition: n.f. deposición; m. depósito
depreciate: v. depreciar(se)
depreciation: n.f. depreciación
depth: n.f. profundidad, fondo
derailment: n.m. descarrilamiento
desalination: n.f. desalinización, desalación
desiccant: n.m. & a. desecante
desiccate: v. desecar
design: v. diseñar, proyectar, delinear, estudiar
design: n.m. diseño, proyecto, estudio
design capacity: n.f. capacidad proyectada, capacidad presurida
design criteria: n.m. criterios de proyección
design tolerances: n.f. tolerancias proyectadas
desilt: v. deslodar, desenlodar, deslamar, desembarcar
desilting: n.m. desbarre, desenlodamiento, desenlame, desembarque
desilting basin: n.m. estanque de sedimentación
desorption: n.f. desorción, desabsorción
destabilize: v. inestabilizar
detail: n.m. detalle
detail: v. detallar
detailed plans: planos detallados, dibujos en detalle
detailed specifications: especificaciones detalladas
detect: v. detectar
detector: n.m. detector; indicador
detention basin: n.m. depósito o embalse de detención o retención
detour: n.m. desvío, f. desviación
detoxification: n.f. desintoxicación
detoxify: v. desintoxicar
detrimental: a. perjudicial; dañino,na; nocivo,va
develop: v. desarrollar; (photo) revelar; producir; aprovechar; fomentar
development: n.m. desarrollo, fomento, desenvolvimiento; (photo)
revelamiento; producción; aprovechamiento
deviate: v. desviar(se)
deviation: n.f. desviación
device: n.m. dispositivo, aparato, artefacto
safety device: dispositivo de seguridad
dewater: v. desecar, deshidratar; desaguar; drenar
dewatered: a. desaguado,da; desecado,da, deshidratado,da
dewatered sediment LIQWACON solidified: n.m. sedimento desecado y solidificado mediante el proceso LIQWACON
dewatered sludge: n.m. cieno o barro desecado o desaguado
dewatering: n.f. desecación; desagüe, drenaje
diagram: n.m. diagrama, gráfico, esquema; f. gráfica
diagrammatic: a. esquemático,ca
diameter: n.m. diámetro
diesel engine: n.m. motor diesel
diesel fuel: n.m. combustible diesel
diesel oil: n.m. aceite o combustible diesel, gasoil
differential: n.m. & a. diferencial
differential housing: n.f. caja del diferencial
differential settlement: n.m. asentamiento diferencial o desigual
dig: v. excavar, cavar
digested sludge: n.m. cieno o barro dirigido
digester: n.m. digestor
digester gas: n.m. gas del tanque digestor o de digestión
digestion: n.f. digestión
digestion tank: n.m. tanque digestor
digging: n.f. excavación, cavadura
dike: n.m. dique, atajo, ribero, bordo, malecón
dike: v. endicar, atajar; construir una terra que actúa como dique
dilute: v. diluir, desleír, aclarar
dilution: n.f. dilución; m. desleimiento

dimension: v. dimensionar
 dimension: n.f. dimensión
 dimensional: a. dimensional
 direct: a. directo, ta; derecho, cha
 direct current (DC): n.f. corriente directa; corriente continua (c.c.)
 direct feed incinerator: n.m. incinerador de carga directa
 direct flow: n.m. flujo directo
 direction: n.f. dirección, sentido
 directional: a. direccional
 directional sign: n.f. señal de dirección o sentido
 dirt: n.f. tierra; suciedad, mugre; m. polvo, escombros
 dirt road: n.m. camino de tierra
 disalignment: n.m. desalineamiento
 disassemble: v. desarmar, desmontar, desensanblar
 disaster: n.m. desastre
 natural disaster: n.m. desastre natural; f. catástrofe natural
 disbursement: n.m. desembolso
 discard: v. descartar, desechar
 discarding: n.m. descarte
 discards: n.m.pl. desechos, artículos descartados o desechados
 discharge: v. descargar, desembocar; (employee) despedir
 discharge: n.m. descarga, caudal, gasto, vaciado
 discharge area: n.f. área del caudal
 discharge capacity: n.m. caudal máximo
 random discharge of toxic wastes: n.m. vaciado incontrolado de residuos tóxicos
 disconnect: v. desconectar, desacoplar, desenganchar
 disease: n.f. enfermedad
 disengage: v. desengranar; desembragar; desenganchar
 disinfect: v. desinfectar
 disinfectant: n.m. & a. desinfectante
 disintegration: n.f. desagregación, desintegración, disgregación
 disk: n.m. disco
 disk brake: n.m. freno de discos
 dismantle: v. dismantelar, desarmar, desmontar
 dismantling: n.m. dismantelamiento, desmontaje, desarmado
 dispatcher: n.m. despachador
 dispenser pump: n.m. surtidor de gasolina, bomba medidora de gasolina
 displacement: n.m. desplazamiento; f. desviación
 disposable: a. desechable, descartable
 disposal (of wastes): n.f. disposición final de residuos o desechos
 disposal cell: n.f. celda activa
 disposal method: n.m. método o modo de disposición final
 disposal operation: n.f. operación de disposición final
 disposal site: n.m. sitio o lugar de disposición final; predios para disposición final
 deep-well disposal: n.f. disposición en pozo profundo
 dispose (of): v. disponer de, eliminar
 dissipate: v. disipar
 dissolve: v. disolver
 dissolved oxygen (DO): n.m. oxígeno disuelto
 dissolved solids: n.pl.m. sólidos disueltos
 distance: n.f. distancia
 distillate: n.m. destilado
 distillation: n.f. destilación
 distillery wastes: n.m. residuos o desechos de destilería
 distribute: v. distribuir; esparcir
 ditch: n.f. zanja, trinchera; (road) cuneta; (irrig) acequia, reguera; m. foso
 divergent: a. divergente
 diversion: n.f. desviación; m. desvío, desvío
 diversion channel: n.m. canal desviador o de desviación
 diversion ditch: n.f. zanja desviadora
 divert: v. desviar
 dock: n.m. (naut) muelle, dique, dársena
 loading dock (for trucks): plataforma de carga
 document: n.m. documento
 domestic: a. doméstico, ca
 domestic animal: n.m. animal doméstico
 domestic sewage: n.f. aguas negras, aguas residuales domésticas
 domestic wastes or refuse: n.m. desechos o residuos domésticos o domiciliarios

double: a. doble
 double-acting: a. de doble efecto
 down: a. descendente; adv. hacia abajo
 down time: n.m. período de paralización, período de paro
 down-hole: a. hoyoabajo
 downstream: a. aguas abajo, río abajo
 downtown: n. centro de la ciudad
 downward: a. descendente; adv. hacia abajo
 downwind: a. viento abajo; con el viento, a favor del viento
 dozer: n.f. topadora, bulldozer
 dozer blade: n.f. cuchara, pala, cuchilla de la topadora
 track dozer: n.f. topadora o m. bulldozer con orugas
 draft: v. dibujar; (document) redactar en forma preliminar
 draft: n. (com) m. giro, f. letra de cambio; (document) m. borrador,
 proyecto preliminar; (air) f. corriente
 draftsman: n.m. dibujante
 drag: v. arrastrar, tirar; (naut) dragar
 drag: n.f. resistencia
 drag chain: cadena para transportador de arrastre
 drag conveyor: transportador de cadena sin fin o de arrastre
 dragline: n. cable de arrastre; dragalínea, dragalina
 excavator dragline: n.f. draga cavadora, excavadora de cable de
 tracción, grúa de arrastre
 drain: v. drenar, desaguar, avenar, desagotar; purgar, sangrar;
 escurrir(se)
 drain: n.m. desagüe, desaguadero, albedén, albañal; f. alcantarilla
 drain cock: n.m. grifo de desagüe; f. llave de purga o decantación
 drainage: n.m. drenaje, desagüe, avenamiento
 drainage area: n.f. área de drenaje; área de escurrimiento
 drainage culvert: n.f. alcantarilla de drenaje
 drainage ditch: n.f. zanja o cuneta de desagüe
 drainage system: n.m. sistema de drenaje
 drainage well: pozo de drenaje
 drained: a. drenado, da; avenado, da
 draining: n.m. desagüe, avenamiento
 drainpipe: n.m. tubo de desagüe, caño de drenaje
 drawn grader: n.f. niveladora de arrastre
 dredge: v. dragar
 dredging: n.m. dragado
 drier: n.f. secadora; m. desecador
 drift barrier: barrera de detrito; barrera para basuras
 drill: v. perforar, sondar, barrenar
 drilling: n.f. perforación; m. sondaje, barrenado
 drinking water: n.f. agua potable
 drip irrigation: n.m. riego por goteo
 drive: v. (auto) conducir, manejar, guiar; (machine) impulsar, accionar;
 (pilings) hincar
 drive to refusal: v. hincar a rechazo
 drive: n.f. transmisión, propulsión; m. accionamiento
 drive gear: n.m. engranaje impulsor o transmisor
 drive shaft: n.m. eje motor
 driver: n.m. (auto) conductor, chofer, operario; (truck) camionero
 (tractor) tractorista
 driver's license: n.f. licencia de conducción o de manejar
 driving: n.f. (auto) conducción; m. manejo
 drought: n.f. sequía, seca
 drum: n.m. tambor
 55-gallon drum: n.m. tambor de 200 litros
 drummed industrial wastes: n. residuos industriales colocados en tambores
 dry: v. secar, resecar, desecar
 dry: a. seco, ca; árido, da
 dry season: n.f. estación o temporada de sequía o de seca
 dry suspended solids: n.m. sólidos en suspensión secos
 dry ton: n.f. tonelada seca
 dry weight: n.m. peso seco
 drying bed: n.m. lecho secador; f. área de secado
 drying medium: medio para desecar
 dual: a. doble

dump: v. botar, tirar, arrojar; verter, vaciar, voltear
dump: n.m. botadero, vertedero, tiradero, vaciadero, basurero, basural
burning dump: n.m. botadero, etc. incendiado
dump hopper: n.f. tolva de descarga
open dump: n.m. botadero, etc. al aire libre o a la intemperie
dump trailer: n.m. remolque volcador
dump truck: n.m. camión de volteo, camión volquete
dumping: n.f. botadura, vaciadura, vaciada, botada, arrojada, descarga; m.
volteo, vuelco
dumping chute: n.f. canaleta de descarga
illegal dumping: n.m. botadura, etc. ilegal
ocean dumping: n.m. botadura o vaciadura al mar
unauthorized dumping: n.m. botadura clandestina
durable: a. duradero,ra; durable
dust: n.m. polvo
dust collector: n.m. atrapador o captador de polvo
dust control: n.m. control de polvaredas
kiln dust: n.m. polvo del horno de cemento
dust filter: n.m. filtro de polvo
dust storm: n.f. tormenta de polvo
dustproof: a. a prueba de polvo; hermético al polvo
duties: n.m.pl. derechos de aduana
duty-free: libre de derechos
dwelling: n.f. vivienda
dye wastes: n.m. residuos de tintorería
dynamic: a. dinámico,ca
DWT (dead weight tons): n.f.pl. toneladas peso muerto

earn: v. ganar; (interest) devengar
 earnings: n.pl.f. ganancias, utilidades; m. ingresos; f. entrada
 earth: n.f. tierra
 earth dam, earth-fill dam: dique o presa de tierra o de terraplén
 earth fill: n.m. terraplén, relleno
 earth moving: n.m. movimiento de tierra, traslado de tierra
 earth tremor: n.m. temblor
 earthfilling (in layers): n.m. terrapienado por capas
 earthquake: n.m. terremoto, temblor de tierra
 earthen material: n.m. material térreo
 earthwork: n.m. movimiento o obra de tierra; terraplén
 easement: n.f. servidumbre
 ease-of-handling: n.f. facilidad de manejo
 east: n.m. este; a. del este; adv. al este
 eastern: a. del este, oriental
 eave (of building): alero (de un edificio)
 eccentric: a. excéntrico,ca
 eccentric load: n.f. carga excéntrica o descentrada
 ecological: a. ecológico,ca
 ecologist: n.m. ecólogo
 ecology: n.f. ecología
 economics: n.f. economía (study of)
 economy: n.f. economía
 edge: n.m. canto, borde, reborde
 effect: n.m. efecto
 effective: a. eficaz; efectivo,va
 effective permeability: n.f. permeabilidad efectiva
 efficiency: n.f. eficiencia, eficacia
 efficient: a. eficiente, eficaz
 effluent: n.m. efluente, derrame; a. efluente, escurrente
 effluent seepage: n.f. filtración efluente, percolación efluente
 eject: v. expeler, eyectar
 ejection: n.f. eyección, expulsión
 ejection blade: n.f. cuchilla o pala de eyección
 ejector: n.m. eyector
 elastic: a. elástico,ca
 elastic limit: n.m. límite de elasticidad
 elasticity: n.f. elasticidad
 electric(al): a. eléctrico,ca
 electric current: n.f. corriente eléctrica
 electric(al) energy: n.f. energía eléctrica
 electrical fittings: n.m. accesorios o efectos eléctricos
 electrical malfunction: n.m. defecto eléctrico; f. falla eléctrica
 electric power: n.f. energía, fuerza o potencia eléctrica
 electrical short: n.m. corto circuito
 electricity: n.f. electricidad
 electronic data processing (EDP): n.m. procesamiento electrónico de datos
 electrolysis: n.f. electrólisis
 electro-oxidation: n.f. electrooxidación
 electronic: a. electrónico,ca
 electronics: n.f. electrónica
 electrostatic: a. electroestático,ca; electrostático,ca
 electrostatic precipitation: n.f. precipitación electrostática
 electrostatic precipitator: n.m. precipitador electrostático
 element: n.m. elemento
 elevation: n.f. elevación, cota; altura, altitud; m. alto
 difference in elevation: n.f. desnivelación; m. desnivel
 embark: v. terraplenar; encauzar con un dique; construir un muro de contención
 embankment: n.m. terraplén, terrapienado; muro de contención; dique (levee)
 emergency: n.f. emergencia
 emergency brake: n.m. freno de emergencia o de seguridad
 emergency shut-down: n.f. parada de emergencia o urgencia
 emission: n.f. emisión
 emission standard: norma o standard de emisión
 emissivity: n.f. emisividad
 employ: v. emplear
 employee: n.m. & f. empleado, empleada
 full-time employee: empleado,da de tiempo completo
 part-time employee: empleado,da de tiempo parcial
 employer: n.m. empleador
 employment: n.m. empleo, trabajo; f. ocupación

empty: a. vacío, cía
 empty: v. vaciar
 emulsifier: n.m. emulsor; f. emulsificadora
 emulsifier: a. emulsificante, emulsivo, va
 emulsify: v. emulsificar, emulsionar
 emulsifying agent: n.m. agente emulsificante
 emulsion: n.f. emulsión
 enamel (paint): n.m. pintura al esmalte o vidriada
 encapsulate: v. encapsular
 encapsulated: a. encapsulado, da
 encapsulation: n.f. encapsulación
 encapsulation pit (for sludge burial): n.m. estanque de encapsulación
 enclose: v. encerrar; adjuntar (annexes)
 enclosed: a. encerrado, da; adjuntado, da (annexes)
 enclosure: n.m. encierro; cerco, cercado (fenced); recinto (space)
 end: a. final
 end elevation: n.f. elevación final; alzada extrema
 end product: n.m. producto final
 end use: n.m. uso final; f. utilización final
 end-use grading: n.f. nivelación necesaria para el uso final del terreno
 end: n.m. cabo, extremo; f. extremidad, punta
 endless: a. sin fin
 energy: n.f. energía
 energy-intensive: que requiere gran cantidad de energía
 energy recovery: n.f. recuperación de energía
 energy source: n.f. fuente energética, fuente de energía
 enforce: v. hacer cumplir (a law)
 engine: n.m. motor; f. máquina
 engine block: n.m. bloque del motor
 engine oil: n.m. aceite de motor; aceite para máquinas
 diesel engine: n.m. motor diesel
 engineer: n.m. & f. ingeniero, ingeniera
 chemical engineer: ingeniero químico
 civil engineer: ingeniero civil
 industrial engineer: ingeniero industrial
 mechanical engineer: ingeniero mecánico
 engineer: v. diseñar, conceptualizar, elaborar, proyectar, ingeniar
 engineering: n.f. ingeniería
 entrance: n.f. entrada
 entrance gate: n.m. portón de entrada
 entry: n.f. entrada; (acct) asiento, partida
 non-slip entry (truck cab): n.f. entrada no resbaladiza
 environment: n.m. ambiente, medio ambiente
 environmental: a. ambiental
 environmental acceptability: n.f. aceptabilidad ambiental
 environmental control: n.m. control ambiental
 environmental engineering: n.f. ingeniería ambiental
 Environmental Protection Agency (EPA): Dirección General u Oficina de
 Protección Ambiental o de Protección del Ambiente
 environmental impact: n.m. impacto ambiental
 environmental pollution: n.f. contaminación o polución ambiental
 environmental protection: n.f. protección del medio ambiente
 environmentally: adv. ambientalmente
 environmentally acceptable: ambientalmente aceptable
 environmentally compatible: ambientalmente compatible
 environmentally-sound manner: de manera ambientalmente sana
 environs: n.pl.m. alrededores; f. cercanías
 epidemic: n.f. epidemia
 equalization lagoon: n.m. estanque igualador
 equalizer: n.f. igualadora; m. igualador; a. igualador, ra
 equalizer tank: n.m. tanque igualador
 equidistance: n.f. equidistancia
 equidistant: a. equidistante
 equip: v. equipar
 equipment: n.m. equipo, equipos
 equipment yard: n.f. playa de equipo; m. patio de maniobras para equipo
 equivalent: n.m. & a. equivalente
 erect: v. edificar, construir, erigir; (machine) instalar, montar

erode: v. erosionar; desgastar
 erosion: n.f. erosión; m. desgaste
 erosion control: n.m. control de la erosión
 estimate: v. estimar; presupuestar; apreciar
 estimate: n.m. presupuesto; estimado; f. estimación; apreciación
 evacuate: v. evacuar, vaciar
 evaluate: v. evaluar, valuar, valorar, valorar; estimar, calcular
 evaluation: n.f. evaluación, valorización, valuación; estimación; m.
 cálculo
 evaporate: v. evaporar(se), evaporizar(se)
 evaporation: n.f. evaporación
 evaporation lagoon: n.m. estanque para evaporación
 evaporation rate: n.f. tasa o velocidad de evaporación
 evaporator: n.m. evaporador
 evaporize: v. vaporizar
 excavate: v. excavar, cavar
 excavation: n.f. excavación, cavadura
 excavator: n.m. & f. excavador, excavadora, cavadora
 excess: n.m. exceso, sobrante; superávit
 excessive: a. excesivo, va
 exhaust: n.m. (machine) escape
 exhaust leaks: n.f. pérdidas en el escape
 exhaust manifold: n.m. múltiple de escape
 exhaust pipe: n.m. tubo o caño de escape
 exhaust silencer: n.m. silenciador de escape
 exhaust venting: n.m. venteo por aspiración
 expenditure: n.f. erogación; m. desembolso, gasto
 expenses: n.m.pl. gastos
 expense account: n.f. cuenta de gastos
 experiment: v. experimentar
 experiment: n.m. experimento, ensayo, prueba
 experimental: a. experimental
 expert: n.m. experto, perito, técnico
 expert: a. experto, ta; experimentado, da
 explode: v. estallar, reventar, volar; explotar
 explosibility: n.f. estallabilidad
 explosible: a. estallable
 explosion: n.f. explosión, reventón
 explosive: n.m. explosivo; a. explosivo, va
 explosive wastes: n.m. residuos explosivos
 export: v. exportar
 export: n.f. exportación
 exposed: a. expuesto, ta; descubierto, ta; a la intemperie
 exposure: n.f. exposición
 expressway: n.m. supercarretera, camino de acceso limitado
 appropriate: v. expropiar, enajenar
 expropriation: n.f. expropiación, enajenación
 extension: n.f. extensión
 exterior: a. exterior, externo, na
 external: a. externo, na; ajeno, na
 extinguish: v. extinguir, apagar
 extinguisher: n.m. extintor, extinguidor, apagador, matafuego
 extinguishing: n.f. extinción, apaganiento
 extrude: v. estrujar, exprimir, estirar por presión
 extrusion: n.m. estiramiento por presión
 exude: v. exudar

*exceedances (permit) = excedencias
 sobrepases del ~~de~~ permiso
 veces que se excedieron el permiso*

face: n.m. frente
 work(ing) face: n.m. frente de trabajo
 facilities: n.f.pl. instalaciones
 factor: n.m. factor
 safety factor: n.m. factor o coeficiente de seguridad
 factory: n.f. fábrica
 fail: v. (mech) fallar; (project) fracasar
 failure: n.f. (mech) falla, rotura; m. fallo; (project) fracaso
 fan: n.m. ventilador, soplador
 fan-cooled: a. enfriado por ventilador
 fast: a. rápido,da; veloz; ligero,ra
 fatal: a. fatal
 fatigue: n.f. fatiga
 fault: n.f. (geol) falla, dislocación; (culpable) culpabilidad
 feasibility: n.f. factibilidad
 feasibility study: n.m. estudio de factibilidad
 feasible: a. factible, viable
 federal: a. federal
 Federal Resource Conservation and Recovery Act: Decreto Federal sobre
 Conservación y Recuperación de Recursos
 fee: n.m. (consulting) honorarios; (consular) derechos
 feed: v. alimentar; cargar
 feed: n.f. alimentación; carga
 feeder: n.m. alimentador, cargador; (road) camino paralelo y de entrada a
 las autopistas; (river) afluyente
 feet: n.m.pl. pies; (mech) f. patas
 felt: n.m. fieltro
 fence: n.m. cerco, cercado; f. cerca, valla; (wire strand) m. alambrado
 cyclone fence: cerco de alambre romboidal o de malla metálica
 peripheral fence: cerco perimetral
 fence post: n.m. poste de alambrado, poste de cerco
 barbed-wire fence: n.m. cerco de alambre de púas
 fence: v. cercar, vallar; (with wire strands) alambrar
 fencing: n.m. cercado, vallado; alambrado
 litter control fencing: n.m. vallado móvil para controlar basuras y
 papeles que se vuelan en el relleno sanitario
 fender: n.m. (auto) guardabarro
 ferric: a. férrico,ca
 ferrous: a. ferroso,sa; férreo,rea
 ferrous materials: n.m. materiales ferrosos
 fertilizer: n.m. fertilizante, abono
 fiber: n.f. fibra
 fiber cement: n.m. fibrocemento
 fiberglass: n.f. fibra de vidrio; m. vidrio fibroso
 fibrous: a. fibroso,sa
 field: n.m. campo; terreno, potrero
 field analysis: n.m. análisis de campo
 field data: n.m.pl. datos de campo
 field personnel: n.m. personal de campo
 field representative: n.m. representante de campo
 field test: n.f. prueba de campo; m. ensayo de campo
 figures: n.f.pl. cifras
 file: n.f. (tool) lima; (office) archivo
 file: v. (papers) archivar; (tooling) limar
 fill: n.m. relleno, terraplén
 fill: v. llenar, rellenar, terraplenar
 filled: a. relleno,da; llenado,da
 filling: n.m. relleno, terraplén
 filter: v. filtrar(se)
 filter: n.m. filtro
 filter bed: n.m. lecho filtrante o percolador o de filtración
 filter cartridge: n.m. cartucho filtrante
 filter clay: n.f. arcilla de filtro
 filter drain: n.m. desagüe filtrante
 filter rate: n.f. tasa de filtración
 filtered: a. filtrado,da
 filtering: n.f. filtración; a. filtrante
 filtrate: n.m. filtrado
 filtrate: v. filtrar(se)
 filtration: n.f. filtración, percolación; m. filtraje; f. lixiviación
 filtration loss: n.f. pérdida por filtración
 filtration method: n.m. método de filtración
 filtration rate: n.f. tasa de filtración

final: a. final, terminal; definitivo,va; conclusivo,va
 final closure: n.m. cierre completo y definitivo
 final cover: n.f. cobertura o cubierta final
 final disposal: n.f. disposición final
 final drive: (auto) n.m. mando o f. transmisión final
 final sedimentation: n.f. sedimentación final
 final settling tank: n.m. tanque de sedimentación final
 finance: v. financiar, costear, suministrar fondos para
 financial: a. financiero,ra
 financial statement: n.m. estado financiero
 financing: n.m. financiamiento
 fine: n.f. multa
 fine: a. fino,na; refinado,da; puro,ra
 fine gravel: n.f. grava fina
 fine mesh: n.f. malla fina
 fine sand: n.f. arena fina
 fine screen: n.f. criba fina
 fines: n.m.pl. (geol) finos
 fire: n.m. fuego; incendio
 fire: v. cargar, alimentar (boiler); tirar, disparar (weapon); (employee) despedir
 fire alarm: n.f. alarma de incendio
 fire engine: n.f. autobomba de incendios; camión de bomberos
 fire extinguisher: n.m. extinguidor de incendios, extintor, matafuego
 fire foam: n.f. espuma apagadora
 fire hazard: n.m. peligro o riesgo de incendio
 fire hose: n.f. manguera para incendios
 fire hydrant: n.f. boca de incendio; m. hidrante de incendio
 fire insurance: n.m. seguro contra incendios
 fire lane: n.m. cortafuego, guardafuego
 fire-retardant: n.m. retardador de incendios
 firefighter: n.m. bombero
 fireproof: a. a prueba de fuego, a prueba de incendio, incombustible
 fireproof: v. incombustibilizar; revestir con material incombustible
 first: a. primero,ra
 first aid: n.m.pl. primeros auxilios
 first-aid kit: n.m. botiquín de primeros auxilios
 first floor: (US) n.m. primer piso, planta baja
 fiscal: a. fiscal
 fiscal year: n.m. año fiscal, ejercicio, año económico
 fission: n.f. fisión
 fit: v. ajustar, adaptar, adecuar, acondicionar
 fitting: n.m. ajuste, encaje, ajustaje
 fittings: n.m.pl. herrajes; accesorios, ajustes, aditamentos
 fixation: n.f. fijación
 chemical fixation: n.f. fijación química
 fixed: a. fijo,ja; estacionario,ria; determinado,da
 fixed charges: n.m. cargos o gastos fijos
 fixed-blade fan: n.m. ventilador de aletas fijas
 fixture: n.m. accesorio, dispositivo, aparato
 flake: n.f. escama, laminilla
 flake: v. formar escamas o laminillas
 flame: n.f. llama, flama
 flammability: n.f. inflamabilidad
 flammable: a. inflamable
 flammable wastes: n.m. residuos o desechos inflamables
 flange: n.f. (tub) brida, platillo; (mech) pestaña, reborde, resalte
 flange fittings: accesorios de brida
 flange: v. bridar, rebordar, enbridar, bordear
 flanged: a. enbridado,da; a brida
 flanged pipe: n.f. tubería enbridada; cañería bridada
 flare: v. acampar(se), ensarcharse; quemar gas natural, llamear
 flash: n.m. destello
 flash boiler: n.f. caldera instantánea o rápida
 flash drier: n.m. desecador instantáneo
 flash flood: n.f. inundación repentina
 flash point: n.m. punto inflamador o de inflamación
 flashing light: n.f. luz destellante
 flat: a. plano,na; chato,ta; llano,na; (paint) mate
 flat-bed trailer: n.m. remolque plano o de plataforma
 flat-bed truck: n.m. camión plano o de plataforma
 flat tire: n.f. llanta desinflada, (Arg) goma pinchada
 flatten: v. achatar, allanar, aplanar

flaw: n.m. defecto; f. imperfección
fleet: n.f. flota
fleet of trucks: n.f. flota o brigada de camiones
flexibility: n.f. flexibilidad
flexible: a. flexible, doblable
flexible hose (flexi-hose): n.f. manguera flexible
float: n.m. flotador
float: v. flotar
floating: a. flotante; n.f. flotación; m. flotaje
floating cover: n.f. cubierta flotante
floculant: n.m. floculante
floculate: v. flocular
floculating tank: n.m. tanque de floculación
floculation: n.f. floculación
floculation limit: n.m. límite de floculación
floculation ratio: n.f. relación de floculación
floculator: n.m. floculador
flood: v. inundar(se), anegar(se)
flood: n.f. inundación, creciente, crecida
flood control: n.m. control de inundaciones o crecidas
flood control measures: n.f. medidas defensivas contra inundaciones
flood plain: n.f. zona o área de inundación
flooded: a. inundado, da
flooding: n.f. inundación; m. aniego
floodlight: n.f. lámpara proyectante o inundante
floodprone area: n.f. zona inundable, tierras anegadizas
floor: n.m. piso, suelo; fondo
cell floor: n.m. fondo de la celda
flotation: n.f. flotación
flow: n.m. flujo, caudal; f. corriente
flow: v. fluir, correr
fluctuate: v. fluctuar
fluctuation: n.f. fluctuación
flue: n.m. humero, conducto de humo
flue gas: n.m. gas efluente de combustión, gas de combustión
fluid: n.m. & a. fluido, líquido
resident fluid: n.m. fluido existente en una zona
fluidity: n.f. fluidez
fluorescent: a. fluorescente
fluoride: n.m. fluoruro
flush: v. baldear, inundar, limpiar con chorros de agua
flushing: n.m. baldeo; f. inuxiación, limpieza con chorros de agua
fly ash: n.f. ceniza volante o ceniza muy fina
fly ash collector: n.m. colector de ceniza volante
flywheel: n.m. volante
foam: n.f. espuma
FOB (free on board): libre a bordo (LAE)
focal: a. focal
fog: n.f. neblina, niebla, bruma
foglight: (auto) n.m. faro para niebla o neblina
food: n.m. alimento
food processing wastes: n.m. residuos del procesamiento de alimentos
foot: n.m. pie, f. pata; extremo inferior, f. base
footbridge: n.m. puente de peatones
foothills: n.f.pl. estribaciones; colinas
FOPS - falling object protective structure: (on bulldozers) n.f. estructura protectora contra objetos que vuelan o que se caen
force: v. forzar, obligar; inyectar
force: n.f. fuerza
force majeure: n.f. fuerza mayor
forecast: n.m. pronóstico
forecast: v. pronosticar
foreign: a. extranjero, ra; foráneo, nea; del exterior
foreman: n.m. capataz, encargado
forest: n.m. bosque; f. foresta
forestation: n.f. forestación; arborización
fork (in road): n.f. bifurcación
forklift: n.m. montacargas, tractor con horquillas
form: n.f. forma; m. formulario
formation: n.f. (geol) formación
formula: n.f. fórmula
forward: a. delantero, ra; adv. adelante
forward: v. remitir, enviar, transmitir
fossil fuel: n.m. combustible fósil

foundation (of building): n.m. cimiento; f. cimentación
four-speed transmission: n.f. transmisión de cuatro velocidades
four-wheel drive: n.f. impulsión por cuatro ruedas
fractional: a. fraccionario, ría; fraccionado, da
fragmentation: n.f. fragmentación
frame: n.f. armazón, estructura, esqueleto (building); m. marco (door);
(auto) chasis
free: a. libre (de); exento, ta
free port: n.m. puerto libre, puerto franco
freeway: n.f. autopista; carretera de acceso limitado
freeze: v. congelar(se), helar(se)
freeze: n.f. helada
freeze crystallization: n.f. cristalización por congelamiento
freeze-drying: n.m. desecado por congelamiento
freight: n.m. flete; carga
freight: v. fletar, transportar
frequency: n.f. frecuencia
frequency of collection: n.f. frecuencia o periodicidad de recolección
fresh water: n.f. agua dulce
fresh water aquifers: n.m. acuíferos de agua dulce
friction: n.f. fricción, rozadura; m. rozamiento, frotamiento, roce
front: a. delantero, ra
front loader: n.m. tractor de carga frontal
front-end loader truck: n.m. camión de carga frontal
frost: n.f. helada, escarcha
frozen: a. helado, da; congelado, da
fruit cannery wastes: residuos del enlatado de frutas
fuel: n.m. combustible
fuel: v. aprovisionar con combustible
fuel consumption: n.m. consumo de combustible
fuel filter: n.m. filtro para combustible
fossil fuel: n.m. combustible fósil
fuel injector: n.m. inyector de combustible
fuel oil: n.m. petróleo, aceite combustible; fuel oil
fuel tank: n.m. tanque de combustible
full: a. lleno, na; pleno, na; completo, ta
full load: n.f. plena carga; carga total
full-load rating: n.f. capacidad nominal a carga completa
full pressure: n.f. presión máxima
fumes: n.m. vahos, vapores, gases; f. emanaciones
fumigant: n.m. fumigante
function: n.f. función
function: v. funcionar
fund: v. proporcionar fondos para; financiar
fundamental: a. fundamental
funding: n.m. financiamiento
funds: n.m.pl. fondos, recursos financieros
furnace: n.m. horno, fogón
fuse: n.m. fusible, interruptor fusible
fusion: n.f. fusión

gage: n.m. (tool) calibrador, calibre; (instr) manómetro, indicador de presión
 gage: v. (mech) calibrar
 gaging: n.m. calibraje
 gallon: n.m. galón
 galvanize: v. galvanizar
 galvanized: a. galvanizado, da
 galvanized steel casing: entubado de acero galvanizado
 garage: n.m. garaje
 garbage: n.f. basura, basuras
 garbage disposal: n.f. disposición final de basuras, eliminación de basuras
 garbage dump: n.m. basurero, basural, vertedero, tiradero
 garbage incinerator: n.m. incinerador de basuras
 garbage truck: n.m. camión de basuras
 gas: n.m. gas; see also gasoline
 gas fuel: n.m. gas combustible
 gas generator: n.m. generador de gas
 gas mask: n.f. careta o máscara antigás
 gas meter: n.m. contador o medidor de gas, gasómetro
 gas oil: n.m. gasóleo
 gas pipe: n.m. conducto o tubería de gas
 gas pipeline: n.m. gasoducto
 gas producer: n.m. generador de gas
 gas vent: n.f. ventosa de gas
 gas well: n.m. pozo de gas natural
 gas-fired: a. alimentado, da por gas
 gaseous: a. gaseoso, sa; gasiforme
 gasket: n.f. empaquetadura, arandela; m. empaque
 gasoline: n.f. gasolina, gasoleno; (Chile) bencina; (Arg) nafta
 gasoline gage: n.m. indicador de gasolina
 gasoline pump: n.m. surtidor de gasolina; n.f. bomba para gasolina
 gasoline-powered: a. con motor a gasolina
 gasproof: a. a prueba de gas
 gate: n.m. portón; n.f. compuerta
 gate house: n.f. caseta de vigilancia (a la entrada)
 gear: v. engranar
 gear down: v. reducir la velocidad con engranajes
 gear up: v. aumentar la velocidad con engranajes
 gear: n.m. engranaje, engrane; f. rueda dentada
 gear assembly: n.m. (auto) ensamblaje de la caja de cambios
 gear box: n.f. (auto) caja de engranajes o de cambios o de transmisión o de velocidades
 gear lever (gear stick): see gearshift lever
 gear oil: n.m. aceite para engranajes
 gear-driven: a. accionado o impulsado por engranajes
 gearshift: n.m. (auto) cambio de velocidades; desplazador de engranajes
 gearshift lever: n.f. palanca de cambio de velocidades o de cambio de marcha
 general: a. general, común
 generally accepted practices: n.f. prácticas comúnmente aceptadas
 general contractor: n.m. contratista general
 general expenses: n.m. gastos generales
 general specifications: n.f. especificaciones generales, pliego general de condiciones
 general strike: n.f. huelga general
 general-purpose: a. de o para uso general
 generating plant: n.f. planta generadora
 generation (of wastes): n.f. generación (de residuos)
 generate: v. generar
 generator: n.m. generador
 waste generator: n.m. generador de residuos
 geographic(al): a. geográfico, ca
 geologic(al): a. geológico
 geologic map: n.m. mapa geológico
 geological survey: n.m. levantamiento o estudio geológico
 geologist: n.m. & f. geólogo, geóloga
 geology: n.f. geología
 geophysics: n.f. geofísica
 geotechnical profile: n.m. perfil geotécnico
 geothermal energy: n.f. energía geotérmica
 girder: n.f. viga; n.m. larguero
 glare: n.m. deslumbramiento, empañamiento, resaca de color

glass: n.m. vidrio, cristal
goggles, safety: n.f. gafas protectoras, n.m. anteojos o lentes protectores
gooseneck trailer: n.m. remolque tipo cuello de cisne o de ganso
gorge: n.f. barranca; m. cañón, barrancón, zanjón
government: n.m. gobierno
government(al): a. gubernamental, del gobierno
government agency: n.m. ente; f. entidad, repartición, dependencia gubernamental o del gobierno
federal government: n.m. gobierno federal
local government: n.m. gobierno local
municipal government: n.m. gobierno municipal
provincial government: n.m. gobierno provincial
state government: n.m. gobierno estatal
governor: n.m. (mech) regulador
GFD - gallons per day: n.m. galones por día
GPM - gallons per minute: n.m. galones por minuto
grab: v. agarrar
grab: n.m. gancho; n.f. agarradera, garras
grab handles (on truck): n.f. agarraderas; manijas
grab sample: n.f. muestra no escogida, muestra fortuita
gradation: n.f. gradación
gradation curve: n.f. granulometría
gradation screen: n.f. criba graduadora
grade: v. clasificar; nivelar, allanar, aplanar, enrasar, emparejar
grade: n.m. grado; n.f. clase, calidad; n.f. pendiente, cuesta, rasante, gradiente; n.m. declive, nivel
grade crossing: (rr) n.m. paso a nivel, cruce a nivel, cruce de vía
grade line: n.f. rasante
grade stake: n.f. estaca de rasante, estaca de nivel
grader: n.f. (machine) niveladora, aplanadora, conformadora
motor grader: n.f. motoniveladora, motoconformadora
gradient: n.f. gradiente, pendiente
grading: n.f. clasificación; n.f. nivelación
end-use grading: nivelación necesaria para el uso final del terreno
grain: n.m. grano; n.f. textura
grain size analysis: n.m. análisis del tamaño de los granos
grain structure: n.f. estructura granular
gram: n.m. grano
granite: n.m. granito
granular: a. granular; granuloso,sa
graph: n.f. & m. gráfica; gráfico
grapple: n.m. arpeo
grapple: v. agarrar, aferrar
grappling iron: n.m. arpeo
grass: n.m. pasto, césped, (Mex) zacate; f. hierba, grama
grate: n.f. rejilla, grilla, parrilla
grating: n.m. rejado, emparrillado; f. rejilla, reja, parrilla
gravel: n.f. grava; m. ripio, pedregullo
gravel road: n.m. camino de grava, camino enriplado
gravity: n.f. gravedad
gravity conveyor: n.m. transportador a gravedad
gravity dump: n.f. descarga por gravedad
gravity feed: n.f. alimentación por gravedad
gravity flow: n.m. flujo por gravedad
grease: v. engrasar
grease: n.f. grasa
grease case: n.f. caja de grasa
grease gun: n.f. pistola para engrasar, engrasadera; n.m. engrasador de pistón
greasing: n.m. engrase, engrasaje
green: a. verde
green belt: n.f. franja o faja verde; m. cinturón verde
green zone: n.f. zona verde; m. espacio verde
grey water: n.f. aguas residuales de casas que no sean cloacales
grid: n.f. rejilla, parrilla
grind: v. moler, triturar; (mech) esmerillar, afilar, amolar
grit: n.f. arenilla; (sewage) n.m. cascabe
grit chamber: n.m. interceptor
grit chamber: n.m. cámara desarena; n.f. cámara desarenadora
gross: a. bruto,ta
gross ton: n.f. tonelada bruta o bruta
gross weight: n.m. peso bruto

ground: v. (elec) conectar a tierra
ground: a. molido; (tools) afilado
ground: n.m. suelo, terreno; (elec) a tierra
ground clearing: n.m. desmonte, despeje de un terreno
ground cover: n.f. cubierta del suelo
ground floor: n.f. planta baja; m. piso bajo
ground level: n.m. nivel del terreno o del suelo
grounded: a. conectado, da a tierra
grounding: n.f. (elec) conexión a tierra
groundwater: n.f. aguas subterráneas o freáticas o telúricas
groundwater analysis: n.m. análisis de aguas freáticas
groundwater monitor wells: n.m. pozos para monitorizar las aguas freáticas
groundwater table: n.m. nivel freático
grounds: n.m. recinto, predios
growth: n.m. crecimiento
guarantee: v. garantizar
guard: n.m. guardia, vigilante
guardhouse: n.f. caseta de vigilancia
gulch: n.f. cañada, quebrada
gully: n.m. arroyo; n.f. quebrada, barranquilla
gutter: n.f. cuneta (of street); n.m. canalón de desagüe (of house)
gypsum: n.m. yeso

hail: n.m. granizo
hairpin bend or curve: n.f. curva muy cerrada
half: n.f. mitad; a. medio, día
hammer: n.m. martillo
hammer: v. martillar
hand: n.f. mano; (inst) aguja, manecilla; m. puntero; (direction) lado
hand brake: n.m. freno de mano
hand-fed: a. llenado, da a mano o manualmente
hand-sorting: n.f. separación o clasificación manual
hand-sort: v. separar o clasificar manualmente
handbook: n.m. manual
handle: v. manejar, manipular, maniobrar
handle: n.m. mango, cabo; f. asa, agarradera; manija, manivela
grab handles (on truck): n.f. agarraderas
handling: n.m. manejo; f. maniobra, manipulación
handrail: n.f. baranda; m. pasamanos
hanging: a. colgadero, suspendido, colgante
hard: a. duro, ra
hard hat: n.m. casco protector
hard copy printout: n.f. copia física o impresa (computer)
hardware: n.f. ferretería, herrajes; (computer) m. componentes físicos, f. mecatrónica
harmful: a. perjudicial, dañino, na, nocivo, va
harmless: a. inofensivo, va
haul: v. (transport) acarrear; (tow) remolcar; (drag) arrastrar
haul: n.m. acarreo, transporte; remolque; arrastre
haulage: n.m. acarreo, transporte; arrastre; remolque
hauling: n.m. transporte, acarreo; arrastre, tracción; remolque
hazard: n.m. peligro; riesgo
health hazard: n.m. peligro a la salud
hazardous: a. peligroso, sa; arriesgado, da
Hazardous Materials Transportation Act: Decreto sobre Transporte de Materiales Peligrosos
non-hazardous wastes: n.m. residuos o desechos no peligrosos
hazardous wastes: n.m. residuos o desechos peligrosos
hazardous waste spills: n.m. derrames de residuos peligrosos
HCB - hexachlorobenzene: n.m. hexaclorobenceno
headlight: n.m. farol delantero o de frente; farola, fanal
headquarters: n.f. sede; oficina central
health: n.f. salud; sanidad; salubridad
health authorities: n.f. autoridades sanitarias
health department: n.m. departamento o f. secretaría de sanidad o de salubridad
health hazard: n.m. peligro a la salud
health measures: n.f. medidas sanitarias
public health: n.f. salud pública
healthy: a. sano, na; saludable
hearing, public: n.f. audiencia o vista pública
heat: v. calentar
heat: n.m. calor; f. calefacción
heat capacity: n.f. capacidad térmica; capacidad para absorción de calor
heat of combustion: n.m. calor de combustión
heat dissipation: n.f. dispersión o disipación de calor
heat radiation: n.f. radiación térmica
heat recovery: n.f. recuperación del calor
heater: n.m. calentador; calefactor
heating: n.m. (machine) calentamiento; f. (building) calefacción
heavy: a. pesado, da
heavy liquid: n.m. líquido espeso o denso
heavy metal: n.m. metal pesado
heavy metal(lic) ion: n.m. ion metálico pesado
heavy rain: n.f. lluvia fuerte o torrencial; (downpour) m. aguacero
heavy sludge: n.m. cienos o barro espesos
heavy traffic: n.m. tráfico denso
heavy-duty: a. de servicio pesado
hectare: n.f. hectárea
height: n.f. altura; m. alto
height of dump: n.f. altura o nivel de la pila
helper: n.m. ayudante
herbicide: n.m. herbicida
hermetic: a. hermético, ca

hertz: n.m. hertzio
hexavalent: a. hexavalente
hide: n.m. (animal) cuero
high: a. alto,ta, elevado,da
 high efficiency: de alto rendimiento; de alta eficiencia
 high lights: n.m. faros de brillantez máxima
 high pressure: alta presión
 high speed: n.f. alta velocidad
 high tension lines: n.f. líneas de alta tensión
high-capacity filter: n.m. filtro de alta capacidad
high-grade: a. de alta calidad, superior
high-octane: a. de alto octanaje, de alto índice octánico
high-pressure cleaning: n.f. limpieza con chorros de agua a alta presión
high-rate: a. rápido,da, de alta capacidad
high-speed: a. de alta velocidad
high-water mark: n.f. línea de aguas altas o de marea alta
highlights: n.m. datos o puntos sobresalientes
highway: n.f. carretera; m. camino troncal
 highway crossing: n.m. cruce de carretera; f. intersección de carreteras
 highway department: n.f. dirección de vialidad
 highway signs: n.f. señales de carretera
 highways system: n.m. sistema vial
 highway tractor: n.m. tractor caminero o para carretera
hill: n.m. cerro; f. colina
 hill-climbing capacity: n.f. habilidad de subir pendientes empinadas
hillside: n.f. ladera, falda
hilly: a. montuoso, quebrado, accidentado
hinge: n.f. (carp) bisagra; (mech) charnela, articulación
hinged: a. articulado,da; a bisagra
hire: v. emplear; contratar
hoist: v. izar, levantar, alzar, elevar
hoist: n.m. malacate, montacarga, torno izador; (Chile) huínche; (Arg) guínche; (Ven) (Col) winche; f. grúa
 roll-off hoist: malacate para contenedores deslizantes o "roll-off"
hoisting: n.m. izado; f. elevación, alzadura
hole: n.m. agujero; pozo; hoyo
holiday: n.m. día feriado
hollow: a. hueco,ca; ahuecado,da
home office: n.f. casa matriz
hood: n.f. (auto) cubierta del motor; m. capó, capote
hook: n.m. gancho
hook: v. enganchar
hopper: n.f. tolva
 dump hopper: n.f. tolva de vaciado
 waste-charging hopper: n.f. tolva de alimentación
hopper-fed: a. llenado por tolva
horn: n.f. bocina; (Mex) m. klaxon
horsepower - HP: caballo de fuerza (c de f); caballo; caballaje
hose: n.f. manguera
 hose coupling: n.m. empalme o manguito para manguera
 hose nozzle: n.f. boquilla de manguera
hospital wastes: n.m. residuos hospitalarios o de hospital
hot: a. caliente; (elec) cargado,da
house: v. alojar
house: n.f. casa
 house sewage: n.f. aguas negras, aguas cloacales sanitarias, aguas residuales domiciliarias
 house sewer: n.f. cloaca domiciliaria, derivación particular
household: n.f. casa, familia; a. casero,ra, doméstico,ca
 household appliances: n.m. enseres electrodomésticos
 household articles: n.m. artículos o artefactos hogareños
 household wastes: n.m. desechos o residuos domésticos
housing: n.f. viviendas, casas; (mech) caja, envoltura; m. (auto) cárter; m. alojamiento (on trips)
 housing compound: n.m. campamento permanente de viviendas
hub: n.m. (wheel) cubo, f. maza
hubcap: n.m. (auto) tapacubo, tapón del cubo; f. taza de rueda
humid: a. húmedo,da
humidity: n.f. humedad
hurricane: n.m. huracán, ciclón
hydrant: n.m. hidrante; f. boca de incendio o de agua

hydraulic: a. hidráulico,ca
hydraulic overload: n.f. sobrecarga hidráulica
hydraulic resources: n.m. recursos hidráulicos
hydraulically operated: a. operado o accionado hidráulicamente, de manejo
hidráulico
hydraulics: n.f. hidráulica, hidrotecnia
hydroblast: v. limpiar con chorros de agua
hydroblasting: n.f. limpieza con chorros de agua
hydroelectric: a. hidroeléctrico,ca
hydrogen: n.m. hidrógeno
hydrogen chloride: n.m. cloruro de hidrógeno
hydrology: n.f. hidrología
hydrolysis: n.f. hidrólisis
hydrometer: n.m. hidrómetro, areómetro, densímetro
hydrometer analysis: n.m. análisis hidrométrico
hydrometric: a. hidrométrico,ca
hydrostatic: a. hidrostático,ca
hygiene: n.f. higiene
hygienic: a. higiénico,ca
hygienize: v. higienizar
hypoid: a. hipoidal
hypoid gears: engranaje hipoidal

ice: n.m. hielo
identification: n.f. identificación
 identification code: n.m. código de identificación
idle: v. (machine) marchar en vacío
idle(r) gear: n.m. engranaje loco o intermedio
idling: (machine) marchando en vacío
ignitability: n.f. inflamabilidad
ignitable: a. inflamable
 ignitable wastes: n.m. residuos o desechos inflamables
ignite: v. inflamar(se), encender(se)
ignitable: a. inflamable
ignition: n.f. ignición; encendido, inflamación
 ignition point: n.m. punto de inflamación o de combustión
 ignition switch: n.m. interruptor del encendido
illuminate: v. iluminar, alumbrar
illumination: n.f. iluminación
impact: n.m. impacto, choque
 environmental impact: n.m. impacto ambiental
 impact test: n.f. prueba de impacto; m. ensayo al choque
impassible: a. imasable
impermeability: n.f. impermeabilidad
impermeable: a. impermeable
 impermeable soils: n.m. suelos impermeables
impervious: a. impermeable, estanco
implement: n.m. implemento; f. herramienta
implement: v. implementar
import: v. importar
 import duties: n.m. derechos de importación o de aduana
impound: v. captar, embalsar, represar
impounding: n.f. captación; m. embalse
 impounding reservoir: n.m. embalse, depósito de captación, embalse de retención
 surface water impoundment: n.f. captación de aguas superficiales
improper: a. inapropiado, da
impurity: n.f. impureza
inaccessible: a. inaccesible
inaccurate: a. inexacto, ta
inactivate: v. inactivar
inactivation: n.f. inactivación
inactive: a. inactivo, va, inerte
inch: n.f. pulgada
incidence: n.f. incidencia
 incidence log: n.m. registro de incidencias
incident: n.m. & a. incidente
incinerate: v. incinerar
incineration: n.f. incineración
 thermal incineration: n.f. incineración térmica
incinerator: n.m. incinerador
 incinerator gases: n.m. gases del incinerador
incline: n.m. declive; f. rampa
include: v. incluir
inclusive: a. inclusivo, va
incombustible: a. incombustible
income: n.m. ingresos; f. entradas; renta
 income tax: n.m. impuesto a la renta
incompatible: a. incompatible
 incompatible wastes: desechos o residuos incompatibles (químicamente)
incompetent: a. incompetente, inepto, ta
incomplete: a. incompleto, ta
incompressible: a. incompresible
inconclusive: a. inconcluso, sa; no decisivo, va
incorporate: v. incorporar(se)
increase: n.m. aumento, incremento
increase: v. aumentar, incrementar
indemnify: v. indemnizar
indemnity: n.f. indemnización, indemnidad
index: n.m. índice
 consumer price index: n.m. índice de precios al consumidor
indicator: n.m. indicador
indirect: a. indirecto, ta - ..
indissoluble: a. indisoluble
induction: n.f. inducción; aspiración
inductive: a. inductivo, va; inductor

industrial: a. industrial
industrial chemical cleaning: n.f. limpieza química industrial
industrial effluent: n.m. efluente industrial
industrial engineering: n.f. ingeniería industrial
industrial hygiene: n.f. higiene industrial
industrial incinerator: n.m. incinerador industrial
industrial slurries and sludges: n.m. barros industriales
industrial wastes: n.m. residuos o desechos industriales
industrial waste treatment: n.m. tratamiento de residuos industriales
industry: n.f. industria
inefficient: a. ineficiente, ineficaz
inert: a. inerte
infected: a. infectado, da
infection: n.f. infección
infectious: a. infeccioso, sa
infectious disease: n.f. enfermedad infecciosa
infertile land: n.f. tierra infértil
infiltrate: v. infiltrar
infiltration: n.f. infiltración
inflammability: n.f. inflamabilidad
inflammable: a. inflamable
inflation: n.f. inflación
inflow: n.f. afluencia, aportación; m. caudal afluente o de entrada, flujo, aporte
influent: n.m. & a. afluente, influente, incurrente
influent groundwater: n.f. agua freática afluente
influent seepage: n.m. percolación afluente
information: n.f. información
infrastructure: n.f. infraestructura
infrastructure work: n.f. obras de infraestructura (in Spanish, denotes all construction work at a landfill)
ingredient: n.m. ingrediente
inhibitor: a. inhibidor, ra; retardador, ra
in-house: a. interno, na
initial: a. inicial
inject: v. inyectar
injection: n.f. inyección
injection casing: n.m. entubado de inyección
deep well injection: n.f. inyección en pozo profundo
injection nozzle: n.f. boquilla o tobera de inyección
injection pump: n.f. bomba de inyección
shallow well injection: n.f. inyección en pozo somero o poco profundo
subsurface injection: n.f. inyección subterránea o subsuperficial
injection well: n.m. pozo de inyección
injection zone: n.m. zona de inyección
injury: n.m. daño; f. herida, lesión
inner: a. interior
inorganic: a. inorgánico, ca
inorganic matter: n.f. materia inorgánica
inorganic liquids and sludges: n.m. líquidos y barros inorgánicos
inorganic wastes: n.m. desechos o residuos inorgánicos
input: n.f. entrada, alimentación
input: a. de entrada
input voltage: voltaje o tensión de entrada
insect: n.m. insecto
insecticide: n.f. insecticida
insert: v. insertar
insert: n.f. inserción; m. inserto
inside: n.m. interior; a. interior, interno, na; adv. dentro, adentro
in situ: a. in situ; en el sitio; en su lugar
insoluble: a. insoluble
inspect: v. inspeccionar; fiscalizar; controlar
inspection: n.f. inspección; fiscalización; f. control
instability: n.f. inestabilidad
install: v. instalar
installation: n.f. instalación
institution: n.f. institución
institutional: a. institucional
institutional wastes: n.m. residuos o desechos de instituciones (escuelas); residuos o desechos de edificios públicos
in-stream: a. en (la) corriente

instrument: n.m. instrumento
instrument panel: n.m. tablero de instrumentos
instrumentation: n.f. instrumentación
insulate: v. aislar
insulating: a. aislador, aislante
insulating compound: n.m. compuesto aislador
insulation: n.m. aislamiento; f. aislación
insulator: n.m. aislador
insurance: n.m. seguro
insurance company: n.f. compañía de seguros, compañía aseguradora
insurance policy: n.f. póliza de seguros
insure: v. asegurar
insured: a. asegurado, da
intake: n.f. toma, admisión, entrada; m. tomadero, arranque
intake manifold: (auto) n.m. múltiple de admisión
intake pipe: n.m. tubo de admisión
intake valve: n.f. válvula de admisión
intangible: a. intangible
interaction: n.f. interacción
interchange: v. intercambiar
interchange: n.m. intercambio
interchangeable: a. intercambiable
interconnected: a. interconectado, da
interest in, to have an : v. tener participación en (a company)
interior: a. interior, interno, na
internal: a. interno, na, interior
international: a. internacional
intersect: v. intersectar
intersection: n.f. intersección; (street) encrucijada, bocacalle
intrude: v. intrusar, intrusionar
intrusion: n.f. intrusión
salt water intrusion: n.f. intrusión de agua salada
inundate: v. inundar, anegar
inundation: n.f. inundación, anegación
inventory: v. inventariar
inventory: n.m. inventario
investment: n.f. inversión
invoice: v. facturar
invoice: n.f. factura
iodine: n.m. yodo
ion: n.m. ion
ion exchange capacity: n.f. capacidad de intercambio iónico
ionic: a. iónico, ca
ionize: v. ionizar
iron: n.m. hierro, fierro
irradiation: n.f. irradiación
irregular: a. irregular
irrigate: v. regar, irrigar
irrigation: n.f. irrigación, riego
irrigation ditch: n.f. acequia; zanja de irrigación
irritant: n.m. agente irritante; a. irritante
isolate: v. aislar
isolation: n.m. aislamiento
ISO - International Standardization Organization: Organización Internacional para Standardización o Normalización
IWED - Institute of Waste Equipment Distributors: Instituto de Distribuidores de Equipos para Manejo de Residuos

jack: n.m. (tool) gato, cric, (Arg) crique; (Peru)(Chile) gata
jack up: v. levantar con gato
jacket: n.f. chaqueta, envoltura, camisa, cubierta; m. forro
jackknife: v. (truck) acodillarse
jam: v. atascarse, trabar(se), atorarse
jet of water: n.m. chorro de agua
jib: n.m. (crane) aguilón, brazo giratorio
job: n.m. trabajo; f. tarea; m. empleo; f. obra
job description: deberes y atribuciones del cargo
join: v. unir, juntar, empalmar
joint: n.f. junta, articulación, unión, acopladura, conexión
joint venture: compañías asociadas en participación; (Chile) sociedades
colectivas comerciales; consorcio en asociación
jointly: adv. conjuntamente, mancomunadamente
journal: n.m. (mech) muñón, macho; (acctg) diario; f. revista, publicación
jumper cable: n.m. cable de empalme
junction: n.f. (road) bifurcación, confluencia
junk: n.f. chatarra; m. hierro viejo o de desecho, despojos de fierro;
ripio; trastos viejos; f. cosas viejas e inútiles
junk: v. desechar, tirar, desperdiciar
junk yard: n.f. chatarrería; (U.S.) negocio de compra venta de piezas
usadas de automóviles desechados
jurisdiction: n.f. jurisdicción, competencia

kerosene: n.m. kerosene, keroseno; f. kerosina
key: n.f. llave; (typewriter) tecla
keyboard: n.m. (typewriter) teclado
kiln: n.m. horno
 kiln dust: n.m. polvo de horno de cemento
kiln-dried: a. secado al horno
kilo: n.m. kilogram
kilocycle: n.m. kilociclo
kilometer: n.m. kilómetro
kilometric: a. kilométrico,ca
kilowatt: n.m. kilovatio, kilowatt
kingpin: n.m. (auto) pivote de dirección
kit: n.m. (tools) juego de herramientas
 first-aid kit: n.m. botiquín de primeros auxilios
knob: n.f. (door) perilla; m. botón
knock: v. (engine) golpetear
knocked down: a. desmontado,da; desarmado,da; desensamblado,da
knocking: n.m. (engine) golpeteo
know-how: n.m. conocimientos tecnológicos
known: a. conocido,da

lab: (see laboratory)
label: n.f. etiqueta, m. rótulo
label: v. etiquetar, rotular; marcar
labor: a. laboral, laborista
labor: v. trabajar, laborar
labor: n.f. (manpower) mano de obra; f. (work) obra, labor; m. trabajo
labor cost: n.m. costo de la mano de obra
labor dispute: n.m. conflicto laboral
labor force: n.f. fuerza laboral, mano de obra
labor market: n.m. mercado laboral o del trabajo
skilled labor: n.f. mano de obra especializada o experta
labor union: n.m. sindicato laboral, gremio, sindicato obrero
unskilled labor: n.f. mano de obra inexperta; m. peones, obreros
inexpertos
laboratory: n.m. laboratorio
lab equipment: n.m. equipos o útiles o aparatos de laboratorio
lab facilities: n.m. instalaciones de laboratorio
lab tests: n.f. pruebas de laboratorio
laborer: n.m. trabajador, obrero, peón; (day laborer) jornalero
laborsaving: a. que ahorra trabajo, que economiza mano de obra
lacquer: n.f. laca
ladder: n.f. escalera de mano
lag: n.m. retraso, retardo, retardamiento, atraso
lagoon: n.f. laguna; m. estanque
evaporation lagoon: n.m. estanque de evaporación
lake: n.m. lago; a. lacustre
laminated: a. laminado, da; (wood) terciado, da
lamp: n.f. lámpara; m. farol
lamppost: n.m. poste de lámpara o de alumbrado
land: n.f. tierra; m. terreno; a. terrestre
land surveying: n.f. agrimensura
land clearing: (see clearing)
landfarming: n.m. abonado de tierras arables (con barros químicos)
landfill: n.m. relleno; terraplén
sanitary landfill: n.m. relleno sanitario
secure landfill: n.m. relleno sanitario seguro o con celdas cerradas
landfill siting: v. situar un relleno sanitario; decidir sobre la
ubicación de un relleno sanitario
land subsidence: n.m. hundimiento de la tierra
undesirable land: n.f. tierra indeseable
land use: n.m. uso de la tierra
landfill vehicles: n.m. equipos usados en un relleno sanitario
landmark: n.m. mojón
landowner: n.m. terrateniente
landscape: v. ajardinar; embellecer plantando un jardín; parquizar
landscape: n.m. paisaje; a. paisajista
landscape architect: n.m. arquitecto paisajista
landscaping: n.m. ajardinamiento; trabajos de jardinería; parquización
landslide: n.m. desprendimiento o derrumbe tierras; f. dislocación de
tierras
lane: n.m. (country) camino; (city) callejón, f. callejuela; (of road) f.
vía, faja, trocha, m. carril
large: a. grande, amplio, lia; extenso, sa; numeroso, sa
larva: n.f. larva
larvae: n.f.pl. larvas
latch: n.m. pestillo, picaporte, cerrejo, candado
lateral: a. lateral
lavatory: n.m. lavatorio, lavadero; lavabo, lavamanos, servicios (sanita-
rios)
law: n.f. ley
lay: v. (pipe) tender, colocar; (brick) enladrillar
lay off: v. despedir, desahuciar
lay out: v. trazar; proyectar
layer: n.f. capa; (geol) m. estrato
impermeable layer: n.f. capa impermeable
overlying layer: n.f. capa suprayacente
permeable layer: n.f. capa permeable
underlying layer: n.f. capa subyacente
layout: n.m. trazado; f. disposición, presentación
leach: v. percolar, lixiviar
leachate: n.m. percolado; f. lixiviación; m. líquidos percolados
leachate collection system: n.m. sistema de recolección del percolado
leachate sump: n.m. sumidero de percolado

leaching: n.m. percolado; f. percolación, lixiviación
 lead: n.m. plomo
 lead poisoning: n.m. envenenamiento por plomo
 leak: v. gotear, escurrir; escapar(se), tener fugas
 leak: n.m. escape, escurridor; f. fuga, gotera, pérdida
 leakage: n.m. goteo, escape; f. fuga, filtración, pérdida
 leakproof: a. a prueba de escapes o goteras o filtración; estanco
 lease: v. arrendar, alquilar
 lease: n.m. contrato de arriendo o arrendamiento o alquiler
 legal: a. legal, lícito, ta
 length: n.m. largo; f. longitud, largura
 lessee: n.m. arrendatario
 lessor: n.m. arrendador
 lethal: a. mortal, letal, fatal
 letter of credit: n.f. carta de crédito
 levee: n.m. dique marginal o de defensa, ribero, malecón, borde, terraplén
 level: n.m. (instr) nivel; f. (topo) altura
 level: a. nivelado, da; plano, na; llano, na
 level: v. nivelar, aplanar, allanar, emparejar, enrasar, igualar
 leveling: n.f. nivelación; m. enrasamiento, eirase
 lever: n.f. palanca
 liability insurance: n.m. seguro contra responsabilidad civil
 license: v. licenciar
 license: n.f. licencia, patente, matrícula
 license plate: n.f. chapa o placa de patente o licencia
 licensee: n.m. concesionario
 lid: n.f. tapa, cubierta
 life: n.f. vida
 useful life: n.f. vida útil
 life of contract: n.m. período de vigencia de un contrato
 life support system: n.m. sistema sostenedor de vida
 lift: v. alzar, levantar, elevar
 lift: n.f. (in landfill) elevación, alza; ascensor, montacargas
 hydraulic lift: montacargas hidráulico
 light: n.f. luz, iluminación; lumbré, lámpara; m. alumbrado;
 light post: n.m. poste de alumbrado
 light: a. iluminado, da, alumbrado, da; (weight) liviano, na, ligero, ra;
 (color) claro, ra
 light grade: n.f. pendiente suave o leve o ligera
 light traffic: n.m. tráfico escaso
 light-duty: a. de servicio liviano, de trabajo ligero
 lighting: n.m. alumbrado; f. iluminación
 emergency lighting equipment: n.m. equipos de alumbrado para uso en
 emergencias
 lighting fixtures: n.m. artefactos de alumbrado
 lighting system: n.m. sistema de alumbrado o iluminación
 lightning: n.m. relámpago, rayo
 lightning rod: n.m. pararrayos
 lime: n.f. cal
 lime stabilization: n.f. estabilización con cal
 lime treatment: n.m. tratamiento con cal
 limit: n.m. límite
 limitation: n.f. limitación
 limiting: a. limitativo, va
 line: v. forrar, revestir
 lineal: a. lineal
 linear: a. lineal, linear
 liner: n.m. forro, revestimiento
 lining: n.m. forro, revestimiento
 liquid: n.m. líquido
 liquid: a. líquido, da
 liquid limit: n.m. límite líquido, límite de fluidez
 liquid sludge: n.m. cienos o barros líquidos
 liquid wastes: n.m. residuos o desechos líquidos
 liquid-cooled: a. enfriado, da a líquido
 liquors, spent: n.m. licores residuales
 litter: v. arrojar o tirar basuras en la vía pública
 litter: n.f. basuras de calle
 litter basket: n.f. cesta o m. cesto para papeles; f. papelera
 live: a. vivo, va; (elec) cargado, da
 live: v. vivir, residir

livestock: n.f. ganadería
load: v. cargar; embarcar
load: n.f. carga; m. cargamento
 dead load: n.f. carga muerta
 load displacement: n.m. desplazamiento de la carga
loaded: a. cargado, da
loading: n.f. carga; m. cargamento; embarque
 loading chute: n.m. conducto de carga; f. canaleta de carga
 loading dock: (trucks) n.m. muelle de carga
 loading hopper: n.f. tolva de carga
 loading platform: n.f. plataforma de carga; m. embarcadero
 loading rate: n.f. velocidad o tasa de carga
local: a. local
locate: v. localizar, ubicar, situar
location: n.f. ubicación, situación, localización; m. sitio
 operating locations: n.m. sitios de operación
lock: n.f. (door) cerradura; (nav) esclusa
lock: v. (door) cerrar con llave; (nav) escluser; (mech) enclavar, trabar
locker: n.m. armario (in changing room)
locking: a. trabador, cerrador
 locking device: n.m. dispositivo trabador
lockout: n.f. huelga patronal; m. paro patronal
log: v. (in book) registrar, anotar
log: n.m. (book) diario, registro diario; (wood) tronco
 daily operating log: n.m. registro diario de las operaciones
logistics: n.f. logística
long: a. largo, ga
 long ton: n.f. tonelada larga (2240 lbs)
longitudinal: a. longitudinal
loose: a. suelto, ta; flojo, ja
loosen: v. aflojar, soltar
loss: n.f. pérdida
lot: (land) n.m. lote
low: a. bajo, ja
 low gear: (auto) n.m. engranaje de baja o de baja velocidad
 low voltage: a. de bajo voltaje
low-density wastes: n.m. residuos o desechos de baja densidad
lower: a. inferior
low-frequency: a. de baja frecuencia
low-pressure: a. de baja presión
low-technology system: n.m. sistema de baja tecnología; sistema que no
 requiere mucha tecnología
lowlands: n.f. tierras bajas, hondonadas
lube oil: n.m. aceite lubricante
lubricant: n.m. lubricante, lubricante
lubricate: v. lubricar, lubricar, engrasar
lubricating: a. lubricante, de engrase
 lubricating oil: n.m. aceite lubricante o de engrase
 lubricating grease: n.f. grasa lubricante
lubrication: n.f. lubricación, lubricación; m. engrase
lubricator: n.m. lubricador, lubricador
lubrification: n.f. lubricación (see lubrication)
lug: n.f. (mech) oreja, aleta
lugger (truck): n.m. camión "lugger", acarreador (camión pequeño que alza
 contenedores con cadenas para vaciarlos)
 lugger box route: n.f. ruta servida con contenedores y por acarreadores
 o camiones "lugger"
lump: n.m. (earth) terrón

machine: n.f. máquina
magnet: n.m. imán, magneto
magnetic: a. magnético,ca; imantado,da
main: n.f. cañería matriz; tubería maestra
main: a. principal, maestro,tra
main road: n.f. calle o carretera principal
main sewer: n.f. alcantarilla o cloaca maestra
main shaft: (machine) n.m. eje principal
maintain: v. mantener, conservar
maintenance: n.m. mantenimiento; f. mantención, manutención, conservación
maintenance costs: n.m. costos de mantenimiento
equipment maintenance: n.m. mantenimiento de equipos
preventive maintenance: n.m. mantenimiento preventivo
maintenance mechanic: n.m. mecánico a cargo del mantenimiento
maintenance training: n.m. entrenamiento o f. capacitación en mantenimiento
major: a. mayor, principal
management: n.f. administración, dirección, gerencia
manager: n.m. & f. gerente, administrador,dora
maneuver: v. maniobrar
maneuverability: n.f. maniobrabilidad
manhole: n.f. boca de inspección; m. pozo de acceso
manhole cover: n.f. tapa del pozo de acceso
man-hours: n.f. hombre-horas
manifest: n.m. manifiesto; f. declaración de carga; guía de carga
manifold: n.m. (mech) múltiple, distribuidor
man-made: a. hecho por el hombre; artificial
manpower: n.f. mano de obra, fuerza laboral, personal
manual: n.m. (book) manual
accounting manual: manual de contabilidad
manual: a. manual, de mano
manual labor: n.m. trabajo manual
manufacture: v. manufacturar, fabricar
manufacture: n.f. fabricación, manufactura
manufacturer: n.m. fabricante, manufacturero; industrial
map: v. cartografiar, trazar mapas
map: n.m. mapa, f. carta geográfica
mapping: n.f. cartografía; m. trazado de mapas
margin: n.m. margen
safety margin: n.m. margen de seguridad
marginal: a. marginal
marginal lands: n.f. tierras marginales
marine: a. marítimo,ma; marino,na
maritime: a. marítimo,ma
mark: n.f. marca
mark: v. marcar
marker: n.m. marcador, indicador
market: v. comercializar, mercadear
market: n.m. mercado; plaza
open-air market: n.f. feria; m. mercado al aire libre
market value: n.m. valor en plaza; valor de mercado
marketing: n.m. mercadeo; f. comercialización
mask: n.f. máscara, careta
gas mask: n.m. máscara antigás
masonry: n.f. mampostería, albañilería
mass: n.f. masa
mass burning: n.m. quemado en masa
critical mass: n.f. masa crítica
mass excavation: n.f. excavación en masa
master: a. maestro,tra; principal
master cell: n.f. celda maestra
master mechanic: n.m. mecánico jefe, contramaestre, maestro mecánico
material: n.m. material
advertising material: n.m. material publicitario o de publicidad
borrow material: n.m. material de préstamo
building materials: n.m. materiales de construcción
cover material: n.m. material de cobertura o de cubierta
earthen material: n.m. material térreo
import material: n.m. material térreo traído de otro lugar
recyclable material: n.m. material reciclable
raw materials: n.f. materias primas
materials recovery: n.f. recuperación de materiales

matter: n.f. materia, substancia
 inorganic matter: n.f. materia inorgánica
 organic matter: n.f. materia orgánica
 maximization: n.f. maximización
 maximize: v. maximizar
 maximum: a. máximo,ma
 mean: a. medio,día; n.f. media
 mean depth: n.f. profundidad media
 measure: v. medir, mensurar
 measure: n.f. medida, dimensión
 protective measures: n.f. medidas protectivas
 measured: a. medido,da
 measurement: n.f. medición, medida
 measuring: a. medidor,ra; de medición
 measuring: n.f. medición, medida, mensuración
 mechanic: n.m. mecánico
 mechanical: a. mecánico,ca
 mechanical agitation: n.f. agitación mecánica
 mechanized/motorized sweeper: n.f. motobarredora
 mechanism: n.m. mecanismo
 mechanize: v. mecanizar
 median (strip): n.m. cantero central; f. faja central, línea divisoria,
 (Arg) medianera
 medical: a. médico,ca
 medium: a. mediano,na; medio,día; can also use prefix "semi"
 medium: n.m. (chem) medio
 dry medium: n.m. medio seco
 meeting: n.f. reunión; (stockholders) Asamblea; (directors) sesión
 mega: prefix denoting largeness and also one million times a unit
 megacycle: n.m. megaciclo
 megavolt: n.m. megavoltio
 megawatt: n.m. megavatio
 melt: v. derretir(se); (ice) deshelar(se)
 member: n.m. miembro, socio
 membrane: n.f. membrana
 mercury: n.m. mercurio
 mercury-arc lamp: n.f. lámpara de vapor de mercurio
 mesh: n.f. malla
 mesh: v. engranar(se), unir(se), encontrar(se)
 metal: n.m. metal; a. metálico,ca
 metals content: n.m. contenido de metal
 metals recovery: n.f. recuperación de metales
 metal hydroxides: n.m. hidróxidos metálicos
 metal salts: n.f. sales metálicas
 metallic: a. metálico,ca
 metallurgy: n.f. metalurgia, metálica
 meteorology: n.f. meteorología
 meter: n.m. metro; medidor, contador
 meter reading: n.f. lectura del medidor o contador
 methane gas: n.m. gas metano
 methane-to-electricity plant: n.f. planta que convierte metano en
 electricidad
 method: n.m. método, modo (of payment); procedimiento (means); f. manera
 methodology: n.f. metodología
 metric: a. métrico,ca
 metropolitan area: n.f. área metropolitana
 micro: prefix denoting smallness and also the millionth part of a unit
 microorganism: n.m. microorganismo
 microscope: n.m. microscopio
 middle: n.m. medio; a. medio,día
 midnight dumper: n.f. persona que arroja residuos peligrosos
 clandestinamente
 migrate: v. migrar
 migration: n.f. migración
 lateral migration of gas or leachate: migración lateral del gas o
 percolado
 mile: n.f. milla
 miles per gallon - MPG: n.f. millas por galón
 mileage: n.m. millaje, distancia en millas. (should be converted to kilo-
 meters and translated as "kilometraje")
 milled refuse or wastes: n.m. residuos o desechos triturados
 mineral: n.m. & a. mineral

minimization: n.f. minimización
 minimize: v. minimizar
 minimum: n.m. mínimo; a. mínimo,ma
 minutes: n.f. (of meeting) actas
 mirror: n.m. espejo
 rearview mirror: n.m. espejo de retrovisión; espejo retrovisor
 mirror with convex lens: n.m. espejo con lente convexo
 miss: v. (engine) fallar
 mist: n.f. neblina, niebla
 mix: v. mezclar
 mix: n.f. mezcla; dosificación
 mixing: n.m. mezclado; f. mezcladura, mezcla
 mixing tank: n.m. tanque de mezclado
 mixture: n.f. mezcla; dosificación
 mobile: a. móvil, movable
 moist: a. húmedo,da
 moisten: v. humedecer
 moisture: n.f. humedad
 moisture absorption: n.f. absorción de humedad
 moisture content: n.m. contenido de humedad o de agua
 moisture index: n.m. índice de humedad
 moistureproof: a. a prueba de humedad
 monitor: v. monitorizar, chequear, checar, verificar, controlar,
 supervisar
 monitor: n.m. monitor, supervisor
 monitoring: n.f. monitorización, verificación, supervisión; m. chequeo,
 monitoreo, control
 monitoring device: n.m. dispositivo de monitoreo o de control
 monitoring procedures: n.m. procedimientos de monitoreo o de control
 monitoring well: n.m. pozo de monitoreo o de control
 month: n.m. mes
 monthly: a. mensual; adv. mensualmente
 mosquito: n.m. mosquito, zancudo
 mosquito-breeding area: criadero de mosquitos o zancudos
 motor: n.m. motor
 motor grader: n.f. motoniveladora, motoconformadora
 motor oil: n.m. aceite lubricante para motores
 motor scraper: n.f. trailla automotriz
 motor traffic: n.m. tráfico automotor
 motor transport: n.m. transporte automotor o motorizado,
 autotransporte
 motor vehicle: n.m. vehículo automotor o motorizado, autovehículo,
 automotor
 motor-driven: a. accionado o impulsado por motor
 motorize: v. motorizar
 motorized: a. motorizado,da
 motorized sweeper: n.f. motobarredora
 mount: v. (machinery) montar
 mountain: n.f. montaña
 mountainous: a. montañoso,sa
 mounting: n.m. montaje; f. armadura
 MPG - miles per gallon: n.f. millas por galón
 MPI - magnetic particle inspection: n.f. inspección de partículas
 magnéticas
 MSW - municipal solid waste: n.m. desechos o residuos sólidos municipales
 mud: n.m. barro, lodo; limo, fango, cieno
 muddy: a. barroso, fangoso, lodoso, limoso
 mudguard: n.m. (auto) guardabarro
 muffler: n.m. (auto) silenciador del escape
 multilane highway: n.f. carretera de vías o trochas múltiples
 multiple: a. múltiple
 multi-purpose: a. de propósito o utilización múltiple
 municipal: a. municipal
 municipal collection: n.f. recolección municipal
 municipal council (city council): n.m. concejo municipal
 municipal solid wastes: n.m. residuos o desechos sólidos municipales
 municipality: n.f. municipalidad (government); m. municipio (area)
 municipally-operated: a. operado o manejado por la municipalidad

nappe: n.f. napa, lámina vertiente; (geol) manto de corrimiento
narrow: a. estrecho,cha; angosto,ta
nation: n.f. nación, país
national: a. nacional
National Bureau of Standards- NBS: Oficina Nacional de Normas
National Solid Wastes Management Association - NSWMA: Asociación Nacional de Administradores de Residuos Sólidos
natural: a. natural
natural gas: n.m. gas natural
natural purification: n.f. purificación natural, autopurificación
natural resource(s): n.m. recurso(s) natural(es)
nature: n.f. naturaleza
chemical nature: naturaleza química
physical nature: naturaleza física
needs: n.m.pl. requisitos, requerimientos; f. necesidades
to meet the needs of: satisfacer los requisitos de
negative: a. negativo,va
neglect: n.f. negligencia; m. descuido
net: a. (com) neto,ta
net income: n.m. ingreso neto; f. utilidad neta
net loss: n.f. pérdida neta
net ton: n.f. tonelada neta
net weight: n.m. peso neto
neutral: n.m. neutro; a. neutral, neutro,tra
neutralization: n.f. neutralización
neutralize: v. neutralizar
neutralizer: n.m. neutralizador
news media: n.m. medios de difusión
night: n.f. noche; a. nocturno,na
night shift: n.m. turno de noche
night watchman: n.m. sereno
night work: n.m. trabajo nocturno
nitrate: n.m. nitrato
nitrate reduction: n.f. nitroreducción, reducción de nitrato
nitrification: n.f. nitrificación
nitrite: n.m. nitrito
nitrogen: n.m. nitrógeno, ázoe
nitrogen fixation: n.f. fijación del nitrógeno
nitrogen removal: n.f. remoción de nitrógeno
nitrogenous: a. nitrogenado,da
nitrogenous oxygen demand (NOD): demanda nitrogenada de oxígeno (DNO)
nitrous: a. nitroso,sa; salitroso,sa; salitral
noise: n.m. ruido
noiseproof: a. a prueba de ruidos, antisonoro,ra
nominal: a. nominal
nominal load: n.f. carga nominal
nonabsorbent: a. no absorbente
nonadjustable: a. no regulable, no ajustable
noncombustible: a. no combustible, incombustible
noncorrosive: a. no corrosivo, anticorrosivo,va
nonexplosive: a. inexplorable
nonferrous: a. no ferroso,sa
nonferrous metal: n.m. metal no ferroso
nonhazardous: a. no peligroso,sa
nonhazardous solid wastes: n.m. residuos sólidos no peligrosos
nonleaching: a. no percolable
nonperformance: n.f. falta de ejecución; m. incumplimiento
nonprocessable: a. no procesable
nonputrescible: a. no putrescible
nonreactive: a. no reactivo
nonrenewable: a. no renovable
nonrenewable resources: n.m. recursos no renovables
nonsettling solids: n.m. sólidos no sedimentables
nonskid: a. antideslizante, antideslizable
nonslip: a. antirresbaladizo, antideslizante
norm: n.f. norma
normal: a. normal
north: n.m. norte; a. del norte; adv. al norte
northern: a. del norte, septentrional, boreal
nozzle: n.f. (hose) boquilla, topera, m. pico, pitón

nuclear: a. nuclear, nucleal
nuclear wastes: n.m. residuos nucleares
number plate: (auto) n.f. chapa o placa de patente; licencia
nut: n.f. (mech) tuerca
nutrient: n.m. nutriente
nutrient removal: n.f. remoción de nutrientes

occupation: n.f. ocupación; m. empleo, oficio
occupational disease: n.f. enfermedad profesional o industrial
ocean: n.m. océano
ocean dumping: n.m. botado o vaciado (de desechos) en el océano
octane: n.m. octano; a. octánico, ca
octane rating: n.m. grado de octano, octanaje, graduación octánica
O.D. - outside diameter: (pipe) n.m. diámetro exterior
odor: n.m. olor
bad odor: n.m. mal olor
odor control: n.m. control de olores
odorless: a. inodoro
odorproof: a. a prueba de olores
off-site: a. fuera del sitio
offal: n.m. menudos, despojos de res
office: n.f. oficina; m. despacho
office supplies: útiles o artículos de oficina
office worker: oficinista, empleado de oficina
official: a. oficial
official: n.m. funcionario
government official: n.m. funcionario gubernamental
officially: adv. oficialmente
offshore: a. costafuera
oil: v. aceitar, lubricar, lubrificar
oil: n.m. aceite; petróleo, óleo
oil field: n.m. campo o yacimiento petrolífero
oil gage: (auto) n.m. manómetro o indicador de presión del aceite
oil gun: (mech) inyector de aceite, aceitera de resorte
oil paint: n.f. pintura al óleo o de aceite
oil pan: (auto) n.m. colector de aceite; f. batea
oil pipeline: n.m. oleoducto
oil pressure: n.f. presión del aceite
oil separator: n.m. separador de aceite
oil sludge: n.m. residuo gomoso
oil spill: n.m. derrame de petróleo
oil trap: n.m. colector de aceite
one-way traffic: n.m. tráfico unidireccional o en un solo sentido
orgoing: a. en curso
on-site: a. en el sitio, en los predios, in situ
on-site disposal: n.f. disposición en planta
on-the-job training: n.m. entrenamiento durante el empleo
open: v. abrir
open: a. abierto, ta; descubierto, ta; al aire libre, a la intemperie
open burning: n.f. quema incontrolada o a cielo abierto
open dump: n.m. botadero o vertedero al aire libre o abierto
open-air dump: n.m. basural a cielo abierto
open-air market: n.f. feria al aire libre; m. mercado al aire libre
opening: n.f. abertura, boca; apertura (of meeting)
operable: a. operable
operate: v. operar, manejar; actuar, impulsar; funcionar, marchar
operating: n.m. funcionamiento; f. operación
operating: a. operativo, va; de operación
operating expenses: n.m. gastos de operación
operating experience: n.f. experiencia operativa
operating locations: n.f. localidades de operación
operating plan: n.m. plan operativo
operation: n.f. operación, actividad; m. manejo, funcionamiento
to put into operation: v. poner en marcha o funcionamiento, entrar en operación
operational: a. operativo, va; en buen estado; capaz de funcionar
to become operational: entrar en operación; estar en buenas condiciones de funcionamiento
operational control: n.m. control operativo
fully operational: en pleno funcionamiento
operational reliability: n.f. confiabilidad operativa
operative: a. operativo, va; operante
operator: n.m. operario, operador
equipment operator: n.m. operador o conductor de equipos
telephone operator: n.f. telefonista
optimal: a. óptimo, ra
optimization: n.f. optimización
optimize: v. optimizar
option: n.f. opción
optional: a. optativo, va; opcional; facultativo, va, discrecional
optional ponds: n.f. lagunas optativas

percolate: v. percolar(se), filtrar(se), colar(se)
 percolation: n.f. percolación, filtración
 perforate: v. perforar, calar
 perforation: n.f. perforación
 performance: n.f. ejecución, realización; m. cumplimiento, rendimiento, desempeño; (Spain) f. performance
 perimeter: n.m. perímetro
 perimeter fence or fencing: n.m. cercado perimetral o perimétrico
 period: n.m. período
 periodic: a. periódico,ca
 peripheral: a. periférico,ca
 periphery: n.f. periferia
 permanent: a. permanente
 permeability: n.f. permeabilidad
 permeable: a. permeable
 permeate: v. penetrar; (soak) impregnar
 permeation: n.f. penetración, impregnación
 permit: v. permitir; otorgar un permiso
 permit: n.m. permiso; f. licencia
 permitted: a. con permiso o licencia (de operación)
 permitting: n.f. obtención de permisos (de operación)
 personnel: n.m. personal
 administrative personnel: personal administrativo
 local personnel: personal local
 pervious: a. permeable
 pest control: n.m. control de plagas o insectos y animales nocivos o dañinos
 pesticide: n.m. pesticida
 pH: n.m. pH (acidity or alkalinity)
 phase: n.f. fase
 to phase out: reducir o eliminar progresivamente
 phenol: n.m. fenol
 phenolic: a. fenólico,ca
 phenolic wastes: n.m. residuos o desechos fenólicos
 phosphate: n.m. fosfato
 picking belt: n.f. cinta o correa de separación
 picking table: n.f. mesa de separación
 pick up: v. recoger, recolectar
 pickling liquors: n.m. licores de los baños limpiadores de metales
 pickup: n.m. (wastes) recogido; f. recolección, recogida
 back door pickup: n.f. recolección de la puerta de atrás
 curbside pickup: n.f. recolección de la acera
 on-call pickup: n.f. recolección a pedido
 pickup truck: n.f. camioneta, troca "pickup"
 pier: n.m. (at port) muelle, espigón
 piezometer: n.m. piezómetro
 piezometric: a. piezométrico,ca
 pile: n.m. (constr) pilote
 pile foundation: n.f. cimentación sobre pilotes
 to drive piles: v. hincar pilotes
 piling: n.m. (constr) pilotaje, f. estacada; (of earth) m. amontonamiento, apilamiento
 pilot: n.m. piloto
 pilot bearing: n.m. cojinete piloto o de guía
 pilot program: n.m. programa piloto
 pin: n.m. (mech) pasador, pernete; f. clavija, espiga, chaveta
 pin: v. (mech) espigar, empernar, enclavijar, apernar
 pinion: n.m. piñón
 pinion gear: n.m. piñón diferencial
 pint: n.f. pinta (1/8 de galón)
 pioneer grade: n.f. pendiente provisoria o preliminar (para transporte del material excavado)
 pipe: n.m. tubo, caño; f. tubería, cañería
 pipe culvert: n.f. alcantarilla de caño
 pipeline: n.f. tubería; m. conducto; (water) acueducto; (oil) oleoducto; (gas) gasoducto
 piping: n.f. tubería, cañería, entubación, canalización
 piston: n.m. émbolo, pistón
 piston ring: n.m. aro de anillo
 piston rod: n.m. vástago del émbolo
 pit: n.m. hoyo, foso, hondón; f. fosa
 pit gravel: n.f. grava de cantera

PALLET; PALETA DE CARGA, T.R.I.M.A.S

plain: a. simple, sencillo
plain concrete: n.m. hormigón simple, concreto sin refuerzos
plan: v. planear, planificar, proyectar, idear, diseñar
plan: n.m. plan, proyecto, programa; (drawing) plano, dibujo
contingency plan: plan para contingencia o imprevistos
long-range plan: plan a largo plazo
short-range plan: plan a corto plazo
planner: n.m. planificador
planning: n.f. planificación
plant: v. plantar, sembrar
plant: n.f. planta industrial, fábrica, instalación; (bot) planta
processing plant: planta de procesamiento
treatment plant: instalación para tratamiento
plaster: v. revocar, enyesar
plaster: n.m. yeso
coat of plaster: n.m. revoque
plastic: n.m. plástico; a. plástico, ca
plastic limit: n.m. límite de plasticidad, límite plástico
plastic pipe: n.f. tubería plástica
plasticity: n.f. plasticidad
plasticity index: n.m. índice de plasticidad
plateau: n.f. meseta, mesa; m. altiplano
pliers: n.f. pinzas, tenazas; m. alicates
plot of land: n.f. parcela de tierra; m. terreno, solar
plug: n.m. (pipe) tapón, obturador; (elec) enchufe, f. clavija de contacto
plug: v. taponar, tapar; (elec) enchufar
plug in: v. enchufar, conectar
plugged well: n.m. pozo taponado
plumbing: n.f. plomería, instalación sanitaria
plumbing fixtures: n.m. artefactos o aparatos sanitarios
plywood: n.f. madera terciada o laminada o contrachapada
pneumatic: a. neumático, ca
poison: v. envenenar
poison: n.m. veneno
poisoning: n.m. envenenamiento
poisonous: a. venenoso, sa
police: v. patrullar, vigilar, supervisar
police: n.f. policía
police officer: n.m. policía, oficial de la fuerza pública
policy: n.f. (company) práctica, política; (insurance) póliza
pollutant: n.m. contaminante, sustancia polucionante
pollute: v. contaminar, polucionar
polluted: a. contaminado, da; poluto, ta; polucionado, da
pollution: n.f. contaminación, polución
air pollution: contaminación o polución del aire
pollution control: n.m. control de la contaminación o polución
environmental pollution: contaminación ambiental o polución del ambiente
soil pollution: contaminación o polución de los suelos
water pollution: contaminación o polución de las aguas
polyethylene: n.m. polietileno
polymer: n.m. polímero; a. polímero, ra
polymerization: n.f. polimerización
polyphosphate: n.m. polifosfato
polyurethane: n.m. poliuretano
polyvalent: a. polivalente
pond: n.f. laguna, alberca, balsa, rebalsa; m. charco, remanso, estanque
pondage or ponding: n.m. estancamiento, almacenamiento, acopio, lagunaje
pool: n.m. charco, remanso; f. alberca, piscina
population: n.f. población
population density: n.f. densidad de la población
porosity: n.f. porosidad
porous: a. poroso, sa; permeable
port: n.m. puerto
port of entry: n.m. puerto de entrada
portable: a. portátil, transportable, móvil
Portland cement: n.m. cemento Portland
position: v. colocar, posicionar
position: n.f. posición; m. empleo, cargo, puesto.
financial position: n.f. situación financiera
post: n.m. poste
potential: n.m. potencial
potential: a. potencial, posible
potential hazard: n.m. peligro posible
pound: n.f. libra

power: (mech) n.f. potencia, fuerza motriz; (elec) energía, fuerza
 power of attorney: n.m. poder
 power company: n.f. compañía de fuerza motriz
 power consumption: n.m. consumo de energía
 power failure: n.f. interrupción eléctrica
 power line: n.f. línea de fuerza eléctrica
 power plant: n.f. central de energía, usina eléctrica; (auto) planta
 motriz; m. grupo motor
 power steering: n.f. dirección hidráulica
 power tools: n.f. herramientas mecánicas
 power transformer: n.m. transformador de energía o de fuerza
 preaeration: n.f. preaeración, preaeración, preaireación
 precipitation: n.f. precipitación
 precipitator: (chem) n.m. precipitante
 precision: n.f. precisión
 preheat: v. precalentar
 preliminary: a. preliminar
 preliminary design: n.m. anteproyecto, proyecto preliminar
 preliminary study: n.m. antestudio, estudio preliminar
 presedimentation: n.f. presedimentación
 preservative: a. & n.m. preservativo
 presettled: a. presedimentado, da
 presettling: n.f. presedimentación
 press: n.f. (news) prensa
 pressure: n.f. presión
 pressure drop indicator: n.m. indicador de caída de presión
 pressure gage: n.m. manómetro, indicador de presión
 pressure regulator: n.m. regulador de presión
 working pressure: n.f. presión de trabajo
 prestressed concrete: n.m. hormigón prefatigado
 pretreat: v. pretratar
 pretreatment: n.m. pretratamiento
 Pretreatment and Disposal Recommendation Form: Formulario Recomendando
 Pretratamiento y Disposición Final (de un Residuo)
 prevailing winds: n.m. vientos reinantes o predominantes
 prevention: n.f. prevención
 preventive: a. preventivo, va
 preventive maintenance: n.m. mantenimiento preventivo
 price: n.m. precio
 primary: a. primario, ria
 primary settling tank: n.m. tanque de sedimentación primaria
 primary sludge: n.m. cienos o barros primarios
 primer: (paint) n.f. capa imprimadora, primera mano
 printer: n.f. impresora
 printout: n.f. copia impresa
 private: a. privado, da; particular
 private hauler: n.m. acarreador o transportador particular
 private sector: n.m. sector privado
 privatization: n.f. privatización
 problem: n.m. problema
 problem wastes: n.m. residuos o desechos problemáticos
 process: v. procesar, elaborar; (film) revelar
 process: n.m. proceso, procedimiento, método
 process engineering: n.f. ingeniería del proceso
 process heat: n.f. calefacción de proceso
 process wastewater: n.f. aguas residuales del proceso
 processed: a. procesado, da; tratado, da
 processing: n.m. procesamiento, tratamiento
 processing plant: n.f. planta industrializadora
 producer: n.m. productor
 product: n.m. producto
 production: n.f. producción
 productivity: n.f. productividad
 profession: n.f. profesión
 by profession: de profesión
 professional: a. & n.m. profesional
 profit: n.f. ganancia, utilidad; m. beneficio
 profitability: n.f. rentabilidad, redituabilidad
 program: n.m. programa
 program: v. programar
 progress: n.m. progreso, avance
 progress report: n.m. informe del avance (de la obra, etc.)

power: (mech) n.f. potencia, fuerza motriz; (elec) energía, fuerza
power of attorney: n.m. poder
power company: n.f. compañía de fuerza motriz
power consumption: n.m. consumo de energía
power failure: n.f. interrupción eléctrica
power line: n.f. línea de fuerza eléctrica
power plant: n.f. central de energía, usina eléctrica; (auto) planta
motriz; m. grupo motor
power steering: n.f. dirección hidráulica
power tools: n.f. herramientas mecánicas
power transformer: n.m. transformador de energía o de fuerza
preaeration: n.f. preaeración, preaeración, preaireación
precipitation: n.f. precipitación
precipitator: (chem) n.m. precipitante
precision: n.f. precisión
preheat: v. precalentar
preliminary: a. preliminar
preliminary design: n.m. anteproyecto, proyecto preliminar
preliminary study: n.m. anteestudio, estudio preliminar
presedimentation: n.f. presedimentación
preservative: a. & n.m. preservativo
presettled: a. presedimentado, da
presettling: n.f. presedimentación
press: n.f. (news) prensa
pressure: n.f. presión
pressure drop indicator: n.m. indicador de caída de presión
pressure gage: n.m. manómetro, indicador de presión
pressure regulator: n.m. regulador de presión
working pressure: n.f. presión de trabajo
prestressed concrete: n.m. hormigón prefatigado
pretreat: v. pretratar
pretreatment: n.m. pretratamiento
Pretreatment and Disposal Recommendation Form: Formulario Recomendando
Pretratamiento y Disposición Final (de un Residuo)
prevailing winds: n.m. vientos reinantes o predominantes
prevention: n.f. prevención
preventive: a. preventivo, va
preventive maintenance: n.m. mantenimiento preventivo
price: n.m. precio
primary: a. primario, ria
primary settling tank: n.m. tanque de sedimentación primaria
primary sludge: n.m. cienos o barros primarios
primer: (paint) n.f. capa imprimadora, primera mano
printer: n.f. impresora
printout: n.f. copia impresa
private: a. privado, da; particular
private hauler: n.m. acarreador o transportador particular
private sector: n.m. sector privado
privatization: n.f. privatización
problem: n.m. problema
problem wastes: n.m. residuos o desechos problemáticos
process: v. procesar, elaborar; (film) revelar
process: n.m. proceso, procedimiento, método
process engineering: n.f. ingeniería del proceso
process heat: n.f. calefacción de proceso
process wastewater: n.f. aguas residuales del proceso
processed: a. procesado, da; tratado, da
processing: n.m. procesamiento, tratamiento
processing plant: n.f. planta industrializadora
producer: n.m. productor
product: n.m. producto
production: n.f. producción
productivity: n.f. productividad
profession: n.f. profesión
by profession: de profesión
professional: a. & n.m. profesional
profit: n.f. ganancia, utilidad; m. beneficio
profitability: n.f. rentabilidad, redituabilidad
program: n.m. programa
program: v. programar
progress: n.m. progreso, avance
progress report: n.m. Informe del avance (de la obra, etc.)

project: v. proyectar; sobresalir
project: n.m. proyecto; obra
project manager: n.m. gerente de proyecto; jefe de obra
projection: n.f. proyección
propane: n.m. propano
proper: a. apropiado,da; correcto,ta
proper handling of wastes: manejo correcto de residuos o desechos
properties: n.f. (phys) características; (chem) propiedades
property: n.f. propiedad; m. bienes raíces
proprietary: a. de propiedad, propietario,ria; patentado,da
proposal: n.f. propuesta, oferta, proposición
prorate: v. prorratear, ratear
prospective: a. probable, eventual
prospective client: n.m. cliente eventual
protect: v. proteger
protection: n.f. protección
protective: a. protector,tora; de protección
protective clothing: n.f. ropa o prendas de protección; ropa protectora
falling object protective structure (FOPS): n.f. estructura protectora
contra objetos que se pueden caer
rollover protective structure (ROPS): n.f. estructura protectora contra
vuelcos
prototype: n.m. prototipo
provisional: a. provisorio,ria, provisional
PTO - power take-off: (mach) n.f. toma de fuerza, tomafuerza
public: n.m. público; a. público,ca
general public: público en general
public health: n.f. salud pública, salubridad o higiene pública
public hearing: n.f. audiencia pública
in public: en público
public opinion: n.f. opinión pública
public relations: n.f. relaciones públicas
public sector: n.m. sector público
public thoroughfare: n.f. vía pública
public utilities: n.f. empresas de servicio público
public works: n.f. obras públicas
publication: n.f. publicación
publicity: n.f. publicidad
pudde: n.m. charco
pull broom: n.f. escoba de arrastre
pulley: n.f. polea, roldana; m. motón
pulverize: v. pulverizar
pulverizer: n.m. pulverizador; f. desmenuzadora
pump: v. bombear
pump: n.f. bomba
pump-equipped: a. equipado con bomba
pumpable: a. bombeable
pumper: n.m. (truck) bombero
pumping: n.m. bombeo, bombeado
pumping station: n.f. estación de bombeo o bombeado
puncture: (auto) n.f. pinchazo, pinchadura, (Mex) ponchadura
puncture: v. pinchar, (Mex) ponchar
punctureproof: a. a prueba de pinchazo o pinchadura; impermeable
purchase: v. comprar
purchase: n.f. compra
purchaser: n.f. & m. comprador, compradora
purchasing: a. comprador,dora; n.f. compra
purchasing power: n.m. poder adquisitivo
pure: a. puro,ra
purge: v. purgar, limpiar
purification: n.f. purificación, depuración
purifier: n.m. depurador, purificador
purify: v. purificar, depurar
purity: n.f. pureza
groundwater purity: n.f. pureza de las aguas subterráneas
push: v. empujar
push: n.m. empuje
push broom: n.m. escobillón
pushcart: n.m. carrito tirado a mano
putrefaction: n.f. putrefacción
putrefiable: a. putrescible
putrified: a. putrefacto,ta
putrefy: v. podrir(se), pudrir(se)

putrescible: a. putrescible

putrescible wastes: residuos o desechos putrescibles

putrid: a. en putrefacción, pútrido,da; podrido,da; putrefacto,ta

putty: n.f. masilla

PVC - polyvinyl chloride: n.m. cloruro de polivinilo

pyrolysis: n.f. pirólisis

pyrophosphate: n.m. pirofosfato

qualification: n.f. aptitud, capacidad, competencia; m. requisito; f.
calificación
qualified: a. competente, apto,ta; hábil, capacitado,da
qualify: v. capacitar, habilitar; calificar
qualitative: a. cualitativo,va
qualitative analysis: n.m. análisis cualitativo
quality: n.f. calidad; clase; categoría; cualidad
quality: a. de calidad
quantitative: a. cuantitativo,va
quantitative analysis: n.m. análisis cuantitativo
quantity: n.f. cantidad
quart: n.m. cuarto de galón (0,946 lts)
quarter: n.m. (3-month period) trimestre; f. cuarta parte
quarterly: adv. trimestralmente; a. trimestral
quartz: n.m. cuarzo
quench: v. (fire) apagar
questionnaire: n.m. cuestionario
quick-dumping: a. de vaciado rápido
quotation or quote: n.f. (prices) cotización
quote: v. (prices) cotizar

R & D - research and development: investigación y desarrollo
 radiate: v. radiar
 radiation: n.f. radiación
 radio: n.m. & f. radio
 radio channel: faja de frecuencia, radiocanal
 radio communication: n.f. radiocomunicación
 radio receiver: n.m. radioreceptor
 radio set: n.m. equipo de radio; f. radio
 radio signals: n.f. señales radioeléctricas
 radio station: n.f. estación de radio
 radio tower: n.f. torre radiodifusora
 radio transmission: n.f. radiotransmisión
 radio transmitter: n.m. radiotransmisor
 radioactive: a. radiactivo,va; radioactivo,va
 radioactive wastes: n.m. residuos o desechos radiactivos
 radioactivity: n.f. radiactividad, radioactividad
 radiotelephone: n.m. radioteléfono
 radius: n.m. radio
 rags: n.m. trapos, harapos
 railroad: n.m. ferrocarril; f. vía o línea férrea, ferrovía
 railroad bridge: n.m. puente ferroviario o de ferrocarril
 railroad crossing: n.m. paso a nivel; cruce de ferrocarril
 railroad track: n.f. vía o línea ferroviaria
 rain: v. llover
 rain: n.f. lluvia
 rainfall: n.f. precipitación pluvial, pluviosidad
 rainstorm: n.f. tempestad de lluvia; m. aguacero, chaparrón
 rainwater: n.f. agua pluvial, agua de lluvia
 rainwater runoff: n.m. escurrimiento del agua de lluvia
 rainy season: n.f. temporada o época de lluvias o lluviosa
 rake: n.m. (tool) rastrillo, rastro
 rake: v. rastrillar
 ram: n.m. (mech) plisón
 ramp: n.f. rampa
 random: n. & a. al azar, casual, fortuito
 random discharge of toxic wastes: descarga o vaciado fortuito o casual
 de residuos o desechos tóxicos
 random sample: n.f. muestra al azar
 range: v. oscilar, variar; extenderse
 range: n.m. límites, alcance, recorrido; f. amplitud, gana, fluctuación
 mountain range: n.f. cordillera, sierra
 rapid: a. rápido,da
 rapid-cooling: a. de enfriado rápido
 rat: n.f. (animal) rata
 rate: n. tasa, índice, coeficiente; grado; (interest) tipo; (insurance)
 prima; (speed) velocidad; (price) precio, tarifa; a razón de
 base rate: n.f. tarifa base
 rated: a. nominal, asignado,da; de régimen
 rating: n.f. (mech) clasificación, tasación
 ratio: n.f. relación, razón
 ravine: n.f. barranca, quebrada, cañada, hondonada; m. barranco
 raw: a. crudo,da; bruto,ta
 raw material: n.f. materia prima; m. material en bruto
 raw sewage: n.m. líquidos cloacales crudos; f. aguas residuales crudas
 raw sludge: n.m. cieno crudo
 raze: v. arrasar, demoler
 RCRA - Resource Conservation and Recovery Act: Decreto sobre la Recupera-
 ción y Conservación de Recursos
 RDF - refuse-derived fuel: n.m. combustible procedente o derivado de
 residuos
 reactant: n.m. reactivo
 reaction: n.f. reacción
 reactive: a. reactivo,va
 reactive hazardous wastes: n.m. residuos o desechos peligrosos y
 reactivos
 reading: n.f. (instr) lectura, indicación
 readout: n.f. lectura
 ready-mixed concrete: n.m. concreto u hormigón premezclado
 reaeration: n.f. reaeración, reaeración, reaeración

reagent: n.m. reactivo
dry reagent: n.m. reactivo seco
liquid reagent: n.m. reactivo líquido
solidifying reagent: n.m. reactivo de solidificación
real: a. verdadero,ra; real
real estate: n.m. bienes raíces o inmuebles
rear: a. trasero,ra; de atrás, posterior
rear axle: n.m. eje o puente posterior o de atrás
rear dump: a. de vaciado por atrás; de descarga trasera
rear-end loader (truck): n.m. camión de carga trasera; cargador trasero
rear-loading: a. de carga trasera
rear-view mirror: n.m. espejo retrovisor o retroscópico
rebate: n.f. rebaja; m. descuento; (repayment) reembolso
tax rebate: n.f. bonificación tributaria, reembolso de algunos impuestos ya pagados
recap (tires): v. recauchutar, recubrir (llantas)
recapping (tires): n.m. recubrimiento, recauchutado, recauchutaje
receipt: n.m. (document) recibo; m. (receiving of) recibo; f. recepción
receipts: n.f. entradas; recaudación; m. ingresos
receive: v. recibir; aceptar
receiving: n.f. recepción; m. recibo
receiving: a. de recepción; receptor,ra; recibidor,ra; de entrada; de llegada
receiving area: n.f. área o zona de recepción
receiving basin: n.m. pozo de entrada
receiving hopper: n.f. tolva receptora o de recepción
receiving tube: n.m. tubo receptor
receptacle: n.m. receptáculo, recipiente
reception: n.f. recepción, admisión; m. recibo
reception center: n.m. centro de recepción
reception chamber: n.f. cámara de recepción o admisión
recharge: v. recargar
recharge well (ground water): n.m. pozo de restablecimiento o recarga
recirculation: n.f. recirculación
reclaim: v. (land) recuperar, ganar
reclamation: n.f. recuperación; m. aprovechamiento
recompact: v. recompactar
recondition: v. reacondicionar, rehabilitar
recontamination: n.f. recontaminación
record: v. registrar, grabar
record(s): n.m. documento(s), registro(s), dato(s)
record keeping: n.m. mantenimiento de registros
recording: a. registrador,ra
recording: n.f. grabación; m. registro
recover: v. recuperar; recubrir, volver a cubrir
recoverable: a. recuperable
recoverable resources: n.m. recursos recuperables
recovered: a. recuperado,da
recovered material: n.m. material recuperado
recovered resources: n.m. recursos recuperados
recovery: n.f. recuperación
recreation: n.f. recreación
recreational: a. recreativo,va
recreational purposes: n.m. fines recreativos
recycle: v. reciclar, volver a usar
recycling: n.m. reciclaje, reciclado
reduce: v. reducir, disminuir
reducing: a. reductor,ra; n.f. reducción
reducing agent: n.m. agente reductor
reductant: n.m. agente reductor
reduction: n.f. reducción
reduction ratio: n.f. razón de reducción
chemical reduction: n.f. reducción química
sludge reduction: n.f. reducción de barros cloacales o cienos
refill: v. rellenar, volver a llenar
reforestation: n.f. reforestación, rearbORIZATION
refuse: n.f. basuras; m. desperdicios, desechos (see waste)
refuse bunker: n.m. arca para almacenamiento de residuos
refuse cart: n.m. carrito de basura
refuse handling: n.m. manejo de basuras o desechos
refuse packer: n.m. compactador de basuras o desechos
refuse-derived fuel (RDF): n.m. combustible procedente o derivado de desechos, residuos o basuras

regenerate: v. regenerar
regenerated: a. regenerado, da
regenerated catalyst: n.m. catalizador regenerado
regeneration: n.f. regeneración
regimen: n.m. régimen, sistema
region: n.f. región
regional: a. regional
register: v. registrar(se); (letter) certificar; inscribirse
register: n.m. registro
regular: a. regular, normal, corriente
regular staff: n.m. personal permanente
regularly: adv. regularmente, normalmente, con regularidad, periódicamente
regulate: v. regular; (mech) ajustar; (make rules) reglamentar
regulating: a. regulador, ra; n.f. regulación
regulation: n.f. regulación, m. reglaje; f. reglamentación, regla
regulations: n.m. reglamentos (set of rules)
regulator: n.m. regulador
regulatory: a. reglamentario, ria; de regulación
regulatory agency: n.f. entidad reglamentaria
reimburse: v. reembolsar
reimbursement: n.m. reembolso
reinforce: v. armar, reforzar
reinforced concrete: n.m. concreto reforzado, hormigón armado
reinforced steel: n.m. acero reforzado
reject: v. rechazar
rejects: n.m. rechazos, desechos
relative: a. relativo, va
relative humidity: n.f. humedad relativa
relative stability: n.f. estabilidad relativa
relay: n.m. relevador, relai, relé
release: v. (loosen) soltar; (unhook) desenganchar
release the brake: soltar el freno, desfrenar
remodel: v. remodelar, reconstruir
remote control: a. de control remoto
removable: a. removible, trasladable; desmontable; reemplazable
removal: n.f. remoción, traslado; eliminación
remove: v. quitar, sacar, trasladar, eliminar, deshacerse de, remover
renewable: a. renovable
renewable resources: n.m. recursos renovables
renewal: n.f. renovación
renovate: v. renovar; (restore) restaurar
rent: v. alquilar, arrendar
rent: n.m. alquiler, arrendamiento
rent-free: adv. sin pagar alquiler, gratuitamente
reoxygenation: n.f. reoxigenación
repair: v. reparar, arreglar, componer, remendar
repair: n.f. reparación, compostura; m. reparo
repair shop: n.m. taller de reparación
repairable: a. reparable
repave: v. repavimentar, reafirmar
repellent: n.m. & a. repelente
replace: v. reemplazar, substituir
replaceable: a. reemplazable
replacement: n.m. reemplazo; f. sustitución; m. repuesto, recambio
replacement parts: repuestos, partes de repuesto
report: v. informar, comunicar; presentar un informe
report: n.m. informe; f. comunicación, memoria, relación; (CA) m. reporte
reporting system: n.m. sistema de preparación de informes
represent: v. representar
representative: a. representativo, va
representative sample: n.f. muestra representativa
representative: n.m. representante
reprocessing: n.f. reelaboración; m. reproceso, reprocesamiento
reproduction: n.f. reproducción
request: v. solicitar, pedir
request: n.f. solicitud, petición; m. pedido
require: v. exigir, requerir
required: a. requerido, da; necesario, ria; obligatorio, ria; prescrito, ta
requirement: n.m. requisito, requerimiento
requisition: n.m. pedido; f. solicitud
requisition: v. requisar, requerir, pedir

resale price: n.m. precio de reventa
research: n.f. investigación
 research and development (R&D): investigación y desarrollo
reservoir: n.m. embalse, estanque, depósito; f. presa, represa
reset: v. reajustar; volver a fijar
resident: n.m. habitante, residente, el que reside en
resident: a. residente, existente, de residencia
 resident fluid: n.m. fluido existente (en una área)
residential: a. residencial
 residential wastes: residuos o desechos domésticos o domiciliarios
residual: a. residual, restante, remanente
residue: n.m. residuo
 residue screening: n.f. clasificación de residuos
resin: n.f. resina
resistance: n.f. resistencia
resistivity: n.f. resistividad
resource(s): n.m. recurso(s)
 resource conservation: n.f. conservación o preservación de recursos
 financial resources: n.m. recursos financieros
 natural resources: n.m. recursos naturales
 resource recovery: n.f. recuperación de recursos
 Resource Conservation and Recovery Act: (see RCRA)
respiration: n.f. respiración
respiratory: a. respiratorio, ría
responsibility: n.f. responsabilidad
responsible: a. responsable de
restraint: n.f. restricción
restrict: v. restringir, limitar
restricted: a. restringido, da; limitado, da; restricto, ta
 restricted area: n.f. zona prohibida o restringida
rest room: n.m. aseos, servicios, lavabos
resurface (a road): v. reafirmar
retainer: (mech) n.m. fiador, retén
retaining: a. de retención, retenedor, ra
 retaining wall: n.m. muro de retención o contención
retention: n.f. retención
 retention wall: n.m. muro o f. pared de retención
retest: v. reensayar, volver a probar
retread (a tire): v. recauchutar, recauchar
reusable: a. reutilizable, reusable
 reusable resources: n.m. recursos reutilizables
rev (an engine): v. acelerar el motor
revenue: n.m. ingresos (brutos)
reverse: a. contrario, ría; opuesto, ta; inverso, sa
 reverse direction: en dirección opuesta o contraria
 reverse gear: (auto) n.m. engranaje de marcha atrás o de retroceso
 reverse flow: n.m. contraflujo, de flujo inverso
 reverse osmosis: n.f. osmosis inversa
revise: v. revisar, corregir, repasar
revised plans: n.m. planos revisados o modificados
revision: n.f. revisión, corrección, repaso
right: n.m. derecho
right-hand: a. de mano derecha
right-of-way: n.m. derecho de paso o de vía; f. servidumbre de paso
ring: n.m. anillo, aro
rinse: v. enjuagar, deslavar
ripper: (machine) n.m. escarificador, arrancaraíces
riprap: n.m. escollera, pedraplén; revestimiento del talud
rise: n.f. (topo) cuesta, subida, elevación; (prices) alza; m. aumento
risk: n.m. riesgo
river: n.m. río; a. fluvial
road: n.m. camino; f. carretera; vía pública
 road crossing: n.m. cruce de camino, paso a nivel
 road machinery: n.f. maquinaria caminera o vial
 road system: n.f. red vial o caminera
 road traffic: n.m. tráfico o tránsito vial
 road transportation: n.m. transporte vial o por carretera
 road work: n.f. obras viales, obra caminera
roadbed: n.m. lecho de vía
roadway: n.m. camino, f. calzada
rock: n.f. roca, piedra
 rock fill: n.f. escollera

rocky: a. rocoso,sa
rod: n.m. vástago; f. varilla
rodent: n.m. roedor
 rodent control: n.m. control de roedores
rodent-proof: a. a prueba de roedores
roll: v. rodar, girar,
roll: n.m. rollo; rodillo, cilindro
roll-off container: n.m. contenedor deslizante o "roll-off"
roll-off packer: n.m. compactador para contenedor deslizante
roller: n.m. rodillo, cilindro
 roller grate: n.f. criba giratoria
 roller-grate mass burning system: n.m. sistema de quemado de residuos
 con criba giratoria
roof: n.m. techo
 roof gutter: n.m. canalón; f. canaleta de techo
 roof tile: n.f. teja
 roof truss: n.f. armadura para techo
roofing: n.m. techado
room: n.m. cuarto; f. pieza, habitación
rot: v. pudrir(se), pudrir(se); descomponer(se)
rotary: a. giratorio,ria; rotativo,va; rotatorio,ria
rotten: a. podrido,da
rough: a. (topo) escabroso,sa; barrancoso,sa; (surface) áspero,ra
 rough estimate: n.f. estimación aproximada
route: n.m. recorrido; f. ruta
routing: n.f. programación o plan de recorridos o rutas
royalty: n.f. regalía; m. derecho de patente
RPM - revolutions per minute: n.f. revoluciones por minuto - rpm
rubber: n.f. goma; m. caucho, hule
rubbish: n.m. despojos, cascote, escombros, derribos; f. basura
rubble: n.m. cascote, escombros; f. piedra bruta
runoff: n.m. escurrimiento, derrame, aporte; f. escorrentía
rural: a. rural
 rural area: n.f. zona rural
rust: n.f. herrumbre; m. orín, moho
rust: v. aherrumbrarse, oxidarse, emoldecerse
rustproof: a. a prueba de herrumbre o de oxidación, inoxidable

sack: n.f. bolsa; m. saco
 safe: a. seguro,ra
 safe load: n.f. carga límite, carga de seguridad
 safeguard: v. salvaguardar, proteger
 safety: n.f. seguridad
 safety device: dispositivo o accesorio de seguridad
 safety equipment or gear: equipo de seguridad
 safety factor: factor de seguridad
 safety glass: vidrio inastillable, cristal de seguridad
 safety isle: (road) refugio, isla de seguridad
 safety measures: n.f. medidas de seguridad
 safety precautions: precauciones de seguridad
 salary: n.m. salario, sueldo
 salt: n.f. sal; a. salado,da; salobre
 salt dome: n.m. domo salino
 salt water intrusion: n.f. intrusión de agua salada o salobre
 metal salts: n.f. sales metálicas
 salvage: v. salvar, recobrar
 salvage: n.m. salvamento, recobro; f. recuperación
 salvage drums: n.m. tambores de salvamento
 salvage operations: n.f. operaciones de salvamento
 sample: v. muestrear, muestrar, tomar muestras
 sample: n.f. muestra; m. testigo
 sample well: n.m. pozo de muestreo
 core sample: n.m. testigo o f. muestra de perforación o de sondaje
 representative sample: n.f. muestra representativa
 sampler: n.m. sacamuestras, muestreador
 sampling: n.m. muestreo; f. toma de muestras
 sampling tube: n.m. tubo muestreador
 sand: n.f. arena
 sand filter: n.m. filtro de arena
 disposal sands and clays: n.f. arcillas y arenas de disposición
 sandstone: n.f. arenisca
 sandy: a. arenoso,sa; arenáceo,cea
 sanitary: a. sanitario,ria; higiénico,ca
 sanitary engineer: n.m. ingeniero sanitario
 sanitary landfill: n.m. relleno sanitario; (Sp) vertedero controlado
 sanitation: n.m. saneamiento; f. higienización, sanidad, salubridad
 sanitation department: n.m. departamento de sanidad o de salubridad
 saturable: a. saturable
 saturate: v. saturar, empapar
 saturated: a. saturado,da; empapado,da
 saturation: n.f. saturación
 saturation point: n.m. punto de saturación
 saw: n.f. (tool) sierra; m. serrucho
 chain saw: n.f. sierra de cadena
 sawdust: n.m. aserrín, serrín; f. aserraduras
 scaffold: n.m. andamio
 scaffolding: n.m. andamiaje; f. andamiada
 scale: (map) n.f. escala
 scale drawing: n.m. dibujo a escala
 to scale: a escala
 wage scale: n.m. escalafón; f. escala de sueldos
 scales: n.f. báscula, balanza, pesas; (Ven) romana
 scalehouse: n.f. caseta de la báscula o balanza; caseta de pesaje; (Ven)
 caseta de la romana
 scavenge: v. recobrar o rescatar objetos entre la basura; (Arg) cirujar;
 (Mex) pepenar; (Ch) cachurear
 scavenger: n.m. él que recobra objetos entre la basura; (Arg) ciruja;
 (Mex) pepenador; (Ch) cachurero; (Ven) zamuro; (animal) animal
 carroñoso; (bird) ave de carroña
 scavenging: n.f. recuperación de basuras; m. recobro o rescate o salvamento
 de basuras; (Arg) cirujeo; (Mex) pepena, pepeneo; (Ch) cachureo; (Ven)
 zamureo; f. carroña
 schedule: v. programar
 schedule: n.m. horario, itinerario; cronograma
 work schedule: n.m. plan de trabajo
 scheduling: n.f. programación
 schematic drawing: n.m. dibujo esquemático
 scrap: n.m. restos, desechos, residuos, f. sobras
 scrap iron: n.f. chatarra; m. hierro viejo, despojos de hierro
 scraper: n.f. trailla; excavadora acarreadora
 scraper-loader: n.f. trailla cargadora
 self-loading scraper: n.f. trailla autocargadora

screen: n.f. criba, cribadora; m. cernedor, tamiz (fino)
screen: v. cribar, cernir; tamizar
screening: n.m. cribado, cernido; tamizado
screenings: n.f. cerniduras; m. materiales separados por la criba
screw: v. atornillar, enroscar
screw: n.m. tornillo
screw conveyor: transportadora de tornillo sin fin, conductor espiral
screwdriver: n.m. destornillador, atornillador
scrubber: n.m. depurador, limpiador, lavador
scythe: n.f. guadaña
sea: n.m. mar
sea level: n.m. nivel del mar
sea wall: n.m. malecón; f. muralla de mar o de defensa
sea water: n.f. agua de mar
seal: v. sellar, tapar, cerrar
seal: n.m. sello, cierre
sealant: n.m. sellador, tapador
sealed: a. sellado,da; tapado,da; cerrado,da
sealed drums: n.m. tambores sellados
sealer coat (paint): n.f. capa sellante
sealing: n.m. sellado; a. de sellar
season: n.f. (of year) estación; temporada
dry season: n.f. temporada de sequía o seca
rainy season: n.f. temporada de lluvias
seasonal: a. estacional
seasonal work: n.m. trabajo estacional
seat: n.m. asiento
seat belt: n.m. cinturón de seguridad
second: n.m. (time) segundo
second: a. segundo,da
secondary: a. secundario,ria
secondary cover: n.f. cobertura o cubierta secundaria
secondary settling tank: n.m. sedimentador secundario
section: n.f. sección
cross-section: n.m. corte transversal
sectional: a. seccional, seccionado,da
sector: n.m. sector
secure: a. seguro,ra; cerrado,da
secure cell: n.f. celda segura o cerrada
secure landfill: n.m. relleno sanitario seguro o de celdas cerradas
secure well (sealed): n.m. pozo seguro o sellado
security: n.f. seguridad
security measures: n.f. medidas de seguridad
national security: n.f. seguridad nacional
security staff: n.m. personal de vigilancia
sediment: n.m. sedimentos
sediment separator: n.m. separador de sedimentos
sedimentary: a. sedimentario,ria
sedimentation: n.f. sedimentación, decantación
sedimentation basin: n.m. estanque de sedimentación o decantación
sedimentation tank: n.m. sedimentador, tanque de sedimentación
seed: n.f. semilla
seed: v. sembrar
seeding: n.f. siembra; (bacter) inoculación (del tanque digestor con organismos vivos)
seep: v. filtrar(se), colar(se), percolar(se)
seepage: n.f. filtración, infiltración, percolación
seepage well: n.m. pozo de colección
segment: n.m. segmento
segregation: n.f. segregación, separación
selection: n.f. selección
self-adjusting: a. autoajustador,ora; de ajuste propio
self-aeration: n.f. autoaeración, autoaeración
self-cleaning: a. autolimpiador,ra
self-contained: a. completo,ta; independiente; enterizo,za; autónomo,ma
self-dumping: a. autovolcante, autobasculante
self-feeding: a. autoalimentador,ra; de avance automático
self-loading: a. autocargador,ra
self-locking: a. autocerrador,ra; autotrabadador,ra
self-lubricating: a. autolubricador,ra; autoengrasador,ra
self-purification: n.f. autopurificación, autodepuración
self-regulating: a. autorregulador,ra; de regulación automática
self-starting: a. de arranque automático

semi-rid: a. semárido, da
semiautomatic: a. semiautomático, ca
semiportable: a. semiportátil, semifijo
semisolid: a. semisólido, da
pumpable semisolid: n.m. semisólido bombeable
separable: a. separable
separate: v. separar, apartar
separate: a. separado, da
separating: a. separador, ra
separation: n.f. separación
separator: n.m. separador; a. separador, ra
separator berms: n.f. bermas separadoras
septic: a. séptico, ca
septic tank: n.m. tanque o pozo séptico; pozo negro
sequence: n.f. sucesión, serie, secuencia
serial: a. consecutivo; en serie
series: n.f. serie; en serie
service: v. servir (a client), prestar servicio (de reparación, de limpieza, de mantenimiento, etc.)
service: n.m. servicio
service bay: (shop) n.f. nave o m. tramo de servicio
service specialist: n.m. especialista en mantenimiento
service station: n.f. gasolinera; estación o m. taller de servicio
serviced: a. atendido, da; (mach) arreglado, da
serviceman: n.m. reparador, mecánico
servomechanism: n.m. servomecanismo
servomotor: n.m. servomotor
set: n.m. juego
to set up: v. armar, montar; (company) establecer, instituir, fundar
setback (buffer zone): n.f. zona libre, zona amortiguadora
settle: v. sedimentarse, asentarse; (finance) liquidar, saldar
settleable: a. asentable, sedimentable
settleable solids: n.m. sólidos sedimentables
settled: a. sedimentado, da; asentado, da
settlement: n.f. sedimentación, decantación; m. asiento, asentamiento;
(finance) f. liquidación; m. saldo
differential settlement: n.m. asentamiento desigual
settler: n.m. sedimentador, tanque de sedimentación; decantador
settling: n.f. sedimentación, decantación; m. asentamiento
settling basin: estanque o depósito de sedimentación o decantador
settling chamber: cámara de sedimentación; sedimentador
settling pond: laguna o estanque de sedimentación o decantador, ra
settling tank: tanque de sedimentación; sedimentador
settling velocity: velocidad de sedimentación
setup: n.f. instalación; m. montaje
sewage: n.f. aguas cloacales, aguas residuales o negras o servidas; m.
alcantarillaje
sewage disposal: n.f. disposición o eliminación de aguas cloacales
sewage facility: n.f. planta para tratamiento de aguas cloacales
sewage sludge: n.m. cieno o barro de aguas cloacales
sewage treatment plant: planta para tratamiento de aguas cloacales
sewer: n.f. cloaca, alcantarilla; m. albañal, conducto de desagüe
sewer gas: n.f. gas cloacal
sewer inlet: n.f. boca de admisión; m. tragante de cloaca
sewer manhole: n.m. pozo de acceso a las cloacas
sewer outlet: n.f. desembocadura de la alcantarilla
sewer system: n.m. sistema de alcantarillado; f. red cloacal, red de saneamiento
sewerage: n.m. alcantarillado, desagüe cloacal
shaft: (mach) n.m. eje, árbol
shake down: v. verificar el funcionamiento del equipo
shaking conveyor: n.m. transportador sacudidor o vibrador
shaking grate: n.f. parrilla sacudidora o vibradora
shaking screen: n.f. criba vibradora o sacudidora
shale: n.m. esquisto; f. pizarra
shallow: a. poco profundo, da; somero, ra
shavings: n.f. virutas, acepilladuras, alisaduras
shearing strength: n.f. resistencia al cizalleo o al corte
shearing stress: n.m. esfuerzo cortante, cizallamiento, cizalleo
shed: n.m. tinglado, cobertizo; f. chera
sheet metal: n.f. hoja metálica, chapa metálica; v. hojalata
shell: n.f. concha; (Arg) m. caracol, (of building) casco
shell road: n.m. camino afirmado con conchas
shift: n.m. turno, período de trabajo; f. jornada
to shift gears: v. cambiar engranajes o de velocidad
shifting: a. movedizo, za; corredizo, za

ship: v. embarcar, enviar, despachar
 shipment: n.m. cargamento, embarque, despacho, envío; f. remesa
 shipping: n.m. despacho, envío, embarque
 shipping documents: n.m. documentos de embarque
 shipping notice: n.m. aviso de embarque
 shock: n.m. golpe, choque, impacto
 shock absorber: n.m. amortiguador de choque
 shop: n.m. (mech) taller; (comm) negocio; f. tienda
 short circuit: n.m. cortocircuito
 short ton: n.f. tonelada neta o corta
 short-term: a. a corto plazo
 shoulder (of road): n.f. banquina; m. paseo
 shovel: n.f. pala
 shred: v. desmenuzar, triturar
 shredder: n.f. desmenuzadora, desfibradora; m. desmenuzador, triturador
 shredding: n.m. desmenuzamiento; f. trituración
 shut down: v. parar, paralizar
 shutdown: n.m. paro; f. paralización
 shutoff: a. de cierre
 side: n.m. lado, costado; (mountain) f. ladera; m. flanco
 side: a. lateral, de lado
 side loader: n.m. camión de carga lateral
 side slope: n.m. talud lateral
 side view: n.f. vista lateral o de lado
 sidewalk: n.f. acera, vereda, banqueta; m. (Col) andén
 sign: n.m. cartel, letrero; (math) signo; f. señal
 road sign: n.f. señal de tráfico en la carretera
 signal: v. señalar
 signal: n.f. señal
 signal light: n.f. luz de señal; m. semáforo
 silt: n.m. sedimentos, acarreo fluvial; limo, fango, barro; f. lama
 silt basin: n.m. desarenador, decantador; f. cámara de sedimentación
 silt deposition: n.f. depósito de acarreo fluvial
 silt up: v. sedimentar(se), atarquinarse, enfangarse
 single: a. simple, sencillo, lla; único, ca; solo, la
 single-lane road: n.m. camino de una sola vía
 site: v. (a landfill) ubicar, localizar
 site: n.m. sitio, ubicación, emplazamiento
 landfill site: n.m. sitio del relleno
 site plan: n.m. plano del sitio
 site selection: n.f. selección de un sitio
 siting: n.f. ubicación, localización
 skid: v. resbalar, patinar
 skid: n.m. patín, larguero; f. corredera
 skid-mounted: a. montado, da sobre largueros o patines
 skidding: n.m. (auto) patinaje, resbalamiento
 skilled labor: n.f. mano de obra experta; m. trabajadores expertos
 skim: v. desnatar, despumar
 skimming tank: n.m. tanque desnatador
 skins: n.f. pieles; m. cueros
 slab: (foundation) n.f. losa, placa; (Ven) platabanda
 slat: n.f. tableta, tablilla; m. listón
 slate: n.f. pizarra; m. esquisto
 slaughterhouse: n.m. matadero
 slaughterhouse wastes: n.m. desechos o despojos de matadero
 sleet: n.f. aguanieve, cellisca; m. hielo
 sleeve: (mech) n.m. manguito, casquillo; f. manga, camisa
 slick: a. resbaladizo, za
 slide: v. deslizar(se), resbalar; (mud) derrumbarse, desprenderse
 slide: (mud) n.m. derrumbe, desprendimiento; f. dislocación
 sliding: a. deslizante, corredizo, za, corredero, ra
 slip: v. resbalar, patinar, deslizarse; desprenderse; (clutch) desengan-
 charse
 slippage: n.m. (belt) resbalamiento; desprendimiento
 slippery: a. resbaladizo, za; resbaloso, za
 slip-proof: a. antideslizante, a prueba de resbalamiento
 slope: v. ataludar, taludar; inclinarse
 slope: n.f. cuesta, pendiente, vertiente, inclinación; m. talud, declive
 mountain slope: n.f. ladera, falda, vertiente; m. flanco
 slope level: n.m. nivel de pendiente
 slope stability: n.f. estabilidad del talud
 slot: n.f. ranura
 slotted: a. ranurado, da
 slotted casing: n.m. entubado ranurado

sludge: n.m. cieno, lodo, fango, barro cloacal
sludge bed: n.m. lecho secador de cienos
sludge cake: pan o terrón de cienos o lodos; torta de cienos o lodos
sludge collector: recolector o colector de cienos o lodos
sludge conditioning: n.m. acondicionamiento de cienos o lodos
dewatered sludges: n.m. cienos o lodos desecados
sludge dewatering: n.f. desecación de cienos o lodos
sludge digestion: n.f. digestión de cienos o lodos
sludge drier: n.m. desecador de cienos o lodos
sludge drying: n.f. desecación de cienos o lodos
hazardous liquid sludges: n.m. cienos o lodos líquidos y peligrosos
sludge incinerator: n.m. incinerador de cienos o lodos
sludge pressing: n.f. desecación de cienos por presión
sludge pump: n.f. bomba de lodo
sludge scraper: n.f. raspadora de barro o cienos
sludge solids: n.m. sólidos en los cienos o barro
sludge supernatant: n.m. sobrenadante del cieno o barro
sludge treatment: n.m. tratamiento de cienos
slurry: n.f. lechada, pasta aguada
small-scale: a. a escala pequeña
smog: n.f. niebla con humo; m. aire contaminado con partículas
smoke: v. humear
smoke: n.m. humo
smoke detector: n.m. detector o indicador de humo
snap ring (piston): n.m. aro de resorte
snow: n.f. nieve; nevada
snowplow: n.m. arado de nieve, quitanieve, limpianieve
software: (computer) n.f. programación; proglógica
soil: n.m. suelo; f. tierra
soil bacteria: n.f. bacterias terrícolas
soil condition: n.f. condición de los suelos
soil erosion: n.f. erosión de los suelos
soil mechanics: n.f. mecánica de los suelos
soil moisture: n.f. humedad del suelo
soil porosity: n.f. porosidad del suelo
soil properties: n.f. propiedades del suelo
soil testing: n.m. muestreo de los suelos
top-soil: n.f. tierra negra
solar: a. solar
solar radiation: n.f. radiación solar
solder: v. soldar
solder: n.f. soldadura
soldering: n.f. soldadura
solid: a. sólido, da; macizo, za
solid-liquid separation: n.f. separación de sólidos y líquidos
solid wastes: n.m. residuos o desechos sólidos
solid waste disposal: n.f. disposición final de residuos sólidos
solid waste management: n.m. manejo de residuos o desechos sólidos
solidification: n.f. solidificación
solidification process: n.m. proceso de solidificación
solidify: v. solidificar(se)
solids: n.m. sólidos
solids content: n.m. contenido de sólidos
solids retention time: n.m. tiempo de retención de los sólidos
solubility: n.f. solubilidad
soluble: a. soluble
solute: n.f. sustancia disuelta
solution: n.f. solución
inhibited brine solution: n.f. solución inhibidora de salmuera
solvent: n.m. solvente, disolvente; a. solvente
solvent extraction: n.f. extracción por disolvente
inorganic solvents: n.m. solventes inorgánicos
organic solvents: n.m. solventes orgánicos
soot: n.m. hollín
sorting: n.f. clasificación
sounding: n.m. sondeo, sondaje
source: n.f. fuente
source reduction: n.f. reducción (de residuos) por el generador
source separation: n.f. separación (de residuos) por el generador
source of supply: n.f. fuente de suministro
south: n.m. sur, sud; adv. al sur
southern: a. meridional, austral, del sur

spare: a. de repuesto, de reserva
 spare parts: n.m. repuestos; f. (Mex) refacciones; piezas de repuesto
 spare tire: n.f. llanta de repuesto
 spare-wheel rack: n.m. portarueda
 spark: n.f. chispa
 spark plug: n.f. bujía
 special: a. especial
 special-purpose: a. de uso especial
 specific: a. específico,ca
 specific gravity: n.f. gravedad específica
 specific viscosity: n.f. viscosidad específica
 specific volume: n.m. volumen específico
 specifications: n.f. especificaciones; m. pliego de condiciones
 specify: v. especificar, detallar
 speed: n.f. velocidad; rapidez
 speedometer: n.m. velocímetro, indicador de velocidad
 spent: a. agotado,da; gastado,da; usado,da
 spent acids: n.m. ácidos usados
 spent catalyst: n.m. catalizador usado
 spent liquors: n.m. baños usados
 spent pickling liquids: n.m. líquidos decapadores usados
 spent solvent: n.m. disolvente gastado
 spontaneous combustion: n.f. combustión espontánea, autoinflamación
 spotlight: n.m. reflector buscavuelas, faro buscador
 spray: v. rociar, regar
 spray: n.m. rocío, rociado
 spray bar: n.f. barra rociadora
 spray nozzle: n.m. pitón pulverizador; f. boquilla de pulverizar
 spray paint: v. pintar por pulverización
 sprayer: n.m. rociador, pulverizador
 spraying: a. de rociar; rociador,ra
 spraying: n.f. aspersión; m. rociado, rociamiento
 spread: v. esparcir, distribuir, extender
 spreading: n.m. esparcimiento; f. distribución
 spring: n.m. (water) manantial; (mech) resorte; (auto) elástico
 sprinkle: v. rociar, regar; (drizzle) lloviznar
 sprinkler: n.f. regadera, regadora; m. rociador, aspersor
 sprinkler fittings: n.m. accesorios para rociadores automáticos
 sprinkler system: n.m. (garden) sistema de tuberías para riego por as-
 persión; (fire) n.f. instalación para la extinción de incendios por
 rociado automático
 sprinkler truck: n.m. camión regador
 sprinkling: n.m. rociado, riego; f. regadura, aspersión
 square: a. cuadrado,da; n.f. (city) plaza
 stability: n.f. estabilidad
 stabilization: n.f. estabilización
 chemical stabilization: n.f. estabilización química
 stabilization pond or lagoon: n.m. estanque de estabilización
 physical stabilization: n.f. estabilización física
 stabilize: v. estabilizar
 stabilized: a. estabilizado,da
 stabilizer: n.m. estabilizador
 stable: a. estable
 stack: n.f. chimenea
 staff: n.m. personal
 staff: v. proveer de personal
 stage: m.f. etapa; m. estado
 stage aeration: n.f. aereación o aeración por o en etapas
 stage digestion: n.f. digestión por o en etapas
 stagnant: a. estancado,da
 stake: n.f. estaca
 stake marker: n.m. marcador de estacas
 stand-by: a. de reserva, auxiliar
 standard: n.f. norma; m. patrón, modelo, tipo, estándar, standard
 standard of living: n.m. nivel de vida, estándar de vida
 standard: a. normal, corriente, estándar, standard, de norma
 standard size: n.m. tamaño normal o corriente
 standard specification: n.f. especificación modelo o normal
 standardization: n.f. normalización, uniformización, estandarización
 standardize: v. normalizar, uniformar, estandarizar
 standards: n.m. estándares; patrones; f. normas, pautas, reglas

standing water: n.f. agua estancada
 standstill: (mach) n.f. parada
 start: v. comenzar, iniciar; (motor) arrancar; (mach) poner en marcha
 starter: n.m. (auto) arrancador
 starter heater: n.m. calentador para el arrancador
 starting: n.m. arranque; (mach) f. puesta en marcha
 start-up: n.f. puesta en marcha
 start-up procedures: n.m. procedimientos de puesta en marcha
 state: n.m. estado; f. condición
 state of the art: n.m. estado del arte, estado actual
 solid (liquid) state: n.m. estado sólido (líquido)
 state: a. estatal
 state permit number: n.m. número del permiso estatal
 statement: n.f. declaración, manifestación; (comm) m. estado de cuenta
 static: a. estático, ca
 static load: n.f. carga fija (also known as dead load)
 station: n.f. estación
 computer-controlled weigh station: n.f. estación de pesaje controlada por computadora
 stationary: a. fijo, ja; estacionario, ria
 stationary compactor or packer: n.m. compactador estacionario
 stationery: n.m. papel para cartas
 statistics: n.f. estadística; m. datos estadísticos
 stator: n.m. estator
 steam: n.m. vapor
 steam clean: v. limpiar a vapor
 steel: n.m. acero
 steel alloy: n.f. aleación de acero
 steel frame: n.f. armadura de acero; m. arrazón de acero
 steel plate: n.f. plancha de acero
 forged steel: n.m. acero forjado
 steel-belted tires: n.f. llantas con bandas de acero
 steep: a. empinado, da
 steer: (auto) v. dirigir, guiar, manejar
 steering: n.f. (auto) dirección
 steering column: n.f. columna de dirección
 steering wheel: n.m. volante de dirección
 stock: v. tener en existencia; almacenar
 stock: n.m. (materials) inventario; f. existencias; (finance) acciones
 in stock: en existencia, en inventario
 stockpile: v. acopiar, amontonar o apilar (material) de reserva
 stockpile: n.m. montón de reserva o de acopio; f. pila en existencia
 stockpiling: n.f. acumulación de reservas; m. amontonamiento de acopios
 stone: n.f. piedra
 stone quarry: n.f. cantera, pedrera
 stony soil: n.m. suelo pedregoso
 stop: v. parar(se), detener(se)
 stop: n.m. (mech) tope, parador
 bus stop: n.f. parada de ómnibus o autobus
 stop sign: n.f. señal de alto o de parada
 storage: n.m. almacenaje, almacenamiento, acopio
 storage bin: n.m. recipiente o depósito de almacenamiento
 storage bunker: n.m. arcón de almacenamiento
 storage facility: n.f. instalación para almacenaje
 storage tank: n.m. tanque almacenador o de almacenamiento
 store: v. almacenar, acopiar
 store: n.f. tienda; m. almacén
 storeroom: n.f. bodega, despensa; m. almacén
 storm: n.f. tormenta; m. temporal
 storm drain: n.m. desagüe de agua pluvial
 storm sewer: n.f. alcantarilla pluvial
 storm water: n.f. aguas pluviales
 storm water runoff: n.m. escurrimiento de aguas pluviales
 strap: n.f. correa
 stratum: n.m. estrato, lecho, manto; f. estratificación, capa, cama
 stream: n.m. río, arroyo; f. corriente
 waste stream: n.f. corriente residual o de residuos
 street: n.f. calle
 street cleaning: n.f. limpieza de calles
 street flusher: n.m. camión tanque lavador de calles; camión de baldeo
 street intersection: n.f. bocacalle, intersección de calles
 street layout: n.f. disposición de las calles
 one-way street: n.f. calle unidireccional
 street sweeper: n.f. (machine) barredora; n.m. (person) barrendero
 street sweeping: n.m. barrido de calles
 two-way street: n.f. calle bidireccional

swath: n.f. (grader) anchura de corte
sweep: v. barrer
sweeper: n.f. (mach) barredora; m. (man) barrerero, barredor
mechanical sweeper: n.f. barredora mecánica
motorized sweeper: n.f. barredora motorizada
vacuum sweeper: n.f. barredora aspiradora, barredora al vacío
sweeping: n.m. barrido
manual sweeping: n.m. barrido manual
mechanized sweeping: n.m. barrido mecanizado
sweet water: n.f. agua dulce
switch: n.m. (electr) interruptor
switchboard: n.m. (telephone) conmutador
switchgear: n.m. (electr) dispositivo de distribución
synchronize: v. sincronizar
synchronizing: n.f. sincronización; a. sincronizador
synchronizing ring: (auto) n.m. anillo sincronizador
synthetic: a. sintético,ca
synthetic resin: n.f. resina sintética
system: n.m. sistema, procedimiento
systems analysis: n.m. análisis de sistemas
systems approach: n.m. método de sistemas
weighing systems: n.m. sistemas de pesaje

table: n.m. (of figures) cuadro; f. tabla
 tabulate: v. tabular
 tabulation: n.f. tabulación
 tachometer: n.m. tacómetro, contador de velocidad
 tack-weld: v. soldar por puntos o provisionalmente
 tack welding: n.f. soldadura por puntos o provisional
 tag: n.f. etiqueta; m. rótulo
 tailgate: n.f. compuerta trasera, compuerta de cola
 tailings pond: n.f. laguna de decantación; m. estanque decantador
 taillight: n.f. luz trasera, luz de cola
 tailor: v. diseñar a especificación, adecuar
 tandem: a. en tándem
 tangible assets: n.m. bienes tangibles
 tank: n.m. tanque, depósito
 aeration tank: n.m. tanque de aereación o aeración
 tank bottoms: n.m. sedimentos del fondo del tanque
 tank car: n.m. vagón tanque, carro tanque
 holding tank: n.m. tanque de retención
 tank truck: n.m. camión tanque, camión cisterna
 settling tank: n.m. tanque de sedimentación, sedimentador, tanque decantador
 tanker: n.m. (truck) camión tanque o cisterna; (ship) buque tanque
 tannery wastes: n.f. residuos del curtido, desechos de curtiduría
 tannic acid: n.m. ácido tánico
 tannin: n.m. tanino
 tar: n.m. alquitrán; f. brea
 tar paper: n.m. papel alquitranado o embreado
 tare: n.f. tara
 tare weight: n.m. taraje, peso de tara
 tariff: n.f. tarifa; (customs) derecho, arancel
 tarp or tarpaulin: n.f. lona impermeable o alquitranada; m. encerado
 tax: v. gravar, imponer
 tax: n.m. impuesto, gravamen; f. contribución
 tax: a. impositivo,va; contributivo,va; tributario,ria
 tax rate: n.f. tasa de impuestos o tributaria; m. tipo de impuesto
 tax-exempt: a. libre o exento de impuestos
 teardown: n.m. desmontaje
 technical: a. técnico,ca
 technical adviser: n.m. asesor técnico
 technical staff: n.m. personal técnico
 technician: n.m. técnico
 lab technician: n.m. técnico de laboratorio
 technique: n.f. técnica
 technological: a. tecnológico,ca
 technology: n.f. tecnología
 technology transfer: n.f. transmisión o transferencia de tecnología
 tectonic: a. (geol) tectónico,ca
 tectonics: n.f. (geol) tectónica; estructura terrestre
 telephone: n.m. teléfono
 telephone pole: n.m. poste de teléfono o telefónico
 telephone switchboard: n.m. conmutador
 telephone wire: n.m. alambre de teléfono o telefónico
 temperature: n.f. temperatura
 temperature gage: n.m. indicador de temperatura, termómetro
 temperature-sensitive: a. sensible a la temperatura
 temporary: a. temporal; temporario,ria; provisorio,ria; provisional
 tensile: a. de tensión; tensor,ra; de tracción, tractor,ra
 tensile limit: n.m. límite de tensión
 tensile strength: n.f. resistencia a la tensión
 tensile stress: n.m. esfuerzo de tensión, esfuerzo tractor
 term of contract: n.m. plazo del contrato
 terms of payment: n.f. condiciones de pago
 terminal: n.f. terminal; a. terminal, final
 terminal station: n.f. estación terminal
 terrace: n.f. terraza; m. terrado, banca
 terrace: v. terrazar, abanalar
 terraced lands: n.m. terrenos terrazados
 terrain: n.m. terreno
 flat terrain: n.m. terreno plano o llano
 undulating terrain: n.m. terreno ondulado
 broken terrain: n.m. terreno quebrado o terracedo
 terrane: (geol) n.m. terreno; f. superficie

territory: n.m. territorio
test: v. probar, ensayar
test: n.f. prueba; m. ensayo
test boring: n.m. sondeo o sondaje de exploración; f. perforación de prueba
test sample: n.f. muestra para ensayo
test tube: n.f. probeta; m. tubo de ensayo
test well: n.m. pozo de prueba
testing: n.f. prueba; m. ensayo
tetravalent: a. tetravalente
texture: n.f. textura
thaw: v. descongelar, deshelar(se), derretir(se)
thermal: a. térmico,ca; termal
thermal conductivity: n.f. conductividad térmica
thermal energy: n.f. energía térmica
thermal expansion: n.f. expansión térmica
thermal radiation: n.f. radiación térmica, termorradiación
thermal spring: n.m. manantial termal
thermal waters: n.f. aguas termales
thermoregulator: n.m. termorregulador
thermostat: n.m. termostato, termostato
thick: a. espeso,sa; grueso,sa; (liquid) denso,sa; viscoso,sa
thick-walled: a. de pared gruesa
thickener: a. espesante, espesador,ra
sludge thickener: n.m. espesador de cienos
thickness: n.m. espesor, grosor; f. densidad, profundidad
thin: a. delgado,da; (liquid) diluido,da; ligero,ra
thin-walled: a. de pared delgada
thinner: n.m. diluyente, diluyente
thoroughfare: n.f. vía pública
thread: v. roscar, enroscar, filetear
thread: n.f. rosca; m. filete
threaded: a. roscado, fileteado
threaded coupling: n.f. unión roscada; m. acoplamiento roscado
threaded fittings: n.m. accesorios de rosca o enroscados
throttle (auto) n.m. estrangulador
throttle valve: n.f. válvula de estrangulación
throughput: n.m. rendimiento, producto
throw away: v. desechar, descartar
throwaway: n.m. desecho, material descartado
throwaway: a. desechable, descartable
ticket: v. (by police) multar
ticket: n.f. boleto; m. boleto; (police) f. multa
tidal: a. de marea
tide: n.f. marea
tile: n.f. (roof) teja; (floor) baldosa; (wall) m. azulejo
time: n.m. tiempo
time schedule: n.m. cronograma
time card: n.f. tarjeta registradora de tiempo trabajado; tarjeta de tiempo; tarjeta para reloj marcador
time clock: n.m. reloj marcador de tiempo
timer: n.m. cronómetro, contador de tiempo
timetable: n.m. horario, itinerario
tin: n.m. estaño
tin plate: n.f. hojalata, chapa o lámina estañada
tin roof: n.m. techo de hojalata
tip: v. volcar, voltear, bascular
tipper truck: n.m. camión de volteo
tipping: n.m. volcado, volteo
tipping area: n.f. área de volcado o de descarga
tipping fee: n.f. cuota para volcado o de descarga
tipping floor: n.f. zona de volcado o de descarga
tire: n.f. llanta, cubierta, goma; m. neumático
tire iron: n.f. herramienta para llantas o neumáticos
tire shop: n.m. taller para llantas
tire tread: n.f. rodadura, banda de rodamiento
titrate: v. titular; determinar por análisis volumétrico
titration: n.f. titulación, titración, m. análisis volumétrico
TOC - total organic carbon: n.m. carbono orgánico total
TOD - total oxygen demand: n.f. demanda total de oxígeno
toe: (slope) n.f. base; m. pie
toilet: n.m. inodoro, excusado, retrete

trailer: n.m. remolque; (Arg) acoplado; (Mex) trailer
dump trailer: n.m. remolque volcador o de volteo
flatbed trailer: n.m. remolque de plataforma
trailer hitch: n.m. enganche para remolque
tractor trailer: n.m. camión con remolque
trailer-mounted: a. montado sobre remolque
train: v. entrenar, capacitar, adiestrar
training: n.m. entrenamiento, adiestramiento; f. capacitación
on-the-job training: n.m. entrenamiento durante empleo
transceiver: n.m. transmisor-receptor; transceptor
transducer: n.m. transductor
transfer: v. transferir, trasladar, transbordar; ceder
transfer: n.f. transferencia, traspaso, transbordo; cesión
transfer conveyor: n.m. transportador transferente
transfer station: n.f. estación o planta de transferencia
transfer trailer: n.m. remolque de transferencia; (Ven) mariana
transformer: n.m. transformador
transmission: n.f. transmisión; (auto) transmisión; caja de cambios
transpiration: (irrig) n.f. transpiración
transport: v. transportar, acarrear
transport truck: n.m. camión transportador
transportation: n.m. transporte, acarreo, acarreamiento; f. transportación
transporter's bond (for hazardous wastes): n.f. fianza de transportador
trap: v. atrapar
trap: n.f. trampa
trap grate: n.f. rejilla atrapadora
trash: n.f. basura (que no contiene alimentos o cenizas)
traveling: a. corredizo, za; móvil; ambulante; de viaje
traveling crane: n.f. grúa corrediza; f. puente grúa
traveling expenses: n.m. gastos de viaje; viáticos
traveling holst: n.m. malacate corredizo; (Arg) guinche corredizo
traveling speed: n.f. velocidad de marcha o de recorrido
tread of tire: n.f. rodadura; banda de rodamiento
treat: v. tratar
treated: a. tratado, da
treatment: n.m. tratamiento
treatment facility: n.f. instalación para o de tratamiento
treatment methods: n.m. métodos de tratamiento
treatment plant: n.f. planta de tratamiento
tree: n.m. árbol
trench: v. zanjar, zanjear, trincherar
trench: n.f. zanja, trinchera, fosa, cuneta; m. foso, canal
trench digger: n.f. zanjadora, excavadora de zanjas
trench hoe: n.f. retroexcavadora, zanjadora, trincheradora
trencher: n.f. zanjadora, trincheradora
trenching: n.m. zanjeo, zanjamiento
trend: n.f. tendencia
trial: n.f. prueba; m. ensayo; tanteo; (legal) juicio, proceso
by trial and error: por tanteos
trial period: n.m. período de prueba
trickle irrigation: n.f. irrigación por goteo
trickling filter: n.m. filtro percolador o de escurrimiento
trim: n.m. (carp) contramarcos; f. guarnición
trim stripes: (auto) n.f. rayas o franjas de decoración o adorno
trip: v. (mech) soltar, disparar
trip mechanism: n.m. mecanismo de desenganche
trituration: n.f. trituración
triturator: n.m. triturador
trivalent: a. (chem) trivalente
tropical: a. tropical
trouble-shoot: v. determinar las causas de un problema; mediar
trouble-shooting: n.f. determinación de las causas de un problema; mediación
truck: n.m. camión
truck body: n.f. caja del camión, (Arg) carrocería
compaction truck: n.m. camión compactador
crane truck: n.m. camión de grúa
truck driver: n.m. conductor o chofer de camión; camionero
dump truck: n.m. camión de volteo, camión volquete
front-loader truck: n.m. camión de carga frontal
packer truck: n.m. camión compactador
rear-loader truck: n.m. camión de carga trasera
side-loader truck: n.m. camión de carga lateral
tractor truck: n.m. camión tractor, tractor de camión
truck yard: n.m. patio para camiones

truck-body hoist: n.m. elevador de la caja del camión
truck-mounted: a. montado, da sobre camión
trucking: n.m. camionaje, acarreo, carretónaje
truckload: n.f. camionada, carga completa de camión, carretónada
trunk: n.m. (tree) tronco
trunk: a. troncal, principal
trunk sewer: n.f. cloaca troncal, alcantarilla maestra
tube: n.m. tubo
tubing: n.m. entubado; f. tubería
turbine: n.f. turbina
turboerator: n.m. turboaerador
turbocharger: n.m. turboalimentador
turbocompressor: n.m. turbocompresor
turbogenerator: n.m. turbogenerador
turbosupercharger: n.m. turbosobrealimentador, turbosupercargador
turf: n.m. césped
turn: n.f. vuelta, revolución; m. giro
turn: v. girar; doblar, virar
turn a corner: v. doblar la esquina
turn signal: n.f. (auto) señal de doblar o de virar
turn over: v. volcar(se)
turn-around area: n.f. área de maniobra
turnbuckle: n.m. tensor
turning: n.m. giro, viraje; f. vuelta, curva
turning radius: n.m. radio de giro o de viraje
turn-off: (street) n.f. bocacalle
turnpike: n.f. carretera troncal
two-lane: (road) a. biviario, ría; de dos vías o trochas
two-phase: a. bifásico, ca
two-stage: a. de dos etapas
two-way radio: n.m. equipo transreceptor; f. radio transmisora y receptora
type: n.m. tipo
type of service: n.m. tipo de servicio prestado
typical: a. típico, ca; característico, ca

ultimate: a. último,ma; final
ultimate disposal: n.f. disposición final
ultimate load: n.f. carga máxima
ultrafilter: n.m. ultrafiltro
ultrafiltration: n.f. ultrafiltración
unbalanced: a. desequilibrado,da
uncleared land: n.m. terreno no desmontado o sin desbrozar
uncontaminated: a. incontaminado,da
underbrush: n.m. matorral
underdeveloped: a. subdesarrollado,da
underestimate: v. subestimar
underflow: n.f. corriente subálvea
underground: a. subterráneo,nea
underlying: a. subyacente, infrayacente
underlying layer: n.f. capa subyacente
underpass: (road) n.m. paso inferior, paso por debajo
undersize: a. subtamaño
unemployment: n.m. desempleo; f. desocupación, falta de empleo
unequal: a. desigual
unhealthy: a. insalubre
unidirectional: a. unidireccional
uniform: n.m. uniforme; a. uniforme
unimproved road: n.m. camino de tierra; camino sin asfaltar
union: n.m. sindicato obrero o gremial, gremio
unionize: v. agremiar, sindicarse
unit: n.f. unidad; a. unitario,ria
unit cost: n.m. costo unitario
unit load: n.f. carga específica o unitaria
univalent: (chem) a. univalente
universal: a. universal
universal joint: n.f. junta o unión universal
unload: v. descargar
unloading: n.f. descarga, descargue
unloading area: n.f. área o zona de descarga
unloading platform: n.f. plataforma de descarga; m. descargadero
unpaved: a. sin pavimentar; no pavimentado,da
unsafe: a. inseguro,ra; peligroso,sa
unsanitary: a. insalubre, no sanitario,ria
unsaturated: a. no saturado,da
unskilled labor: n.f. mano de obra inexperta; m. peones
unstable: a. inestable
untreatable wastes: n.m. residuos o desechos que no se pueden tratar
untreated: a. sin tratar, no tratado,da
unusable: a. inutilizable
unwanted fluids: n.m. flúidos no deseados
update: v. actualizar, poner al día
updating: n.f. actualización
upgrade: v. mejorar
upgrading: n.m. mejoramiento
uphill: adv. cuesta arriba
upholstery: n.f. tapicería
upkeep: n.f. conservación; m. mantenimiento
upwind: a. contra el viento, viento arriba
urban: a. urbano,na
urban cleaning: n.f. limpieza urbana
urban population: n.f. población urbana
urban wastes: n.m. residuos o desechos urbanos
urbanization: n.f. urbanización
usable: a. utilizable
use: v. usar, utilizar, emplear
use: n.m. uso
end use: n.m. uso final
used: a. usado,da; de segunda mano
useful: a. útil, provechoso
useful life: n.f. vida útil
useful load: n.f. carga útil
user: n.m. consumidor, usuario
utilities: n.m. servicios públicos
utility: n.f. utilidad; empresa de servicios públicos
utilization: n.f. utilización; m. aprovechamiento
utilize: v. utilizar

vacuum: n.m. vacío
vacuum filter: n.m. filtro al vacío
vacuum sweeper: n.f. barredora aspiradora o al vacío
vacuum tank: n.m. tanque al vacío
valley: n.m. valle
valuation: n.f. valorización, evaluación, avalorización
value: n.m. valor
value: v. valorar
valve: n.f. válvula
valve seat: n.m. asiento de la válvula
van: (auto) n.m. furgón; f. camioneta cerrada o de entrega
vapor: n.m. vapor
vapor pressure: n.f. presión del vapor
vaporization: n.f. vaporización
vaporize: v. vaporizar
variable: n.f. variable; a. variable, regulable, ajustable
variation: n.f. variación, desviación
varnish: v. barnizar
varnish: n.m. barniz
vector: n.m. vector
vehicle: n.m. vehículo; (Arg) rodado
support vehicle: n.m. vehículo de apoyo o respaldo
motor vehicle: n.m. vehículo motorizado, vehículo automotor
vehicle permitting: n.f. obtención de permisos para vehículos
vehicular: a. vehicular
vehicular traffic: n.m. tráfico o tránsito vehicular
vent: v. desventar, desahogar, purgar
vent: n.m. venteo, respiradero, orificio de ventilación, desventador
vent pipe: n.m. tubo de ventilación o de venteo, caño ventilador
ventilate: v. ventilar, aerear, aerar, airear
ventilation: n.f. ventilación
ventilation duct: n.m. conducto de ventilación
ventilation shaft: n.m. respiradero; f. chimenea de ventilación
vessel: n.f. vasija; m. recipiente
vibrate: v. vibrar
vibrating screen: n.f. criba vibratoria o vibrante
vibration: n.f. vibración
village: n.f. aldea, población; m. pueblo, poblado
viscosity: n.f. viscosidad
viscous: a. viscoso,sa
visibility: n.f. visibilidad
poor visibility: n.f. mala visibilidad
visual: a. visual
visual classification: n.f. clasificación visual
volatile: a. volátil
volatile matter: n.f. materia volátil
volt: n.m. voltio
voltage: n.m. voltaje; f. tensión
voltage drop: n.f. caída de voltaje o tensión
voltage regulator: n.m. regulador de voltaje o tensión
volume: n.m. volumen
volume reduction and solidification: n.f. reducción del volumen y solidificación
voucher: n.m. comprobante
vulcanization: n.f. vulcanización
vulcanize: v. vulcanizar
vulcanized rubber: n.m. caucho vulcanizado; f. goma vulcanizada

wage(s): n.m. sueldo, salario, jornal
 basic wage: n.m. salario básico
 minimum wage: n.m. salario mínimo
 wage scale: n.f. escala de salarios; m. escalafón
 walkway: n.m. pasaje; f. pasadera, pasarela
 warehouse: n.m. almacén, depósito; f. bodega
 warm up: v. (engine) calentar
 warning: n.f. advertencia, caución; m. aviso
 warning devices: n.m. dispositivos de advertencia
 warning lights: n.f. luces de aviso o advertencia
 warning signs: n.f. señales de advertencia
 warning triangles: n.m. marcadores triangulares de caución
 wash: v. lavar
 wash away: v. derrubiar
 washer: n.f. lavadora; (mech) arandela
 washing: n.m. lavado
 washing facilities: n.f. instalaciones para lavado
 washout: n.f. socavación; m. derrubio, derrumbamiento
 waste(s): n.m. residuos, desechos; desperdicios, despojos
 agricultural wastes: residuos agropecuarios o agrícolas
 aqueous industrial wastes: residuos industriales acuosos
 biological or infectious wastes: residuos biológicos o infecciosos
 bulky wastes: residuos voluminosos
 waste characterization: n.f. caracterización de los residuos
 chemical wastes: residuos químicos
 waste code number: n.m. número de código del residuo o desecho
 commercial wastes: residuos comerciales
 corrosive wastes: residuos corrosivos
 waste disposal: n.f. disposición final de residuos
 domestic or household wastes: residuos domésticos o domiciliarios
 flammable wastes: residuos inflamables
 waste generator: n.m. generador de desechos o residuos
 waste handling: n.m. manejo de residuos
 waste hauling: n.m. acarreo de desechos o residuos
 hazardous wastes: residuos peligrosos
 hospital wastes: residuos hospitalarios
 incompatible wastes: residuos incompatibles (que no se pueden mezclar)
 industrial wastes: residuos industriales
 inorganic wastes: residuos inorgánicos
 institutional wastes: residuos institucionales
 waste idln dust: n.m. polvo residual del horno
 liquid wastes: residuos líquidos
 waste management services: n.m. servicios de manejo de residuos
 waste material: n.m. material residual, material desechado
 nonhazardous wastes: residuos no peligrosos
 waste oils and solvents: solventes y aceites residuales
 organic wastes: residuos orgánicos
 pathogenic wastes: residuos patógenos
 waste processing: n.m. tratamiento o procesamiento de residuos
 radioactive wastes: residuos radiactivos
 waste recovery: n.f. recuperación de desechos
 residential wastes: residuos domiciliarios
 sanitary wastes: residuos sanitarios
 solid wastes: residuos sólidos
 waste stream: n.f. corriente residual o de residuos
 toxic wastes: residuos tóxicos
 waste treatment facility: instalación para el tratamiento de residuos
 untreatable wastes: residuos que no se pueden tratar
 wasteful: a. derrochador, ra
 waste-to-energy plant: n.f. planta que transforma residuos en energía
 wastewater: n.f. aguas residuales; aguas negras o cloacales
 wastewater treatment: n.m. tratamiento de aguas residuales
 water: v. regar, irrigar
 water: n.f. agua
 drinking water: n.f. agua potable
 water jet: n.m. chorro de agua
 water level: n.m. nivel del agua
 water pressure: n.f. presión del agua
 water resources: n.m. recursos hídricos
 salt water: n.f. agua salada
 water supply: n.m. abastecimiento o suministro de agua
 water table: n.f. napa freática, lámina acuifera
 water tower: n.f. torre de agua
 water truck: n.m. camión cisterna, camión tanque para agua

water-borne: a. llevado, da por las aguas
 water-soluble: a. soluble en agua
 watercourse: n.f. corriente de agua; m. curso fluvial
 watering: n.m. regado; a. de riego
 waterproof: v. impermeabilizar
 waterproof: a. impermeable, a prueba de agua; estanco
 waterproofing: n.f. impermeabilización
 watershed: n.f. cuenca colectora o imbrífera; superficie de desagüe
 watertight: a. impermeable, estanco, hermético, ca
 waterwall: n.f. pantalla de agua
 waterwall boilers: n.f. calderas con pantalla de agua
 waterway: n.f. vía fluvial; m. cauce, canal
 waterworks: n.f. planta de agua potable; instalación de agua corriente;
 obras de agua
 watt: n.m. vatio
 wattage: n.m. vatiaje; f. potencia en vatios
 wear: v. desgastar(se), gastar(se)
 wear: n.m. desgaste
 wear and tear: n.m. uso y desgaste; desgaste natural
 wear-resistant: a. resistente al desgaste
 weather: v. desgastarse a la intemperie, intemperizarse
 weather: n.m. tiempo, clima
 weather: a. del tiempo, meteorológico, climático, ca
 bad weather: n.m. mal tiempo, clima adverso
 weather conditions: n.f. condiciones atmosféricas o climáticas
 weather forecast: n.m. pronóstico del tiempo o meteorológico
 good weather: n.m. buen tiempo
 weather report: n.m. boletín meteorológico
 wet weather: n.f. época de lluvia; m. días de lluvia
 weathering: n.f. intemperización, erosión; m. intemperismo
 weatherproof: a. a prueba de la intemperie
 weed control: n.m. control de malezas
 weigh: v. pesar, (Ven) romanear
 weighhouse: n.f. caseta de la báscula o balanza o romana
 weighing: n.m. pesaje; f. pesada; (Ven) romaneada
 computerized weighing systems: n.m. sistemas de pesaje computarizados
 weighmaster: n.m. encargado de la báscula o balanza o romana
 weighstation: n.f. estación de pesaje
 weight: n.m. peso
 gross weight: n.m. peso bruto
 net weight: n.m. peso neto
 tare weight: n.m. peso de tara, taraje
 weighted average: n.m. promedio ponderado o compensado
 weld: v. soldar
 weld: n.f. soldadura
 welded: a. soldado, da
 welder: n.m. (person) soldador; f. (machine) soldadora
 welding: n.f. soldadura
 welding goggles: n.f. gafas de soldador
 welding mask: n.f. careta de soldador
 welding rod: n.f. varilla soldadora
 well: n.m. pozo
 abandoned well: n.m. pozo abandonado
 barrier well: n.m. pozo barrera (impide intrusión de líquidos inde-
 seables en la fuente de agua)
 brine disposal well: n.m. pozo para disposición de salmueras
 well casing: n.f. tubería de revestimiento
 deep-well injection: n.f. inyección en pozo profundo
 drainage well: n.m. pozo de drenaje (para escurrimiento y aguas super-
 ficiales)
 well hole: n.m. hoyo del pozo
 monitoring well: n.m. pozo de control o de monitorización
 nuclear waste storage and disposal well: n.m. pozo de almacenaje y
 disposición final de residuos nucleares
 plugged well: n.m. pozo taponado
 recharge well: n.m. pozo de recarga, pozo de reestablecimiento
 secure or sealed well: n.m. pozo sellado o seguro
 western: a. del oeste, occidental
 wet: a. húmedo, da
 wet digestion: n.f. digestión húmeda
 wet oxidation: n.f. oxidación húmeda
 wet weight: n.m. peso húmedo
 wet well: n.m. pozo sumidero
 wetting agent: n.m. agente humectante

wharf: n.m. muelle, atraque
wheel: n.f. rueda
wheel alignment: n.f. alineación de las ruedas
wheel-mounted: a. montado, da sobre ruedas
wheelbarrow: n.f. carretilla
whitewash: n.m. blanqueado, encalado; f. pintura de cal
whitewash: v. blanquear, encalar
wholesale: a. al por mayor
wide: a. ancho, cha
width: n.m. ancho; f. anchura
wildlife: n.f. fauna; m. animales silvestres; f. vida silvestre
winch: n.m. cabrestante, malacate, montacargas; f. cabria; (Arg) m. guinche; (Ch) huinche
wind: n.m. viento
wind fence, portable: n.f. valla portátil contra basuras llevadas por el viento
windlass: n.m. montacargas, malacate; f. cabria
window: n.f. (building) ventana; (auto) ventanilla
windrow: v. amontonar en camellones
windrow: n.m. camellón
windrowing: n.m. compostaje en camellones
windshield: n.m. parabrisa, guardabrisa
windshield wipers: n.m. limpiaparabrisas
wire: v. (elec) alambrear
wire: n.m. alambre, hilo
barbed wire: n.m. alambre de púa(s)
wire fence: n.f. cerca de alambre, cerca alambrada; m. alambrado, cerco de alambre
wire mesh: n.f. malla o tela de alambre
wire netting: n.m. alambre tejido
strand of wire: n.m. hilo de alambre
woven wire: n.m. alambre tejido; f. malla de alambre
wiring: n.m. alambrado, alambraje; f. instalación eléctrica o alámbrica
wiring diagram: n.m. diagrama de la instalación eléctrica o alámbrica
wood: n.f. (lumber) madera; (forest) m. bosque
wood pulp: n.f. pulpa de madera
wood pulp wastes: n.m. residuos de la pulpa de madera
wooded: a. arbolado, da; boscoso, sa
woodwork: n.m. maderaje, enmaderado
work: v. trabajar, obrar, labrar; (mach) funcionar, marchar
work: n.m. trabajo; f. labor, tarea, obra
work in progress: n.m. trabajo en curso; f. obra en progreso
work schedule: n.m. cronograma de trabajo; programa de trabajo
worker: n.m. trabajador, obrero, labrador, operario
working: a. de trabajo; laboral, laborable
working face: n.m. frente de trabajo
working hours: n.f. horas laborales, horas de trabajo
workmanship: n.f. mano de obra; confección
Workmen's Compensation Insurance: n.m. seguro contra accidentes de trabajo
workshop: (mech) n.m. taller; (comm) f. sesión de trabajo
wrecker: (truck) n.m. camión de auxilio; camión grúa
wrecking: n.f. demolición; m. derribamiento, derribo
wrench: n.f. llave
wrought iron: n.m. hierro forjado

yard: (measure) n.f. yarda; (trucks) m. patio; (materials) corralón;
(garden) jardín
yard wastes: n.m. desechos o residuos de Jardín o jardinería
yield: v. rendir, producir
yield: n.m. rendimiento, producto

zinc: n.m. cinc, zinc
zinc phosphating: n.f. fosfatización de cinc
zone: n.f. zona, área
buffer zone: n.f. zona libre o separadora o amortiguadora
saturation zone: n.f. zona de saturación
zoning: n.f. zonificación; (Arg) zonización



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

TEMA: PARTICIPACION DE TERCEROS

EXPOSITOR LIC JAVIER GUERRA C

1996

PRESENTACION

Responsabilidad Integral fue adoptado oficialmente por la Asociación Nacional de la Industria Química, A.C., en octubre de 1991. Su meta fundamental es demostrar con hechos el compromiso de cada empresa afiliada a la ANIQ para atender las preocupaciones de la sociedad en materia de protección ambiental, cuidado de la salud y seguridad.

Responsabilidad Integral pretende que las compañías que lo adoptan transformen su cultura y desarrollen un proceso de mejora continua que les permita, en primera instancia, cumplir las leyes y reglamentos vigentes en nuestro país, así como mantener una relación armónica con autoridades y sus comunidades vecinas, para posteriormente alcanzar niveles de desempeño que les permita reforzar su competitividad en los mercados nacional e internacional.

La filosofía y lineamientos mayores de **Responsabilidad Integral** se establecen en sus Principios Generales, por lo que cada empresa debe administrar las funciones de seguridad, salud y protección ambiental, de acuerdo a estos principios.

La columna vertebral del Programa esta constituida por los **Códigos de Prácticas Administrativas** ya que son el medio a través del cual se concretan en forma clara y objetiva los conceptos establecidos en los Principios Generales.

Los **Códigos de Prácticas Administrativas** son el perfil de desempeño que una empresa debe cumplir en materia de salud, seguridad y mejoramiento ambiental para apoyar su sano desarrollo, y tienen su origen en el concepto del ciclo de vida de los productos, lo cual implica la responsabilidad de su cuidado desde su concepción hasta su disposición final.

Cada uno de los Códigos que forman parte de **Responsabilidad Integral**, ha sido desarrollado por un grupo de representantes de las empresas socias de la ANIQ, expertos en cada tema, apoyados por funcionarios de la Asociación. En la aprobación final de su contenido participaron todas las compañías socias, y los órganos rectores de la Asociación, a través de diversas fases de consulta.

El **Código de Prácticas Administrativas de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental** fue desarrollado durante el período comprendido entre julio de 1992 y mayo de 1994 y, al igual que los otros, se encuentra conformado por las siguientes partes:

- ☐ **Propósito:** define los resultados últimos que una empresa puede alcanzar al instrumentar las prácticas administrativas establecidas en el Código

- ☞ **Alcance:** se refiere a las acciones mayores que debe realizar una compañía para lograr el propósito del Código en cuestión. En el alcance se precisa el ámbito de aplicación del documento, especificándose sus niveles de cobertura geográfica, institucional u operativa.

- ☞ **Principios Generales Asociados:** a través de esta sección se mantiene presente el concepto de que la filosofía de Responsabilidad Integral se materializa en cada centro de trabajo a través de las acciones concretas definidas en las prácticas administrativas.

- ☞ **Relación con otros Códigos de Responsabilidad Integral:** se presenta en forma breve la temática común entre este Código y los otros que forman parte del programa, con la finalidad de que se recuerde que el éxito de la implantación de los documentos depende, en gran medida, de una estrecha relación y coordinación entre todas las áreas o departamentos de cada centro de trabajo.

- ☞ **Prácticas Administrativas:** establecen las acciones que se deben realizar en cada centro de trabajo para alcanzar los resultados establecidos en el propósito del documento, así como en los Principios Generales del Programa. La instrumentación de cada práctica implica el desarrollo de proyectos, planes o actividades que cada compañía debe ejecutar de acuerdo a sus propios requerimientos y recursos.

- ☞ **Indicadores de Desempeño:** son algunos medidores que permitirán a las empresas cuantificar los cambios que se susciten dentro de sus operaciones como resultado de la implantación de las prácticas administrativas. Algunos de ellos se refieren al nivel tecnológico y otros al aspecto económico y, naturalmente, se espera que se optimicen en la medida que la compañía ejecute su programa de proyectos para la implantación del Código.

- ☞ **Estrategia Global de Instrumentación:** en este capítulo se resumen los periodos que, a juicio de la membresía de ANIQ, son los adecuados para concluir la instrumentación de cada práctica administrativa, independientemente del tamaño de la empresa.

- ☞ **Formato de Autoevaluación:** mediante este formato cada empresa debe reportar anualmente a la ANIQ el avance que va logrando en la instrumentación de cada práctica administrativa; además facilita a la empresa la ejecución de su propio proceso de evaluación interna.

- ☞ **Información Soporte:** este material funciona como apoyo para el responsable directo de la implantación del Código, básicamente es integrado por una serie de **anexos** a través de los cuales se extienden algunas recomendaciones para facilitar el desarrollo de las prácticas.

administrativas. Es importante señalar que se presenta un índice en el que se sita el nombre del anexo en cuestión y la referencia de la práctica o prácticas a las que da soporte.

Cabe aclarar, que este material debe manejarse a nivel de una sugerencia del grupo de desarrollo del documento que permite a cada empresa adecuarla a sus propias necesidades y características, es decir que no trata de ser un manual de aplicación de la función.

☞ **Glosario:** define los términos principales que aparecen a lo largo del documento.

☞ **Bibliografía:** Indica las fuentes de información que se pueden consultar en caso de ser necesario detallar alguno de los temas o aspectos manejados en la información soporte.

Por otra parte, la estructura de este Código es el resultado de la aplicación del modelo administrativo a las áreas en las cuales la legislación mexicana conduce la temática de protección ambiental: aguas residuales, emisiones acústicas, emisiones atmosféricas, impacto ambiental, residuos peligrosos, suelo y aguas subterráneas.

Respecto a la **implantación del Código**, se recomienda iniciar con los pasos siguientes para facilitar las actividades del responsable de esta labor:

- i. Revisar y entender el contenido del documento.

- ii. Definir la situación de su compañía frente a las prácticas. Es recomendable obtener una fotocopia del formato de autoevaluación y contestar en qué nivel de cumplimiento se encuentra la empresa, respecto a cada una de las prácticas administrativas.

- iii. Desarrollar un plan de acción que contenga los proyectos que se deben llevar a cabo para cumplir cada práctica administrativa. Este plan debe tener como mínimo: nombre de los proyectos, objetivos, ventajas de su ejecución, responsables, actividades mayores, presupuestos que se requieren y fechas de cumplimiento. Para este efecto se puede apoyar en la información que aparece en los anexos.

iv. Obtener la aprobación para la ejecución del plan de acción por parte de la dirección de la empresa, o bien, por parte del responsable correspondiente.

v. Integrar la ejecución de este plan de acción en el programa de metas anuales de la compañía.

vi. Dar seguimiento para el cumplimiento de los objetivos y fechas establecidas, hasta la terminación de cada proyecto.

vii. Reportar anualmente a la ANIQ el avance logrado, en las fechas que la Asociación determine para ello, mediante el envío del formato de autoevaluación debidamente requisitado y los indicadores de desempeño .

Finalmente, cabe recordar que en caso de requerir información adicional respecto al contenido de este Código puede dirigirse a la Coordinación General de Responsabilidad Integral en la ANIQ.

Atentamente,

**Asociación Nacional de la
Industria Química, A.C.**

Julio de 1994

CREDITOS

La Asociación Nacional de la Industria Química agradece a cada una de las empresas y personas, que mediante la aportación de sus conocimientos, tiempo y dedicación, formaron parte del grupo de trabajo que elaboró el Código de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Se extiende un amplio reconocimiento a cada uno de los participantes por el esfuerzo incondicional que mostraron.

PARTICIPANTE

EMPRESA

Ing. Enrique Bravo Medina

Novum Corporativo, S.A. de C.V.

Líder del grupo.

Ing. Ma. del Refugio Riveroll Gil

A.N.I.Q.

Coordinador

AGUAS RESIDUALES

Lic. Florencio Flores Ayón

Química Hoechst de México, S.A. de C.V.

Ing. José Luis Martínez Mancera

Isomex. S.A. de C.V.

Ing. Alberto Francisco Mendoza Soto

Polioles. S.A. de C.V.

Ing. Mariano Ramos Olmos

Atlatic, S.A. de C.V.

Q.F.B. Jorge Rito Bastidas

BASF Mexicana, S.A. de C.V.

EMISIONES A LA ATMOSFERA

Ing. Miguel Angel de la Rosa Delgado

3M México, S.A. de C.V.

Ing. José Guzmán Martínez

Celanese Mexicana, S.A.

Ing. Omar Huerta Granados

Industria del Alkali, S.A. de C.V.

Ing. Rosa del Carmen Miranda

Pyosa. S.A. de C.V.

Ing. Fernando Páez Moreno

Grupo CYDSA, S.A. de C.V.

IMPACTO AMBIENTAL

Ing. Leopoldo Conde Flores	Novum Corporativo, S.A. de C.V.
Ing. Emilio Chung Alvarez	Nhumo S.A. de C.V.
Ing. José Luis del Angel Pérez	Petrocel, S.A.
Ing. Eduardo Rafael Morales Padilla	Polioles, S.A. de C.V.
Ing. Ma. del Carmen Silva Aguirre	Polioles, S.A. de C.V.

RESIDUOS PELIGROSOS

Ing. Francisco García Chirinos	Química Omega, S.A. de C.V.
Ing. Marco Edgar Gómez Camarillo	Grupo IDESA, S.A. de C.V.
Ing. José Manuel Zavala Aguilar	Celanese Mexicana, S.A.

EMISIONES ACUSTICAS

Dr. Fernando Pruneda	Participación Personal Diseño y Producción de Instrumentos de Control Acústico
Ing. Mauricio Vizcaino Guerra	Participación Personal
Ing. Lourdes Faisal Meneses	Grupo Industrias Resistol, S.A.

SUELO Y AGUA SUBTERRANEA

Ing. Manuel Avila Argumosa	Rohm & Haas México, S.A. de C.V.
Ing. Javier Villarreal Martínez	Du Pont, S.A. de C.V.
Ing. Gerardo Vargas Valerio	Du Pont, S.A. de C.V.

PROPOSITO

El Código de Prácticas Administrativas de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental define las bases de desempeño de las empresas que integran la Asociación Nacional de la Industria Química, A.C. tendientes a:

- Incrementar el margen de rendimiento de la producción a través de la reducción de costos ambientales.**
- Reducir emisiones al ambiente y eficientar el uso de recursos naturales y energía.**
- Apoyar el cumplimiento de la legislación en la materia.**
- Fortalecer y mejorar la confianza, imagen y capacidad negociadora con organismos gubernamentales y comunidad.**
- Proteger al personal, comunidad, medio ambiente e instalaciones de los riesgos asociados a sus operaciones y actividades.**
- Promover la participación proactiva en la planeación y elaboración de la legislación en esta materia.**

ALCANCE

Todo centro de trabajo de las empresas que integran la Asociación Nacional de la Industria Química, A.C., al implantar las prácticas contenidas en este Código podrá establecer un sistema administrativo de prevención y control de la contaminación ambiental que permita:

- ☐ Desarrollar y actualizar, con base en los desarrollos tecnológicos y administrativos, una visión global de la problemática ambiental generada por las instalaciones propiedad de la compañía, incluyendo su impacto en aire, agua, suelo, subsuelo, flora, fauna y población.
- ☐ Diseñar un programa para la eliminación de fuentes de contaminación y el uso eficiente de recursos en las etapas de concepción, diseño, construcción, arranque, operación, paro y desmantelamiento de los procesos de manufactura.
- ☐ Identificar y capitalizar oportunidades de ahorro de energía y optimización de recursos en las operaciones de su negocio.
- ☐ Identificar las inversiones ambientales y los costos operativos asociados a sus negocios.
- ☐ Identificar y conocer la tecnología de control y prevención razonablemente factible aplicable a los procesos de manufactura.
- ☐ Establecer los lineamientos para la interrelación con gobierno, comunidad, empresas de servicio y otras industrias.

PRINCIPIOS GENERALES ASOCIADOS

Este Código responde a los siguientes principios:

- Reconocer y responder a las inquietudes de la comunidad acerca de la responsabilidad de nuestros productos y operaciones.
- Desarrollar y producir productos químicos fabricados, transportados, usados y desechados bajo esquemas efectivos de seguridad.
- Convertir a la salud, seguridad y medio ambiente, en consideraciones prioritarias de todos nuestros proyectos.
- Mejorar sin límites el rendimiento de materias primas, el aprovechamiento racional de energía, agua y otros recursos, y reducir desde su origen, en forma económicamente productiva, la generación de emisiones, desechos y toda forma de desperdicio.
- Informar oportunamente a nuestros empleados, clientes, a la comunidad y a la autoridad competente, acerca de los riesgos para el medio ambiente y la salud en el manejo y utilización de productos químicos.
- Asesorar a nuestros clientes sobre el uso, transportación, y desecho de productos químicos bajo normas de seguridad.
- Operar nuestras plantas de tal forma que el medio ambiente, la salud y la seguridad de nuestra comunidad y trabajadores estén protegidos.
- Colaborar con autoridades y otras industrias para la solución de problemas relativos al manejo y disposición de desechos peligrosos.
- Participar con nuestro gobierno en la creación de leyes y reglamentos para salvaguardar a la comunidad, a las áreas de trabajo y al medio ambiente.
- Promover estos principios y prácticas, dando asesoría y compartiendo experiencias con cualquiera que produzca, maneje, use, transporte o deseché productos químicos.

RELACION CON OTROS CODIGOS DE PRACTICAS ADMINISTRATIVAS DE RESPONSABILIDAD INTEGRAL

Este Código está relacionado con los siguientes Códigos de Responsabilidad Integral:

➤ Protección a la Comunidad:

- Programas de comunicación con la comunidad
- Programas de comunicación con autoridades
- Planes de preparación y respuesta a emergencias
- Atención de las inquietudes de la comunidad

➤ Seguridad de los Procesos:

- Actividades de diseño, construcción, pruebas, arranque, operación, mantenimiento y modificación de procesos
- Actividades de paro y/o desmantelamiento de instalaciones.
- Actividades de prevención y control de la contaminación ambiental.
- Brigadas de respuesta a emergencias.
- Evaluación de daño ambiental resultante de accidentes, incidentes y eventos de pérdida.
- Investigación de incidentes y accidentes.
- Respuesta a emergencias.
- Rehabilitación de zonas afectadas.
- Administración de cambios.

➤ Seguridad y Salud en el Trabajo:

- Capacitación y entrenamiento de personal.
- Brigadas de respuesta a emergencias.
- Evaluación de daño ambiental resultante de accidentes, incidentes y eventos de pérdida.
- Respuesta a emergencias.
- Rehabilitación de zonas afectadas.

➤ **Transporte y Distribución:**

Actividades de transporte y distribución por vía terrestre (carretera y ferrocarril), marítima, aérea y por tubería.

Respuesta a emergencias.

Rehabilitación de zonas afectadas por accidentes, fugas o derrames.

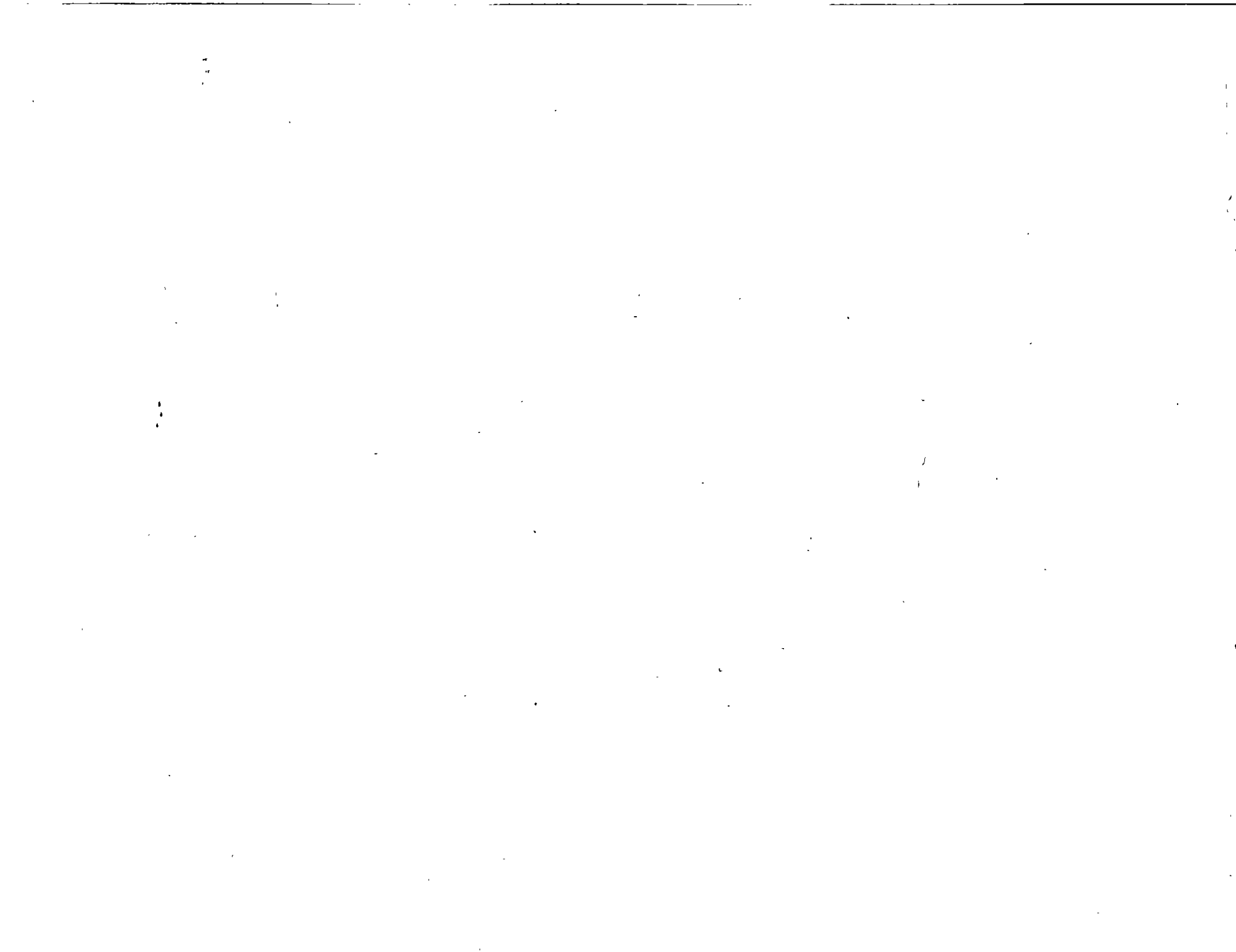
Evaluación de daño ambiental resultante de accidentes, incidentes y eventos de pérdida.

NOTA: Esta lista incluye las áreas principales de vinculación entre los Códigos de Prácticas Administrativas, sin embargo es enunciativa, no exhaustiva ni limitativa.

PRACTICAS ADMINISTRATIVAS

Cada empresa afiliada a la ANIQ debe:

- 1) Asumir por escrito el compromiso desde el más alto nivel directivo para desarrollar e implantar políticas y programas que aseguren el cumplimiento de este Código.
- 2) Comunicar los requisitos del presente Código a los directivos, gerentes, administradores y personal operativo de todos y cada uno de los centros de trabajo de la empresa asociada.
- 3) Emitir e implantar a todos los niveles de la organización, a través de la Dirección General, una política que refleje su compromiso y participación para alcanzar la mejora continua en la protección ambiental.
- 4) Contar con los lineamientos, estándares y procedimientos que den cumplimiento a la política de protección ambiental de la empresa.
- 5) Definir las responsabilidades y áreas de competencia en materia de protección ambiental para cada nivel de la organización, particularmente para la implantación de este Código.
- 6) Establecer un sistema documentado de capacitación y entrenamiento en control y prevención de la contaminación ambiental para todo el personal, que incluya un mecanismo para evaluar el grado de dominio de los conocimientos y habilidades requeridas.
- 7) Comunicar oportunamente a los proveedores de servicios los requisitos que deben cumplir para que sus políticas y procedimientos sean congruentes con el Programa Responsabilidad Integral.
- 8) Identificar y evaluar permanentemente los desarrollos tecnológicos y administrativos aplicables a la prevención y control de la contaminación ambiental.
- 9) Participar activamente en apoyo a las organizaciones gubernamentales, a título individual o a través de asociaciones industriales, para el desarrollo de políticas públicas, legislación y regulaciones en materia de protección al ambiente.
- 10) Cumplir en las instalaciones, estándares y normas de prevención y control de la contaminación acordes con la legislación mexicana y orientados hacia el nivel aceptado internacionalmente.
- 11) Identificar todas y cada una de las fuentes de emisiones contaminantes fijas y móviles, propiedad de la compañía.
- 12) Establecer las características representativas, cualitativas y cuantitativas de todas y cada una de las emisiones al ambiente.



INDICADORES DE DESEMPEÑO

RESIDUOS PELIGROSOS

- ◆ **Indice de Volumen:**

- a) Volumen total generado de residuos / Ton de producto.
- b) Volumen total generado de residuos peligrosos / Ton de producto.

- ◆ **Indice de costo:**

- c) Costo total asociado al manejo de los residuos / Ton de producto.
- d) Costo total asociado al manejo de los residuos peligrosos / Ton de producto.

AGUAS RESIDUALES

- ◆ Disminución del volumen de efluente / Tonelada de producto.

EMISIONES A LA ATMOSFERA

- ◆ Emisiones totales a la atmósfera / Tonelada de producto.

SUELO Y AGUA SUBTERRANEA

- ◆ Inventario de los casos de derrames al suelo que tengan potencial de afectación y cuantificar de la manera más exacta el volumen o área a remediar.

EMISIONES ACUSTICAS

- ◆ Id=Indice de contaminación por emisión sonora en el día.
- ◆ In=Indice de contaminación por emisión sonora en la noche.

donde:

Id=Nivel de emisión sonora / Nivel máximo permisible < 1

CODIGO DE PRACTICAS ADMINISTRATIVAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL



Responsabilidad Integral®
El Compromiso de la Industria Química

ESTRATEGIA GLOBAL DE INSTRUMENTACION

PRACTICA ADMINISTRATIVA

SEMESTRE

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

1. Asumir por escrito el compromiso desde el más alto nivel directivo para desarrollar e implantar políticas y programas que aseguren el cumplimiento de este Código.
2. Comunicar los requisitos del presente Código a los directivos, gerentes, administradores y personal operativo de todos y cada uno de los centros de trabajo de la empresa asociada.
3. Establecer por escrito y comunicar a todos los niveles de la organización, a través de la Dirección General, una política que refleje su compromiso y participación para alcanzar la mejora continua en la protección ambiental.
4. Contar con los lineamientos, estándares y procedimientos que den cumplimiento a la política de protección ambiental de la empresa.
5. Definir responsabilidades y áreas de competencia en materia de protección ambiental para cada nivel de la organización, particularmente para la implantación de este Código.
6. Establecer un sistema documentado de capacitación y entrenamiento en control y prevención de la contaminación ambiental para todo el personal, que incluya un mecanismo para evaluar el grado de dominio de los conocimientos y habilidades requeridas
7. Comunicar oportunamente a los proveedores de servicios los requisitos que deben cumplir para que sus políticas y procedimientos sean congruentes con el Programa Responsabilidad Integral.

				PERMANENTE					
				PERMANENTE					
						PERMANENTE			

CICLO DE PRACTICAS ADMINISTRATIVAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL



Responsabilidad Integral
El Compromiso de la Industria

ESTRATEGIA GLOBAL DE INSTRUMENTACIÓN

PRACTICA ADMINISTRATIVA

SEMESTRE									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			PERMANENTE						
			PERMANENTE						
							PERMANENTE		
							PERMANENTE		
							PERMANENTE		

8. Identificar y evaluar permanentemente los desarrollos tecnológicos y administrativos aplicables a la prevención y control de la contaminación ambiental.

9. Participar activamente en apoyo a las organizaciones gubernamentales, a título individual o a través de asociaciones industriales, para el desarrollo de políticas públicas, legislación y regulaciones en materia de protección al ambiente.

10. Cumplir en las instalaciones, estándares y normas de prevención y control de la contaminación acordes con la legislación mexicana y orientados hacia el nivel aceptado internacionalmente.

11. Identificar todas y cada una de las fuentes de emisiones contaminantes, fijas y móviles, propiedad de la compañía.

12. Establecer las características representativas, cualitativas y cuantitativas, de todas y cada una de las emisiones al ambiente.

13. Establecer una estrategia global de administración de emisiones al ambiente bajo el siguiente criterio:
1o. evitar la generación; 2o. minimización;
3o. reuso; 4o. reciclaje y; 5o. control o disposición segura, cuando no sea factible aplicar las medidas anteriores.

14. Mantener un programa de comunicación de riesgos ambientales, el cual incluya entrenamiento a los empleados y a cualquier empresa prestadora de servicios involucrados en el manejo de emisiones contaminantes de la compañía.

CODIGO DE PRACTICAS ADMINISTRATIVAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL



Responsabilidad Integral®
El Compromiso de la Industria Química

ESTRATEGIA GLOBAL DE INSTRUMENTACION

18

PRACTICA ADMINISTRATIVA	SEMESTRE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15 Integrar un sistema de información incluyendo todas las acciones tomadas para prevenir y controlar la contaminación ambiental.										
16 Mantener un registro actualizado de quejas de la comunidad vecina, respecto a las emisiones al ambiente generadas en las instalaciones, así como de las acciones que responden a dichas quejas.			PERMANENTE							
17 Aplicar las prácticas de dilución de emisiones en los procesos en operación regular.										
18 Implementar un programa de preparación y respuesta a emergencias o contingencias ambientales que incluya como mínimo: Plan de preparación y respuesta a emergencias. Acciones de minimización del impacto probable durante la emergencia. Identificación del impacto ambiental resultante del incidente, accidente o evento de pérdida. Actividades de rehabilitación de la zona afectada.										
19 Implantar, mantener y actualizar un programa de investigación de eventos que resulten o puedan haber resultado en contingencia o emergencia ambiental, para llevar a cabo las acciones correctivas y evaluar la efectividad de los sistemas preventivos.										
20 Incorporar los conceptos de prevención y control de la contaminación desde la concepción y durante el desarrollo de todo proyecto.					PERMANENTE					

**C) DE PRACTICAS ADMINISTRATIVAS DE
P. JCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACION
AMBIENTAL**



ESTRATEGIA GLOBAL DE INSTRUMENTACION

PRACTICA ADMINISTRATIVA	SEMESTRE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21. Desarrollar y documentar la evaluación de impacto ambiental, durante la etapa de diseño de cualquier instalación (proyectos nuevos y modificaciones), controlar y minimizar cualquier impacto negativo.										
22. Considerar los siguientes puntos en la selección del sitio para construcción de nuevas instalaciones, de manera adicional a los factores que determinen la factibilidad y viabilidad del proyecto. a) Antecedentes de uso del suelo. b) Ordenamiento ecológico de la zona. c) Identificación del impacto resultante. d) Medidas de mitigación requeridas.										
23. Implantar las medidas que minimicen el impacto en la comunidad y el ambiente después de cerrarse o demolerse las instalaciones.										
24. Evitar el almacenamiento definitivo de residuos cuando existan medios disponibles para el tratamiento y la disposición.										
25. Verificar que las instalaciones propiedad de la compañía dedicadas a actividades de manejo de residuos, se apeguen a las medidas aplicables de este y otros Códigos durante el diseño, construcción, operación y cierre.										
26. Evitar el uso de tanques y tuberías enterradas. Cuando esto no sea factible, las instalaciones subterráneas deberán construirse de manera que se evite la contaminación de suelo y mantos freáticos.										
27. Establecer y actualizar periódicamente los procedimientos de inspección, mantenimiento y sustitución de instalaciones subterráneas.										

CODIGO DE PRACTICAS ADMINISTRATIVAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL



Responsabilidad Integral®
El Compromiso de la Industria Química

ESTRATEGIA GLOBAL DE INSTRUMENTACION

PRACTICA ADMINISTRATIVA	SEMESTRE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
28 Identificar con precisión la ubicación de los contenedores y líneas subterráneas propiedad de la compañía que manejan productos peligrosos, de manera que se permita una rápida respuesta en caso de contingencia y se faciliten las actividades de inspección.										
29 Establecer un procedimiento de limpieza o restauración para tratar la contaminación del agua, suelo, subsuelo, flora, y fauna, originada por las actividades productivas de la empresa.										
30 Cooperar con las autoridades gubernamentales apropiadas en los proyectos de restauración ambiental plenamente justificados y/o requeridos del área geográfica donde se localicen las instalaciones										
31 Asegurar que los sistemas de almacenamiento y conducción cuenten con aditamentos para evitar que se emitan contaminantes al suelo, subsuelo y mantos freáticos en caso de derrames o fugas.										
32 Realizar estudios geohidrológicos para identificar el impacto provocado por fugas y derrames mayores.										
33 Realizar bianualmente auditorías ambientales en todas y cada una de las instalaciones productivas de la empresa									PERMANENTE	
34 Realizar anualmente la estrategia de cumplimiento									PERMANENTE	
35 Realizar anualmente la estrategia de comunicación sobre los temas de contaminación del Código									PERMANENTE	

**CODIGO DE PRACTICAS ADMINISTRATIVAS
DE PREVENCION Y CONTROL DE LA
CONTAMINACION AMBIENTAL**



Responsabilidad Integral®
El Compromiso de la Industria Química

FORMATO DE AUTOEVALUACION

COMPANIA	AÑO
RESPONSABLE	FECHA
PUESTO	TELEFONO

PRACTICA ADMINISTRATIVA	CATEGORIA				
	NA	EV	DP	PA	PI
1. Asumir por escrito el compromiso desde el más alto nivel directivo para desarrollar e implantar políticas y programas que aseguren el cumplimiento de este Código. <div style="text-align: right;">%AVANCE</div> COMENTARIO A NA:					
2. Comunicar los requisitos del presente Código a los directivos, gerentes, administradores y personal operativo de todos y cada uno de los centros de trabajo de la empresa asociada. <div style="text-align: right;">%AVANCE</div> COMENTARIO A NA:					
3. Emitir e implantar a todos los niveles de la organización, a través de la Dirección General, una política que refleje su compromiso y participación para alcanzar la mejora continua en la protección ambiental. <div style="text-align: right;">%AVANCE</div> COMENTARIO A NA:					
4. Contar con los lineamientos, estándares y procedimientos que den cumplimiento a la política de protección ambiental de la empresa. <div style="text-align: right;">%AVANCE</div> COMENTARIO A NA:					

NA - No se ha tomado ninguna acción. Si la práctica administrativa no es aplicable favor de explicar
 EV - Evaluación de las prácticas existentes en la compañía contra la práctica administrativa
 DP - Desarrollo del plan de acción para implantar la práctica administrativa
 PA - Plan de acción en operación. Reportar avance
 PI - Práctica administrativa implantada

HOJA 19

**CODIGO DE PRACTICAS ADMINISTRATIVAS
DE PREVENCION Y CONTROL DE LA
CONTAMINACION AMBIENTAL**



Responsabilidad Integral
El Compromiso de la Industria Química

FORMATO DE AUTOEVALUACION

COMPANIA	AÑO
RESPONSABLE	FECHA
PUESTO	TELEFONO

PRACTICA ADMINISTRATIVA	CATEGORIA				
	NA	EV	DP	PA	PI
<p>5. Definir responsabilidades y áreas de competencia en materia de protección ambiental para cada nivel de la organización, particularmente para la implantación de este Código.</p> <p style="text-align: right;">%AVANCE</p> <p>COMENTARIO A NA:</p>					
<p>6. Establecer un sistema documentado de capacitación y entrenamiento en control y prevención de la contaminación ambiental paratodo el personal, que incluya un mecanismo para evaluar el grado de dominio de los conocimientos y habilidades requeridas.</p> <p style="text-align: right;">%AVANCE</p> <p>COMENTARIO A NA:</p>					
<p>7. Comunicar oportunamente a los proveedores de servicios los requisitos que deben cumplir para que sus políticas y procedimientos sean congruentes con el Programa Responsabilidad Integral.</p> <p style="text-align: right;">%AVANCE</p> <p>COMENTARIO A NA:</p>					
<p>8. Identificar y evaluar permanentemente los desarrollos tecnológicos y administrativos aplicables a la prevención y control de la contaminación ambiental</p> <p style="text-align: right;">%AVANCE</p> <p>COMENTARIO A NA:</p>					
<p>NA - No se ha tomado ninguna acción. Si la practica administrativa no es aplicable favor de explicar EV - Evaluación de las prácticas existentes en la compañía contra la práctica administrativa DP - Desarrollo del plan de acción para implantar la practica administrativa PA - Plan de acción en operación. Reportar a... PI - Practica administrativa implantada</p>					

..C.A 29

**CODIGO DE PRACTICAS ADMINISTRATIVAS
DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA
CONTAMINACION AMBIENTAL**



Responsabilidad Integral®
El Compromiso de la Industria Química

FORMATO DE AUTOEVALUACION

COMPANIA	AÑO
RESPONSABLE	FECHA
PUESTO	TELEFONO

PRACTICA ADMINISTRATIVA	CATEGORIA				
	NA	EV	DP	PA	PI
<p>9. Participar activamente en apoyo a las organizaciones gubernamentales, a título individual o a través de asociaciones industriales, para el desarrollo de políticas públicas, legislación y regulaciones en materia de protección al ambiente.</p> <p style="text-align: right;">%AVANCE</p> <p>COMENTARIO A NA:</p>					
<p>10. Cumplir en las instalaciones, estándares y normas de prevención y control de la contaminación acordes con la legislación mexicana y orientados hacia el nivel aceptado internacionalmente.</p> <p style="text-align: right;">%AVANCE</p> <p>COMENTARIO A NA:</p>					
<p>11. Identificar todas y cada una de las fuentes de emisiones contaminantes, fijas y móviles, propiedad de la compañía.</p> <p style="text-align: right;">%AVANCE</p> <p>COMENTARIO A NA:</p>					
<p>12. Establecer las características representativas, cualitativas y cuantitativas, de todas y cada una de las emisiones al ambiente.</p> <p style="text-align: right;">%AVANCE</p> <p>COMENTARIO A NA:</p>					
<p>NA - No se ha tomado ninguna acción. Si la práctica administrativa no es aplicable favor de explicar EV - Evaluación de las prácticas existentes en la compañía contra la práctica administrativa DP - Desarrollo del plan de acción para implantar la práctica administrativa PA - Plan de acción en operación. Reportar avance PI - Práctica administrativa implantada-</p>					

HOJA 39

**CODIGO DE PRACTICAS ADMINISTRATIVAS
DE PREVENCION Y CONTROL DE LA
CONTAMINACION AMBIENTAL**

FORMATO DE AUTOEVALUACION

COMPANIA

RESPONSABLE

PUESTO

PRACTICA ADMINISTRATIVA

13 Establecer una estrategia global de administración de emisiones al ambiente bajo el siguiente criterio:
1o. evitar la generación; 2o. minimización;
3o. reuso; 4o. reciclaje y; 5o. control o disposición segs cuando no sea factible aplicar las medidas anteriores.

% AVANCE

COMENTARIO A NA:

14 Mantener un programa de comunicación de riesgos ambientales, el cual incluya entrenamiento a los empleados y a cualquier empresa prestadora de servicios involucrados en el manejo de emisiones contaminantes de la compañía.

% AVANCE

COMENTARIO A NA:

15 Integrar un sistema de información incluyendo todas las acciones tomadas para prevenir y controlar la contaminación ambiental.

% AVANCE

COMENTARIO A NA:

16 Mantener un registro actualizado de quejas de la comunidad vecina, respecto a las emisiones al ambiente generadas en las instalaciones, así como de las acciones que responden a dichas quejas.

% AVANCE

COMENTARIO A NA:

- NA - No se ha tomado ninguna acción
- EV - Evaluación de las prácticas existentes
- DP - Desarrollo del plan de acción para
- PA - Plan de acción en operación
- P - Práctica administrativa implantada

**CODIGO DE PRACTICAS ADMINISTRATIVAS
DE PREVENCION Y CONTROL DE LA
CONTAMINACION AMBIENTAL**



Responsabilidad Integral[®]
El Compromiso de la Industria Química

FORMATO DE AUTOEVALUACION

COMPANIA	AÑO
RESPONSABLE	FECHA
PUESTO	TELEFONO

PRACTICA ADMINISTRATIVA	CATEGORIA				
	NA	EV	DP	PA	PI
17. Eliminar las prácticas de dilución de emisiones contaminantes en operación regular. %AVANCE _____ COMENTARIO A NA: _____					
18. Establecer un programa de preparación y respuesta a emergencias o contingencias ambientales que contenga como mínimo: a) Planes de preparación y respuesta a emergencias. b) Acciones de minimización del impacto probable durante la emergencia. c) Identificación del impacto ambiental resultante del incidente, accidente o evento de pérdida. d) Actividades de rehabilitación de la zona afectada. COMENTARIO A NA: _____					
19. Implantar, mantener y actualizar un programa de investigación de eventos que resulten o puedan haber resultado en contingencia o emergencia ambiental, para llevar a cabo las acciones correctivas y evaluar la efectividad de los sistemas preventivos. %AVANCE _____ COMENTARIO A NA: _____					
NA - No se ha tomado ninguna acción. Si la práctica administrativa no es aplicable favor de explicar EV - Evaluación de las prácticas existentes en la compañía contra la práctica administrativa DP - Desarrollo del plan de acción para implantar la práctica administrativa PA - Plan de acción en operación. Reportar avance PI - Práctica administrativa implantada					

**CODIGO DE PRACTICAS ADMINISTRATIVAS
DE PREVENCION Y CONTROL DE LA
CONTAMINACION AMBIENTAL**



Responsabilidad Integral,
El Compromiso de la Industria Química

FORMATO DE AUTOEVALUACION

COMPANIA	AÑO
RESPONSABLE	FECHA
PUESTO	TELEFONO

PRACTICA ADMINISTRATIVA	CATEGORIA				
	NA	EV	DP	PA	PI
<p>20. Incorporar los conceptos de prevención y control de la contaminación desde la concepción y durante el desarrollo de todo proyecto.</p> <p style="text-align: right;"><input type="text" value="%AVANCE"/></p> <p>COMENTARIO A NA:</p> <hr/>					
<p>21. Desarrollar y documentar la evaluación de impacto ambiental, durante la etapa de diseño de cualquier instalación (proyectos nuevos y modificaciones), controlar y minimizar cualquier impacto negativo.</p> <p style="text-align: right;"><input type="text" value="%AVANCE"/></p> <p>COMENTARIO A NA:</p> <hr/>					
<p>22. Considerar los siguientes puntos en la selección del sitio para construcción de nuevas instalaciones, de manera adicional a los factores que determinen la factibilidad y viabilidad del proyecto.</p> <p>a) Antecedentes de uso del suelo. b) Ordenamiento ecológico de la zona. c) Identificación del impacto resultante. d) Medidas de mitigación requeridas.</p> <p style="text-align: right;"><input type="text" value="%AVANCE"/></p> <p>COMENTARIO A NA:</p> <hr/>					
<p>23. Implantar las medidas que minimicen el impacto en la comunidad y el ambiente después de cerrarse o quemolerse las instalaciones.</p> <p style="text-align: right;"><input type="text" value="%AVANCE"/></p> <p>COMENTARIO A NA:</p> <hr/>					

NA - No se ha tomado ninguna acción. Si la practica administrativa no es aplicable favor de reportar
 EV - Evaluación de las prácticas existentes de la compañía contra la practica administrativa
 DP - Desarrollo del plan de acción para implantar la practica administrativa
 PA - Plan de acción en operación. Reportar avance
 PI - Práctica administrativa implantada

**CODIGO DE PRACTICAS ADMINISTRATIVAS
DE PREVENCION Y CONTROL DE LA
CONTAMINACION AMBIENTAL**



Responsabilidad Integral®
El Compromiso de la Industria Química

FORMATO DE AUTOEVALUACION

COMPANIA	AÑO
RESPONSABLE	FECHA
PUESTO	TELEFONO

PRACTICA ADMINISTRATIVA	CATEGORIA				
	NA	EV	DP	PA	PI
<p>24. Evitar el almacenamiento definitivo de residuos cuando existan medios disponibles para el tratamiento y la disposición.</p> <p style="text-align: right;">%AVANCE</p> <p>COMENTARIO A NA:</p>					
<p>25. Verificar que las instalaciones propiedad de la compañía dedicadas a actividades de manejo de residuos, se apeguen a las medidas aplicables de este y otros Códigos durante el diseño, construcción, operación y cierre.</p> <p style="text-align: right;">%AVANCE</p> <p>COMENTARIO A NA:</p>					
<p>26. Evitar el uso de tanques y tuberías enterradas. Cuando esto no sea factible, las instalaciones subterráneas deberán construirse de manera que se evite la contaminación de suelo y mantos freáticos.</p> <p style="text-align: right;">%AVANCE</p> <p>COMENTARIO A NA:</p>					
<p>27. Establecer y actualizar periódicamente los procedimientos de inspección, mantenimiento y sustitución de instalaciones subterráneas.</p> <p style="text-align: right;">%AVANCE</p> <p>COMENTARIO A NA:</p>					
<p>NA - No se ha tomado ninguna acción. Si la práctica administrativa no es aplicable favor de explicar EV - Evaluación de las prácticas existentes en la compañía contra la práctica administrativa DP - Desarrollo del plan de acción para implantar la práctica administrativa PA - Plan de acción en operación. Reportar avance PI - Práctica administrativa implantada</p>					

HOJA 7 9

**CODIGO DE PRACTICAS ADMINISTRATIVAS
DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA
CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**



Responsabilidad Integral
El Compromiso de la Industria Química

FORMATO DE AUTOEVALUACION

COMPANÍA	AÑO
RESPONSABLE	FECHA
PUESTO	TELEFONO

PRACTICA ADMINISTRATIVA	CATEGORIA				
	NA	EV	DP	PA	PI
<p>28. Identificar con precisión la ubicación de los contenedores y líneas subterráneas propiedad de la compañía que manejan productos peligrosos, de manera que se permita una rápida respuesta en caso de contingencia y se faciliten las actividades de inspección.</p> <p style="text-align: right;">%AVANCE</p> <p>COMENTARIO A NA:</p>					
<p>29. Establecer un procedimiento de limpieza o restauración para tratar la contaminación del agua, suelo, subsuelo, flora, y fauna, originada por las actividades productivas de la empresa.</p> <p style="text-align: right;">%AVANCE</p> <p>COMENTARIO A NA:</p>					
<p>30. Cooperar con las autoridades gubernamentales apropiadas en los proyectos de restauración ambiental plenamente justificados y/o requeridos del área geográfica donde se localicen las instalaciones.</p> <p style="text-align: right;">%AVANCE</p> <p>COMENTARIO A NA:</p>					
<p>31. Asegurar que los sistemas de almacenamiento y conducción cuenten con aditamentos para evitar que se emitan contaminantes al suelo, subsuelo y mantos freáticos en caso de derrames o fugas.</p> <p style="text-align: right;">%AVANCE</p> <p>COMENTARIO A NA:</p>					
<p>NA - No se ha tomado ninguna acción. Si la práctica administrativa no es aplicable favor de explicar EV - Evaluación de las prácticas existentes en la compañía contra la práctica administrativa DP - Desarrollo del plan de acción para implantar la práctica administrativa PA - Plan de acción en operación Reportar avance PI - Práctica administrativa implantada</p>					

HOJA 8.9

**CODIGO DE PRACTICAS ADMINISTRATIVAS
DE PREVENCION Y CONTROL DE LA
CONTAMINACION AMBIENTAL**



Responsabilidad Integral®
El Compromiso de la Industria Química

FORMATO DE AUTOEVALUACION

COMPANIA	AÑO
RESPONSABLE	FECHA
PUESTO	TELEFONO

PRACTICA ADMINISTRATIVA	CATEGORIA				
	NA	EV	DP	PA	PI
32. Realizar estudios geohidrológicos para identificar el impacto provocado por fugas y derrames mayores. %AVANCE COMENTARIO A NA:					
33. Realizar bianualmente auditorías ambientales en todas y cada una de las instalaciones productivas de la empresa. %AVANCE COMENTARIO A NA:					
34. Actualizar anualmente la estrategia de cumplimiento de este Código. %AVANCE COMENTARIO A NA:					
35. Establecer un programa de comunicación sobre los avances y resultados de la instrumentación del Código. %AVANCE COMENTARIO A NA:					

NA - No se ha tomado ninguna acción. Si la práctica administrativa no es aplicable favor de explicar
 EV - Evaluación de las prácticas existentes en la compañía contra la práctica administrativa
 DP - Desarrollo del plan de acción para implantar la práctica administrativa
 PA - Plan de acción en operación. Reportar avance
 PI - Práctica administrativa implantada

HOJA 9/9

INDICE DE LA INFORMACION SOPORTE

ANEXO	CONTENIDO	PRACTICAS A LAS QUE DA SOPORTE
A	Ejemplo de una política empresarial sobre protección ambiental	3
B	Ejemplo de metas empresariales sobre protección ambiental	4
C	Ejemplo de estándares empresariales en protección ambiental	4
D	Ejemplo de un procedimiento de manejo de residuos peligrosos	4
E	Capacitación y entrenamiento	6
F	Empresas prestadoras de servicios. Puntos importantes a considerar.	7
G	Legislación mexicana en materia de protección ambiental aplicable a la industria química	10
H	Relación de métodos analíticos para la evaluación de contaminantes atmosféricos utilizados por E.P.A de E.U.A	10
I	Trámites gubernamentales en materia ambiental aplicables a la industria química	10
J	Identificación de fuentes de emisiones	11
K	Caracterización de emisiones	12
L	Estrategia de administración de emisiones: suelo y aguas subterráneas	13
M	Estrategia de administración de emisiones: impacto ambiental	13
N	Estrategia de administración de emisiones: residuos peligrosos	13
O	Estrategia de administración de emisiones: emisiones a la atmósfera	13
P	Estrategia de administración de emisiones: aguas residuales	13
Q	Comunicación	14
R	Ejemplo de una cédula de quejas de la comunidad	16
S	Emergencias	18
T	Medidas que deberán considerarse en las diferentes etapas de la vida útil de una unidad	21, 22 23
U	Diseño de nuevas unidades	21

INDICE DE LA INFORMACION SOPORTE

ANEXO	CONTENIDO	PRACTICAS A LAS QUE DA SOPORTE
V	Localización y construcción	22
W	Guía de criterios para realizar auditorías	23
X	Guía para revisión de análisis de peligros y evaluación de riesgos en diseño e instalaciones nuevas	21, 22
Y	Guía para la detección de riesgos de un diseño, construcción y operación del mismo	21, 22, 23
Z	Directrices para definir zonas de amortiguamiento por fuego, explosión y nubes tóxicas	22
AA	Restauración de zonas afectadas	29
AB	Análisis geohidrológicos	32
AC	Norma ISO/1996 Acústica - Descripción y medición del sonido ambiental	12
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFIA	

INFORMACION SOPORTE

La información que se presenta en los anexos siguientes fue desarrollada por los integrantes del grupo de trabajo del Código de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental para servir al usuario como una base en la implantación del mismo, sin embargo, cabe aclarar que no debe ser empleada como único recurso ni, tampoco, en forma limitativa.

El buen entendimiento y juicio de cada empresa y sus centros de trabajo deben definir y ajustar esta información básica para cubrir sus necesidades y resolver su problemática.

Por otra parte, es importante señalar respecto a los anexos que hacen referencia a la legislación mexicana y los trámites gubernamentales en materia de protección ambiental aplicables a la industria química, que esta clase de información no puede ser considerada como estática, es decir es necesario que sea actualizada frecuentemente debido a los ajustes que esta experimentando la normatividad en nuestro país.

ANEXO A

EMPRESA FICTICIA, S.A. DE C.V.
POLITICA DE PROTECCION AMBIENTAL

La Empresa Ficticia, S.A. de C.V. reconoce que la protección ambiental es un factor importante para el éxito de la compañía como parte integral de la sociedad.

Por esto, la empresa considera a todas y cada una de las emisiones al ambiente (aire, agua y suelo) y el impacto ambiental generados en las instalaciones, como oportunidades importantes de mejora que nos permitirán alcanzar nuestros estándares de calidad en todos los aspectos de la producción.

Así mismo, concientes de que nuestros productos deben cumplir con los requisitos de nuestros clientes y la comunidad en general, esta compañía desarrollará y elaborará productos que sean compatibles con el ambiente desde su concepción hasta su disposición final, tal como lo establece el Programa Responsabilidad Integral.

Ing. Felipe Montenegro Zorrilla
Director General

Ing. Rogelio Benavides Pastrana
Director de Medio Ambiente,
Seguridad e Higiene.

Versión: _____
Fecha de elaboración: __/__/__
Fecha de actualización: __/__/__
Responsable: _____

EMPRESA FICTICIA, S.A. DE C.V.

METAS DE PROTECCION AMBIENTAL

Aguas Residuales

Reusar el 90% del volumen total de agua utilizada en todas las áreas de las instalaciones productivas para diciembre de 1996, tomando como referencia el volumen registrado en febrero de 1993.

Emisiones a la Atmósfera

Reducir el 50 % de las emisiones a la atmósfera de todas las instalaciones productivas, para diciembre de 1995, tomando como referencia el inventario de febrero de 1993.

Emisiones Acústicas

Eliminar completamente las emisiones acústicas generadas en las instalaciones productivas que tengan algún impacto fuera de los límites de las mismas para diciembre de 1997.

Versión: _____

Fecha de elaboración: ___/___/___

Fecha de actualización: ___/___/___

Responsable: _____

ANEXO B

EMPRESA FICTICIA, S.A. DE C.V.

METAS DE PROTECCION AMBIENTAL

Impacto Ambiental

Lograr que el balance entre los impactos ambientales positivos y negativos de todas las instalaciones, nuevas y existentes, sea favorable para diciembre del 2000.

Residuos Peligrosos

Reducir en un 60% el volumen anual de residuos peligrosos enviados a confinamiento controlado para diciembre de 1995 tomando como referencia el dato de 1992-1993.

Suelo y Agua Subterránea

Reducir en un 80% las fuentes probables de contaminación al suelo y/o agua subterránea para diciembre de 1996 tomando como referencia los resultados de la auditoría realizada en junio de 1993.

Regenerar en un 50% los principales mantos freáticos que se encuentran dentro de nuestras instalaciones productivas para diciembre de 1996 considerando la misma referencia.

Versión: _____

Fecha de elaboración: ____/____/____

Fecha de actualización: ____/____/____

Responsable: _____

EMPRESA FICTICIA, S.A. DE C.V.

ESTANDARES EN PROTECCION AMBIENTAL

Aguas Residuales

- Los niveles máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de las instalaciones productivas deberán cumplir, como mínimo, con las condiciones particulares de descarga que le hayan sido establecidas por la autoridad competente en el momento. **Estos límites no deberán ser sobrepasados ni siquiera en caso de liberaciones accidentales.**
- Aquellas instalaciones que no cuenten con condiciones particulares deberán solicitarlas inmediatamente y cumplir, por el momento, con la Norma Oficial Mexicana aplicable al giro de la planta.

Emisiones Acústicas

- El nivel máximo de ruido y vibraciones, medidos fuera de los límites de las instalaciones productivas será aquel que se encuentre señalado en la regulación mexicana aplicable vigente. Cuando no existan parámetros establecidos, deberán ser desarrollados por la empresa, de acuerdo con la regulación mexicana e internacional en materia de salud ocupacional e higiene industrial. **Estos límites no deberán ser sobrepasados ni siquiera en caso de liberaciones accidentales.**

Version: _____
Fecha de elaboracion: _____
Fecha de actualizacion: _____
Responsable: _____

ANEXO C

EMPRESA FICTICIA, S.A. DE C.V.

ESTANDARES EN PROTECCION AMBIENTAL

Emisiones a la Atmósfera

- El nivel máximo de contaminantes que las instalaciones productivas de la empresa deberán emitir a la atmósfera será aquel que se encuentre señalado en la regulación mexicana vigente. Cuando no existan límites, deberán ser desarrollados por la empresa de acuerdo con los niveles internacionales y las buenas prácticas de ingeniería. **Estos límites no deberán ser sobrepasados ni siquiera en caso de liberaciones accidentales.**
- Todas y cada una de las emisiones liberadas a la atmósfera deberán ser conducidas. En las instalaciones no deberán existir emisiones fugitivas, **ni siquiera en caso de liberaciones accidentales.**
- El contenido de materiales tóxicos en las emisiones a la atmósfera deberá ser menor o igual a 0.9 veces el Límite Máximo de Concentración Permisible señalado por el departamento de salud ocupacional de la empresa y **siempre tendiente a cero.**

Impacto Ambiental

- Las instalaciones productivas deberán realizar las acciones necesarias para que el impacto positivo de la empresa contrarreste, por lo menos en un 90 %, el impacto ambiental negativo resultante de las operaciones en la zona.

Versión: _____
Fecha de elaboración: ___/___/___
Fecha de actualización: ___ ___
Responsable: _____

EMPRESA FICTICIA, S.A. DE C.V.

ESTANDARES EN PROTECCION AMBIENTAL

Residuos Peligrosos

- Todos los residuos que tengan una o más de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o biológicamente infeccioso, deberán ser tratados de acuerdo con el procedimiento de manejo de residuos peligrosos aún cuando no estén considerados como tales en la regulación mexicana vigente.

Suelo y Agua Subterránea

- La probabilidad de que ocurra un evento dentro de las instalaciones que ocasionen contaminación al suelo y/o agua subterránea deberá ser menor o igual a la probabilidad del evento máximo creíble determinada en el análisis de riesgo actualizado.

Versión: _____

Fecha de elaboracion: _____

Fecha de actualizacion: _____

Responsable: _____

ANEXO D

EMPRESA FICTICIA, S.A. DE C.V.

PROCEDIMIENTO DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS

AREAS INVOLUCRADAS

- Almacén de Materias Primas
- Producción
- Servicios Auxiliares
- Almacén de Producto Terminado
- Almacén de Residuos Industriales
- Departamento de Medio Ambiente en Planta
- Departamento de Seguridad en Planta
- Superintendencia de Planta
- Dirección de M.A.S.H. (o su equivalente)

PROCEDIMIENTO

1. Identificar los residuos industriales generados utilizando la etiqueta RP1 correspondiente.
2. Cuando no se conozcan las características de residuo, éste deberá ser enviado al laboratorio para su caracterización y correcta identificación.
3. Una vez identificados, los residuos deberán ser enviados al sitio de almacenamiento temporal y registrados en la bitácora del área generadora y del almacén de residuos.
4. El responsable del almacén deberá llenar el formato RP2 correspondiente y enviar una copia al Departamento de Medio Ambiente de Planta.

ANEXO D

5. Los residuos deberán ser almacenados con base en su incompatibilidad y la fecha de entrada al almacén.
6. Ningún residuo deberá permanecer en el almacén por más de 30 días a partir de la fecha de ingreso.
7. Los residuos enviados a algún área productiva de la planta, diferente de la generadora para su reuso deberán ser registrados en la forma RP3 y la bitácora del almacén.
8. Los residuos enviados a otra instalación propiedad de la compañía para su reuso o reciclaje, deberán ser registrados en la forma RP4, la bitácora del almacén y el manifiesto correspondiente de SEDESOL.
9. La venta de residuos peligrosos a otras empresas deberá ser controlada por el Departamento de ventas de planta e informada al almacén de residuos y el departamento de medio ambiente a través de la forma RP5 y el manifiesto correspondiente de SEDESOL debidamente llenado.
10. Cada envío de residuos peligrosos a confinamiento controlado deberá registrarse en la bitácora del almacén y contar con el manifiesto correspondiente de SEDESOL.
11. El reporte semestral de manejo de residuos peligrosos que se enviará a SEDESOL, deberá coincidir perfectamente con la bitácora del almacén de residuos industriales.
12. Todas las operaciones de manejo de residuos industriales, peligrosos y no peligrosos, deberán ser registradas diariamente en la bitácora del almacén por el responsable en turno.
13. Todas las formas de control deberán ser manejadas por el departamento de medio ambiente de planta y conservadas durante 10 años.

Version: _____
Fecha de elaboracion: ____
Fecha de actualización: ____
Responsable: _____

RESIDUO



Nombre: **Propilamina**
 Sinónimos: 1-aminopropano
 MNPA
 mono-n-propilamina
 propanamina
 No. CAS: 107-10-8
 No. NU: 1277
 NFPA: **Salud: 3**
Inflamabilidad: 3
Reactividad: 3

Incompatible con:

- Ácidos minerales no oxidantes
- Ácidos minerales oxidantes
- Ácidos orgánicos
- Aldehídos
- Ditiocarbamatos
- Organo-halogenados
- Isocianatos
- Metales alcalinos, alcalinotérreos, elementales o mezclas
- Metales y compuestos de metales tóxicos
- Peroxidos e hidroperoxidos orgánicos
- Epóxidos
- Agentes oxidantes y reductores fuertes

Riesgos principales:**Características principales:**Punto de flama: **-37 °C**Límite inferior de inflamabilidad: **2%**Límite superior de inflamabilidad: **10.4%**Temperatura de autoignición: **318 °C****Indicaciones de manejo:****Líquido Inflamable**

Contenedores especiales
Lejos de fuente de ignición
Lugares fríos, ventilados,
lejos de la luz del sol

Acciones de Emergencia:

Incendio: Extinguir con CO₂, polvo químico seco, o espuma de alcohol
 Evacuar el área y atacar el fuego desde una distancia segura

Derrame: Aproximarse de viento arriba para evitar vapores peligrosos
 Restringir el acceso al área hasta que este completamente limpio
 Utilizar el equipo de protección personal adecuado
 Contenga el derrame con tierra, arena o material absorbente
 que no reacciones con el residuos

Primeros Auxilios: Proporcionar medidas de apoyo (abrigo, comodidad, etc.)

Consultar inmediatamente al médico

Si el contacto es en piel lavar con solución salina neutra por lo menos durante 20 a 30 minutos

RECEPCION DE RESIDUOS INDUSTRIALES PARA ALMACENAMIENTO TEMPORAL

Fecha de ingreso: _____ Fecha límite de salida: _____

Area generadora: _____

Responsable del área generadora: _____

Responsable de la entrega del residuo al almacén: _____

Características del residuo:

Nombre del residuo: _____

Composición química:

_____	%
_____	%
_____	%
_____	%
_____	%
_____	%
_____	%

Características peligrosas

Corrosividad	<input type="checkbox"/>
Reactividad	<input type="checkbox"/>
Explosividad	<input type="checkbox"/>
Toxicidad	<input type="checkbox"/>
Inflamabilidad	<input type="checkbox"/>
Biológico Infeccioso	<input type="checkbox"/>
Ninguna	<input type="checkbox"/>

Condiciones de entrada al almacén:

- Tipo de envase: _____
- Envase adecuado: Si No
- Etiqueta: Si No
- HSM en almacén: Si No

Destino final del residuo:

- Disposición final
- Reuso en el área: _____
- Reuso/reciclaje en la planta: _____
- Venta a: _____

Para uso exclusivo del almacén y departamento de medio ambiente:

Zona del almacén a la que se destinará el residuo: _____

Responsable del ingreso del residuo: _____

Responsable en turno del almacén: _____

Fecha de entrega al Departamento de Medio Ambiente: _____

ANEXO E

CAPACITACION Y ENTRENAMIENTO

RESIDUOS PELIGROSOS

La empresa generadora de residuos peligrosos deberá entrenar a su personal en su manejo adecuado y seguro. Los empleados directamente involucrados con el manejo de los residuos deberán terminar satisfactoriamente un programa de entrenamiento que les enseñe a desarrollar apropiadamente sus deberes.

Este programa puede consistir de instrucción en salón de clases, entrenamiento en el puesto, o una combinación de ambos. Sin embargo, el programa de entrenamiento o el entrenamiento que cada individuo reciba deberá cumplir un estándar de desempeño muy amplio. El programa de entrenamiento deberá requerir que el personal sea enseñado a desempeñar su labor de manera que asegure que la empresa cumplirá con las regulaciones a las que esta sujeta.

El personal responsable del manejo de los residuos peligrosos de la empresa deberá tener conocimiento sobre los siguientes conceptos:

- riesgos asociados con los residuos
- realizar inspecciones
- interpretar las regulaciones
- revisar las solicitudes de permisos
- elaborar los requerimientos de permisos
- desarrollar acciones de cumplimiento
- negociar violaciones o situaciones de incumplimiento
- medidas de prevención y control de emergencias

ANEXO E

Como mínimo el programa de entrenamiento debe asegurar que los empleados que manejan los residuos sean capaces de responder con efectividad a las emergencias. Esto se logrará familiarizando a tales empleados con "procedimientos, equipo y sistemas de emergencia".

Un buen programa de instrucción comenzará con técnicas de manejo seguro de los residuos peligrosos bajo condiciones normales; enfocará el manejo apropiado de los contenedores; la identificación que llevarán; el significado de los letreros; el equipo de protección personal necesario para su manejo; las características de riesgo bajo condiciones normales y anormales.

Deberá documentarse el entrenamiento recibido y de preferencia las labores a desempeñar deberán estar enunciadas en la descripción del puesto de cada uno de los individuos a cargo del manejo de los residuos peligrosos de la planta. No deberá olvidarse la necesidad de reforzar los conocimientos periódicamente así como la preparación del control y prevención de emergencias mediante la realización de simulacros.

ANEXO E

IMPACTO AMBIENTAL

El programa de capacitación en materia de impacto ambiental debe incluir, como mínimo,

- Principios mínimos de operación del equipo
- Propiedades y características de materias primas y productos que se manejan dentro de la empresa
- Manejo seguro de equipo y materiales
- Medidas correctivas en caso de fallas
- Capacitación continua , con información sobre diagramas de proceso, hojas de seguridad de materiales y especificaciones.

ANEXO E

AGUAS RESIDUALES

Toda empresa generadora de contaminantes a las aguas residuales, deberá contemplar dentro de sus planes y programas de capacitación y entrenamiento, lo referente a las probables causas y prevención de la contaminación de las aguas. Este programa contemplará como objetivos mínimos el conocimiento de los siguientes temas:

- El ciclo ecológico del agua
- Bases fundamentales del conocimiento de los factores contaminantes del agua residual
- Identificación de fuentes generadoras de contaminación del agua
- Funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales
- Impacto económico
- Medidas de prevención
- Medidas de control
- Medidas de corrección
- Medidas de emergencia
- Manejo de residuos
- Entrenamiento enfocado al cumplimiento de los procedimientos
- Capacitación y entrenamiento en forma continua

ANEXO E

EMISIONES ACUSTICAS

El personal responsable del programa de control de emisiones acústicas, deberá ser entrenado sobre los siguientes aspectos:

- Manejo y operación de equipo de medición
- Aspectos legales relacionados con emisiones acústicas
- Métodos y procedimientos de medición
- Principios y conceptos de acústica
- Matemáticas y Estadística
- Efectos a la salud producidos por las emisiones acústicas
- Administración de proyectos

ANEXO E

EMISIONES A LA ATMOSFERA

El personal responsable de la administración de las emisiones a la atmósfera deberá tener un conocimiento general de todos los procedimientos legales requeridos para la evaluación y el control de las emisiones, así como el conocimiento detallado de los procesos que se efectúan en su lugar de trabajo. El programa de capacitación, se puede llevar a cabo mediante cursos sobre legislación ambiental, ingeniería ambiental, los procesos unitarios requeridos para el control y optimización de las emisiones atmosféricas y los métodos de evaluación de estas.

El programa de capacitación debe incluir:

- Principios de operación de los procesos de fabricación y generación de energía
- Manejo de equipos de evaluación ambiental
- Legislación y gestión ambiental
- Conceptos sobre minimización de emisiones u optimización de procesos
- Conceptos sobre control de procesos
- Conocimiento de las características tóxicas de los contaminantes y su efecto en el ambiente

Es imprescindible mantener al personal actualizado en todos los temas requeridos para el desempeño de esta labor.

ANEXO E

SUELO Y AGUA SUBTERRANEA

Cada planta generadora de residuos peligrosos con potencial de contaminación al subsuelo y agua subterránea, deberá establecer un programa específico de entrenamiento a todo el personal sobre la forma de administrar adecuadamente este tipo de desechos, de manera que se elimine o minimice este tipo de emisiones al subsuelo y/o agua subterránea.

Este entrenamiento y capacitación deberán estar enfocados al cumplimiento de las regulaciones aplicables de acuerdo a los contaminantes y las políticas internas de la empresa sobre la administración de este tipo de desechos.

El entrenamiento y capacitación deberán ser impartidos por especialistas en la materia, sin descuidar la participación de organismos gubernamentales, como SEDESOL y otras dependencias especializadas en esta materia; así mismo, es importante que se establezcan registros sobre el personal que está siendo entrenado para asegurar que se cubre todo el personal que sea requerido.

Sin ser limitativo, el entrenamiento y capacitación deberán cubrir los siguientes temas:

- Caracterización de desechos.
- Identificación de desechos peligrosos.
- Administración de los desechos.
- Conocimiento e interpretación de las reglamentaciones.
- Riesgos asociados con los residuos.

ANEXO E

- Métodos de tratamiento de los residuos: reciclaje, re-uso, confinamiento, etc.
- Técnicas y métodos de remediación
- Técnicas y métodos de monitoreo.
- Conducción de auditorías.
- Evaluación de tratamiento de desechos a través de terceros.
- Trámite de permisos con SEDESOL, entre otras.
- Manifiestos de empresa.

ANEXO F

EMPRESAS PRESTADORAS DE SERVICIOS

PUNTOS IMPORTANTES A CONSIDERAR

Las empresas deberán evaluar los beneficios de mantener dentro de las instalaciones los residuos de manera indefinida comparándolos con los costos asociados de obtener y mantener un permiso para disposición final. Otras consideraciones obvias implicadas además de los costos, incluyendo la complejidad del cumplimiento de las regulaciones, son la existencia de seguros limitados y la disponibilidad de suelos geológicos adecuados dentro de la propiedad.

Los factores concernientes a la evaluación de instalaciones internas y externas actuales, previo al envío de residuos para tratamiento o disposición y reevaluación periódica, son:

- **Permisos:** Este elemento incluye los permisos federales y estatales de manejo de residuos peligrosos así como otros permisos ambientales para descargas a cuerpos de agua, drenajes o el aire. Los permisos son una condición necesaria para hacer negocios con una instalación comercial aunque no son suficientes por ellos mismos.
- **Auditoria de instalaciones y planta física:** Durante un recorrido a la instalación, es necesario verificar la existencia de condiciones de trabajo, de proceso y equipamiento necesario para facilitar las operaciones. Determine los tipos y cantidad de vigilancia, equipamiento de emergencia y control de derrames. Haga cuestionamientos tales como: ¿están los tanques de almacenamiento y áreas de acumulación de tambores pavimentadas y con diques?. ¿Las celdas de confinamiento tienen membranas dobles y sistemas de colección de lixiviados, ¿hay un monitoreo adecuado del agua subterránea?. ¿hay un laboratorio de trabajo en el lugar ?.

ANEXO F

- **Administración y personal:** Es necesario evaluar la experiencia del personal de la planta y su habilidad para operar apropiadamente un negocio en un campo altamente regulado y complejo. El conocimiento profundo de los requisitos regulatorios es obligatorio. Evalúe el programa de entrenamiento para los trabajadores, especialmente los procedimientos de respuesta en emergencias. Existencia de un programa formal de seguridad, ¿los empleados siguen procedimientos seguros y utilizan el equipo de protección personal apropiado y herramientas?
- **Operaciones, orden y limpieza:** observe el nivel general de orden y limpieza, particularmente alrededor de las áreas de descarga y de transferencia de residuos. Observe las prácticas de manejo de los residuos por los empleados. Inspeccione las áreas de mantenimiento de tambores. ¿Hay un inventario excesivo para las operaciones de la empresa? ¿los derrames pequeños son limpiados rápidamente?. El orden y la limpieza es un buen indicador de la calidad administrativa, el estado de cumplimiento y en menor extensión la estabilidad financiera.
- **Estabilidad financiera/seguros/responsabilidad financiera:** Determine con quien se ha asegurado la empresa. Determine cuándo los instrumentos financieros requeridos han sido establecidos para cubrir los costos de actividades de cierre/post cierre. ¿La cantidad cubierta por estos instrumentos es razonable dada la naturaleza de las operaciones?. Determine si la empresa tiene una estabilidad financiera suficiente para continuar operando a largo plazo.
- **Estado de cumplimiento de la regulaciones:** Revise el programa de cumplimiento de las regulaciones y la documentación respectiva. Pregunte por los reportes de inspección pasados de las autoridades estatales o federales así como la respuesta escrita de la planta a dichas actas o reportes. Pregunte sobre disposiciones técnicas pasadas o problemas de cumplimiento. Determine si la planta esta alcanzando cualquier fecha termino para una mejora específica conforme a lineamientos de las autoridades. Verifique sus observaciones con las autoridades ambientales.
- **Impacto ambiental:** Evalúe el impacto de la empresa sobre el aire el agua subterránea y recursos de agua superficial. Revise la posibilidad de contacto directo con los residuos así como de fuegos y explosiones. Deberán tomarse en cuenta la probabilidad de emisiones y la severidad y magnitud de los efectos

ANEXO F

- **Relaciones públicas:** Este elemento frecuentemente es difícil de evaluar a menos que la empresa tenga una relación adversa con sus vecinos y la comunidad. Respondiendo a los miedos, preocupaciones y quejas de los vecinos es con mucho, un aspecto importante para mantener buenas relaciones con la comunidad. Una vez que las relaciones con la comunidad se deterioran, frecuentemente es imposible restaurar la fé y la confianza.
- **Contribución relativa:** Haga un intento serio de encontrar cuantos clientes tiene la empresa, su fuerza financiera, y la contribución relativa de la cantidad de emisiones contaminantes que esta siendo manejada.

LEGISLACION MEXICANA EN MATERIA DE PROTECCION AMBIENTAL APLICABLE A LA INDUSTRIA QUIMICA

LEYES

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
- Ley de Aguas Nacionales
- Ley Federal de Derechos en Materia de Agua
- Ley General de Asentamientos Humanos

REGLAMENTOS

- Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos
- Reglamento para la Protección del Ambiente contra la Contaminación Originada por la Emisión de Ruido

ANEXO G

NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Aguas Residuales

- NOM-CCA-003-ECOL/1993 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de refinación de petróleo y petroquímica.
- NOM-CCA-004-ECOL/1993 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de fabricación de fertilizantes excepto la que produzca ácido fosfórico como producto intermedio.
- NOM-CCA-005-ECOL/1993 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de fabricación de productos plásticos y polímeros sintéticos.
- NOM-CCA-008-ECOL/1993 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de fabricación de asbestos de construcción.
- NOM-CCA-012-ECOL/1993 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria huleira.
- NOM-CCA-020-ECOL/1993 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de asbestos textiles, materiales de fricción y selladores.
- NOM-CCA-030-ECOL/1993 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de jabones y detergentes.
- NOM-CCA-031-ECOL/1993 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal.
- NOM-AA-3-77 Aguas Residuales - Muestreo
- NOM-AA-4-77 Determinación de Sólidos Suspendidos en Aguas Residuales

ANEXO G

- NOM-AA-5-80 Determinación de Grasas y Aceites en Aguas Residuales.
- NOM-AA-6-73 Determinación de Materia Flotante en Aguas Residuales.
- NOM-AA-7-80 Aguas - Determinación de la Temperatura.
- NOM-AA-8-80 Aguas - Determinación del pH.
- NOM-AA-12-80 Aguas - Determinación de Oxígeno Disuelto.
- NOM-AA-14-80 Cuerpos Receptores - Muestreo.
- NOM-AA-17-80 Aguas - Determinación de Color.
- NOM-AA-20-80 Aguas - Determinación de Sólidos Disueltos Totales.
- NOM-AA-26-80 Aguas - Determinación de Nitrógeno Total.
- NOM-AA-28-81 Análisis de Agua - Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.
- NOM-AA-29-81 Aguas - Determinación de Fósforo Total.
- NOM-AA-30-81 Análisis del Agua - Determinación de la Demanda Química de Oxígeno.
- NOM-AA-34-81 Análisis de Agua - Determinación de Sólidos.
- NOM-AA-36-80 Agua - Determinación de Acidez Total y Alcalinidad Total.
- NOM-AA-38-81 Análisis de Agua - Determinación de Turbiedad.
- NOM-AA-39-80 Agua - Determinación de Substancias Activas al Azul de Metileno (Detergentes).
- NOM-AA-42-87 Agua - Calidad del Agua - Determinación del Número más Probable (NMP) de Coliformes Totales y Coliformes Fecales (termotolerantes) y Escherichia Coli Presuntiva.
- NOM-AA-44-81 Análisis de Agua - Determinación de Cromo Hexavalente (Método Colorimétrico).
- NOM-AA-45-81 Análisis de Agua - Determinación de Color (escala platino cobalto)

ANEXO G

- NOM-AA-46-81 Análisis de Agua - Determinación de Arsénico (método espectrofotométrico).
- NOM-AA-50-81 Análisis de Agua - Determinación de Fenoles.
- NOM-AA-51-81 Análisis de Agua - Determinación de Metales (método espectrofotométrico de absorción atómica).
- NOM-AA-53-81 Análisis de Agua - Determinación de Material Extractable con Cloroformo.
- NOM-AA-57-81 Análisis de Agua - Determinación de Plomo (método colorimétrico de la ditizona).
- NOM-AA-58-82 Análisis de Agua - Determinación de Cianuros.
- NOM-AA-60-81 Análisis de Agua - Determinación de Cadmio (método colorimétrico de la ditizona).
- NOM-AA-63-81 Análisis de Agua - Determinación de Boro (método potenciométrico).
- NOM-AA-64-81 Análisis de Agua - Determinación de Mercurio (método colorimétrico de la ditizona).
- NOM-AA-65-81 Análisis de Agua - Determinación de Selenio (método colorimétrico).
- NOM-AA-66-81 Análisis de Agua - Determinación de Cobre (método colorimétrico de la neocuproina).
- NOM-AA-71-81 Análisis de Agua - Determinación de Plaguicidas Organoclorados (método de cromatografía de gases).
- NOM-AA-72-81 Análisis de Agua - Determinación de Dureza (método de E.D.T.A).
- NOM-AA-73-81 Análisis de Agua - Determinación de Cloruros (método argentométrico).
- NOM-AA-74-81 Análisis de Agua - Determinación de Ión Sulfato.
- NOM-AA-75-82 Análisis de Agua - Determinación de Sílice.
- NOM-AA-76-82 Análisis de Agua - Determinación de Niquel.

ANEXO G

- NOM-AA-77-82 Análisis de Agua - Determinación de Fluoruros.
- NOM-AA-78-82 Análisis de Agua - Determinación de Zinc.
- NOM-AA-79-82 Protección al Ambiente - Contaminación de Agua - Determinación de Nitrógeno de Nitrato (método de sulfato de Bruct).
- NOM-AA-82-86 Contaminación de Agua - Determinación de Nitrógeno de Nitrato (método espectrofotométrico ultravioleta).
- NOM-AA-83-82 Análisis de Agua - Determinación de Olor.
- NOM-AA-84-82 Análisis de Agua - Determinación de Sulfuros.
- NOM-AA-89-92 Protección al Ambiente - Calidad del Agua - Vocabulario parte 1.
- NOM-AA-93-84 Protección al Ambiente - Contaminación del Agua - Determinación de la Conductividad Eléctrica.
- NOM-AA-99-87 Protección al Ambiente - Calidad del Agua - Determinación de Nitrógeno de Nitritos en Agua.
- NOM-AA-100-87 Calidad del Agua - Determinación de Cloro Total (método iodométrico).
- NOM-AA-101-84 Análisis de Agua - Estroncio Radioactivo en Agua - Método de Prueba.
- NOM-AA-102-87 Calidad del Agua - Detección y Enumeración de Organismos Coliformes, Organismos Coliformes Termotolerantes y Excherichia Coli Presuntiva (método de filtración de membrana).
- NOM-AA-104-88 Plaguicidas - Determinación de Residuos en el Agua (método de toma de muestras).

ANEXO G

Emisiones Acústicas

- NOM-AA-40-76 Clasificación de Ruidos.
- NOM-AA-43-77 Determinación del Nivel Sonoro Emitido por Fuentes Fijas.
- NOM-AA-47-77 Sonómetros para Usos Generales.
- NOM-AA-59-78 Acústica - Sonómetros de Precisión.
- NOM-AA-62-78 Acústica - Determinación de los Niveles de Ruido Ambiental.

Emisiones a la Atmósfera

- NOM-CCAM-001-ECOL/1993 que establece los métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.
- NOM-CCAM-002-ECOL/1993 que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.
- NOM-CCAM-003-ECOL/1993 que establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.
- NOM-CCAM-004-ECOL/1993 que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.
- NOM-CCAM-005-ECOL/1993 que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.
- NOM-CCAT-001-ECOL/1993 que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de bióxido y trióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico en plantas productoras de ácido sulfúrico.
- NOM-CCAT-006-ECOL/1993 que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.

ANEXO G

- **NOM-CCAT-009-ECOL/1993** que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de bióxido de azufre, neblinas de trióxido de azufre y ácido sulfúrico, provenientes de procesos de producción de ácido dodecibencensulfónico en fuentes fijas.
- **NOM-CCAT-015-ECOL/1993** que establece el nivel máximo permisible en peso de azufre, en el combustible líquido gasóleo industrial que se consuma por las fuentes fijas en la zona metropolitana de la Ciudad de México.
- **NOM-CCAT-019-ECOL/1993** que regula la contaminación atmosférica en fuentes fijas y establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas (PST), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx) y humo, así como los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de combustión de calentamiento indirecto utilizados en las fuentes fijas, que usan combustibles fósiles líquidos y gaseosos o cualquiera de sus combinaciones.
- **NOM-AA-1-72** Método de Prueba para Determinar la Densidad Aparente Visual del Humo, empleando la Carta de Ringelmann (fuentes fijas).
- **NOM-AA-9-73** Determinación del Flujo de Gases en un Conducto por Medio del Tubo Pitot.
- **NOM-AA-10-74** Determinación de la Emisión de Partículas Sólidas contenidas en los Gases que se descargan por un Conducto.
- **NOM-AA-23-86** Protección al Ambiente - Contaminación Atmosférica- Terminología.
- **NOM-AA-35-76** Determinación de Bióxido de Carbono, Monóxido de Carbono y Oxígeno en los Gases de Combustión.
- **NOM-AA-49-77** Purificadores de Aire Electrostáticos.
- **NOM-AA-54-78** Contaminación Atmosférica - Determinación del Contenido de Humedad en los Gases que fluyen por un Conducto (método gravimétrico).
- **NOM-AA-55-79** Contaminación Atmosférica - Fuentes Fijas- Determinación de Bióxido de Azufre, Trióxido de Azufre y Neblinas de Acido Sulfúrico en los Gases que fluyen por un Conducto.
- **NOM-AA-56-80** Contaminación Atmosférica - Fuentes Fijas- Determinación de Bióxido de Azufre, Trióxido de Azufre y Neblinas de Acido Sulfúrico en los Gases que fluyen por un Conducto (coexistencia de los tres componentes).

ANEXO G

- NOM-AA-69-80 Contaminación Atmosférica - Fuentes Fijas - Determinación de Acido Sulhídrico en Gases que fluyen por un Conducto.
- NOM-AA-70-80 Contaminación Atmosférica - Fuentes Fijas - Determinación de Cloro y/o Cloruros en los Gases que fluyen por un Conducto.
- NOM-AA-85-86 Protección al Ambiente - Contaminación Atmosférica - Fuentes Fijas - Gasómetros Húmedos - Calibración (método de Sifone).
- NOM-AA-86-86 Protección al Ambiente - Contaminación Atmosférica - Fuentes Fijas - Rotámetros - Calibración.
- NOM-AA-88-86 Protección al Ambiente - Contaminación Atmosférica - Fuentes Fijas - Gasómetros Secos - Calibración.
- NOM-AA-90-86 Protección al Ambiente - Contaminación Atmosférica - Determinación de Neblina de Acido Fosfórico en los Gases que fluyen por un Conducto.
- NOM-AA-96-86 Contaminación Atmosférica - Fuentes Fijas - Muestreo y Cuantificación de Emisiones de Benceno, Tolueno, Xileno y Estireno.
- NOM-AA-97-86 Contaminación Atmosférica - Fuentes Fijas - Determinación de Amoniaco en los Gases que fluyen por un Conducto.
- NOM-AA-98-86 Contaminación Atmosférica - Fuentes Fijas - Determinación de la concentración de Tricloroetileno en los Gases que fluyen por un conducto.
- NOM-AA-106-87 Calidad del Aire - Determinación del Diámetro Máximo de Poro en Filtros Rígidos y de Membrana en Función de la Presión.
- NOM-AA-107-88 Calidad del Aire - Estimación de Altura Efectiva de Chimenea y de la Dispersión de Contaminantes (método de prueba).
- NOM-AA-114-91 Contaminación Atmosférica - Fuentes Fijas - Determinación de la Densidad del Humo en los Gases de Combustión que fluyen por un Conducto o Chimenea (método del número de manchas).

ANEXO G

Residuos Peligrosos

- NOM-CRP-001-ECOL/1993 que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuos peligrosos por su toxicidad al ambiente.
- NOM-CRP-002-ECOL/1993 que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuos peligroso por su toxicidad al ambiente.
- NOM-CRP-003-ECOL/1993 que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-CRP-001-ECOL/1993.
- NOM-CRP-004-ECOL/1993 que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radiactivos.
- NOM-CRP-005-ECOL/1993 que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
- NOM-CRP-006-ECOL/1993 que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.
- NOM-CRP-007-ECOL/1993 que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

Suelo y Agua Subterránea

- NOM-AA-91-87 Calidad del Suelo - Terminología.
- NOM-AA-105-88 Plaguicidas - Determinación de Residuos en el Suelo (método de toma de muestras).

ANEXO H

RELACION DE METODOS ANALITICOS PARA LA EVALUACION DE CONTAMINANTES ATMOSFERICOS UTILIZADOS POR LA E.P.A. DE E.U.A.

- METODO No. 1 Muestreo y velocidad transversa en fuentes estacionarias.
- METODO No. 2 Determinación de velocidad de gases en chimeneas y velocidad de flujo volumétrico utilizando el tubo pitot tipo "S".
- METODO No. 2A Medición directa de volumen de gases a través de tuberías y ductos pequeños.
- METODO No. 2B Determinación de flujo volumétrico de gases de salida de vapores de gases de gasolina previamente incinerados.
- METODO No. 3 Análisis gaseoso de dióxido de carbono, oxígeno, aire en exceso y peso molecular del gas en base seca.
- METODO No. 3A Determinación de la concentración de oxígeno y dióxido de carbono de emisiones en fuentes estacionarias (procedimiento con analizador instrumental).
- METODO No. 4 Determinación de contenido de humedad en gases de chimenea.
- METODO No. 5 Determinación de partículas emitidas en fuentes estacionarias.
- METODO No. 5A Determinación de partículas emitidas de los procesos de la industria del refinado de asfalto.
- METODO No. 5B Determinación de material particulado de ácido no sulfúrico en fuentes estacionarias.
- METODO No. 5D Determinación de emisiones de partículas con filtros de presión positiva.

- - -

ANEXO H

- METODO No. 5E Determinación emisiones particuladas de la industria de manufactura de aislamiento de lana de vidrio.
- METODO No. 5F Determinación de material particulado no sulfúrico de fuentes estacionarias.
- METODO No. 6 Determinación de emisiones de dióxido de azufre en fuentes estacionarias.
- METODO No. 6A Determinación de dióxido de azufre, humedad y dióxido de carbono emitidos por la combustión de combustibles fósiles.
- METODO No. 6B Determinación del promedio diario de dióxido de azufre y dióxido de carbono emitidos por fuentes de combustibles fósiles.
- METODO No. 6C Determinación de dióxido de azufre emitido en fuentes estacionarias. (Procedimiento con analizador instrumental).
- METODO No. 7 Determinación de óxidos nitrosos emitidos en fuentes estacionarias.
- METODO No. 7A Determinación de óxidos nitrosos en fuentes estacionarias. Método de cromatografía iónica.
- METODO No. 7B Determinación de emisiones de óxido nitroso en fuentes estacionarias. Espectrofotetría ultravioleta
- METODO No. 7C Determinación de emisiones de óxido nitroso en fuentes estacionarias. Método colorimétrico de permanganato - alcalino.
- METODO No. 7D Determinación de emisiones de óxido nitroso en fuentes estacionarias. Método permanganato - cromatografía iónica.

ANEXO H

- **METODO No. 7E** Determinación de emisiones de óxido nitroso en fuentes estacionarias (Procedimiento con analizador instrumental).
- **METODO No. 8** Determinación de neblinas de ácido sulfúrico y de dióxido de azufre en fuentes estacionarias.
- **METODO No. 9** Determinación visual de opacidad de emisiones en fuentes estacionarias.
- **METODO No. 10** Determinación de emisiones de monóxido de carbono en fuentes estacionarias.
- **METODO No. 11** Determinación del contenido de sulfuro de hidrógeno de corrientes de gases combustibles en refinerías de petróleo.
- **METODO No. 12** Determinación de emisiones inorgánicas de plomo en fuentes estacionarias
- **METODO No. 13A** Determinación de emisiones de fluoruro total en fuentes estacionarias. (SPADNS zirconium lake method).
- **METODO No. 13B** Determinación de emisiones de fluoruro total en fuentes estacionarias. Método ion - electrodo específico.
- **METODO No. 14** Determinación de emisiones de fluoruro de "potroom roof monitors" de plantas de aluminio primario.
- **METODO No. 15** Determinación de emisiones de sulfuro de hidrógeno, sulfuro de carbonilo y disulfuro de carbono en fuentes estacionarias.
- **METODO No. 15A** Determinación de emisiones de azufre reducido total de recuperadoras de azufre en refinerías de petróleo

ANEXO H

- METODO No. 16 Determinación semicontinua de emisiones de azufre en fuentes estacionarias.
- METODO No. 16A Determinación de emisiones de azufre reducido total en fuentes estacionarias.
- METODO No. 17 Determinación de emisiones particuladas en fuentes estacionarias (Métodos de la filtración de chimenea).
- METODO No. 18 Medición de emisiones de compuestos orgánicos gaseosos por cromatografía de gases.
- METODO No. 19 Determinación de eficiencia de remoción y partículas, dióxido de azufre y óxidos nitrosos de generadores de vapor de sistema de generación eléctrica.
- METODO No. 20 Determinación de óxidos nitrosos, dióxido de azufre y emisiones diluyentes de turbinas de gas estacionario.
- METODO No. 21 Determinación ambiental de compuestos orgánicos volátiles.
- METODO No. 22 Determinación visual de emisiones fugitivas de materiales y emisiones de humo de quemadores (flare).
- METODO No. 24 Determinación del contenido de materia volátil, contenido de agua, densidad, volumen de sólidos y peso de sólidos de diversas superficies.
- METODO No. 24A Determinación del contenido de materia volátil y densidad de superficies de impresión y productos relativos.
- METODO No. 25 Determinación de emisiones gaseosas orgánicas (no-metánicas) de carbón.

ANEXO H

- **METODO No. 25A** Determinación de concentración de orgánicos gaseoso totales usando un analizador de ionización de flama.
- **METODO No. 25B** Determinación de concentración de compuestos orgánicos usando un analizador infrarojo no dispersivo.
- **METODO No. 27** Determinación de vapor no comprimido en tanques de gasolina usando vacío.

ANEXO I

**TRAMITES GUBERNAMENTALES EN MATERIA
AMBIENTAL APLICABLES A LA INDUSTRIA QUIMICA**

Aguas Residuales

Registro de Descarga de Aguas Residuales

Trámite único por descarga
Se deberá solicitar nuevamente en caso
de cambio de las condiciones de descarga

Permiso de Descarga de Aguas Residuales

Trámite único por descarga
Se deberá solicitar nuevamente en caso
de cambio de las condiciones de descarga

Determinación de Condiciones Particulares de Descarga

Trámite único por descarga, voluntario
Se deberá solicitar nuevamente en caso
de cambio de las condiciones de descarga

Pago de Derechos por Descarga de Agua Residual

Pago anual

Emisiones a la Atmósfera

Licencia de Funcionamiento

Trámite único

Inventario de Emisiones

Trámite anual, febrero

Verificación Ambiental

Trámite anual, julio
Empresas ubicadas en la ZMVM

Plan de Contingencias

Requerimiento anual
Empresas ubicadas en la ZMVM

ANEXO I

Impacto Ambiental

Informe Preventivo	Trámite único, construcciones nuevas y ampliaciones
Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad General	Trámite único, construcciones nuevas y ampliaciones, aplica a solicitud de SEDESOL
Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Intermedia	Trámite único, construcciones nuevas y ampliaciones, aplica a solicitud de SEDESOL
Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Especifica	Trámite único, construcciones nuevas y ampliaciones, aplica a solicitud de SEDESOL
Estudio Preliminar de Riesgo	Trámite único, empresas con actividades riesgosas, aplica a solicitud de SEDESOL
Análisis de Riesgo	Trámite único, empresas con actividades riesgosas, aplica a solicitud de SEDESOL
Programa de Prevención de Accidentes	Trámite único, empresas con actividades riesgosas, aplica a solicitud de SEDESOL

ANEXO I

Residuos Peligrosos

Bitácora de Manejo de Residuos Peligrosos

Documento permanente

Manifiesto para Casos de Derrame de Residuos Peligrosos por Accidente

Trámite en todos los casos de derrame accidental durante las 72 horas posteriores al accidente

Manifiesto para la Importación y Exportación de Materiales y Residuos Peligrosos

Trámite en cada embarque

Manifiesto para Empresas Generadoras Eventuales de de Bifenilos Policlorados (BPC's) provenientes de Equipos Eléctricos

Cuando aplique

Manifiesto para Empresas Generadoras de Residuos Peligrosos

Trámite único por residuo

Manifiesto de Entrega, Transporte y Recepción de Residuos Peligrosos

Trámite por embarque

Reporte Semestral de Residuos Peligrosos Enviados para su Reciclo, Tratamiento, Incineración o Confinamiento

Trámite semestral

Reporte Semestral de Residuos Peligrosos Recibidos para Reciclaje o Tratamiento

Trámite semestral, aplica a empresas de servicio

Reporte Mensual de Residuos Peligrosos Confinados en Sitios de Disposición Final

Trámite semestral, aplica a empresas de servicio

ANEXO J

IDENTIFICACION DE FUENTES DE EMISIONES

SUELO Y AGUA SUBTERRANEA

Cada planta debe desarrollar un plan de protección, desarrollando un procedimiento como parte del mismo, revisando las prácticas de operación en el pasado y presente.

Cada planta o instalación deberá identificar en un plano general, las áreas donde se localizan los materiales y productos tóxicos y peligrosos con potencial de fugas y/o derrames que puedan contaminar el suelo y agua subterránea, así como las medidas de control que se tengan para evitar dicha contaminación.

Se deberán tener planos donde se identifiquen los recipientes y tuberías subterráneas que manejen productos tóxicos o peligrosos, debiendo identificar físicamente la ruta y distribución de los mismos.

De la misma manera deberán tenerse estudios hidrogeológicos que muestren la calidad del suelo de cada instalación (tipo, permeabilidad, etc.), así como la profundidad y dirección de mantos freáticos para en caso de contaminación al subsuelo, y definir el alcance de la remediación correspondiente.

Cada planta deberá establecer un sistema de identificación de sus productos tóxicos y/o peligrosos que tengan el potencial de contaminación al suelo y agua subterránea, tanto de los productos almacenados como aquellos destinados al entierro sanitario.

ANEXO J

Materias primas, subproductos y productos:

En el caso de las materias primas, subproductos, productos y desechos, se deberá contar con un inventario que incluya como mínimo lo siguiente:

- Nombre del Producto
- Riesgos a la Salud
- Diamante de Riesgo
- Equipo de Protección Personal para su Manejo Seguro
- Etc.

Pozos de monitoreo:

En el caso de los pozos de monitoreo, estos también deben ser identificados de acuerdo con el código establecido por la propia planta, deberá tenerse un plano general de la planta donde se localicen estos pozos.

Tanques de almacenamiento:

Se deberá identificar:

- Nombre del Productos
- Capacidad del Equipo
- Diamante de Riesgo
- Equipo de Seguridad Requerido

ANEXO J

Así mismo, se debe asignar e identificar un lugar específico para el almacén de productos tóxicos o peligrosos que serán enviados a confinamiento controlado, de acuerdo a las disposiciones gubernamentales.

INVENTARIO DE FUENTES

El desarrollo de un inventario de fuentes potenciales de contaminantes para cada sitio, asegurará la identificación de todas las fuentes con potencial de impedir o modificar el uso del suelo y que la implantación de controles de operación e ingeniería son los adecuados. En aquellos casos en que los controles no sean los adecuados, la planta especificará las mejoras necesarias y su programa de implantación.

El inventario de las fuentes potenciales de contaminación deberán de ser actualizadas como mínimo cada año.

La mayoría de la información necesaria para el inventario de fuentes potenciales de contaminación es recolectada en campo. independiente del formato desarrollado. el inventario debe incluir la siguiente información:

- Una descripción de la fuente por tipo y proceso.(Ejemplo: procesos químicos, áreas de carga y descarga, fosas de captación, drenajes, líneas subterráneas, instalaciones subterráneas, etc.).
- Sustancias manejadas.
- Cantidades almacenadas o manejadas.
- Tipo de almacenamiento (material de construcción).
- Controles de operación e ingeniería usados para evitar contaminación a mantos freáticos y subsuelo.

ANEXO J

IMPACTO AMBIENTAL

Durante la etapa de diseño y del desarrollo de la ingeniería se pueden identificar las siguientes fuentes de emisión:

- purgas
- drenes
- venteos
- relevos

Los contaminantes pueden ser:

- aguas residuales
- emisiones a la atmósfera
- residuos peligrosos
- ruido

ANEXO J

INVENTARIO DE FUENTES

Elementos mínimos del inventario que debe controlarse:

- Rastrear las posibles fuentes de emisión
- Realizar análisis en puntos intermedios y finales como una medida correctiva
- Elaborar bitácoras de todo el proceso correctivo, lo cual nos debe llevar a obtener resultados y beneficios
- Detección de fugas de material y su control
- Balances de materia
- Bitácora de materias primas en producción
- Bitácora de producto terminado

EMISIONES A LA ATMOSFERA*Emisiones Fugitivas*

Las emisiones fugitivas son las pérdidas de compuestos orgánicos volátiles y contaminantes del aire peligrosos, a través de los mecanismos de sellado que separan los fluidos de los equipos de proceso al ambiente. Ejemplos de donde se pueden encontrar estas, son los sellos de válvulas, bridas, bombas, etc. Estas emisiones se consieran pequeñas y se toman en cuenta muy poco, pero en ocasiones por el gran número de válvulas, bombas y equipos de proceso pueden representar una tercera parte de toda la generación de emisiones de orgánicos volátiles.

La estrategia básica recomendada para eliminar y prevenir estas emisiones fugitivas, es la realización de inspecciones periódicas programadas de válvulas, bombas, conexiones y cualquier equipo que tenga sellos removibles, etc., haciendo los cambios de empaques o reparaciones que minimicen, eliminen y prevengan las fugas.

El control de estas emisiones fugitivas principalmente de los compuestos químicos tóxicos indirectamente están regulados por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social en la NOM-010-STPS-1993 *Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral*, en esta norma se discuten los niveles de contaminación ambiental a la que los trabajadores pueden estar expuestos en una jornada de trabajo. Las emisiones a las que estan expuestos los trabajadores generalmente son debidos a varios factores, pero una de las más importantes es la contaminación del ambiente laboral por emisiones fugitivas. Por lo tanto, si no se cumplen los niveles máximos permisibles a los que pueden estar expuestos los trabajadores será necesario una revisión a conciencia de los puntos de posible contaminación ambiental, en la cual se incluyen las emisiones fugitivas.

ANEXO J

La detección de las emisiones fugitivas puede hacerse en forma cuantitativa mediante detectores de gases de lectura directa, mediante bombas de muestreo y medio de colección (tubos de carbón activado, borboteadores, filtros, etc), mediante detectores que contienen un químico (por ejemplo: tubos Drageer) o de la manera más simple aplicando solución jabonosa al área para evaluar la hermeticidad de los equipos sujetos a presión.

En México no existe una legislación específica para emisiones fugitivas en la industria química, sin embargo, en Estados Unidos existe reglamentación para compuestos específicos (National Emission Standards for Hazardous Air Pollutions NESHAP), en la cual se establece que las emisiones fugitivas deberán ser cuantificadas en base a un programa de tres fases; es recomendable consultarla para casos particulares de acuerdo al producto que se maneje.

Para fines de este manual, se considera que una válvula que se detecte en un primer monitoreo que fuga, debe ser incluida en el programa de monitoreo. Después de un año del monitoreo inicial, la fuga se debe disminuir por acciones de mantenimiento a un máximo del 50% del valor detectado. Después de 18 meses a un 10%.

En el caso de las válvulas que existan en las instalaciones industriales, debe tenerse menos del 2% en la clasificación de *válvulas que fugan* en los monitoreos cuatrimestrales, en caso contrario el monitoreo se efectuará mensualmente o deberá instrumentarse un programa de mejoramiento de los sistemas de tuberías.

A continuación se presenta la frecuencia recomendable de verificación de algunos equipos los cuales se ha definido con base al potencial que tienen de generar emisiones fugitivas:

- Válvulas: trimestral
- Bombas: mensual
- Conexiones: anual
- Agitadores: mensual

ANEXO J

EMISIONES ACUSTICAS

Cada planta deberá identificar en un plano general las fuentes de emisión que pudieran provocar contaminación de tipo sonoro o por vibraciones.

INVENTARIO DE FUENTES

Se deberá levantar un inventario, registrando: descripción de la fuente, localización y niveles sonoros y de vibración producidos. Dispositivos de control utilizados.

- Tipos de fuente de emisión (ejemplos):
 - » Compresores
 - » Sopladores
 - » Extractores
 - » Venteos
 - » Válvulas de alivio
 - » Máquinas de refrigeración
 - » Generadores
 - » Equipos rotatorios

- El inventario de fuentes de emisión deberá ser actualizado anualmente.

ANEXO J

AGUAS RESIDUALES

Cada empresa deberá realizar una revisión / inspección para lograr la identificación de las fuentes de generación de aguas residuales, entendiéndose con esto que existe la posibilidad de que además de contaminarse el agua por el proceso, también se puede contaminar inclusive el agua de lluvia al tocar un suelo contaminado.

Por lo anterior, es necesario tomar en cuenta todas las posibilidades de contaminación de las aguas para tener un resultado adecuado de la revisión / inspección propuesta.

Es por demás importante, contar con sistemas de medición que permitan conocer los volúmenes de descarga en relación con el tiempo (gastos), para lograrlo existen un gran número de técnicas tendiente a obtener aforos adecuados. El método se seleccionará de acuerdo a las necesidades detectadas en la revisión / inspección previa.

ANEXO K

CARACTERIZACION DE EMISIONES

AGUAS RESIDUALES

Características Físicas, Químicas y Biológicas de las Aguas Residuales

En la lista siguiente se indican los parámetros que se utilizan comúnmente para caracterizar a las aguas residuales que incluyen, para fines de este código, también las aguas de desecho.

- A) Físicas
 - » Sólidos
 - » Temperatura
 - » Color
 - » Olor

ANEXO K

- B2. Gases
 - » Oxígeno
 - » Sulfuro De Hidrógeno
 - » Metano
- C) Biológicas
 - » Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.)
 - » Protista
 - » Virus
 - » Plantas
 - » Animales

El origen de cada uno de estos parámetros puede ser industrial, municipal o doméstico.

Muchos de estos parámetros están interrelacionados, por ejemplo, la temperatura que es un parámetro físico, afecta tanto la actividad biológica como la cantidad de gases disueltos en las aguas, parámetros biológicos y químicos respectivamente. Los métodos analíticos para determinar estos parámetros se encuentran detalladamente explicados en las Normas correspondientes.

Se deberán comparar los resultados obtenidos, con la reglamentación vigente para que en caso de observar desviaciones, se proceda a la corrección de las mismas.

ANEXO K

Técnicas de Medición de Caudales

En forma general se tienen entre otras las siguientes técnicas de medición de caudales:

- **Conductos a Presión: Medidor Venturi, Boquillas.**
- **Orificios, Tubo Pitot, Medidor Electromagnético.**
- **Rotámetro, Medidor de Turbina, Medidor Acústico.**
- **Canales Abiertos: Medidores (Parshall, Palmer-Bowhes), Vertedores, Tubo Pitot, Medidores de Corriente (Molinetes) Medidor Acústico.**
- **Flujo en conductos con Descarga Libre: Conductos llenos, conductos parcialmente llenos.**
- **Métodos de Dilución, Recipiente y Cronómetro (Volumétrico), cálculo de la lectura de medidores.**

El método más adecuado se seleccionará de acuerdo a las necesidades detectadas en la revisión previa.

ANEXO K

RESIDUOS PELIGROSOS

El primer paso en cualquier determinación de un residuo peligroso es la aplicación de la definición de la norma aprobada al residuo o a las corrientes residuales inventariadas. Los residuos peligrosos no necesariamente son sólidos, esto es, pueden ser líquidos, sólidos, semisólidos o material gaseoso contenido.

En apego a la regulación, el generador tienen la obligación de identificar la peligrosidad o no de los residuos que genera.

El generador puede hacer esto haciendo pruebas al material y/o aplicando su conocimiento de la característica riesgosa del residuo.

- Un residuo es peligroso si tiene alguna de cualquiera de las seis características de la norma:
 - » C: corrosivo
 - » R: reactivo
 - » E: explosivo
 - » T: tóxico
 - » I: inflamable
 - » B: biológico infeccioso
- Si el residuo proviene o es el resultado de los procesos a que se refiere el artículo quinto de la norma aprobada.
- Si la empresa considera que el residuo, aún cuando no tiene alguna de las características anteriores es un material que guarda o puede guardar una agresividad inherente al ambiente o la comunidad.

ANEXO K

EMISIONES ACUSTICAS

En relación a las emisiones acústicas, los criterios técnicos oficiales emitidos en nuestro país para caracterizarlas se encuentran especificados, actualmente en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes. Sin embargo, hasta la fecha de cierre de este código las dos normas existentes (DGN-AA-43-1977 y NOM-AA-62-1979), se encuentran en proceso de sustitución.

En virtud de lo citado en el párrafo anterior es recomendable emplear los métodos de caracterización contenidos en la norma ISO-1996 Acoustics - Description and measurement of environmental noise (Acústica - Descripción y medición del sonido ambiental), ya que México pertenece a la ISO.

La norma ISO-1996 está formada por las tres partes siguientes:

- Cantidades y procedimientos básicos.
- Adquisición de datos pertinentes al uso de suelo.
- Aplicación a los criterios de permisibilidad sonora.

Debido a la dificultad para la obtención de la citada norma se presenta en el anexo AC su traducción al español, incluyendo comentarios técnicos.

ANEXO K

EMISIONES A LA ATMOSFERA

De acuerdo con la legislación actual, se requiere una evaluación de las emisiones de equipos de combustión de calentamiento directo utilizados en las fuentes fijas (calderas, hornos, etc.). Los parámetros que se controlan están reportados en la NOM-CCAT-019-ECOL/1994, que es una norma emergente vigente durante el periodo del 18 de noviembre de 1993 al 18 de mayo de 1994. Es posible que existan cambios a los parámetros de esta norma después de su vigencia. Se especifican los siguientes parámetros:

CAPACIDAD	TIPO DE COMBUSTIBLE EMPLEADO	DENSIDAD DE HUMO	PARTICULAS (PST) mg/m ³			BIOXIDO DE AZUFRE (ppm _v)			OXIDOS DE NITROGENO (ppm _v)			CO (ppm _v)	
			NUMERO DE MANCHA U OPACIDAD	ZONAS CRITICAS		RP	ZONAS CRITICAS		RP	ZONAS CRITICAS			RP
				ZMCM	OTRAS		ZMCM	OTRAS		ZMCM	OTRAS		
HASTA 5,250 MJ/hr (150 C.C.)	COMBUSTIBLE GASOLEO	6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	250	
	OTROS LIQUIDOS	5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
	GASEOSOS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
DE 5,251 MJ/hr (151 A 1,200 C.C.)	LIQUIDOS	NA	100	300	400	1100	1650	2600	150	200	270	400	
	GASEOSOS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	130	150	180		
DE 43,001 A 110,000 MJ/hr (1,201 A 3,100 C.C.)	LIQUIDOS	NA	70	250	350	1000	1500	2500	140	180	250	400	
	GASEOSOS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	120	140	160		
MAYOR DE 110,000 MJ/hr (3,100 C.C.)	LIQUIDOS	10% (3)	70	200	300	800	1200	2200	130	150	230	400	
	GASEOSOS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	130	150		

NOTAS. (1) CONCENTRACIONES REFERIDAS A 25 °C, 760mm Hg, 5% DE OXIGENO EN VOLUMEN Y BASE SECA, CON LA FORMULA SIGUIENTE: $F = 16/(21 - O_2)$ (MEDIDO)

(2) CONCENTRACIONES REFERIDAS A CONDICIONES DE OPERACION

(3) % DE OPACIDAD

RP: ZONAS DEL RESTO DEL PAIS

ZMCM: ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO

NA: NO APLICA

ANEXO K

Los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de neblinas de ácido sulfúrico para equipos de combustión con capacidad térmica de 5250 MJ/hr (150 CC) y mayores, que utilizan combustibles fósiles líquidos son los siguientes:

ZONAS		mg/m ³ (a)
ZONAS CRITICAS	ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO	40
	OTRAS	60
RESTO DEL PAIS		90

La definición de las zonas y los métodos analíticos con los cuales se evalúan estos parámetros están especificadas en la norma.

Para la evaluación de partículas sólidas a la atmósfera provenientes de fuentes fijas que no se incluyen en la norma anterior, los niveles máximos permitidos están reportados en la NOM-PA-CCAT-006/93 y son los siguientes:

Flujo de Gases m ³ /min	Zonas Críticas mg/m ³	Resto del País mg/m ³
5	1536	2304
10	1148	1722
20	858	1287
30	724	1086
40	641	962
50	584	876
60	541	811
80	479	719
100	437	655
200	326	489
500	222	333
800	182	273
1000	166	249
3000	105	157
5000	84	127
8000	69	104
10000	63	95
20000	47	71
30000	40	60
50000	32	48

ANEXO K

Existe un caso especial para los procesos que producen ácido dodecilbencensulfónico y que pueden ser emisores de atmósferas de azufre, neblinas de trióxido de azufre y ácido sulfúrico. Los niveles máximos permisibles son reportados en la NOM-PA-CCAT-009/93.

No se ha reglamentado hasta el momento, la evaluación de hidrocarburos totales, pero es conveniente su evaluación en las emisiones de proceso. Esta evaluación puede proporcionar las herramientas para la optimización de los procesos de fabricación.

ANEXO K

SUELO Y AGUA SUBTERRANEA

Los siguientes elementos deberán de ser considerados para mantener una adecuada documentación y control sobre las características del suelo y del agua subterránea antes, durante y después de la vida útil de una operación de manufactura.

A) Para suelo:

- Evaluación de las características originales del suelo antes de la construcción.
- Estudio de Mecánica del suelo en el área de la planta.
- Evidencias de contaminantes, si existe alguno en la zona antes de la construcción de la planta.
- Monitoreo y delimitación de áreas de:
 - » Lavado y descontaminación de equipos.
 - » Almacén y proceso con potencial o evidencia de fugas o derrames.
 - » Almacenamiento de materias o residuos peligrosos a granel sobre suelo sin protección.
 - » Confinamiento o basurero en el interior de la planta.

B) Para aguas subterráneas:

- Caracterización del agua subterránea y superficial corriente arriba de las instalaciones.
- Dirección del manto freático.
- Estudio geohidrológico.
- Monitoreo periódico corriente arriba y abajo en los pozos de monitoreo para detección oportuna de contaminación.

ANEXO L

ESTRATEGIA DE ADMINISTRACION DE EMISIONES SUELO Y AGUA SUBTERRANEA

A) Identificación

Se debe de contar con un inventario de productos, subproductos, materias primas y desechos que indique la cantidad en volumen que se tiene en la planta o instalación, así como la frecuencia de movimientos ya sea recepción, carga, descarga o disposición de manera que se cuantifique y de prioridad a los materiales con mayor riesgo y potencial de afectación.

B) Remediación

Se debe llevar un inventario de los casos de derrames al suelo que tengan potencial de afectación y cuantificar de la manera mas exacta el volumen o área a remediar. Así mismo, se deberá tener un historial de los sitios de almacenamiento o disposición históricos y presentes para cuantificar su limpieza.

C) Almacenamiento

Estas prácticas administrativas requieren tener un inventario de recipientes, el cual deberá contemplar como mínimo:

- **Material de construcción.**
- **Fecha de construcción.**
- **Historial de reparación del equipo.**
- **Medición de espesores.**
- **Frecuencia de inspección, interna y externa**

ANEXO L

Del mismo modo las líneas y bombas deberán contar con historial de inspección y mantenimiento, predictivo y preventivo, el cual evite la falla y en consecuencia elimine las posibilidades de fugas y derrames de manera que se pueda cuantificar, mediante una disminución de dichas fallas, la mejoría en prevención de fugas y derrames.

D) Controles

Esta práctica administrativa esta enfocada a establecer los parámetros que permitan efectuar una medición real del desempeño en protección al suelo y agua subterránea; así como las áreas de oportunidad para minimizar los efectos de incidentes, ya sea fugas o derrames sobre el suelo, subsuelo y aguas subterráneas.

Se debe generar una base de datos que permita registrar:

- Cantidad de fugas o derrames.
- Frecuencia
- Tipo o magnitud emitido
- Area afectada
- Costo del incidente directo o indirecto
- Impacto en imagen interno y externo
- Demandas públicas o de autoridades y sus efectos, la cual deberá ser revisada periódicamente y comunicada a todo el personal involucrado para minimizar o eliminar el número de casos y su efecto; asimismo puede servir como apoyo para la actualización, entendimiento, seguimiento y revisión de procedimientos de trabajo, lo que permitirá tener adecuadas prácticas de trabajo

PROTECCION AL SUELO Y AGUA SUBTERRANEAS

La política de protección al suelo y mantos freáticos, deberá establecer que cada departamento desarrollará un plan de protección al suelo y agua subterránea para cada una de las instalaciones o grupos de las mismas.

El plan de protección del suelo y agua subterránea deberá:

- **Identificar cada fuente potencial de contaminantes que puedan afectar el suelo, subsuelo y agua subterránea y administrar su uso.**
- **Especificar, para cada fuente potencial, la operación apropiada y/o controles de ingeniería para prevenir contaminación al suelo, subsuelo y agua subterránea.**
- **Contener un programa para implantar las prácticas recomendadas o controles tecnológicos.**

Los elementos críticos de un plan de protección al suelo y agua subterránea entre otros, son:

- **Análisis hidrogeológicos del sitio.**
- **Evaluación e inventario de la fuente de contaminación.**
- **Programa de implantación.**

ANEXO L

PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACION SUELO Y AGUA SUBTERRANEA

La política de protección al suelo y aguas subterráneas, deberá establecer que cada instalación desarrolle un plan de protección para evitar contaminación al suelo y aguas subterráneas para cada una de sus operaciones. Este plan debe ser revisado como mínimo una vez al año y actualizar como sea requerido.

Todos los sistemas de almacenamiento deberán contar con sistemas para prevenir y controlar derrames y fugas con potencial de contaminación al suelo y agua subterránea; deberán contar con diques de contención los cuales deben ser diseñados y construidos de acuerdo a las normas y códigos gubernamentales. En cada caso el diseño deberá contemplar el volumen que debe ser contenido, asimismo, deberá asegurar que no exististan filtraciones al subsuelo y ser construidos con materiales compatibles con las sustancias que contendrán.

Debe asegurarse que los derrames o fugas contenidos en los diques no se puedan comunicar de ninguna forma con los drenajes públicos.

En el caso de los sistemas de almacenamiento subterráneos, se deben establecer sistemas periódicos de inspección para asegurar que no se tengan posibilidades de fugas o derrames. Llevar un adecuado monitoreo de inspección de espesores de los recipientes y, cada 5 años deberán realizarse pruebas hidrostáticas para asegurar la integridad física de los mismos.

Diques contenedores de derrames.

- Todos los tanques y recipientes de almacenamiento, construidos a nivel de piso, deberán contar con diques para contención de derrames y evitar contaminaciones al suelo y aguas subterráneas.
- La capacidad de los diques debe ser apropiada para el riesgo de la falla del recipiente y el potencial de contaminar el subsuelo.
- Deben tomarse medidas para proteger el material de los recipientes y evitar daños por deterioro del medio ambiente (corrosión) o daños debido al manejo.

ANEXO L

Tuberías y bombas.

- Las tuberías deben instalarse preferentemente arriba del nivel del piso, sólo se podrán instalar tuberías subterráneas si no existe otra alternativa y se cuenta con sistemas de detección de fugas.
- En caso de instalarse tuberías subterráneas (petróleo) deberá hacerse un análisis de riesgo para determinar si se requiere un sistema adicional de detección de fugas.
- Los diques no deben ser usados como almacenamiento de productos que puedan contaminar el subsuelo.

Carga y descarga de materiales.

- Las estaciones de carga y descarga deben contar con instalaciones y procedimientos de prevención y control de derrames. Los equipos de control y limpieza deben estar en lugares accesibles.
- Siempre será preferible el uso de pipas y carros tanque con descarga por la parte superior, para evitar la posibilidad de un derrame por la parte inferior al maniobrar la válvula cuando la descarga es por este punto.
- Los carros tanque y pipas no deben utilizarse como tanques almacén.

ANEXO M

**ESTRATEGIA DE ADMINISTRACION DE EMISIONES
IMPACTO AMBIENTAL**

MEJORAR LA ADMINISTRACION INTERNA

Si consideramos que el propósito de una buena administración interna consiste en operar la maquinaria y los sistemas de producción con la mayor eficiencia posible, es conveniente considerar el manejo de las recomendaciones siguientes:

PROPOSITO

Reducir pérdidas y/o uso
excesivo de materiales

MEDIDAS RECOMENDADAS

Determinar e implantar la
apropiada operación en cada
una de las fases de proceso
productivo, la cual deberá
garantizar la óptima utilización
de los materiales.

Establecer y ejecutar un progra-
ma regular de mantenimiento de
equipos que garantice su más
adecuado funcionamiento.

Reducción de efluentes

Cortar el suministro de agua a
equipos fuera de uso.

Instalar válvulas de corte au-
tomático.

Determinar y suministrar la
cantidad óptima de agua de
proceso.

ANEXO M

Reducción de residuos

Establecer un programa de administración mediante:

Un eficiente control de inventarios de materias primas, productos, subproductos y residuos, el cual deberá tener la exactitud que requiere un flujo de efectivo.

Realización de auditorías que certifiquen la exactitud de esta contabilidad de materiales y garanticen su adecuado uso.

SUSTITUIR MATERIALES PELIGROSOS

Esta tarea requiere de una reestructuración, incluso en su mentalidad, tanto de productores como de consumidores, pero que es necesario considerarla ya que significa eliminar el problema en su fuente de origen y, en muchos casos es rentable.

Casos de interés han sido los proyectos realizados por la industria de automóviles que ha cambiado el uso de pintura a base de solventes, para la capa base de sus unidades producidas a pintura a base de agua y el de la industria electrónica que ha empezado a utilizar soluciones a base de agua para la limpieza de los tableros de circuitos impresos.

Se pueden encontrar soluciones para el cambio de materiales peligrosos por materiales usados y desdeñados por una moda mal entendida; la creatividad que puede proporcionar la tecnología actual permitirá desempolvar el uso de dichos materiales y dar oportunidad a que sustituyan a muchos materiales peligrosos actuales.

-

ANEXO M

MODIFICAR PROCESOS DE MANUFACTURA

Una tercera estrategia implica un conocimiento profundo del proceso que permita realizar modificaciones al mismo, las cuales permitirán una sustancial reducción de las emisiones contaminantes.

Una alternativa de esta estrategia es la simplificación de la tecnología de producción mediante la reducción de etapas de proceso, en algunos casos innecesarias.

Una segunda alternativa consiste en la adopción de procesos de ciclo cerrado que además de reducir las emisiones nocivas ayuda a preservar los recursos. Caso de ejemplo es el de la industria de revelado de películas, en el cual la recuperación y decantación de solventes de sus efluentes ha permitido, previa destilación, la reutilización de los solventes, que de otra forma se hubieran enviado a la atmósfera.

Otra alternativa se encuentra en el establecimiento de programas de reciclaje, como los establecidos por la industria automotriz y textil, que les ha permitido obtener importantes ahorros en el consumo de agua.

Un último ejemplo de alternativa, lo encontramos en lo que implica un cambio fundamental tal como la transformación de un proceso químico a otro mecánico de una empresa de motores reciclados para autos, la cual cambió su etapa de limpieza con una solución cáustica por un sistema de perdigones de aluminio de alta velocidad.

ANEXO M

IMITANDO A LA NATURALEZA, LA REUTILIZACION DE RECURSOS

En los procesos naturales, nada es residuo, nada deja de utilizarse, toda la materia orgánica abandonada sirve de sustento a otro organismo y de esta forma el ciclo no se rompe, continúa.

Imitando el concepto del párrafo anterior algunas industrias han establecido sus "ecosistemas industriales", algunos de ellos complejos, en los cuales los residuos de un proceso se convierten en la materia prima de otro.

Ejemplos de lo anterior se pueden ver en la industria petroquímica con sistemas de reciclaje que permiten la reutilización de solventes o catalizadores al inicio de sus procesos. La industria automotriz recupera los residuos plásticos de cloruro de polivinilo y los reutiliza, previa operación de molienda y fundición.

La industria avícola ha establecido un ciclo muy semejante al natural, haciendo uso de prácticamente todos los mal llamados residuos de sus líneas de proceso. Adicional al uso de sangre, vísceras, plumas, etc. subproductos del sacrificio de las aves, que son utilizadas para la fabricación de harinas para alimentos balanceados; las heces fecales de estos animales son usadas en plantas forrajeras donde complementadas con vitaminas y minerales constituyen un alimento balanceado para el ganado vacuno.

ESTRATEGIAS DE ADMINISTRACION DE EMISIONES

RESIDUOS PELIGROSOS

Hay una gran variedad de medios para alcanzar la meta de minimización de residuos. Las medidas de reducción en la fuente incluyen: sustitución de materias primas por reactivos, modificaciones de procesos, y buenas prácticas operativas. Frecuentemente desarrollar, determinar, e implantar los diversos tipos de medidas de minimización de residuos en la fuente, requiere reunir una cantidad significativa de información.

Los análisis químicos usados apropiadamente, los procedimientos de muestreo uniformes y los métodos analíticos apropiados pueden determinar con precisión la naturaleza del residuo y generar información valiosa sobre el proceso industrial y la condición del equipo.

MANEJO

Los contenedores de residuos peligrosos deberán ser tratados de manera que se evite la ruptura o daño del contenedor o de otra manera se originará una fuga en el recipiente.

Algunas prácticas sanas son:

- No apile o estibe contenedores arriba de lo que su resistencia estructural permita.
- No almacene recipientes en una ubicación o de manera que los recipientes puedan ser dañados por el tráfico vehicular.
- Utilice equipo de manejo de tambores capaz de minimizar su daño potencial.
- No abra el tambor de tal manera que se dañe o deforme el dispositivo que permita cerrarlo apretadamente de nuevo.

ANEXO N

- Tenga en cuenta esta situación para muestreos posteriores del contenido.
- No permita que el tambor llegue a dañarse por expansión del contenido. Algunos medios de evitar fugas por expansión del contenido, incluyen: dejar espacio vacío cuando se llene el tambor, almacenar los recipientes bajo techo en áreas ventiladas, cuando se almacenen residuos a la intemperie evite la incidencia directa de los rayos del sol y en esta última circunstancia emplee tambores pintados de colores claros.
- En caso de que se usen tarimas o sean paletizados, evite que los tambores se recarguen en las orillas de la tarima.
- Los solventes de desecho u otros materiales con alta presión de vapor o que puedan polimerizarse, no deben contenerizarse hasta que se llene totalmente el envase, ni usar envase color negro y no deben ser expuestos a los rayos directos del sol. En algunas ocasiones la sobrepresión ejercida por el contenido de un tambor puede deformarlo de tal modo que puede volverse inapropiado para su embarque.

IDENTIFICACION, CONTENERIZACION, ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS.

Identificación.

El contenedor de un residuo químico deberá tener una etiqueta, marca o letrero con la siguiente información:

- 1. Nombre del producto.
- 2. Alerta de los riesgos asociados.
- 3. Nombre, dirección del generador u otra parte responsable.

ANEXO N

Contenerización.

Los recipientes usados para contener los residuos peligrosos no deberán ser deteriorados por el residuo. El contenedor o envase deberá ser compatible con el residuo que almacena.

Ciertos materiales, como ácidos y caústicos, requieren tambores plásticos, tambores de acero con películas inertes, y/o tambores de acero inoxidable.

Cuando los contenedores de residuos son reusados para embarques futuros, los residuos a contenerizar posteriormente deben ser compatibles con los posibles residuos remanentes en el contenedor.

En caso de duda, se puede consultar:

- Manual del Ingeniero Químico.
- La Norma Oficial Mexicana sobre Compatibilidad de Materiales y Residuos Peligrosos.

Los residuos incompatibles, o materiales y residuos incompatibles, no deberán ser envasados en el mismo recipiente con fines de almacenamiento. Más aún, los residuos peligrosos no deben ser envasados en contenedores que hayan contenido algún residuo incompatible y que no hayan sido lavados previamente.

Almacenamiento.

Los residuos peligrosos en contenedores no debieran almacenarse temporalmente dentro de los centros operativos de la empresa por más de 90 días.

Los contenedores para residuos peligrosos deberán mantenerse siempre cerrados durante el almacenamiento. El único tiempo que deberán permanecer abiertos será cuando se realiza la remoción o remueva el residuo.

ANEXO N

Lo anterior es con base a que puede haber sustancias volátiles las cuales pueden representar un riesgo de exposición química al personal. Si el residuo es inflamable, los vapores pueden presentar el riesgo de incendiarse. Adicional a lo anterior, los recipientes destapados pueden estar sujetos a derrames durante su movimiento dentro de la empresa o si el recipiente es agitado, durante el almacenamiento.

El requerimiento de estar tapados significa que los tapones, en caso de un tambor cerrado, deberán estar en su lugar y apretados, y en caso de un tambor de tapa abierta esta deberá estar sujeta por su anillo y con la tuerca de sujeción apretada.

Cuando se almacenen residuos peligrosos con características de inflamabilidad o reactividad, las áreas de almacenamiento deberán estar ubicadas por lo menos a 15 m del límite de propiedad de la instalación. Tales residuos deberán estar separados y protegidos de fuentes de ignición o reacción, esto es, flamas abiertas, áreas de fumar, cortar, soldar, superficies calientes, calor de fricción, chispas y calor radiante.

La señalización de "No Fumar", deberá ser visible en cualquier sitio donde exista un riesgo de residuos inflamables o reactivos. En caso de que no sea posible tener 15 m de separación del límite de propiedad de la empresa deberán construirse estructuras físicas con resistencia al fuego.

Los residuos peligrosos y los no peligrosos incompatibles deberán estar separados o protegidos uno de cada otro por medios como diques, paredes sardineles u algún otro dispositivo.

El propósito de la separación o protección es prevenir cualquier impacto adverso a la salud humana o al medio ambiente lo cual podría resultar en caso de que se mezclaran residuos incompatibles. Las consecuencias podrían ser: fuego, explosiones, gases tóxicos, humos, vapores o neblinas.

Las mezclas de residuos podrían resultar en caso de fuga o perforación accidental del contenedor.

ANEXO N

Inspecciones.

Deberán realizarse inspecciones semanales a las áreas de almacenamiento de recipientes conteniendo residuos, buscando condiciones inapropiadas del área de almacenamiento o de los recipientes (como fugas, deformaciones de los envases, superficies calientes, emisión de vapores, etc.), y verificando las condiciones de seguridad, emergencia, medios de control de derrames, equipo de protección personal o el usado para manejo de residuos u cualquier otra evidencia de emisiones presentes o potenciales.

Debera documentarse: a) lo que se observó durante la inspección; b) persona que realizó la inspección; y, c) acciones correctivas tomadas como resultado de las condiciones descubiertas durante la inspección.

El solo hecho de desarrollar las inspecciones y anotar las deficiencias encontradas no es suficiente, por lo que se deberán tomar las acciones correctivas necesarias y la fecha en que se ejecutaron.

Se sugiere la existencia de una lista de verificación. Asimismo la persona que inspecciona deberá firmar la forma y entregada a la persona que supervise al responsable del manejo de los residuos peligrosos de la empresa.

ESTRATEGIA DE ADMINISTRACION DE EMISIONES EMISIONES A LA ATMOSFERA

CONTROL DE PARTICULAS

Los tipos de colectores de polvos que pueden instalarse para separar y coleccionar las partículas contenidas en las emisiones industriales se clasifican como sigue:

- **Colectores Gravitacionales**

Son cámaras donde se propicia la disminución de la velocidad de los gases de emisión, lo cual permite la separación y colección de las partículas a través de su sedimentación por gravedad.

- **Colectores Inerciales**

Este tipo de sistema provoca que la corriente gaseosa se colapse contra placas deflectoras, ocasionando cambios bruscos de la dirección del flujo de gas que permiten la separación y colección de las partículas por medio de fuerzas inerciales

- **Lavadores de Gases (Scrubbers)**

Son equipos que permiten que la corriente gaseosa sucia se colapse o tenga contacto con gotas de agua o de otros fluidos, removiendo de esta forma las partículas para su posterior separación.

- **Colectores de Polvo por Filtración**

La separación de las partículas ocurre al hacer pasar la emisión a través de un medio filtrante.

ANEXO O

- **Precipitadores Electrostáticos**

En este tipo de equipos la separación y colección ocurre mediante la aplicación de una fuerza electrostática, que ocasiona la migración de las partículas cargadas electrostáticamente hacia placas de carga contraria. Otros colectores de este tipo se usan para condensar y aglomerar partículas finas con el uso de fuerza electrostática de cohesión.

La selección de estos equipos debe realizarse tomando como base una cuidadosa caracterización de las emisiones de cada instalación en particular (considerando entre otros aspectos el volumen y la velocidad de la corriente gaseosa y su concentración de partículas) así como del tipo de proceso donde se requiera su aplicación.

CONTROL DE COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES

La reducción de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles requiere de una estrategia combinada de prevención y control.

Es posible reducir la magnitud de las emisiones de estos compuestos, su toxicidad y su efecto sobre la formación de ozono mediante la racionalización de su consumo y la reformulación o sustitución de solventes.

Se requiere además, la implantación en la industria de prácticas adecuadas de manejo, almacenamiento, transporte y aplicación de estos compuestos para evitar su evaporación y liberación incontrolada a la atmósfera.

Por otra parte, existe la tecnología que permite el control de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles. Los sistemas disponibles incluyen incineradores u otros sistemas de combustión que destruyen dichos compuestos, así como equipos que permiten su remoción y eventual recuperación con fines de reuso.

ANEXO O

- **Incineración**

La incineración permite una reducción mayor al 99% con un sistema simple donde la corriente gaseosa que contiene los compuestos orgánicos volátiles es conducida a un incinerador especial para este fin, o bien, a los sistemas de combustión de la planta como parte del aire de combustión. Este método es de alto costo de operación pero tienen un costo de mantenimiento nulo. Se recomienda su uso cuando se tienen un bajo volumen de aire y una alta concentración de compuestos orgánicos volátiles.

- **Combustión Catalítica**

Tiene también una eficiencia superior al 99 %. Requiere de un catalizador que funciona a una temperatura de 350 ° C, y cuyos costos de operación y mantenimiento son altos.

- **Adsorción**

Tiene una eficiencia mayor al 99%, y se basa principalmente en el uso de carbón activado como medio adsorbente. Cuando este medio se satura la eficiencia decrece, por lo que es necesario realizar el mantenimiento periódico de las unidades de adsorción mediante la recuperación de los compuestos orgánicos volátiles captados. Este método es útil para grandes corrientes gaseosas y bajas concentraciones de compuestos orgánicos volátiles y bajas temperaturas de la emisión.

- **Lavado de Gases**

Tiene una eficiencia de alrededor del 50 %, pero es muy efectivo para el control de nieblas. Debido a que el lavado se realiza con agua se requiere un tratamiento posterior. El método de lavado de gases es útil cuando se tienen grandes volúmenes de gas y altas concentraciones de compuestos orgánicos volátiles.

ANEXO O

- Condensación

Se requiere de un sistema de enfriamiento que permita la remoción de los condensados. Es útil cuando se tienen bajos volúmenes de emisión y bajas temperaturas.

CONTROL DE LA COMBUSTION DE FUENTES ESTACIONARIAS

Las estrategias industriales para la reducción de las emisiones contaminantes en fuentes de combustión (SO_x, NO_x y Partículas) se centran en los siguientes pasos consecutivos:

- Mejoramiento o cambio de combustible y materias primas.
- Optimización de los procesos de combustión.
- Instalación de equipos de combustión y producción de baja emisión de contaminantes.
- Instalación de equipos de control de partículas, gases de emisión y emisiones evaporativas.

ANEXO O

**ESTRATEGIAS GENERALES DE CONTROL PARA LAS EMISIONES DE
SO_x, NO_x Y PARTICULAS**

ESTRATEGIA	TECNOLOGIA	REDUCCION SO _x	REDUCCION NO _x	IMPACTO SOBRE PART.	APLICABILIDAD
Mejoramiento de Combustible	Reducción del contenido de azufre en el combustible	significativa	no significativa	significativa	alta
Cambio de Combustible	Cambio de combustible a gas natural o diesel	significativa	muy significativa	muy significativa	alta
Ahorro de energía (Control de la Combustión)	1. Mejoramiento de la recuperación de calor 2. Optimización del flujo de aire 3. Relación baja de aire / combustible	no significativa		media	alta
Mejoramiento del Método de Combustión	1. Mejoramiento de las condiciones de operación:				
	- baja relación aire/combustible	-	muy significativa	aumento	alta
	- carga reducida en la cámara de combustión	-	muy significativa	disminución	alta
	- reducción de la temperatura de precalentamiento del aire	-	muy significativa	tende al aumento	mediana
	2. Modernización del equipo de combustión:				
- quemadores de bajo NO _x	-	20-45 %	aumento	pequeño a mediano	
- combustión en dos etapas	-	20-45 %	aumento	mediana	
- combustión fuera de estequiometría	-	20-45 %	aumento	solamente para más de dos quemadores	

ANEXO O

ESTRATEGIAS GENERALES DE CONTROL PARA LAS EMISIONES DE
SO_x, NO_x Y PARTICULAS (CONT.)

ESTRATEGIA	TECNOLOGIA	REDUCCION SO _x	REDUCCION NO _x	IMPACTO SOBRE PART	APLICABILIDAD
Mejoramiento del Método de Combustión	- recirculación de gases de combustión	-	20 - 45 %	disminución	mediana
	- inyección de vapor/agua	-	20 - 45 %	disminución	alta
	- desnitrificación en la cámara de combustión (método OFA)	-	30 - 40 %	aumento	mediana
	- desnitrificación en la cámara de combustión (método MACT)	-	50 %	aumento	mediana
	3 Combustión de emulsiones	muy significativa con la adición de álcalis	30 - 50 %	reducción 20 - 40 %	alta

ANEXO O

EQUIPOS DE CONTROL POR TIPO DE CONTAMINANTE

CONTAMINANTE	EQUIPOS DE CONTROL	RANGO DE EFICIENCIA DE REDUCCION %
PARTICULAS	Precipitador Electrostático	90
	Filtros Bolsas (Filtros de Mangas o Bag Houses)	92-99.9
	Filtros (fibra de vidrio, lana de acero, películas absorbedoras, etc.)	95-98
	Lavadores Húmedos (Wet Scrubbers)	60
Compuestos Orgánicos Volátiles	Condensador	85-95
	Post-quemador	85-99
	Oxidador Catalítico	95-99
	Adsorbedores de Carbón	90-99
	Sistemas de Recuperación de vapores	95-98
	Incinerador	99
Oxidos de Nitrógeno	Quemadores de bajo NOx	55-60
	Lavador de Gases (Wet Scrubbers)	95-98

ESTRATEGIA DE ADMINISTRACION DE EMISIONES AGUAS RESIDUALES

ETAPAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Dentro de las etapas de tratamiento más comúnmente utilizadas se pueden encontrar:

- a) Pretratamiento.
- b) Tratamiento Primario
- c) Tratamiento Secundario
- d) Tratamiento Terciario o Avanzado

A) PRETRATAMIENTO

Generalmente se aplica como primera etapa del tratamiento de las aguas residuales de ciertas industrias con el objeto de eliminar materiales tóxicos, disminuir su capacidad corrosiva/inhibidora o bien para acondicionar y homogeneizar la calidad del agua que será sometida a tratamientos posteriores.

ANEXO P

Los procesos unitarios más comúnmente utilizados como pretratamientos son:

- 1) Neutralización (Ajuste de PH de aguas ácidas o alcalinas).
- 2) Remoción de Grasas y Aceite.
- 3) Oxido-Reducción (remoción metales pesados, cianuros, etc.).
- 4) Homogenización (de flujo, concentración o de ambos)

B) TRATAMIENTO PRIMARIO

Es el conjunto de operaciones unitarias basadas en principios físicos y generalmente aplicada al tratamiento de aguas residuales municipales cuyo objetivo es el remover la materia flotante , los sólidos suspendidos y sedimentables y reducir parcialmente las grasas, aceites y natas, así como parte de la materia orgánica y nutrientes proveniente de los sólidos suspendidos totales.

El objetivo del tratamiento primario es el minimizar o eliminar los problemas hidráulicos o mecánicos en los equipos ocasionados por atascamientos.

Dentro de los equipos más comunmente utilizados podemos mencionar:

- 1) Cribas, rejillas y desmenuzadores.
- 2) Desarenadores
- 3) Sedimentadores primarios.
- 4) Desnatadores
- 5) Cámaras de flotación

ANEXO P

Es importante resaltar que de estos, van a existir subproductos tales como arena, natas/aceites, lodos y sólidos del sedimentador primario que van a requerir un tratamiento y manejo adicional (Ver página P.7).

C) TRATAMIENTO SECUNDARIO

Dependiendo del tipo de contaminante, de su concentración y de la forma como esté presente (soluble o suspendido) en el agua residual, será el tipo de tratamiento secundario que se seleccione.

Los procesos fisicoquímicos sólo son seleccionados cuando las aguas residuales tienen contaminantes materiales no biodegradables en tal concentración que las vuelvan no compatibles con los procesos biológicos. Su aplicación para la remoción de materia orgánica biodegradable soluble no es muy recomendable a causa de su baja eficiencia de remoción, así como que requieren de adición continua de reactivos, producen grandes volúmenes de lodos de desecho y por último, requieren personal calificado para su operación.

En los procesos biológicos, la materia orgánica presente como contaminante es utilizada como alimento por los microorganismos presentes en las reacciones. De esta forma pueden obtener la energía necesaria para reproducirse y llevar a cabo sus funciones vitales. Con esto, los contaminantes son transformados a otros productos que pueden ser separados fácilmente del agua.

La principal división entre los diversos procesos biológicos existentes para el tratamiento de las aguas residuales se lleva a cabo en función de la forma como los microorganismos utilizan el oxígeno.

De esta forma se tienen los procesos aerobios (requieren de oxígeno) y los anaerobios (en ausencia de oxígeno) para degradar y estabilizar la materia orgánica presente.

ANEXO P

Ambos procesos sirven para remover materia orgánica (expresada como DBO₅, DQO y COT) biodegradable y algo de nutrientes (fósforo y nitrógeno). Se requiere que existan cantidades suficientes de nutrientes y ausencia o baja concentración de inhibidores de crecimientos bacteriano; así mismo se requiere propiciar condiciones ambientales adecuadas incluyendo control de temperatura, pH, sales disueltas y en algunos casos se requiere de agitación para mantener en suspensión a la biomasa.

Muy probablemente, después del tratamiento biológico se requerirá de una sedimentación secundaria y de una desinfección del agua tratada, sin olvidar el manejo de los subproductos generados.

Los procesos comunmente utilizados como tratamiento biológico secundario los podemos clasificar como:

- **I) AEROBIOS:**
 - a) **Lagunas**
 - Aereadas.
 - Estabilizadas.
 - b) **Sistemas de Lodos Activados:**
 - Aereación Extendida.
 - Aereación Modificada.
 - Completamente Mezclados.
 - c) **Procesos de Película**
 - Biodiscos.
 - Filtros Percoladores.
 - + Alta carga
 - + Baja Carga

ANEXO P

- II) ANAEROBIOS:

- » a) 1a. Generación

- * Fosa Séptica.
- * Lagunas Anaerobias.
- * Reactor contacto.
- * Digestor Anaerobio Convencional.
- * Digestor Anaerobio Completamente Mezclado.
- * Digestor en dos etapas.

- » b) 2a. Generación

- * Filtro Anaerobio.
- * Reactor Tubular de Película Fija.
- * Reactor de lecho lodos(UASB).

- » c) 3a. Generación

- * En desarrollo a nivel piloto.

D) TRATAMIENTO TERCIARIO O AVANZADO

El tratamiento terciario (también conocido como tratamiento avanzado de aguas residuales) consiste de operaciones unitarias y/o procesos que son diseñados para alcanzar una calidad superior del efluente tratado con respecto al obtenido del tratamiento secundario.

Dentro de los objetivos del tratamiento terciario podemos mencionar que están la remoción de:

- a) Sólidos Suspendidos
- b) Materia orgánica no biodegradable
- c) Sales Disueltas
- d) Nutrientes
- e) Detergentes

Las operaciones unitarias más comunmente utilizadas como parte del tratamiento terciario son:

- 1) Coagulación / floculación /sedimentación
- 2) Filtración en arena o antracita
- 3) Recarbonatación
- 4) Adsorción con carbón activado
- 5) Intercambio Iónico

ANEXO P

- 6) Procesos de Membrana(Osmosis Inversa, Electrodiálisis)
- 7) Oxidación Química (Clorinación y Ozonación).
- 8) Remoción de Nutrientes.

PROCESOS COMUNMENTE UTILIZADOS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS.

Como parte de los procesos más comunmente utilizados podemos mencionar:

- 1) ESPESAMIENTO
 - ” Gravedad
 - ” Flotación
 - ” Centrifugación
- 2) ESTABILIZACION
 - ” Con Cal
 - ” Digestión Anaerobia
 - ” Tratamiento Térmico
 - ” Oxidación con Cloro

ANEXO P

- 3) ACONDICIONAMIENTO

- » Químico
- » Por Calor
- » Elutriación

- 4) DESINFECCION

- » Química
- » Térmica
- » Radiación

- 5) DESHIDRATACION

- » Filtros Prensa
- » Filtros Banda
- » Lechos de Secado
- » Centrifugación

ANEXO Q

COMUNICACION

RESIDUOS PELIGROSOS

Incluye del desarrollo de un inventario de los materiales potencialmente riesgosos, desarrollando la determinación del riesgo, etiquetado, entrenamiento al personal y documentación necesaria para su manejo.

Para asegurar el cumplimiento la compañía deberá asegurar que los empleados que manejan los químicos entienden los riesgos asociados con los químicos o sustancias a los cuales pueden estar expuestos cuando desempeñan su trabajo.

Para cumplir este principio cada empleado involucrado, debe aprender y practicar practicas apropiadas y seguras de trabajo y principios.

Deberá conocerse los daños potenciales de los químicos a la salud y los riesgos físicos como un marco de trabajo siguiendo los principios seguros de trabajo.

Los elementos mínimos de comunicación serán:

- 1. Identificación del residuo y nombre químico o común.
- 2. Características físicas, químicas e incompatibilidades.
- 3. Riesgos físicos.
- 4. Riesgos a la salud
- 5. Rutas de entrada (inhalación, ingestión, contacto con la piel y ojos).
- 6. Límites de exposición.

ANEXO Q

- 7. Carcinogenicidad.
- 8. Precauciones para el manejo y disposición.
- 9. Medidas de control
- 10. Medidas de emergencia y primeros auxilios
- 11. Fecha de preparación.
- 12. Nombre, dirección, y número telefónico de la empresa responsable.

ANEXO Q

AGUAS RESIDUALES

Dentro de cada empresa generadora de contaminantes a las aguas residuales, deberá existir un programa de comunicación que incluya a todos los niveles de la organización (productivos y administrativos), así como a los integrantes del entorno donde se localice la fuente generadora, para lo cual, se deberán considerar dos niveles de comunicación a saber:

1.- Dentro de la empresa.-

Es necesario dar a conocer los daños potenciales que pueden ser ocasionados por contaminantes a las aguas residuales, esto se deberá considerar dentro de los planes y programas de capacitación y entrenamiento.

2.- Fuera de la empresa.-

Es necesario dar a conocer a los vecinos todos los esfuerzos realizados para evitar la contaminación de las aguas, así como, mantenerles informados de los programas para alcanzar niveles óptimos de la calidad de las aguas.

Los elementos mínimos que deberá contener el programa de comunicación para el primer caso (Dentro de la empresa), serán:

- El conocimiento del proceso productivo en forma general
- Fuentes potenciales de generación de contaminantes a las aguas residuales
- Impacto económico
- Medidas de prevención
- Medidas de control
- Medidas de corrección

ANEXO Q

- Medidas de emergencia
- Manejo de residuos

Los elementos mínimos que deberá contener el programa de comunicación para el segundo caso (Fuera de la empresa), serán:

- Medidas de prevención
- Medidas de control

EMISIONES A LA ATMOSFERA

Debe contarse con un inventario de emisiones a la atmósfera que nos indique los contaminantes que es posible encontrar, tanto de procesos de combustión como de fabricación. Adicional a la evaluación de las emisiones a la atmósfera es recomendable evaluar los niveles a los que están expuestos los trabajadores en las áreas operativas, con la finalidad de determinar los riesgos potenciales a la salud. Esta información debe ser proporcionada, desde los altos niveles operativos hasta los niveles operativos de la organización.

Al ser detectado un problema operativo que ocasione el incumplimiento de la reglamentación, debe existir la comunicación adecuada con los departamentos técnicos para que se apoye a la solución rápida del problema.

Particularmente en el área metropolitana de la Ciudad de México se debe contar con un mecanismo para conocer y recibir oportunamente los mensajes para la aplicación de las medidas derivadas de los diferentes niveles del Programa de Contingencias Ambientales.

ANEXO Q

SUELO Y AGUA SUBTERRANEA

Como parte de la administración de desechos, se requiere de la elaboración de procedimientos y/o prácticas administrativas para informar a todo el personal la forma adecuada de manejar estos desperdicios.

Así mismo deberá establecerse un sistema de comunicación para todo el personal acerca de los resultados de los monitoreos que se lleven a cabo, así como los resultados de las auditorías, recomendaciones generadas, oportunidades de mejora, difusión de incidentes, tanto de la planta como de otras plantas, de forma que se capitalicen las experiencias que se tengan y así establecer medidas para evitar repeticiones.

Se deberán difundir las políticas de protección al sub-suelo y agua subterránea, de forma de buscar una disciplina ecológica a este respecto por parte de todo el personal de la planta, incluyendo personal contratista y proveedores.

Deberá darse a conocer al personal el riesgo potencial que se tiene de contaminación al sub-suelo y agua subterránea al no disponer adecuadamente los desechos al suelo.

- Inventario de desechos generados por la planta.
- Caracterización de desechos.
- Forma segura de disposición.
- Riesgos de cada uno de los materiales.
- Areas designadas para cada uno de los desechos.
- Programas de reducción de desechos.

ANEXO Q

- Políticas de administración de desechos.
- Resultados de monitoreos.
- Resultados de auditorías.
- Equipo de protección requerido para el manejo de desechos.
- Hojas de seguridad de los materiales.
- Respuesta a emergencias.

ANEXO R

CEDULA DE QUEJAS DE LA COMUNIDAD

DATOS DEL QUEJOSO

NOMBRE:

DOMICILIO:

FECHA Y HORA A LA CUAL SE PRESENTO LA QUEJA:

Favor de contestar las siguientes preguntas, con la mayor precisión que le sea posible. Esta información nos permitirá dar la más adecuada atención a su queja.

1) Señale con una cruz el renglón que describa mejor la causa de su queja:

- Olores
- Ruido
- Vibraciones
- Otras _____
Describe: _____

2) En referencia a la(s) causa(s) de su queja favor de indicar si est(s) se presentan en forma

- Continua
- Intermitente
- Impulsiva

ANEXO R

3) En caso de haber señalado los renglones intermitente o impulsiva, favor de indicar la hora del día, en que regularmente ocurre y el tiempo de duración de la misma.

4) Con respecto a su queja, favor de indicar en que aspecto de su vida, la de su familia o en sus propiedades, piensa usted que le está afectando.

Nombre del funcionario que atendió la queja:

EMERGENCIAS

RESIDUOS PELIGROSOS

Un plan de contingencia que incorpore los procedimientos necesarios para responder a emergencias que impliquen los residuos peligrosos es un documento importante para los generadores que almacenan o acumulan residuos. El plan de contingencias para los residuos peligrosos puede estar integrado al plan general de la instalación de prevención y control de emergencias, sin embargo deberá estar específicamente señalado.

Para que los planes de contingencia sean útiles, las personas involucradas en su preparación intentarán anticipar los tipos de incidentes potenciales relacionados con los residuos peligrosos. Los tipos más comunes de incidentes relacionados con residuos peligrosos son:

- 1. Fuego
- 2. Explosión.
- 3. Fuga de recipientes dañados o deteriorados o tanques hacia cuerpos de agua o drenajes.
- 4. Derrames durante manejo rutinario.
- 5. Salpicaduras u otras exposiciones que involucren daños a los trabajadores.
- 6. Derrames o fugas produciendo humos o vapores tóxicos.
- 7. Contaminación resultante por contenedores rotos debido al incremento de la presión interna.

ANEXOS

Las condiciones específicas de las operaciones de manufactura así como los tipos de residuos manejados podrían requerir que sean explorados otros incidentes potenciales.

La descripción de las acciones que deba tomar el personal de la planta en respuesta a fuegos, explosiones o cualquier descarga no planeada de residuos peligrosos o constituyentes de residuos peligrosos al aire, suelo o aguas superficiales es el corazón del plan de emergencias.

El plan de emergencias para residuos peligrosos deberá incluir el listado del personal de la empresa y las autoridades que deberán ser enteradas de inmediato del suceso.

Deberá incluirse en el plan el equipo o instalaciones que pueden emplearse para minimizar y/o controlar una emergencia de residuos peligrosos.

En último caso deberá señalarse la condición en la cual sea necesario evacuar la instalación.

El plan de emergencias para residuos peligrosos deberá mantenerse actualizado permanentemente, y documentadas sus revisiones.

AGUAS RESIDUALES

Toda empresa generadora de contaminantes a las aguas residuales, deberá contar con un plan de contingencias que incorpore los procedimientos para responder a emergencias que involucren a las aguas residuales. Este plan de contingencias deberá estar integrado al Plan General de Prevención y Control de Emergencias.

El plan de contingencias en caso de una emergencia que involucre a las aguas residuales, deberá contar como mínimo con lo siguiente:

- Los tipos más comunes de incidentes.
- Procedimientos de acción en caso de fuego y explosión.
- Procedimientos de acción en caso de derrame.
- Procedimientos de acción en caso de fugas.
- Procedimiento de cierre y/o bloqueo para impedir el envío de aguas residuales a los cuerpos receptores de agua, ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua.
- Procedimiento de comunicación en el que se incluya el listado del personal de la empresa y las autoridades que deberán ser enteradas de inmediato de los sucesos.
- Procedimiento de acción para el caso de evacuación de las instalaciones o de las zonas circunvecinas.

Este plan deberá mantenerse actualizado en forma permanente y documentadas sus revisiones.

ANEXOS

SUELO Y AGUA SUBTERRANEA

Cada planta deberá contar con un plan de respuesta a emergencias en función de los productos manejados que pudieran afectar al suelo y/o agua subterránea, de manera que se tomen acciones efectivas e inmediatas para evitar un daño mayor, así mismo este plan deberá incluir los mecanismos de neutralización y/o remediación en función de los materiales involucrados y su riesgo asociado con los mismos.

Este plan de respuesta a emergencia deberá ser implantado a través de procedimientos escritos, los cuales deberán ser dominados por el personal con responsabilidad en el plan; así mismo este plan deberá ser integrado con los planes de respuesta de protección civil y los planes con la comunidad, de manera que se tenga una respuesta eficaz y rápida para controlar el evento.

Este mismo plan deberá contemplar mecanismos de entrenamiento, tanto del personal de la planta como de las autoridades, grupos de ayuda y comunidad, realizando simulacros para medir el grado, dominio y la efectividad de este plan de contingencias.

En términos generales el plan deberá contemplar lo siguiente:

- Responsabilidades para responder a la situación de la emergencia.
- Integración de brigadas.
- Sistemas de comunicación y reporte.
- Metodos de control: derrames, filtraciones, etc.
- Métodos de neutralización.
- Métodos de remediación.
- Disposición de los residuos producto de la emergencia.

ANEXOS

- Mecanismos de reporte a las autoridades.
- Sistemas de comunicación interna.
- Definición de sistema de traslado.
- Hojas de Seguridad de los Materiales (HSM'S).
- Equipos de protección personal requeridos para control de la emergencia.

ANEXO T

MEDIDAS QUE DEBERAN CONSIDERARSE EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE LA VIDA UTIL DE UNA UNIDAD IMPACTO AMBIENTAL

ESTUDIOS QUE DEBERAN SER REALIZADOS ANTES DE INICIAR UN PROYECTO DE CONSTRUCCION DE UNA NUEVA UNIDAD

- Determinación de las concentraciones de metales pesados y de cualquier otro material - el cual pueda ser utilizado en la vida productiva de las nuevas instalaciones - en suelo y aguas subterráneas del área de ubicación de las instalaciones proyectadas.
- Los resultados deberán ser reportados a las autoridades ambientales, locales, estatales y federales, obteniendo de éstas el reconocimiento de estas concentraciones como la base a alcanzar, en los trabajos de descontaminación, al cerrar las instalaciones.

MEDIDAS QUE DEBERAN SER CONSIDERADAS AL INICIO Y DURANTE LA VIDA UTIL DE TODA NUEVA UNIDAD

- Implantación y operación de sistemas de control de contaminantes tales como:
 - » Unidades de remoción de gases y vapores de corrientes gaseosas, previa a su liberación a la atmósfera.
 - » Un adecuado sistema de tratamiento de efluentes con drenajes de conducción, de impermeabilidad garantizada.
 - » Sistemas que garanticen los más bajos niveles, a nivel de piso, de concentración de contaminantes.
 - » Evitar en lo posible la acumulación de lodos en tanques de almacenamiento, por medio del mezclado de su contenido.

ANEXO T

- Manejo de una adecuada administración de residuos durante toda la vida de la planta, la cual deberá incluir:
 - » Disposición continua y segura de los lodos originados en el tratamiento de efluentes.
 - » Mantener registro de la disposición de residuos bajo el suelo, y en general de la disposición temporal o permanente de los mismos, en terrenos de las instalaciones. De lo anterior deberá existir información suficiente para localizar su ubicación en cualquier fecha.
 - » Mantener registro de eventos especiales de fugas y derrames de las áreas de almacén de materias primas, productos y subproductos.

- Una contabilidad rigurosa de los almacenes permitirá detectar la ausencia no justificada del contenido de los mismos y los faltantes deberán ser investigados hasta determinar su destino.
 - » De lo anterior deberá quedar registro escrito.

MEDIDAS QUE DEBERAN SER CONSIDERADAS AL TERMINO DE LA VIDA UTIL DE TODA UNIDAD

- Remover del suelo todos los hidrocarburos contaminantes, resultado del manejo de residuos en el lugar y los inevitables derrames y escapes que llegan a ocurrir.
- Trabajar de forma muy estrecha con autoridades federales, estatales y municipales para el logro del cumplimiento, como mínimo, de los estándares establecidos por la legislación ambiental.
- Mantener informados, de todos los trabajos realizados, al público y autoridades.

ANEXO U

DISEÑO DE NUEVAS UNIDADES

Para el diseño de nuevas unidades, se deberán seguir las siguientes normas en sus últimas ediciones:

I. Normas y Códigos para el Diseño de Equipo

- » A.I.Ch.E.(American Institute of Chemical Engineers)
- » A.N.S.I. (American National Standards Institute)
- » A.P.I. (American Petroleum Institute)
- » A.S.T.M. (American Society for Testing and Materials)
- » A.S.M.E. (American Society of Mechanical Engineers)
- » A.W.S. (American Welding Society)
- » M.S.S. (Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fitting Industry)
- » N.E.C. (National Electrical Code)
- » N.E.M.A. (National Electric Manufacturers Association)
- » N.F.P.A. (National Fire Protection Association)
- » T.E.M.A. (Tubular Exchanger Manufacturers Association)

Se tendrá que especificar en las hojas de datos y placas de construcción de los equipos la norma y número de edición que se consideró para la construcción del mismo, esto es con la finalidad de poder verificar el diseño del equipo en caso de detectarse alguna falla en este. Así mismo verificar que la norma empleada fue la adecuada y que no se tendrán problemas en cuestión de seguridad durante la operación del equipo.

ANEXO U

ESPECIFICACIONES E INFORMACION MINIMA REQUERIDA PARA EL DISEÑO DE EQUIPO.

- BOMBAS:

i. ESPECIFICACIONES:

- *Estandarización:
Normas A N.S.I ó
A.P.I.-610
- *Servicio
- *Fluido a manejar
- *Flujo normal y de
diseño
- *Temperatura de bombeo
normal y máxima
- *Gravedad específica
a temperatura de bombeo
- *Presión de vapor a
temp. de bombeo
- *Viscosidad a temperatura
de bombeo
- *Presión de descarga
- *Presión de succión máxima
- *Presión de succión de diseño
- *Presión diferencial
- *Cabeza diferencial
- *NPSH disponible
- *Indicar si el fluido es corrosivo.
- *Condiciones del lugar
- *Motor o turbina

**ii. INFORMACION MINIMA
REQUERIDA:**

- *Indicar servicio, clave
gasto y caída de presión.
- *Tipo de accionamiento, --
motor elect. ó turbina.
- *Tipo de bomba, reciprocante,
centrífuga, rotativa.
- *Arreglo de tubería de la
bomba con válvulas en succión
y descarga.
- *Manómetro en descarga
- *Válvula de seguridad a la
descarga (reciprocante)
- *Trampas, filtros, manómetros
y válvula de seguridad (turbina)

ANEXO U

Esta información es la que deberá presentarse al fabricante de bombas. Es indispensable informar cuál será el servicio que prestará este equipo, ya que de esta forma el fabricante podrá hacer una adecuada selección de los materiales de construcción de cada una de las partes. Es importante conocer las propiedades físicas y químicas del fluido a manejar, ya que estas serán el principal factor en la selección, diseño y operación del equipo. Por otro lado si la bomba será empleada para manejar más de un fluido, la selección se deberá basar en aquél que tenga las características o propiedades más críticas, de tal manera que la selección del equipo cubra las necesidades para el manejo de los otros fluidos.

Las propiedades más críticas que afectan la seguridad en el manejo del fluido son:

- *Presión de vapor:* Pueden generarse vaporizaciones del fluido debido a la fricción y velocidad del fluido dentro de la carcasa de la bomba y originar una sobre-presión en la misma, lo cual puede dañar seriamente al equipo y poner en riesgo al operador del mismo.
- *Viscosidad:* Si se emplea un fluido con una marcada diferencia en viscosidad a la especificada en la hoja de datos, pueden dañarse algunas de las partes de la bomba ya que puede en cierto momento romperse los impulsores de la bomba, o bien sobre-calentarse el equipo, lo cual ocasionaría problemas de seguridad en el manejo del fluido, ya que pueden generarse vaporizaciones del mismo o bien atascamiento.
- *Corrosividad:* Este es uno de los principales puntos que se considera para la selección de materiales de cada una de las partes de la bomba que están en contacto con el fluido. Si por alguna razón se utiliza otro fluido con propiedades diferentes a las del indicado en la hoja de datos, se deberá tomar en cuenta la posibilidad de una reacción química entre los materiales de construcción y el fluido que se manejará, ya que esto podría poner en peligro la seguridad del operador.

Una situación que deberá ser considerada en la selección de una bomba es el tipo de sello de la misma, ya que se pueden tener sellos de tipo mecánico y con estoperos. Al emplear sellos de tipo "estopero", se tendrá una fuga permanente del fluido que se está manejando, lo cual ocasiona problemas de contaminación y en ciertos casos de seguridad dependiendo de la naturaleza del fluido. Por otro lado si el fluido esta catalogado como peligroso es necesario emplear sellos mecánicos o bien bombas "enlatadas", en las que se elimina la fuga del fluido manejado.

- -

ANEXO U

También dentro de la hoja de especificaciones se tendrá que informar de las condiciones del lugar donde será localizado el equipo, ya que en muchas ocasiones se tendrá que considerar la clasificación del lugar de acuerdo a su grado de explosividad, lo cual indicará el tipo de envolvente que deberá tener el motor de la bomba, para evitar cualquier riesgo de explosión o incendio.

- **COMPRESORES:** Centrifugo(c), Reciprocante(re), Rotatorio(r)

i. ESPECIFICACIONES

- *Estandarización:
 - A.P.I.-617 (c)
 - A.P.I.-618 (re)
 - A.P.I.-619 (r)
- *Servicio
- *Gas a manejar
- *Flujo Normal y de diseño
- *Temperatura
- *Presión de entrada y de salida
- *Humedad relativa
- *Peso molecular
- *Ubicación en Planta
- *Condiciones de lugar
- *Temperatura de bulbo seco y húmedo
- *Relación de Cp/Cv
- *Factor de compresibilidad

ii. INFORMACION MINIMA REQUERIDA.

- *Indicar servicio, clave
- *Tipo de accionador
- *Mostrar arreglo de tuberías incluyendo manómetro, indicador de temperatura, alarmas y sistema de paro
- *Alimentación de vapor y accesorios
- *Indicar figuras "8" ocho en las líneas que sean requeridas.

ANEXO U

- COMPRESORES: Centrífugo(c), Reciprocante(re), Rotatorio(r)

i. ESPECIFICACIONES

- *Presión de descarga
- *Composición %mol, %peso
- *Agua de enfriamiento
(Presión y temperatura
de suministro y de
retorno) (re)
- *Vapor (Presión y
temperatura normal y máxima)
(re).

Se tendrán que especificar la naturaleza y propiedades del gas a manejar, es decir, riesgos de explosividad, incendio o corrosividad, lo cual indicará el tipo de material a emplear así como las características de la carcasa del compresor.

Se deberá contar con dispositivos de seguridad tales como indicadores de presión y temperatura que envíen señales de alarma y paro del motor en caso de detectarse alguna situación fuera de lo normal.

De acuerdo a la clasificación del lugar, se considerará el tipo de envolvente para el accionador del compresor, es decir, si la atmósfera que rodea al compresor es explosiva, se tendrá que considerar un motor A.P.E. o encapsulado.

ANEXO U

- **INTERCAMBIADORES DE CALOR, ENFRIADORES CON AIRE, CONDENSADORES DE SUPERFICIE:**

i. ESPECIFICACIONES

- *Estandarización:
ASME Sección VIII
TEMA Clase R, C ó B
- *Servicio
- *Tipo (horiz/vert.)
- *Fluido a manejar de lado de la coraza y por tubos
- *Flujo (coraza/tub)
- *Temperaturas para entrada y salida
- *Gravedad específica de ambos fluidos
- *Viscosidad
- *Peso molecular
- *Calores específicos
- *Conductividad térmica del material
- *Calor latente
- *Caídas de presión permisibles
- *Calor intercambiable
- *Presión y temperatura de diseño
- *Corrosión permisible
- *Clase y tamaño de conexiones
- *Arreglo de tubos
- *Tipo de tubo y material
- *Material de coraza

ii. INFORMACION MINIMA REQUERIDA:

- *Indicar servicio, clave, capacidad de diseño y aislamiento
- *Número y arreglo para la coraza y tubos, indicando que fluidos pasan por el lado de tubos y coraza
- *Tipo de cambiador (coraza tubos, doble tubo)
- *Líneas de retrolavado para condensadores y enfriadores con su sistema de válvulas de bloqueo
- *Drenes y venteos requeridos
- *Termopozos e indicadores
- *Indicación de válvulas a la entrada y salida cuando sea requerido
- * Se mostrarán los dispositivos de relevo del lado del agua en caso de condensadores y enfriadores (válvulas de relevo o discos de ruptura).

ANEXO U

Se considerará como factor de seguridad manejar los fluidos corrosivos por el lado de los tubos (en caso de un intercambiador de coraza y tubos) o del tubo interno (en caso de ser de doble tubo).

Se deberá contar con indicadores de presión y temperatura tanto para el lado de la coraza (tubo externo) como para el lado de los tubos (tubo interno). Se considerará como caída de presión máxima permisible de 10 PSIG, a menos que se indique lo contrario especificando la razón de esta variación, ya que si no se indica, el intercambiador puede quedar "corto" en su diseño y construcción, ocasionándose problemas estructurales en el equipo, lo cual trae como consecuencia una situación insegura en su operación.

Se debe conocer la naturaleza incrustante de los fluidos a manejar, ya que esto puede ocasionar taponamientos y por consiguiente incrementos en la caída de presión. También se deberá especificar perfectamente el flujo volumétrico y presión en las corrientes de alimentación, ya que de esto dependerá en gran medida el número y diámetro de los tubos. En el caso de que la presión o el flujo de alimentación sean superiores a los especificados se pueden tener problemas de ruptura de tubos o de deflectores.

Cuando el diseño lleve a intercambiadores de dimensiones muy grandes, deberán especificarse juntas de expansión que permitan absorber las elongaciones y contracciones del equipo debido a los cambios de temperaturas y de flujos, ya que si no se especifican o indican, se tendrán problemas de fractura en las partes soldables del equipo.

Se deberá contar con drenes en ambas partes del equipo para evitar incrustaciones y corrosión en el equipo. También se requerirá de venteos en las líneas de alimentación a alta presión para evitar problemas de sobre-presión en el equipo.

ANEXO U

● ACCIONADORES MECANICOS (MOTORES ELECTRICOS)

i. ESPECIFICACIONES:

*Estandarización:

N.E.M.A., N.E.C.

N.F.P.A.

*ELECTRICAS:

-Para todos los motores:

-voltaje

-ciclos por seg.

-fases

-Para motores de inducción:

-tipo de motor y potencia

-velocidad RPM

-Dirección de rotación

-Torque, indicar

NEMA (A,B,C ó D)

-Aplicación

*MECANICAS:

-Envolvente

-Lubricación

-Montaje

-Conexión de flecha

-Condiciones ambientales

-Ubicación

-Temperatura máxima del aire

-Presencia de vapores

y líquidos corrosivos

ii. INFORMACION MINIMA REQUERIDA:

*Temperatura atmosférica alrededor del motor

*Requerimientos de potencia

*Requerimientos de torque

*Voltaje

*Frecuencia

*Fases

*Factor de potencia

*Condiciones ambientales del lugar

*Velocidad (RPM).

ANEXO U

II. Características y condiciones del lugar :

De acuerdo a las condiciones del lugar, la N.E.C. ha hecho una clasificación de áreas, en base a sus riesgos de explosividad, siendo ésta dividida en dos clases.

La clase I que involucra la presión máxima de explosión, separación de equipos y la temperatura mínima de autoignición en una atmósfera con mezcla de gases y polvos. Subdividiéndose en cuatro grupos (A, B, C, D), donde cada uno de estos grupos hace una conjunción de productos con características muy similares, de tal manera que la mayoría de los productos peligrosos quedan involucrados en estos, los productos no incluidos pueden clasificarse de acuerdo a la naturaleza química de cada grupo.

La clase II involucra el espesor de las juntas de ensamble y aperturas en ejes y flechas para prevenir la entrada de polvos de ignición, el efecto de películas de polvo que pueden provocar sobre-calentamiento del equipo, conductividad eléctrica de los polvos y su temperatura de auto-ignición. Esta clasificación se subdivide en 3 grupos (E, F, G), donde se agrupan compuestos metálicos, de carbón mineral y flúor.

Siguiendo esta clasificación de áreas se podrá realizar una mejor selección de los accionadores de los diferentes equipos así como de las protecciones y normas de seguridad que se deberán considerar en la instalación eléctrica que se realice en cualquiera de estas áreas.

III. Procedimiento de Diseño :

Los datos de ingeniería esenciales para el diseño de nuevas unidades son los siguientes:

- *Datos climatológicos:* Estos datos pueden obtenerse del manual de la Comisión Federal de Electricidad, estaciones meteorológicas y aeropuertos. Servirán para poder localizar los equipos dentro de la planta ya sea en lugar abierto o cerrado, en la prevención de daños al equipo.
- *Dirección de los vientos dominantes:* Este es un aspecto interesante, ya que el tener conocimiento de los vientos nos permitirá seleccionar la ubicación de los equipos que necesiten de sistemas de relevo y venteo a la atmósfera dentro de la planta, con lo cual reducimos los riesgos de exposición y explosión al manejar vapores o gases peligrosos.
- *Velocidad máxima del viento:* Este factor es de considerable importancia en el momento de diseñar columnas o equipos que serán localizados en lugares elevados y se requerirá de considerar el efecto de la carga del viento sobre la estructura o cuerpo del equipo, para evitar deflecciones o incluso la caída del equipo.
- *Interferencias en la construcción:* Durante la etapa de diseño de una nueva unidad, se tendrá que considerar el espacio del que se dispone para la construcción o instalación en planta del equipo, tomando en cuenta los equipos y materiales en la periferia del lugar, con la finalidad de prever la forma en que se realizará la instalación de la unidad sin afectar a sus alrededores.

ANEXO U

A) Depósitos y tanques : Se deberá realizar una selección cuidadosa de los materiales que resistan a la corrosión del producto a manejar.

Se deberá disponer de un número suficiente de registros de inspección y de mantenimiento orientadas adecuadamente.

Evitar nipples rosca para boquillas pequeñas, usar coples para 3000 o 6000 psi, roscados para diámetros de 1.5 pulg. y menores, bridados para mayores de 1.5 pulg.

Los tanques atmosféricos deberán contar con venteos para la admisión o descarga de aire al aumentar o disminuir la presión, debida al aumento de nivel por volumen o temperatura.

B) Intercambiadores de calor: Si se requiere instalar válvulas de bloqueo a la entrada y salida de un intercambiador se deberá instalar una válvula de seguridad en el lado del fluido frío para evitar una dilatación térmica excesiva.

Deberán instalarse drenajes suficientes para mantenimiento de la unidad.

Realizar prueba hidrostática del equipo.

C) Equipo rotatorio: Instalar guardacoples en todos los acoplamientos, bandas y servicios de propulsión de cadenas.

Dejar el espacio suficiente entre equipo y equipo para un mejor mantenimiento.

Instalar dispositivos de paro de equipo para evitar sobrecargas.

ANEXO U

D) Tuberías: Deberán preferirse las tuberías montadas sobre arreglos elevados o a nivel de piso, pero deberá evitarse al máximo las tuberías enterradas, por cuestión de seguridad en relación a fugas o deterioro.

Si se utilizan tuberías en trincheras deberán ponerse barreras contra incendio y drenes a intervalos regulares.

En cruces de caminos deberán encamisarse las líneas.

Las válvulas grandes deberán contar con pasillos o barandales para su fácil operación. Así mismo las válvulas localizadas a alturas mayores de 2.1m. se deberá contar con un sistema de cadena para su operación.

Deberán instalarse drenes en los puntos bajos y venteos en los puntos altos para evitar acumulación de producto. Se recomienda utilizar tuberías de diámetro de 3/4 pulg. y mayores.

Las tuberías deberán probarse hidrostáticamente antes de ser instaladas.

E) Equipos eléctricos y conexiones a tierra: Los elementos críticos como el sistema de interruptores y transformadores debe localizarse tan lejos como sea práctico de la unidad de operación. Proteger del calor excesivo los conductos exteriores.

Vigilar las unidades de descargas de electricidad estática y sus descargas en los siguientes casos:

- » equipo rotatorio
- » corrientes de fluidos o de polvos
- » ropa de algodón.

La protección se realiza conectando correctamente a tierra todo el equipo en las zonas donde se prevea la electricidad estática. Cuando el equipo metálico se apoya en cimentaciones de concreto estos se deberán conectar a tierra.

IV. Observaciones:

La interacción de otros Códigos en relación al establecimiento de bases para la ejecución de estándares, códigos y procedimientos en el diseño de nuevas unidades será:

- **Código de Seguridad de los Procesos:** Tiene relación directa en el sentido de realizar una adecuada selección en los materiales de la nueva unidad, en relación a los accesorios y consideraciones que se deben tomar en cuenta para que el equipo opere de una forma adecuada y segura.
- **Código de Seguridad y Salud en el Trabajo:** Está relacionada en el sentido de que se establecen los criterios mínimos requeridos para operar y seleccionar de una manera segura las nuevas unidades y los aspectos que deben considerarse por parte del proveedor del equipo, con la finalidad de dar mayor protección al operador.
- **Código de Protección a la Comunidad:** En el sentido de que se toma en consideración la ubicación y condiciones del lugar donde se instalará la nueva unidad, sugiriéndose las características que deben ser consideradas para adicionar accesorios al equipo adquirido y así garantizar una segura operación del mismo .
- **Código de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental:** Esto en el aspecto de que se sugiere el conocer los aspectos corrosivos del producto a manejar y así tomar las medidas necesarias para evitar emisiones que provoquen daños al medio ambiente y/o que pongan en peligro la seguridad del operador.

ANEXO V

LOCALIZACION Y CONSTRUCCION

Asentamientos y Riesgos

Un factor de gran ayuda para el almacenamiento seguro de materiales es la ubicación de la instalación, con respecto a:

- a) Los efectos del almacén con sus alrededores, ej. un sitio lejos de asentamientos humanos, propiedades y áreas protegidas.
- b) La exposición de las instalaciones del almacenamiento con respecto a otros .
- c) Accesos a servicios de emergencia.
- d) Reconocer aquellas condiciones que pueden cambiar, y al hacerlo pudiera representar un peligro, como la mezcla de productos, modificaciones a la construcción o proyecto original, invasión de una instalación inicialmente aislada por predios urbanos y la percepción de la sociedad de "cuan segura es tu seguridad".

Un sitio adecuado y un reconocimiento de la exposición al peligro, son importantes desde el punto de vista de seguridad, para no estar expuesto o sujeto a un accidente y para no interrumpir el negocio por un daño. La causa del accidentes si es, falla humana, problemas mecánicos del equipo o "Dios así lo quiere", no importa. Son las consecuencias potenciales las que debemos evaluar.

Seguridad:

La seguridad del personal dentro de la propiedad y fuera de ella, es función de la severidad del incidente inicial, su estimación de magnitud y la subsecuente respuesta de emergencia. Los procedimientos delineados en el CODIGOS DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO, Y SEGURIDAD DE LOS PROCESOS deben ser seguidos.

ANEXO V

Responsabilidad / Daños a la propiedad:

El interés de este punto es el efecto, de un accidente dentro de nuestras instalaciones de almacenamiento, o en instalaciones alquiladas, y en el cual estuvieran involucrados nuestros productos, sobre la gente y el ambiente, dentro y fuera de nuestra propiedad.

Factores que deben ser tomados en cuenta según su potencial para:

- i) Contaminación de agua superficial y subterránea:

La Contaminación de agua por tierra, debido a derrames o como resultado del arrastre del agua contra incendio.

Un punto que debe ser tomado en cuenta, es el efluente que se obtiene como resultado del agua utilizada contra incendio, con copiosa aplicación de agua por el departamento de bomberos o en combinación con sistemas de rociadores automáticos. La descarga total de agua puede ser estimada para los rangos de 25,000 galones a 225,000 galones para un fuego que dure de 1 - 3 horas.

Un adecuado desagüe, retención a los efluentes y/o bloqueo a canales de desagüe existentes evitaran la contaminación a las alcantarillas, por lo cual se requiere de pozos y canalización del agua.

- ii) Contaminación del aire:

El escenario más común es aquel en donde los gases calientes de un incendio, arrastran consigo material contaminante hacia arriba, el cual se dispersa como una nube, cuya concentración por la acción del viento, vuelve hacia abajo. La distancia de acarreo y la concentración de los contaminantes son función de muchas variables, incluyendo, la velocidad del viento, los efectos térmicos del fuego o incendio, el porcentaje del material involucrado, etc.

Por esta razón, la localización de almacenes adyacentes o cerca de lugares como hospitales, escuelas, centros comerciales, teatros, etc., no deben ser permitidos.

ANEXO V

- iii) Daños a la propiedad:

La extensión de los daños potenciales a la propiedad y la seguridad da como resultado incidentes en nuestras instalaciones de almacenamiento y son factores que deben ser tomados en cuenta. Esto es especialmente importante para el almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles, los cuales rápidamente por un incidente pequeño, pueden ocasionar graves daños.

Evaluar:

- » a) Instalaciones de almacenamiento cercanas a producción.
- » b) Exposiciones a o para áreas alquiladas adyacentes, por ejemplo, arriba, abajo y a ambos lados.
- » c) Respuesta de emergencia en nuestras instalaciones, cuando en estas este implícito el riesgo de fuego.

El acero por ejemplo, no es combustible, pero a temperaturas en exceso como 1000 F pierde su fuerza estructural y puede quebrarse solamente después de 10-15 minutos de exposición a alta temperatura. (El tiempo de rotura, depende del grosor del acero y de otras variables). Por otro lado un bloque de pared de 8", tiene una resistencia al fuego aproximadamente por 2 horas.

La bibliografía que proporciona la resistencia al fuego en los materiales de construcción esta incluida en las listas que ofrecen los Laboratorios Underwriters de Canadá (ULC), llamadas " Materiales de Construcción ".

ANEXO V

Consideraciones de Diseño y Materiales de Construcción

- Lugares existentes vs. lugares nuevos

Una significativa reducción en las pérdidas potenciales puede ser alcanzado diseñando las instalaciones de almacenamiento para mitigar el efecto de incidentes mediante la selección apropiada de materiales de construcción, principalmente para limitar pérdidas o aislar el acontecimiento.

Mientras las instalaciones nuevas pueden incorporar las protecciones necesarias en la etapa de diseño, los sitios existentes deberán ser evaluados sobre bases individuales. Reconocer que un sitio puede no ser conveniente porque el balance de las pérdidas potenciales lleven a la toma de decisiones difíciles tales como: relocalización o consolidación del lugar de almacenamiento.

Las alternativas pueden ser un mejoramiento de la protección existente, hacer procedimientos más estrictos y limitar las cantidades existentes de un material particularmente riesgoso.

En todos los casos, la evaluación de lugares existentes deberá ser comparada a los requerimientos de un lugar nuevo, los cuales se dan abajo. Las deficiencias tendrán que ser evaluadas y tomadas las acciones apropiadas.

- Resistente al fuego / no combustible (general)

Los términos resistente al fuego y no combustible son a veces confusos e incorrectamente usados el uno por el otro.

No combustible significa que no soportará la combustión mientras resistencia al fuego es una indicación específica de la resistencia de la estructura o construcción a un fuego definido (carga de calor) y por un periodo de tiempo definido.

ANEXO V

Requerimientos Legales:

- i) Construcciones Nuevas

El Código Nacional de Construcción de Canadá (NBCC), establece los estándares de construcción para edificios nuevos, para reconstrucciones de edificios, incluyendo alteraciones, edificios que toman nuevos giros de ocupación y edificios que no han sido aceptados por peligros de incendio.

La mayoría de las provincias y/o municipios han adoptado las normas de la NBCC o su equivalente en el estado.

Los factores que proporciona la NBCC, que determina el tamaño de una construcción y sus requerimientos internos, incluyen: el riesgo del trabajo realizado, el acceso al sitio de trabajo y la protección.

La NBCC, puede definir por ejemplo, el grado de resistencia al fuego de la pared del lugar de almacenamiento y un restaurante adyacente, o una oficina, donde esto cuenta con una gran importancia.

- ii) Instalaciones Existentes

La NBCC es un modelo de estándares de señalan el nivel mínimo de protección contra incendio y prevención de este dentro de una comunidad.

Los estándares incluyen requerimientos para protección de la propiedad; instalación, inspección, pruebas, mantenimiento y operación de equipo de protección/detección al fuego y riesgos específicos de ocupación tales como líquidos inflamables, gases comprimidos, oxidantes, etc.

ANEXO V

Similarmente a la NBCC, muchas provincias y/o municipalidades han adoptado el NFCC o tienen legislación provincial equivalente la cual en muchos casos excede los requerimientos de la NFCC.

El NBCC y el NFCC son documentos publicados por el National Research Council of Canadá los cuales conjuntamente perfilan estándares para prevención de fuego, protección al fuego, supresión del fuego y procedimientos de respuestas a emergencias.

Requerimientos de construcción:

- i) Paredes - exteriores

Su construcción debe hacerse con materiales no combustibles, la construcción típica consiste de bloque de concreto o sandwich de metal.

Estructuras adyacentes pero separadas (propias o ajenas) para las cuales nuestras instalaciones pueden representar una significativa exposición al fuego, podrían requerir instalaciones para tener una alta tasa de resistencia al fuego.

- ii) Paredes - interiores

El propósito de paredes de segregación interna es separar riesgos del almacén, operaciones auxiliares oficinas de almacenes y para limitar el tamaño de los mismos, desde el punto de vista de exposición al fuego. De este modo se limita el valor total de bienes sujetos a un fuego, explosión u otras pérdidas posibles.

Las paredes de segregación salvo que específicamente se diseñen como paredes de fuego (teniendo una específica tasa de resistencia al fuego) serán sólo consideradas paredes de separación.

ANEXO V

- iii) Interrupción de negocios

Normalmente la interrupción de negocios, por ejemplo pérdida de ventas, no debe ser un factor en la pérdida de las instalaciones de almacenamiento. Usualmente, están disponibles el tiempo adicional de producción o la capacidad de reserva. De preocupación es la cercanía de las instalaciones de almacenamiento al equipo de producción tal que un fuego en el área de almacén pueda involucrar la capacidad de las paredes de separación del área productiva, o resulte en una potencial consecuencia de daño ambiental, el cual pueda temporalmente cerrar el lugar.

GUIA DE CRITERIOS PARA REALIZAR AUDITORIAS

ANALISIS DE RIESGOS

Introducción.

Todo diseño y construcción , así como la operación de un proceso productivo, representan un riesgo, el cual tendrá una magnitud tal como se le permita.

Se debe evaluar la magnitud del riesgo y buscar los medios para prevenir daños a la comunidad, al personal, al medio ambiente y a las instalaciones.

Objetivo.

Dar a conocer las bases para el seguimiento y la realización de auditorías en materia de riesgo, que pudieran presentarse en la operación de un proceso de fabricación.

Alcance.

a) Detección de riesgos.

Antes de dar por concluido el diseño de un proyecto se debe realizar un análisis para determinar qué riesgos se pueden encontrar y la clasificación de estos. Esta detección de los riesgos se puede realizar por el método "que pasa si" (what if), en el cual se formularán preguntas de ¿que pasa si?.

Para realizar este tipo de análisis hay que seccionar el diseño en bloques o sistemas que puedan ser analizados sin que surgan confusiones.

Los riesgos detectados deberán ser anotados en una forma destinada para tal uso.

ANEXO W

b) Análisis de riesgo.

Una vez realizada la detección de riesgos, se procederá a realizar el "análisis de riesgos" (hazop), para el cual se deberán reunir los integrantes de los departamentos que diseñaron el proyecto y los que intervendrán en la construcción.

- Departamento de Operación o Producción
- Departamento de Ingeniería
- Departamento de Mantenimiento
- Departamento de Proceso
- Departamento de Seguridad y Ecología
- Departamento de Construcción

El análisis de riesgos se realizará teniendo a la mano los planos en última revisión del diseño o proyecto, los cuales serán clasificados por sistemas de equipos, tuberías, centros eléctricos, de instrumentación, etc.

El líder de grupo de análisis deberá propiciar una "tormenta de ideas" las cuales deberán ser anotadas en el formato de análisis de riesgos (hazop):

- Parte del proceso a analizar
- Palabra guía
- Posibles causas que lo producen o lo pueden producir
- Consecuencias
- Seguimiento requerido

ANEXO W

- Por quién
- Cuándo
- Fecha cuando fue concluido el seguimiento
- El número de anexo del seguimiento

A todos los puntos que se incluyan en el hazop se le asignará un grado de riesgo o peligrosidad, el cual dependerá de los medios de detección y/o protección con que se cuente para evitarlos.

Los grados de riesgos son:

- Alto
- Medio
- Bajo
- No existe o no aplica

c) Seguimiento

La frecuencia del seguimiento queda supeditada a las políticas de cada empresa, sin embargo se recomienda que el seguimiento sea:

- semanal.- en el caso de los puntos de riesgo alto
- quincenal.- en los casos de riesgo medio
- mensual.- en los casos de riesgo bajo

ANEXO W

d) Auditorías

La realización de auditorías ayudará a detectar al grado de cumplimiento que se tiene de los análisis realizados y verificar que lo recomendado sea lo que se esta instalando o corrigiendo, así como si existen modificaciones que sean mejores a lo recomendado.

La frecuencia de auditorías como en el caso anterior queda supeditado a las políticas de empresa, sin embargo, a continuación se da una frecuencia que es la que se recomienda en cada uno de los casos:

- semanal.- en los casos de riesgo alto
- quincenal.- en los casos de riesgo medio
- mensual.- en los casos de riesgo bajo

A la iniciación de el análisis de riesgo se seleccionará el comité auditor, quienes serán los encargados de hacer el seguimiento de los pendientes. Se recomienda que este grupo este integrado por parte del personal de operación de la planta, quienes son los propietarios de la instalación.

Una vez realizado el hazop y solucionados los puntos en que haya riesgo el proyecto puede llevarse a cabo. Al estar el proyecto terminado en su etapa de construcción, se debera realizar de nueva cuenta un análisis de riesgo de las instalaciones construidas, previo al arranque de las mismas, con el fin de eliminar todo riesgo que pudiera existir.

Después de haber arrancado la instalación se deberá tener registro de los análisis de riesgo realizados y se deberá realizar anualmente como fecha máxima un análisis del proceso o antes si existiera un cambio en la operación, el equipo o los materiales que entran en la elaboración del producto.

ANEXO W

**AUDITORIAS
IMPACTO AMBIENTAL**

AUDITORIAS	TERMINADO		
	TRABAJO EN PROCESO DE EJECUCION	TRABAJO AUN NO COMENZADO	
1.1 Se tienen claramente definidos los estándares y procedimientos de seguridad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2 Se cuenta con estándares especiales para la realización de los trabajos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3 Se consideraron las leyes existentes en cada Estado para la construcción.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.4 Se consideraron las reglas y procedimientos internos de la empresa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5 Se cuenta con procedimientos especiales para construcción.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.6 Se ha dado difusión a los procedimientos y reglas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.7 Se ha dado capacitación sobre procedimientos y reglas al personal que intervendrá en los trabajos de construcción, pruebas y arranque.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.8 Se cuenta con planes de contingencia que cubran eventos no usuales, durante el desarrollo de la etapa de construcción, prueba y arranque.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ANEXO W

**AUDITORIAS
IMPACTO AMBIENTAL**

TERMINADO
TRABAJO EN PROCESO DE EJECUCION
TRABAJO AUN NO COMENZADO

AUDITORIAS

1.9 Se cuenta con pólizas de seguros que cubran eventos tales como falla de equipo, incendio o explosión, sobrepresión, derrames, fugas o emisiones.

1.10 Se cuenta con planes y personal capacitado para combate de incendio o daños al medio ambiente.

1.11 Se cuenta con equipo estacionario y portátil para combate de incendios .

1.12 Se cuenta con todos los permisos de construcción y operación de acuerdo a las normas y reglamentos federales, estatales y locales del lugar donde se realizará el proyecto.

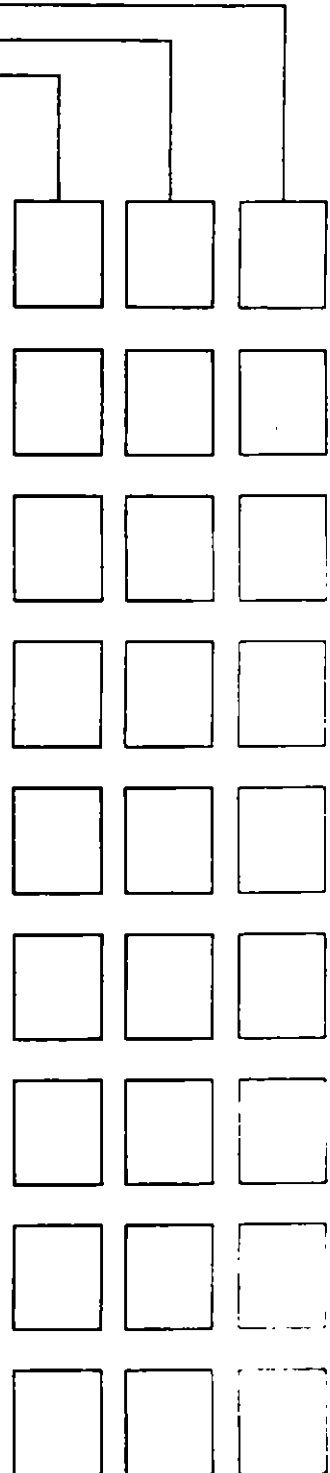
1.13 Se tiene comunicación con autoridades, fábricas vecinas y la comunidad en caso de una emergencia.

1.14 Se tiene un plan para el manejo de materiales y residuos peligrosos.

1.15 Los análisis de riesgos fueron realizados y documentados debidamente.

1.16 Se tiene documentado el seguimiento a los puntos recomendados en los análisis de riesgos.

1.17 Se está integrando al Plan de Ayuda Mútua de la localidad. (Si existe)



GUIA PARA REVISION DE ANALISIS DE PELIGROS Y EVALUACION DE RIESGOS EN DISEÑOS E INSTALACIONES NUEVAS

Introducción.

Todo diseño y construcción de instalaciones o sistemas en un proceso productivo, representa un riesgo potencial, el cual debe ser analizado y corregido antes de la realización del diseño y la construcción del mismo.

Objetivo.

Establecer un sistema que permita realizar un proyecto y su construcción de una manera tal que los riesgos que este pudiera presentar, sean tomados en cuenta y sean cubiertos antes de las etapas de diseño, construcción y arranque.

Alcance.

Esta sección es una guía que ayudará a identificar los riesgos que representa el diseño, construcción y puesta en marcha de un proceso de fabricación.

Existen tres criterios, los cuales son importantes para decidir el nivel de revisión que se requiere realizar antes de la ejecución de un proyecto. Estos son:

- grado de riesgo.
- grado de novedad.
- grado de complejidad.

Esta sección definirá cual es el significado de cada uno de estos grados y el criterio, así como los pasos a seguir para su detección y consideraciones a tomar.

ANEXO X

a) Grado de Riesgo

Los cinco criterios mencionados aquí son los principales en este punto que pudieran presentarse.

- Explosión.
- Incendio.
- Fuga de reactor.
- Emisión de tóxicos.
- Contaminación ambiental.

Un sexto riesgo puede ser considerado como un descontrol del proceso o una contaminación del producto. Esto se presentará en casos específicos y se deja a juicio de cada proceso.

La evaluación del grado de riesgo de un proyecto tiene tres clasificaciones las cuales se mencionan como sigue :

- Riesgo alto
- Riesgo medio
- Riesgo bajo

En la evaluación del grado de riesgo se puede tomar en cuenta cualquier operación de válvulas de seccionamiento o de incomunicación de operación remota las cuales limitarán la cantidad de material liberado; 1) las válvulas operarán bajo condiciones de incendio y. 2) estas son regularmente probadas y con un mantenimiento adecuado.

Cuando se evalúe el riesgo de incendio o explosión considere que el proceso debe quedar fuera de los límites de inflamabilidad de el material durante los arranques, paros y disturbios del mismo.

ANEXO X

a.1) Explosión

Casi toda explosión es el resultado de la liberación de un hidrocarburo en forma líquida con bajo punto de ebullición, por tanto el proceso es de riesgo alto si cualquiera de estos esta presente.

- a) Los gases inflamables existen con los líquidos a los cuales se les aplica presión o refrigeración.
- b) Los líquidos inflamables o combustibles que estén abajo de sus puntos de ebullición atmosférica y son mantenidos en forma líquida mediante la aplicación de presión.
- c) Los gases inflamables que se encuentren a presiones de 500 psig. (35 bar) o más.
- d) Los líquidos con ebullición atmosférica abajo de - 7 °C debido a su potencial de auto-refrigeración.
- e) Por la fuga de un líquido o gas inflamable de 10 toneladas o más en un periodo de cinco minutos y que no esté confinado. Cuando se tiene estos en un confinamiento se reduce grandemente la cantidad de material necesaria para una explosión.

El riesgo bajo existe sólo si :

- a) El material en cualquiera de los casos es " no inflamable " o tiene un punto de flasheo en ambos casos de 54 °C en el rango alto, o cuando menos 8 °C más alto que el pico máximo de operación a las temperaturas durante su salida.

Las definiciones antes expuestas son los extremos. La definición de riesgo medio deberá ser decisión del evaluador.

ANEXO X

a.2) Incendio

Los factores con los cuales se determina el grado de incendio son:

- a) El punto de flasheo del material
- b) El volumen del derrame
- c) La presencia de fuentes de ignición

Un riesgo alto existe donde cualquiera de los puntos siguientes este presente:

- a) El material esta por encima de su temperatura de autoignición.
- b) Existen hidrocarburos líquidos con:
 - » puntos de flasheo por debajo de los 23 °C y punto de ebullición por encima de los 37 °C (líquidos clase 1b).
 - » puntos de flasheo por encima de los 23 °C y abajo de 37 °C (líquidos clase 1c).

Un riesgo medio existe donde hay materiales con un flash-point por arriba de los 37 °C pero debajo de los 54 °C y existe una superficie caliente o una fuente de ignición dentro del radio 8 m. de una fuga de consideración.

Un riesgo bajo existe donde el material tiene un flash point sobre los 54 °C y cuando menos 8 °C arriba del pico máximo de la temperatura de operación esperada en el momento de la fuga.

El grado de riesgo puede ser reducido cuando existan fugas considerables tales como 2,000 galones o menos, si tienen buenas instalaciones de combate de incendios en el área.

ANEXO X

a.3) Fuga de reactor

En este punto existe riesgo alto.

- a) Existen altas reacciones exotérmicas, las cuales son difíciles de controlar, tales como nitración, oxigenación, halogenación, hidrogenación, alquilación o polimerización.
- b) El material tiene una clasificación NFPA ó CRETIB en un rango de 2 o más. Materiales que por sí mismos son normalmente inestables y fácilmente van a un violento cambio químico, pero no detonan; el grado podrá incluir materiales los cuales cambien químicamente en una forma violenta a elevadas temperaturas y presiones. Esto podrá incluir también aquellos materiales que pueden reaccionar violentamente con agua o que pueden generar en forma potencial mezclas explosivas con agua.

Un riesgo medio existe cuando se tienen reacciones químicas exotérmicas las cuales son relativamente fáciles de controlar, tales como esterificación, aminación por reducción o uso de amoniaco y sulfonación, con adecuados controles y presiones de relevo para prevenir fugas de reactor.

Un riesgo bajo existe cuando se tiene reacciones, las cuales son endotérmicas o ligeramente exotérmicas.

a.4) Emisión Tóxica

Cuando al revisar los riesgos a la salud como resultado de una emisión o fuga de un material tóxico, o no propiamente el material si no el producto de la combustión, y exista un incendio inmediatamente después de la fuga se considera una emisión tóxica.

Un riesgo alto existe por materiales que dentro de la clasificación NFPA ó CRETIB son considerados en un rango de 3 (Hojas de seguridad de materiales) .

Un riesgo medio existe cuando se tienen materiales con una clasificación NFPA ó CRETIB de 2.

Un riesgo bajo existe con materiales que tengan un rango de 1 (uno) o menos en NFPA ó CRETIB.

ANEXO X

a.5) Contaminación Ambiental.

Algunos de los químicos con los cuales trabajamos no entran en los grupos principales de riesgo, pero son también peligrosos al medio ambiente.

La clasificación que se sugiere en estos casos es como sigue:

- **Riesgo alto:** una emisión o derrame afecta el medio ambiente fuera de los límites de propiedad.
- **Riesgo medio:** una emisión o derrame pueden ser contenidos dentro de los límites de propiedad.
- **Riesgo bajo:** cualquier químico, proceso o equipo usado dentro de lo normal o condiciones esperadas de operación.

b) Grado de Innovación.

El grado de Innovación es importante debido a que esta es una manera de conocer o medir la experiencia anterior o la historia puede ayudar para prevenir eventos futuros.

Las guías que a continuación se mencionan, pueden ser usadas para clasificar el grado de Innovación.

- **Alto**
 - » Nuevos productos químicos o que no han sido usados previamente en el sitio.
 - » Nuevos procesos o inusuales en el sitio.
 - » Nuevo tipo de equipo o que no ha sido utilizado con anterioridad en el sitio.
- **Medio**
 - » Materias químicas existentes pero que son usadas de una manera diferente o no común.
 - » Procesos existentes que son operados fuera de los rangos o procedimientos normales de operación de procesos variables.
 - » Equipo existente usado en un nuevo, diferente o no usual servicio.

ANEXO X

- **Bajo**
 - » Cualquier materia química existente, proceso o servicio usado dentro de las condiciones normales de operación esperadas.

c) Grado de Complejidad.

Este es el más difícil de los tres criterios en los cuales se da una guía, por lo tanto esta guía es muy subjetiva. La razón para considerar la complejidad de un proceso o cambio es el determinar el grado de lo inesperado de riesgo que se pueda presentar.

A continuación se da una sugerencia de las definiciones.

- **Alto**
 - » Sistemas de control grandes o complejos con uno o más sistemas de falla.
 - » Múltiples interacciones con otros procesos o parte de procesos.
 - » Promedio de tubería con una, dos o tres fuentes de alimentación y destino para los fluidos del proceso.
 - » Varios y diferentes regímenes de operación, además de arranque y paro.
- **Medio**
 - » Promedio de sistemas de control con o sin fallas.
 - » Algunas interacciones con otros procesos o parte de procesos.
 - » Promedio de tubería con una, dos o tres fuentes de alimentación y destino para los fluidos del proceso.
 - » Sólo uno o dos diferentes regímenes de operación, además de arranque y paro.

ANEXO X

- Bajo
 - » Sistemas simples o número de control.
 - » Algunas veces simple a través del proceso.
 - » Tubería simple, y aislada del proceso.
 - » Sólo un régimen de operación además de arranque y paro.

d) Guía de Selección

Use esta guía con juicio, si usted no esta seguro de esto, es mejor que realice un análisis y revisión mas profundo que el primero.

Guía de selección

Innovación	Riesgo		
	alto	medio	bajo
Alto	H	H	N
Medio	H	H	N
Bajo	C	C	N

N = sin revisión C = lista de verificación H = hazop

Usando la información del cuadro anterior, modifica el método seleccionado por:

Moviendo uno hacia arriba el nivel de revisión para alta complejidad.

GUIA PARA LA DETECCION DE RIESGOS DE UN DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACION DEL MISMO

Lista de verificación a través de un estimulador

Introducción

La siguiente lista de verificación no cubre todas las dudas y sus respuestas, sin embargo, es una guía para estimular y forzar la pregunta de que " que pasa si ".

Ejemplo

El enunciado " prevención a la contaminación" bajo "normas" y "procedimientos" en la sección II dará pie a preguntas tales como:

- ¿Son incompatibles o reactivos los materiales almacenados dentro de la misma área del dique de contención ?

Si la respuesta es "si"

- ¿QUE PASA SI existe un derrame o fuga?
- ¿QUE PASA SI el material descargado de carrotanque o tanque de ferrocarril, es conducido al lugar de almacenamiento equivocado?

Este tipo de preguntas deberán ser formuladas por el grupo que analiza el diseño, la construcción y la operación de un proceso productivo.

A continuación se encuentran las secciones que pueden ser una guía para la realización de la detección de riesgos y que puedan ser clasificados para la realización de hazop (s).

ANEXO Y

Lista de Comprobación de Riesgos en Proceso

SECCION I: GENERAL

Categoría

Periodos de Transición

**Paro, en espera, arranque,
situaciones de descontrol,
operación anormal**

Procedimientos

**Arranque, paro, operación,
verificación de la secuencia de
actuación en caso de emergencia**

Falta de Servicios

**Electricidad, calentamiento,
enfriamiento, aire, inertes,
agitación.**

Ubicación

**De la planta y la exposición
de la comunidad**

ANEXO Y

SECCION II: ALMACENAMIENTO

Categoría

Tanques de Almacén	Diseño, separación, inertizado.
Diques	Capacidad, drenaje.
Válvulas de Emergencia	Control remoto, materiales peligrosos.
Inspecciones	Arrestadores de flama, dispositivos de relevo, venteos.
Procedimientos	Prevención de la contaminación, análisis.
Especificaciones	Químicas, físicas, calidad y estabilidad.
Limitaciones	Temperatura, tiempo, calidad.

ANEXO Y

SECCION III: MANEJO DE MATERIALES

Categoría

Bombas	Relevo, rotación inversa, identificación.
Ductos	Relevo en caso de explosión, protección contra el fuego.
Transportadores	Mecanismos de paro, recubrimientos.
Molinos	Protecciones mecánicas.
Procedimientos	Derrames, fugas, descontaminación.
Tubería	Rangos, códigos, conexiones, fugas.

ANEXO Y

SECCION IV: PROCESO

Categoría

Recipientes	Diseño, materiales de construcción códigos, accesos.
Identificación	Recipientes, tubería, interruptores, válvulas.
Dispositivos de Relevó	Reactores, intercambiadores, tubería.
Revisión de Incidentes	De la planta, de la compañía , en la industria.
Inspecciones, pruebas	recipientes, dispositivos de relevó, corrosión.
Eléctrico	Clasificación de acuerdo al área de conformidad.
Rangos de operación	Temperatura, presión, flujos, rangos, concentraciones, densidades, niveles, tiempos, secuencia, historia de variables críticas del proceso.
Fuentes de ignición	Peróxidos, acetiluros, fricción, electricidad estática, calor, reacción química.
Compatibilidad	Medios de calentamiento, lubricantes, lavados, empaçado.

ANEXO Y

SECCION V: INSTRUMENTACION Y DISPOSITIVOS DE EMERGENCIA

Categoría

Controles	Rangos, redundancia garantizada, calibración de arranque fallido (fail save), frecuencia de inspección, adecuación, retroalimentación, durante las reparaciones, condición de prueba.
Alarmas	Adecuación, límites, fuego.
Entrelaces	Pruebas, procedimiento de puenteo
Dispositivos de Relevó	Adecuados, tamaño de venteos, descarga.
Aislamiento de proceso	Válvulas de cierre rápido (en caso de fuego), válvulas de operación remota, purgado.
Instrumentos	Calidad de aire, tiempo de atraso, reestablecimiento, enrollar.
Riesgos	Incendio, fuga, nubes de vapores.
Computadora	Exposición a efectos de mal funcionamiento, protección.

ANEXO Y

SECCION VI: MANEJO DE DESPERDICIOS / DERRAMES Y EMISIONES.

Categoría

Canales	Trampas de fuego, reacciones, exposición.
Venteos	Descarga, radiación, neblinas, ubicación.

SECCIÓN VII: MUESTREO

Categorías

Ubicación	Accesibilidad, control, exposición
Procedimientos	Normal, anormal.
Equipo	Protección personal, contenedores, almacenamiento, disposición.

ANEXO Y

SECCION VIII: PROTECCION CONTRA INCENDIO

Categoría

Protección Estacionaria	Rociadores, halon, monitores.
Protección Portátil	Extintores, mangueras.
Vapores Inflamables /	Confiabilidad, aplicaciones.
Detectores de Oxígeno	
Muros a Prueba de Fuego	Adecuados, condición, puertas, ductos.
Drenaje	Pendiente, ubicación, aforo.

1 NATURALEZA Y AMPLITUD

1.1 DESCRIPCION DE LA LINEA DE PRODUCTOS

PRODUCTO TERMINADO

COMPONENTE O PRODUCTO

QUIMICO INTERMEDIO

CLASIFIQUE INDUSTRIAL PRODUCTO FINAL OTROS

DESCRIBALOS _____

1.2 VOLUMEN DE VENTAS DE LOS PRODUCTOS
(AGREGUE UNA HOJA ADICIONAL, SI ES NECESARIO)

Producto	Presupuesto año actual		1er año anterior		2o año anterior	
	Unidades	Pesos	Unidades	Pesos	Unidades	Pesos
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

1.3 DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD FABRICANTE DISTRIBUIDOR RE-EMPACADOR
ETIQUETADOR TRANSFORMADOR DE PRODUCTOS DE OTROS (EN SU CASO INDIQUE
LOS PORCENTAJES DE CADA ACTIVIDAD) _____

1.4 ¿PROPORCIONA SERVICIO AL MERCADO? SI NO

1.5 FORMULACION DE PRODUCTOS

1.5.1 LOS DISEÑOS Y/O FORMULAS SON HECHOS POR EL SOLICITANTE CONSULTORES EXTERNOS
ESPECIFICACION DE LOS CLIENTES

1.5.2 LOS PRODUCTOS SON

PARTES DE UN CATALOGO

VARIACIONES DE PRODUCTOS CATALOGADOS

PRODUCTOS QUIMICOS COMUNES

PRODUCTOS EXCLUSIVOS O ELABORADOS

CON FORMULA ESPECIAL

2 CONTROL DE PREVENCION DE PERDIDAS

2.1 MEDIDAS PREVENTIVAS

2.1.1 EXISTEN PROCEDIMIENTOS ESCRITOS DE CONTROL DE CALIDAD SI NO

2.1.2 LOS PRODUCTOS TIENEN NUMEROS DE SERIE DE LOTES ETC Y SON IDENTIFICABLES

2.1.3 SE EFECTUA CONTROL DE CALIDAD DE ENTRADA DE MATERIAS PRIMAS O COMPONENTES

2.1.4 SE HACEN PRUEBAS ADECUADAS PREVIAS A LA ENTREGA AL MERCADO

2.1.5 INSTRUCCIONES DE USO O CONSUMO (ANEXE EN SU CASO INSTRUCTIVOS Y MUESTRAS DE ETIQUETAS)

- 2.1.6 ¿SE PROVEE LITERATURA SOBRE EL PRODUCTO?
- 2.1.7 ¿LAS ETIQUETAS IDENTIFICAN ADECUADAMENTE EL CONTENIDO?
- 2.1.8 ¿LAS ETIQUETAS INDICAN LOS ANTIDOTOS EN CASO NECESARIO?
- 2.1.9 ¿SE CONSERVAN MUESTRAS DE LOS PRODUCTOS?

3 POTENCIAL DE PERDIDAS

3.1 RIESGOS DEL PRODUCTO:

DESCRIBA LOS RIESGOS DEL PRODUCTO _____

POSIBLES CONSECUENCIAS DE FALLAS _____

EL PRODUCTO ES

MUY TOXICO IRRITANTE CORROSIVO INFLAMABLE EXPLOSIVO
 RADIATIVO OTRAS CARACTERISTICAS _____

4 UBICACION, ACTIVIDAD Y COLINDANCIAS DE CADA PLANTA DE PRODUCCION:

INDIQUE SI LA ACTIVIDAD DE LAS PLANTAS DE PRODUCCION PUEDE PROVOCAR CONTAMINACION AMBIENTAL: SI NO

EN CASO DE DESEAR EL SEGURO ADICIONAL DE RC POR RIESGOS DE CONTAMINACION REQUISITE CUESTIONARIO ESPECIAL ADICIONAL.

5 INDIQUE

ESTIMACION DE VENTAS PARA EL AÑO EN CURSO _____

NUMERO DE PERSONAS QUE TRABAJAN EN LA INDUSTRIA (INCLUYA OFICINISTAS, VENEDORES O COMISIONISTAS, FAMILIARES QUE LABOREN AUNQUE NO DEVENGUEN SALARIO): _____

6 RIESGOS EN EL EXTRANJERO:

SI NO

— VIAJES DE ASESORIA, PROMOCION DE VENTAS, CAPACITACION PARTICIPACION EN FERIAS O EXPOSICIONES

— TRABAJOS DE INSTALACION, MANTENIMIENTO, SERVICIOS POST VENTA

EXPORTA PRODUCTOS:

EN CASO DE RESPUESTA POSITIVA A LAS TRES PREGUNTAS ANTERIORES Y DE DESEAR LA COBERTURA ADICIONAL CORRESPONDIENTE:

INDIQUE MOTIVOS Y PAISES EN LAS DOS PRIMERAS PREGUNTAS _____

INDIQUE, POR PAIS DE DESTINO DE LA EXPORTACION

PAIS	PRODUCTO	PRESUPUESTO AÑO PROXIMO	PRESUPUESTO AÑO ACTUAL	VENTA AÑO ANTERIOR
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

SI LO PREFIERE, PUEDE AGRUPAR LOS PAISES EN LA SIGUIENTE FORMA:

- 1er. GRUPO: E E U U Y CANADA.
- 2o. GRUPO: EUROPA OCCIDENTAL Y JAPON.
- 3er. GRUPO: PAISES LATINOAMERICANOS
- 4o GRUPO: OTROS PAISES

7. INDIQUE SI OCUPA INMUEBLE(S) ARRENDADO(S), SU UBICACION Y USO QUE HACE DE EL(ELLOS).

DOMICILIO

USO:

_____	_____
_____	_____
_____	_____

DESEA LA COBERTURA ADICIONAL CORRESPONDIENTE:

SI

NO

8 INDIQUE SI HA CELEBRADO CONTRATOS O CONVENIOS EN LOS QUE ESTIPULE SUBSTITUCION DE OBLIGADO ORIGINAL PARA INDEMNIZAR DAÑOS A TERCEROS:

DESEA LA COBERTURA ADICIONAL CORRESPONDIENTE:

9 INDIQUE EXPERIENCIA DE SINIESTROS O RECLAMACIONES DURANTE LOS TRES ULTIMOS AÑOS (DETALLE LOS DAÑOS OCASIONADOS, SUS CAUSAS Y MONTOS):

NOTA: EN ALGUNOS CASOS LA COMPAÑIA PUEDE REQUERIR RESPUESTA A PREGUNTAS ADICIONALES

FIRMA DEL SOLICITANTE

FIRMA DEL AGENTE

LUGAR Y FECHA

A _____ DE _____ DE _____

(Ver Condiciones Anexas)

		LUGAR Y FECHA		EXPEDICION		<input type="checkbox"/>	
				COTIZACION		<input type="checkbox"/>	
NOMBRE DEL PROPONENTE							
DOMICILIO DE COBRO						CODIGO POSTAL	
DOMICILIO DE GIRO						CODIGO POSTAL	
ACTIVIDAD O GIRO				FORMA DE PAGO	ANUAL	<input type="checkbox"/>	OTROS <input type="checkbox"/>
					SEMESTRAL	<input type="checkbox"/>	
VIGENCIA					TRIMESTRAL	<input type="checkbox"/>	
DESDE		HASTA			MENSUAL	<input type="checkbox"/>	
SUMA ASEGURADA							

- Materias que se almacenan o se emplean en el proceso de producción en la empresa, susceptibles de causar daños al medio ambiente:
 - Tipo y denominación _____
 - Cantidad _____
 - Recipientes:
 - Características _____
 - Capacidad de almacenamiento _____
 - Lugar de depósito _____
- Emissiones que se originan en el proceso de producción.
 - Tipo de emisiones que se originan en el proceso de producción. _____
 - Valores que alcanzan _____
 - ¿Se producen ocasionalmente emisiones masivas por necesidades de la explotación?

	SI	NO
En caso de conexiones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Procesos de regeneración	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 - Desviaciones respecto al punto 2.2 _____
- Tipos de residuos, susceptibles de causar daños al medio ambiente, que se originan por el proceso de producción

	SI	NO
Petróleo o sus derivados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gases	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Polvos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lodos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aguas Negras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Indique cómo se efectúa el almacenamiento (previo a su eliminación) de los residuos. _____
- Indique (en caso de hacerlo) cómo se efectúa la eliminación de residuos. _____
- Indique los equipos/instalaciones con que cuenta para la prevención o el control de la contaminación

Filtros	<input type="checkbox"/>	Instalaciones de purificación	<input type="checkbox"/>
---------	--------------------------	-------------------------------	--------------------------

Señale el requerimiento de energía eléctrica para el complemento funcionamiento de dichos equi:

- Indique con qué capacidad generadora eléctrica de emergencia cuenta exclusivamente para dichos instalaciones _____

Indique características de dicha capacidad generadora _____

6.2 Indique equipo/instalaciones de que carece, según las disposiciones de la legislación de la materia o según las autoridades competentes _____

7. En caso de contar con cisternas, depósitos o tanques, proporcione la siguiente información:

7.1 Indique si en las proximidades existen

	SI	NO
Reservas naturales de agua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reservas artificiales de agua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Balnearios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7.2 Respecto de las cisternas, depósitos o tanques, indique:

- Número _____
- Materias contenidas _____
- Antigüedad _____
- Situación:
 - Sobre la superficie
 - Subterránea
- Capacidad (en sistema métrico decimal) _____

8. En caso de contar con tuberías, conducciones o ductos, indique:

8.1 Ubicación respecto del recinto de la empresa:

Dentro Fuera

8.2 Describalas _____

Indique: Materias conducidas _____

Indique: Longitud y emplazamiento: _____

9. Controles sobre los equipos/instalaciones/plantas generadoras/tuberías

9.1 Describa controles y vigilancia de estado/funcionamiento:

9.2 Describa periodicidad de mantenimiento

	SI	NO
Cuenta con registros o archivos de mantenimiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9.3 En caso de tener una persona exclusivamente responsable de estos controles, indique:

- Nombre _____
- Puesto _____
- Calificación técnica _____

NOTA: EN ALGUNOS CASOS LA COMPAÑIA PUEDE REQUERIR RESPUESTA A PREGUNTAS ADICIONALES.

FIRMA DEL SOLICITANTE

FIRMA DEL AGENTE

ANEXO Z

DIRECTRICES PARA DEFINIR ZONAS DE AMORTIGUAMIENTO POR FUEGO - EXPLOSION Y NUBES TOXICAS

Introducción

La aproximación tradicional a la seguridad fuera y dentro de una industria, ha sido la de diseñar, basados en la experiencia, lo que se ha denominado "códigos o normas de buena práctica".

Es necesario anticipar que situaciones peligrosas se pueden presentar y una vez hecho esto, tratar de determinar la posibilidad y severidad de "accidentes", en orden a adoptar las medidas de Prevención y/o Protección oportunas.

Evaluación de Riesgos

Se puede definir, como el proceso de identificación de posibles accidentes, y la estimación de su probabilidad y consecuencias dentro y fuera de la industria en estudio, permitiendo en última instancia, adoptar medidas al respecto.

PARTE I

La identificación y evaluación de riesgos de una determinada planta o sistema, estará dirigida a identificar y evaluar los peligros inherentes a dicho sistema; así como los accidentes que pueden ocurrir en la misma.

ANEXO Z

Zonas de Amortiguamiento

Tradicionalmente, la localización de una planta química estaba dictada por factores económicos, de mercado, de transporte, de energía y agua.

Durante la presente década el factor ambiental ha estado jugando un papel muy importante en la decisión de la localización de nuevas instalaciones, sobre todo para las instalaciones donde los procesos se consideran peligrosos y utilizan sustancias inflamables y/o tóxicas, la seguridad de empleados y de la comunidad vecina está recibiendo una mayor atención en las etapas de planeación de proyectos.

Los Códigos de prácticas, estándares y sistemas de protección han surgido de las experiencias de operación con materiales peligrosos en la Industria Química.

El objetivo de aplicar estas normas en el diseño y layout de plantas químicas es, reducir la frecuencia de incidentes y la escala de eventos menores dentro de mayores incidentes que pueden causar un daño catastrófico.

Dentro de las industrias, los espacios y distancias entre equipos de proceso están normados por los códigos de buenas prácticas, pero las distancias requeridas entre una industria y su comunidad más cercana, no han sido definidas hasta el momento en México.

La determinación de zonas de amortiguamiento (zonas buffer), se realiza de acuerdo a experiencias y criterios personales, basándose estos en datos reales conocidos como Daño Máximo Probable y Daño Máximo Catastrófico.

ANEXO Z

Distancia Peligosa

Se define una distancia peligrosa como la distancia a la cual se excede el valor límite del umbral (TLV).

Además se debe tener en cuenta qué daños y accidentes fatales pueden ocurrir por la ignición de un vapor inflamable el cual puede causar fuego, explosión y lanzamiento de proyectiles.

En el caso de vapores tóxicos la distancia considerada de peligro puede ser definida por una curva de daño contra el tiempo de exposición.

Si una explosión resulta de la liberación de vapores inflamables por una sobrepresión en el tanque, los resultados inmediatos serán daños a construcciones y estructuras del interior de la planta y de su comunidad vecina. Los proyectiles fortuitos pueden ocasionar daños adicionales y fatalidades.

Modelos

La zona de amortiguamiento que debe tener cualquier instalación puede definirse de acuerdo a eventos por explosión, fuego y nubes tóxicas, por lo que es necesario tener algunos métodos de escala para riesgos, dentro de una unidad operativa. Las escalas pueden ser para diseñar una planta en forma lógica y determinar los espacios y distancias entre las diferentes unidades, construcciones y alrededores.

Existen diferentes métodos para análisis de riesgo, aplicando adecuadamente alguno de ellos en la etapa de planeación del proyecto se obtienen resultados cualitativos y alternativas de ubicación para plantas de alto riesgo.

La ignición de vapores inflamables o lo que se conoce como explosión por expansión de vapores provenientes de líquidos en ebullición (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion, BLEVE)

ANEXO Z

Se puede llegar a determinar el daño que causará la explosión de vapores inflamables utilizando el método de Jarratt, el cual determina que una sobrepresión de 1 psi (6.9 kPa) es igual a una carga de dinamita (TNT). Por lo que dicho valor está indicando la distancia de peligro para una comunidad cercana.

Para el caso de mareas de fuego, se determina la distancia de peligro con los niveles de flujo de radiación de calor en equipos.

Criterios de Riesgo, se utiliza como criterio de riesgo para determinar el nivel de riesgo que presenta una planta a la frecuencia de accidentes fatales, determinándose los incidentes potenciales de falla y la distribución de probabilidad de la frecuencia total.

Los valores de distancias seguras se derivan de la distribución acumulativa de frecuencia con referencia en el criterio de riesgo, como se muestra en la tabla de grados de libertad del

PARTE II

En la división Mond se ha desarrollado el método de clasificación de fuego y explosión.

PARTE III*Indice Dow de Fuego y Explosion*

El Análisis de seguridad en proceso divide los riesgos en campos, cada uno de los cuales se concentra en el estudio de riesgos específicos de una función física u operacional del proceso:

- Fuego, explosión y toxicidad
- Nubes explosivas
- Operabilidad
- Sistemas de protección de Proceso
- Efectos de paro y arranque

El análisis de riesgo por fuego y explosión es una evaluación objetiva, de los potenciales reales de fuego, explosión y reactividad en los equipos de proceso y su contenido. Al obtener un valor potencial de pérdidas en áreas de proceso, se obtiene a la vez el valor adecuado de la zona de amortiguamiento.

Este método determina varios factores de riesgo, como son:

- Riesgo General del Proceso RGP
- Riesgo Especial del Proceso REP
- Factor Material FM
- Factor Riesgo de la Unidad FRU
- Factor de Daños FD

ANEXO Z

El producto del FRU y el FM, representa el Índice de Fuego y Explosión que se utiliza para determinar el Área de Exposición alrededor de la unidad de proceso que se evalúa.

PARTE IV

Nube Tóxica

La emisión atmosférica accidental de sustancias tóxicas puede ocasionar afectaciones sobre la salud de los posibles receptores, y la gravedad de la afectación dependerá de la magnitud de la emisión y de los fenómenos de transporte y dispersión a que se vea sujeto el material.

El escenario en el que se lleva a cabo el evento inicial puede ser un derrame, ruptura de recipientes, reacciones fuera de control, etc.

La cuantificación del daño se puede realizar con modelos matemáticos, como se menciona en el siguiente párrafo.

Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias (SCRI)

Simulación de Nubes Explosivas: Permite estimar el daño en una planta, ocasionado por la explosión de sustancias gaseosas o líquidas que al vaporizarse forman una nube explosiva.

El procedimiento consiste en calcular un peso equivalente de la masa de la sustancia en proceso, en toneladas de TNT, considerando dos tipos de eventos: Daño Máximo Probable y Daño Catastrófico Probable. Posteriormente se obtiene la cantidad de sustancia vaporizada y con ello la magnitud de la nube formada. A partir de los resultados anteriores se obtienen la Energía Equivalente Desprendida y las distancias de las ondas expansivas u ondas de sobrepresión.

ANEXO Z

Conociendo estos diámetros y la presión asociada se obtienen los daños asociados, considerando el tipo de instalaciones y equipos que se encuentran dentro de la zona afectada.

Modelo Dispersión de una Nube Tóxica:

Simula la dispersión de una nube o puff de gas, el cual es liberado en forma masiva e instantánea de un almacenamiento. Se calcula la dimensión de la nube de acuerdo a la concentración máxima definida. Se pueden simular escenarios de impacto, bajo diferentes situaciones de emisión y característica meteorológicas prevaletientes para efectuar estudios de riesgo ambiental y apoyar en la capacitación y entrenamiento de personal en manejo de situaciones de emergencia.

Dispersión de Contaminantes Atmosféricos Gaseosos para una Emisión Puntual Continua:

El modelo permite simular el impacto de instalaciones existentes o crear escenarios para nuevos procesos o esquemas de control de emisiones contaminantes, considerando además la presencia de una posible capa de inversión térmica sobre la zona considerada.

Dispersión de una Fuga de Gas o Vapor en un Líquido en un Derrame:

Simula la Dispersión de un gas proveniente de una fuga en un almacenamiento o conducto, o la fuga de un vapor proveniente de un derrame de un líquido que se evapora.

Permite estimar hasta tres distancias y áreas de afectación o exclusión para tres concentraciones del gas o vapor en análisis.

Cameo National Safety Council:

Opera una base de datos de más de 4,000 productos químicos, 60,000 sinónimos, etc. Integrado con mapas de la localidad; dibuja en ellos plumas generadas por la simulación de gases fugados y calcula las dosis y niveles de concentración.

Es fácil de usar ya que tiene un "menú guía" y no es muy costoso.

ANEXO Z

Breeze Air Trinity Consultants Inc.

Permite hacer modelos en todo tipo de terrenos, desde los simples hasta los complejos, mediante su programa versión (ATDM).

Con el apoyo en su amplia variedad de programas tales como *Breeze Haz* en su versión *Hot Spills* permite calcular la formación y dispersión de productos de combustión para relevos de productos de combustión de químicos.

PARTE V

CONCLUSION

Realizando los métodos antes mencionados encontraremos:

- Daño Máximo Probable y Daño Máximo Catastrófico
- Zona de Riesgo de la Instalación Completa
- Zona de Amortiguamiento

ANEXO AA

RESTAURACION DE ZONAS AFECTADAS SUELO Y AGUA SUBTERRANEA

Una vez que la contaminación al suelo, subsuelo o aguas subterráneas, ha sido detectada, es fundamental definir los tipos de contaminantes presentes así como las cantidades, concentraciones y distribución tanto horizontal como vertical de los mismos, para con esta información evaluar y determinar las acciones a seguir, entre las que se debe de incluir:

- Monitoreo
- Frecuencia de Monitoreo
- Remoción de Material
- Disposición del Material Removido
- Verificación de Limpieza
- Prevención de Contaminación

ANEXO AA

Existen varias tecnologías que deberán de analizarse para determinar de entre ellas la más adecuada, de acuerdo al tipo de limpieza a efectuar, considerando los materiales involucrados, el área a ser limpiada y la condición final aceptable del terreno a ser limpiado. Entre las tecnologías existentes aplicables se encuentran:

- Bioremediación
- Remediación en Sitio
- Remoción de Material
- Termoremediación

Cualquiera de las anteriores tecnologías tiene una aplicación compleja y un alto costo comparado con la inversión necesaria para establecer programas de prevención de fugas y derrames, programas de control de contaminación al suelo, subsuelo, aguas subterráneas, programas de reciclado, reuso y minimización de desechos.

ANALISIS GEOHIDROLOGICOS

El análisis geohidrológico incluye información tal como:

- Datos geológicos.
- Tipo de suelo.
- Espesor de capas.
- Profundidad de las aguas subterráneas.
- Localización de mantos acuíferos.
- Evaluación e inventario de fuentes de contaminación.

ANEXO AC

LAS EMISIONES ACUSTICAS CONTAMINANTES Y EL ESTANDAR INTERNACIONAL ISO 1966.

Subcódigo: Emisiones Acústicas

Código de Prácticas Administrativas de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

Asociación Nacional de la Industria Química

1994

AC.1

Autores:

☐ Dr. Fernando Pruneda

Diseño y Producción de Instrumentos de Control Acústico
Calle Astrónomos No 52-4
Col Escandón C.P. 11800
Distrito Federal, México
Tel 272-1974

☐ Ing Mauricio Vizcaino Guerra

VPR Análisis Ambientales, S.A. de C.V.
Eje Lázaro Cárdenas No. 517 - 5
Col. Narvarte C.P 03020
Distrito Federal, México
Tel. 538-6907

☐ Ing. Lourdes Eugenia Faisal Meneses

GIRSA Corporativo, S.A. de C.V.
Bosque de Ciruelos No. 99
Col. Bosques de las Lomas C.P. 11700
Distrito Federal, México
Tel. 596-3588

INTRODUCCION

Las emisiones acústicas que contaminan al ambiente, pueden clasificarse en varias maneras. Dada la complejidad inherente al fenómeno acústico per se, el criterio común de clasificación se fundamenta en la interrelación de dos factores: un fenómeno físico de naturaleza mecánica vibratoria, y una entidad biológica

El fenómeno vibratorio tiene como origen uno o varios sitios específicos denominados "fuentes". La generación de vibraciones y su desplazamiento por el espacio, requiere de medios de transmisión. Dependiendo de la magnitud de la energía mecánica liberada en la fuente, y de las características físicas de los medios de transmisión, se determina la extensión espacial o campo de la vibración

Los medios de transmisión pueden ser tanto fluidos (líquidos y gases) como sólidos. Debido a las combinaciones que pueden presentarse entre ellos, y a la presencia de otras variables (como la forma y dimensiones de la fuente), el campo vibratorio resultante puede adquirir características muy variadas. Los seres vivos, y en particular los humanos, presentan estructuras en sus organismos que tienen la propiedad de poder ser estimuladas por las vibraciones mecánicas. El "hábitat natural" de las especies, los fluidos, determinan medios de transmisión específicos y estructuras receptoras correspondientes. En el caso concreto de los seres humanos, el hábitat principal lo constituye un fluido gaseoso, de composición heterogénea denominado "aire", en el cual si bien coexisten fluidos y sólidos, por efecto de la fuerza de gravedad el organismo humano mantiene contacto constante con los sólidos.

En el organismo humano se encuentran presentes tanto estructuras receptoras para vibraciones transmitidas por los gases (genericamente denominadas "sonidos"), como estructuras receptoras para vibraciones transmitidas por sólidos (genéricamente denominadas "vibraciones").

Las estructuras receptoras de sonidos se encuentran íntimamente relacionadas con el sistema nervioso, por lo que constituyen en realidad el substrato determinante de la sensorpercepción auditiva, origen del término "acústica", que significa esencialmente "oir". Este sistema sensorial auditivo se encuentra extensamente desarrollado en los vertebrados

mamíferos (el murciélago es un ejemplo sobresaliente). En los humanos, las cantidades de energía mecánica requeridas para provocar sensaciones audibles son extremadamente pequeñas. Ilustremos un fenómeno fisiológico concreto. a frecuencias sonoras de 1000 Hz, si el sistema fuese 10 o 15 dBNPA más sensible, el acercar la punta de un cigarrillo encendido a la entrada del conducto auditivo externo, originaría una sensación auditiva ocasionada por el incremento térmico en el movimiento molecular del aire inmediato a la membrana timpánica.

Las estructuras receptoras a vibraciones son muy variadas en el organismo humano. De hecho para vibraciones de frecuencia media o alta no existe un sistema sensorial especializado como en el caso del sonido. Sin embargo existen diversos elementos celulares, localizados desde la dermis hasta el interior de los músculos y tendones, que se estimulan ante las vibraciones. Sin embargo no se conoce aún lo que determina la sensopercepción vibratoria. Para frecuencias bajas, se tiene el sistema audiovestibular, el cual entre muchas otras funciones, mediante una estructura semejante a un giróscopo, informa al sistema nervioso central de los cambios y desplazamientos que ocurren en el organismo.

En los mamíferos, cuyo hábitat esencial es el aire, prácticamente, no tienen sistemas sensoriales para vibraciones transmitidas en líquidos.

En el caso de especies cuyo hábitat principal son los líquidos, ocurre exactamente lo contrario: los sistemas más desarrollados se encuentran especializados en poder captar vibraciones transmitidas en líquidos. Desde luego, es importante notar que la multiplicidad de especies en la naturaleza puede presentar condiciones de excepción.

Los organismos vivos constituyen sistemas abiertos con su ambiente: intercambian energía, materiales e información. Esta última característica es de la mayor importancia en el caso de las vibraciones mecánicas, particularmente las sonoras para los seres humanos. Lo que "ingresa" al organismo no es la energía mecánica, sino la información que transportan. Los cambios fisiológicos que ocurren ante la presencia (o la ausencia) de sonidos son el resultado de la información que transportan y su procesamiento. Sin embargo, en el mundo físico coexisten señales informativas y señales que no contienen información. Además estas últimas compiten con las primeras ocupando la banda útil de frecuencias de transporte, y estimulando también las estructuras receptoras. Se denomina

"ruido acústico" a a éstas señales singulares, cuya valoración únicamente es indirecta. Esto es, no se miden específicamente, se infieren al caracterizar los sistemas de comunicación o mediante exámenes subjetivos de inteligibilidad del receptor humano.

Los sonidos y las vibraciones pueden producir otros efectos en los humanos, como se comentará más adelante.

En resumen, puede afirmarse que las emisiones acústicas son de varios tipos:

SONORAS

Cuando constituyen vibraciones transportadas por aire, las cuales estimulan el oído y el sistema auditivo en general.

VIBRATORIAS

Cuando constituyen vibraciones transportadas por cuerpos sólidos, que al contacto con los organismos estimulan estructuras receptoras muy diversas en piel, tejidos profundos, canales semicirculares, etc.

RUIDOSAS

Cuando constituyen señales que perturban la percepción de la información acústica (por ejemplo una máquina en funcionamiento, instalada sin amortiguadores en un claustro reverberante, aledaño a un salón de clases en una escuela cuyos sonidos impidan que los alumnos escuchen con facilidad la voz de los maestros. El sonido proveniente de la máquina se denomina "RUIDO ACUSTICO").

Los efectos que producen las emisiones acústicas en los humanos (aún cuando cualquier especie, dentro de sus peculiaridades biológicas, los puede padecer) son muy variadas van desde alteraciones transitorias en la capacidad de respuesta de los elementos receptores hasta manifestaciones generalizadas de índole diversa (variaciones en la temperatura

corporal, aumentos en la frecuencia cardiaca y respiratoria, incrementos en la presión arterial, sudoración, estimulación gástrica sin relación con la ingesta de alimentos, aumento en la motilidad intestinal, etc.).

En el caso del sonido, el reclamo común lo constituye la molestia que manifiestan las personas expuestas, incluyendo la perturbación del ciclo sueño vigilia, y en particular la presencia constante de tensión emocional. Las alteraciones auditivas permanentes, demostrables audiométricamente, es raro que se presenten en situaciones de contaminación ambiental (al contrario de lo que ocurre en condiciones de trabajo)

En el caso del ruido acústico, la manifestación principal se encuentra dada por el esfuerzo que la persona expuesta requiere efectuar para hacer inteligible la información que trata de percibir. En situaciones extremas, llegan a presentarse casos en que advertencias de peligro expresadas mediante señales acústicas que no fueron escuchadas, llevaron a perder la vida a la persona que necesitaba percibir las.

Las vibraciones mecánicas transmitidas por sólidos, constituyen uno de los agentes físicos más desagradables. Ello se debe a que el organismo humano tiene grandes limitaciones para ejercer uno de los procesos psicofisiológicos más importantes: la habituación ante estímulos externos que no son requeridos por la persona. El desagrado ante estos agentes rápidamente se llega a tomar de una simple molestia hasta náusea y sensación angustiosa

En el mundo real las emisiones acústicas se pueden presentar en forma aislada, en combinaciones, o todas las clases juntas. Así pueden ocurrir simultáneamente sonidos de gran magnitud y ruido acústico, vibraciones y sonidos, etc. Los casos que la realidad profesional permite observar, llegan a ser muy difíciles de resolver. El cuantificar las emisiones, y sobre todo controlarlas, en ocasiones son inciertas y costosas. Por ello, el diseño de reglamentos y su aplicación presenta problemas formidables.

Se requiere definir los diversos agentes, especificar metodologías, proponer criterios de permisibilidad fruto de investigaciones de laboratorio y de campo inmensamente complejas, y por si no fuera grande la tarea, establecer criterios de verificación tanto para la autoridad competente como para el control y la defensa de las personas, sea quien produce las emisiones o quien las padece. En este campo los aspectos científico técnicos más sofisticados se encuentran en íntima relación con las leyes

El presente trabajo se refiere a los métodos generales, comunes, empleados en la descripción y cuantificación de un sólo tipo de emisión acústica: el sonido ambiental. Estos métodos se encuentran contenidos, en particular, en el Estándar Internacional ISO 1996, producido en el seno de la Organización Internacional para la Estandarización (abreviada genéricamente ISO para todos los idiomas por ser un término eufónico para lenguas con fonéticas diversas).

Recientemente México ha sido elegido Miembro Consejero ISO para éste año 1994, cargo renovable en el año 1997; es además en la actualidad participante activo en varios Comités Técnicos.

Los Estándares Internacionales ISO son referencias fundamentales para establecer criterios normativos, aún cuando debe señalarse que no substituyen o excluyen la normatividad nacional vigente. Conviene evidenciar también, que la normatividad nacional, extranjera e internacional no se encuentra ajena a controversias científicas y técnicas. De hecho, el Estándar Internacional ISO 1996 no fue aprobado por todos los países participantes. El presente trabajo constituye una versión libre, comentada en algunos aspectos, del Estándar Internacional ISO 1996. Aún cuando se respetan los incisos y párrafos del documento original, se emplea un formato diferente, con mayúsculas y subrayados a discreción, en el cual se tiene como objetivo básico, el proporcionar a quien lo examina acceso didáctico al texto. De ninguna manera constituye una traducción literal, ya que inclusive se ponen de manifiesto términos técnicos y conceptos con los cuales ocurren discrepancias, tanto desde el punto de vista de los autores como de la normatividad nacional vigente. Sin embargo ésta situación no es óbice para recomendar siempre al lector interesado que examine el texto original.

Este documento se realizó por encargo de la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ). Los autores esperan que su lectura resulte útil a los Miembros de la Asociación.

ESTANDAR INTERNACIONAL ISO

1996

AC.8

PROLOGO

En idioma español, la palabra ESTANDAR por vez primera aparece de manera oficial en el Suplemento de la decimonovena edición del Diccionario de la Lengua Española (Real Academia Española), presentando las siguientes acepciones:

(sustantivo femenino) Tipo, modelo, patrón, nivel.

Se acompaña también de las siguientes voces:

ESTANDARIZACION

(sustantivo femenino) Acción y efecto de estandarizar.
tipificación.

ESTANDARIZAR

(verbo transitivo) Tipificar, ajustar a un tipo,
modelo o norma.

El diccionario oficial señala que el origen etimológico de ésta palabra es el idioma inglés

Si se examina la lexicografía inglesa de la palabra STANDARD se encuentra que su origen es incierto: se remonta posiblemente al anglofrancés como ESTAUNDART o al anglolatín como STANDARDUS. En el continente europeo no se encuentra en el francés antiguo, y se considera que la voz holandesa STANDAARD es una imitación de la lengua inglesa.

El primer registro de la palabra STANDARD ocurre en el año 1138, en un enfrentamiento entre ingleses y escoceses denominado "Battle of Standard". El relator de la misma, Ricardo de Exham, refiere que fue llevado al campo de batalla un mástil de barco montado en una carretilla, y que contenía ciertas reliquias y banderas en la punta. El "STANDARD" fue derivado de la voz "STAND", ya que "allí se colocaba la gente para conquistar o morir"

Subyacente al origen militar del término, se encontró ya la idea de referencia. En años subsiguientes, ciertos monarcas se constituyen anatómicamente en patrones e referencia en actos de medición, lo que originó en su momento la frase popular "ESTANDARD DEL REY"

La primera significación como "ejemplar autorizado para medir o pesar" se presenta también en lengua inglesa en el año 1429, en un escrito relativo al peso de los objetos. En los años que siguieron, la popularidad del concepto continuó creciendo de manera considerable, hecho que se pone de manifiesto por el incremento regular del número de veces en que aparece en escritos de toda índole.

Desde su inicio, la idea de estandarización es un producto prácticamente original de la cultura inglesa, y las consecuencias sociológicas, históricas y económicas persisten hasta nuestros días. Conviene mencionar también, que en los siglos XVIII y XIX en ámbitos culturas semejantes, surgen las concepciones metodológicas de la "división del trabajo", las "partes intercambiables" y naturalmente la "producción masiva".. En otras palabras la industrialización con la estandarización como uno de sus pilares esenciales. La interrelación comercial y sus derivaciones económicas, dió pauta para que los países con mayor grado de desarrollo en la época, constituyen la primer organización internacional para la estandarización, dedicada específicamente a "los aparatos y máquinas eléctricas, y el dictámen sobre los mismos". Esta organización, la cual persiste hasta nuestros días se denominó COMISION ELECTROTECNICA INTERNACIONAL, y fue fundada en los Estados Unidos de América en el año de 1906. Posteriormente en el año 1932 se funda la FEDERACION INTERNACIONAL DE LAS ASOCIACIONES NACIONALES DE ESTANDARIZACION (abreviada ISA), cuya actividad principal consistió en la construcción de maquinaria y otras actividades relacionadas con la ingeniería mecánica. La segunda guerra mundial ocasiona que en el año 1942 se suspendan los trabajos de la ISA, los cuales pronto se reanudan en un nuevo organismo denominado COMITE DE COORDINACION DE ESTANDARES DE LAS NACIONES UNIDAS (abreviado UNSCC). En el año 1946 en la ciudad de Londres, 25 países deciden crear una organización mundial para "fomentar la coordinación y unificación internacional de la estandarización industrial". Se crea así en el año 1947 la ORGANIZACION INTERNACIONAL PARA LA ESTANDARIZACION (Abreviada ISO), la cual tiene en la actualidad como sede a la ciudad de Ginebra, -en Suiza.

En el presente, la ISO abarca gran cantidad de campos relacionados directa o indirectamente con la estandarización. En su seno opera un conjunto de Comités Técnicos, los cuales se dedican a temas específicos. Para que la ISO publique un Estándar Internacional, se efectúa el siguiente procedimiento un determinado Comité Técnico propone un tema en un

"Proyecto de Estandarización Internacional"; se encía a los Miembros ISO para su examen. Si un 75% de éstos aprueban el proyecto, entonces el Consejo ISO procede a editarlo como "Estándar Internacional".

El Comité Técnico TC 43 se encarga de los temas relacionados con la Acústica.

El Estándar Internacional ISO 1996 se denomina:

DESCRIPCIÓN Y MEDICION DEL SONIDO AMBIENTAL

Consta de tres partes:

PARTE 1. CANTIDADES Y PROCEDIMIENTOS BASICOS.

PARTE 2. ADQUISICION DE DATOS PERTINENTES AL USO DE SUELO.

PARTE 3. APLICACION A LOS LIMITES SONOROS.

La PARTE 1 fue editada en el año 1982; la PARTE 2 y la PARTE 3 se editaron en fechas diferentes, en el año 1987.

PARTE 1 CANTIDADES Y PROCEDIMIENTOS BASICOS.

0.0 INTRODUCCION

En el mundo actual, y en particular en el entorno de las actividades industriales, se generan emisiones sonoras de varios tipos. Las fuentes de las cuales provienen son muy variadas: trenes, vehículos en carreteras, plantas industriales, etc. Ello ha tenido como consecuencia que los diferentes tipos de sonidos sean valorados con diversos métodos de medición. La conversión de un método a otro no se encuentra exento de incertidumbre.

El sonido ambiental se encuentra compuesto por sonidos que se originan en múltiples fuentes, y la distribución espacial y temporal del campo acústico que ocasionan cambia de manera constante. El propósito de este Estándar Internacional consiste en que los métodos de medición sean aplicables a sonidos que provengan de una o varias fuentes. Se debe tener en consideración que la presencia de una o múltiples fuentes originan un único campo acústico, ya que se aplica el principio de la superposición.

En el presente estado de desarrollo, el NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE representa la cantidad básica. Los objetivos primarios de éste Estándar Internacional pueden ser resumidos en:

- Proporcionar a las autoridades competentes información metodológica viable para poder describir el sonido en los ambientes comunitarios:
- Permitir a las autoridades competentes especificar criterios de permisibilidad sonora aceptables.
- Facilitar a las autoridades competentes procedimientos que permitan verificar si los valores obtenidos en un determinado estudio concuerdan con los criterios definidos.

Sin embargo este Estándar Internacional ISO 1996 no proporciona criterios de permisibilidad sonora ambiental.

1 0 ALCANCE Y CAMPO DE APLICACION

Esta PARTE 1 define las cantidades básicas para poder describir el sonido en los ambientes comunitarios, y describe los procedimientos básicos que permiten obtenerlos.

2 0 REFERENCIAS

Se recomienda ampliamente a los lectores interesados la lectura y análisis de los siguientes Estándares Internacionales

ISO 1999	Acústica. Determinación de la exposición ocupacional sonora y la estimación del deterioro auditivo inducido por el sonido
ISO 3891	Acústica procedimiento para describir el sonido de los aviones en la tierra
IEC Publicación 651	Sonómetros
IEC Publicación 804	Sonómetros integradores promediadores

3.0 DEFINICIONES

3.1 PRESION ACUSTICA EFICAZ PONDERADA POR EL FILTRO "A"

Unidades de medición: Pascal.

Es la raíz de la media cuadrática de la presión acústica, obtenida ésta última con la red de ponderación "A".

3.2 NIVEL DE PRESION ACUSTICA

Unidades de medición dBNPA re. 2×10^{-5} Pa

Se encuentra dado por la siguiente fórmula:

$$NPA = 10 \log (p / p_0)^2$$

en donde:

- p:** presión acústica eficaz, o raíz de la media cuadrática de la presión acústica
Unidades de medición Pascal
- p₀:** presión acústica eficaz de referencia.
Valor constante de 2×10^{-5} Pa
Unidades de medición Pascal

3.3 NIVEL SONORO "A"

(NIVEL DE PRESION ACUSTICA PONDERADA POR EL FILTRO "A")

Unidades de medición: dB"A" o dBNS"A" re 2×10^{-5} Pa

Se encuentra dado por la siguiente fórmula

$$NS"A" = 10 \log (p_A / p_0)^2$$

en donde:

- p_A:** presión acústica eficaz ponderada por el filtro "A".
Unidades de medición Pascal

p_0 presión acústica eficaz de referencia.
Valor constante de 2×10^{-5} Pa
Unidades de medición Pascal

3.4 NIVEL PORCENTILO

Unidades de medición: dB"A"_{N,T} o dBNS"A"_{N,T} re. 2×10^{-5} Pa

Es el NIVEL SONORO "A" obtenido con la CARACTERISTICA DINAMICA DE INTEGRACION tipo RAPIDA (véase la Publicación IEC 651), el cual es excedido para N% del INTERVALO DE TIEMPO T considerado

Se representa como:

NS"A" _{N,T}

Por ejemplo, se tiene un INTERVALO DE TIEMPO de 1.5 horas de duración. Esto es:

$T = 1.5$ h

Supongamos que:

$N\% = 85 \%$

(lo que significa que se vá a obtener el valor, en dB"A" que excede el 85% del intervalo de 1.5 h)

Se representa éste ejemplo de la siguiente forma:

NS"A" 85%,1.5 h

NOTA:

En un intervalo específico de tiempo, se obtienen ciertos NIVELES PORCENTILOS

Si en los mismas condiciones de medición y mismas fuentes, se requieren obtener valores en otros INTERVALOS DE TIEMPO, los valores resultantes no siempre pueden ser extrapolados de los valores originales

3.5 NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE.

Unidades de medición: dB"A" NS"A"CE

Es el NIVEL SONORO "A" de un SONIDO TEORICO, de características ESTABLE en el tiempo, CONTINUO en un INTERVALO DE TIEMPO T específico, y que presenta el mismo valor que un SONIDO REAL cuyo NIVEL SONORO "A" instantáneo varía en el tiempo, al cual se le ha obtenido la media cuadrática en un INTERVALO DE TIEMPO T específico.

Se representa mediante la fórmula:

$$NS"A"CE_T = 10 \log \left[\left(\frac{1}{t_2 - t_1} \right) \int_{t_1}^{t_2} (p_A^2(t) / p_0^2) dt \right]$$

en donde.

T intervalo de tiempo dado por la diferencia:

$$T = t_2 - t_1$$

p₀ presión acústica eficaz de referencia.

Valor constante de 2×10^{-5} Pa

Unidad de medición: Pascal

p_A(t) nivel sonoro "A" instantáneo determinado del sonido original

NS"A"CE_T: nivel sonoro "A" continuo equivalente, obtenido en el intervalo de tiempo

$$T = t_2 - t_1$$

NOTAS:

1. El NS"A"CE también se puede denominar NIVEL SONORO "A" PROMEDIO en el INTERVALO DE TIEMPO "T"
2. El NS"A"CE también se emplea en valorar la exposición laboral a los sonidos.

3.6 NIVEL DE EXPOSICION SONORA

Unidades de medición: dBNS"A"E

Se aplica a eventos sonoros discretos, y está dado por la siguiente fórmula:

$$NS"A"E = 10 \log \left[\frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} (p_A^2(t) / p_0) dt \right]$$

en donde:

$p_A(t)$:	presión acústica instantánea, ponderada por el filtro "A". Unidad de medición: Pascal
p_0 :	presión acústica eficaz de referencia. Valor constante de 2×10^{-5} Pa Unidad de medición: Pascal
$t_2 - t_1$:	intervalo de tiempo fijado con anterioridad, suficientemente largo para abarcar todas aquellas variaciones sonoras de un determinado evento.
t_0	duración de referencia de 1 s

3.7 INTERVALO TEMPORAL DE MEDICION

Es aquel INTERVALO DE TIEMPO en el cual la presión acústica, elevada al cuadrado, y ponderada con el filtro "A", es integrada y promediada

3.8 INTERVALO TEMPORAL DE REFERENCIA

Es aquel INTERVALO DE TIEMPO en el cual puede ser referido el NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE en relación a un CRITERIO DE PERMISIBILIDAD. Esencialmente quién lo define es la normatividad nacional. Se especifica para el desarrollo de actividades humanas típicas y variaciones en la operación de fuentes sonoras.

3.9 INTERVALO DE PLAZO LARGO

Es un INTERVALO DE TIEMPO específico, en el cual los resultados de las mediciones sonoras son verdaderamente representativas. Consiste en un conjunto de INTERVALOS TEMPORALES DE REFERENCIA. Se emplea para describir el SONIDO AMBIENTAL, y sus valores se designan por las autoridades competentes.

3.10 NIVEL SONORO "A" PROMEDIO DE PLAZO LARGO

Es el promedio, en un INTERVALO TEMPORAL DE PLAZO LARGO, de los NS"A"CE de un conjunto de INTERVALOS TEMPORALES DE REFERENCIA comprendidos en un INTERVALO TEMPORAL DE PLAZO LARGO.

El promedio que se requiere se describe en la PARTE 2 del Estándar Internacional ISO 1996.

3.11 NIVEL AJUSTADO

Es el NS"A"CE obtenido en un INTERVALO DE TIEMPO ESPECIFICADO, y al cual se le realizaron ajustes específicos por las características tonales e impulsivas del sonido en cuestión.

3.12 NIVEL AJUSTADO PROMEDIO DE PLAZO LARGO.

Es el promedio efectuado en un INTERVALO TEMPORAL DE PLAZO LARGO de NIVELES AJUSTADOS, para un conjunto de INTERVALOS TEMPORALES DE REFERENCIA.

El promedio que se requiere se describe en la PARTE 2 del Estándar Internacional ISO 1996.

3.13 CATEGORIAS DE SONIDOS

3.13.1 SONIDO AMBIENTE.

Es el sonido circundante total que se presenta en una situación y tiempo dado, usualmente por sonidos de multitud de fuentes cercanas y retiradas.

3.13.2 SONIDO ESPECIFICO:

Es un componente del SONIDO AMBIENTE, el cual puede ser identificado en una forma distintiva por procedimientos acústicos, y que también puede encontrarse asociado con una fuente específica.

3.13.3 SONIDO INICIAL:

Es el SONIDO AMBIENTE prevaleciente en una determinada área, antes de efectuar cualquier modificación a la situación existente.

4.0 INSTRUMENTACION.

4.1 GENERAL

Un SISTEMA DE INSTRUMENTACION debe ser proyectado para determinar el NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE, tanto de manera directa como indirecta, o ambos en concordancia directa con la definición que se presenta en el inciso 3.5, o bien por algún proceso aproximado. La instrumentación debe cumplir con las especificaciones de los sonómetros. De preferencia debe emplearse el TIPO I, o cuando menos el TIPO 2, según el criterio expuesto en la Publicación 651 de la CEI. Los sonómetros integradores promediadores deben ser de la categoría P, como se especifica en la Publicación de la CEI. Cuando se emplea una instrumentación alternativa a la señalada con anterioridad, debe proporcionar ejecución equivalente en relación a:

- ponderación en frecuencia.
- ponderación en tiempo
- tolerancias.

La instrumentación puede comprender:

- a. sonómetro integrador promediador ajustado al filtro "A".
- b. medidor de nivel de exposición sonora para mediciones de nivel de exposición sonora de eventos discretos.
- c. sonómetro ajustado al filtro "A" y a la respuesta lenta "S".
- d. Registrador de datos de muestreo de valores inmediatos (en tiempo real) de unidad sonora "A" mediante el uso de la ponderación en respuesta rápida "F".
- e. Analizador para distribución estadística por muestreo de valores inmediatos (en tiempo real).

La instrumentación descrita en los incisos d y e también podría ser usada para obtener valores en niveles porcentiles.

NOTAS:

1. La instrumentación señalada en los incisos a y b es la preferida, y generalmente será usada para sonidos del tipo impulsivo, fluctuante o de carácter cíclico en general. Debe tenerse cuidado especial en asegurarse de que el intervalo dinámico sea suficientemente

grande, y que el ruido eléctrico inherente y la capacidad de saturación de estos instrumentos sea la apropiada para las aplicaciones concretas a los que se vean sometidos.

2. Cuando se use la instrumentación descrita en el inciso e, los INTERVALOS DE CLASE deben ser seleccionados en relación al intervalo global de los niveles de presión acústica. Sin embargo los INTERVALOS DE CLASE no deben exceder los 5 dB.

Diferentes maneras para determinar el NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE usando los diversos tipos de equipo son descritos en el inciso 5.4

4.2 CALIBRACION.

Todo el equipo debe ser calibrado, y la configuración empleada para la calibración debe ser acorde con las instrucciones del fabricante

Con ciertos intervalos de tiempo (p.e. anualmente) debe efectuarse una nueva calibración. Las autoridades responsables del uso que se haga de los resultados de las mediciones deben especificar la duración de éstos intervalos

Una "calibración de campo" debe hacerse por el usuario cuando menos inmediatamente antes y después de efectuar mediciones. De preferencia debe incluirse un examen acústico del micrófono.

(Se denomina el primer procedimiento "CALIBRACION MAYOR", el segundo "CALIBRACION MENOR").

5.0 MEDICIONES

5.1 GENERALIDADES

Los resultados de las mediciones descritas en este Estandar Internacional pueden ser usados para los propósitos descritos en detalle en los Estandares Internacionales relevantes. Es importante señalar que los detalles pertinentes de la instrumentación de medición.

procedimiento de medición y condiciones prevalecientes durante las mediciones son cuidadosamente registrados y mantenidos para propósitos de referencia. también deben darse referencias a los Estándares Internacionales que sean pertinentes.

NOTAS:

1. Cuando las señales medidas sean registradas en cinta magnética para propósitos de referencia y control, debe tenerse en cuenta que aún con grabadoras analógicas profesionales de gran calidad, el intervalo dinámico puede ser pequeño en relación al requerido por la instrumentación mencionada en los incisos a y b de la sección 4.1
2. En algunas circunstancias, el filtro "A" de ponderación en frecuencia es inadecuado para filtrar grandes niveles de infrasonidos que ocurren cerca de algunas instalaciones industriales, y determinadas formas de transporte, al igual que cerca de los edificios por turbulencias en el viento. Esto puede causar sobrecargas, las cuales si no son detectadas, la distorsión resultante en las frecuencias altas puede ser erróneamente atribuida a sonidos ambientales.

5.2 POSICIONES DE MEDICION.

La selección de posiciones específicas de medición. depende de los propósitos que conlleven las mediciones, como se señala en los Estándares Internacionales pertinentes.

5.2.1 MEDICIONES EXTERIORES

Si se requiere minimizar la influencia de las reflexiones, cuando sea posible las mediciones deben efectuarse alejadas cuando menos a 3.5 m de cualquier superficie reflectora (con excepción del piso). Cuando no se especifique otra cosa, la altura de medición preferida debe encontrarse comprendida entre 1.2 y 1.5 m por arriba del suelo. Otras alturas de medición pueden ser especificadas en otros estándares.

5.2.2 MEDICIONES EXTERIORES CERCA DE EDIFICIOS.

Estas mediciones deberán ser realizadas en lugares en donde el sonido, al cual se

expone el edificio, es de interés. Si no se especifica de otra forma, las posiciones preferidas de medición se deben encontrar entre 1.0 m y 2.0 m de la fachada, y entre 1.2 m y 1.5 m arriba del nivel del piso de interés.

5.2.3 MEDICIONES EN EL INTERIOR DE EDIFICIOS.

Estas mediciones deben ser realizadas en aquellos claustros en donde el sonido tenga interés. Si no se indica otra cosa, las posiciones preferidas de interés deben encontrarse cuando menos a 1.0 m de las paredes y otras estructuras reflejantes; también entre 1.2 m y 1.5 m por arriba del piso, y alrededor de 1.5 m de las ventanas.

5.3 EFECTOS METEOROLOGICOS.

Los niveles de sonido son afectas por las condiciones meteorológicas, especialmente cuando la distancia de transmisión es grande. Cuando sea posible que los niveles se vean afectados por las condiciones meteorológicas, deben ser medidas en alguna de las dos maneras descritas a continuación.

5.3.1 MEDICIONES PROMEDIADAS EN DIVERSAS CONDICIONES METEOROLOGICAS.

Los INTERVALOS TEMPORALES DE MEDICION son seleccionados en tal forma, que el NIVEL SONORO "A" PROMEDIO DE PLAZO LARGO es determinado en una variedad diversa de las condiciones meteorológicas que se pueden encontrar en (las) posición(es) de medición.

5.3.2 MEDICIONES EFECTUADAS EN CONDICIONES METEOROLOGICAS ESPECIFICAS.

Los INTERVALOS TEMPORALES DE MEDICION son seleccionados en tal forma, que las mediciones son tomadas únicamente en condiciones meteorológicas cuidadosamente especificadas. Normalmente, las condiciones

seleccionadas serán aquellas que resulten en la propagación sonora más estable, esto es, con componentes positivas de viento que provengan de la fuente a la(s) posición(es) de medición.

NOTA

En algunos casos puede ser posible determinar un nivel de presión acústica equivalente al obtenido bajo condiciones señaladas en el inciso 5.3, mediante la aplicación de correcciones a los valores obtenidos mediante el uso del método del inciso 5.3.2.

5.4 PROCEDIMIENTOS RECOMENDADOS PARA LA DETERMINACION DE NIVELES SONOROS "A" CONTINUOS EQUIVALENTES.

5.4.1 PROCEDIMIENTOS GENERALES RECOMENDADOS.

Los descriptores del sonido ambiental definidos en éste Estándar Internacional, pueden ser usados para una gran variedad de propósitos; como en la realidad se pueden presentar circunstancias muy variadas, se hace extremadamente difícil especificar en detalle procedimientos para cualquier caso particular.

Procedimientos para ciertos casos específicos serán descritos en los Estándares Internacionales relevantes. Sin embargo, es posible distinguir cuatro casos para los cuales sean aplicados mejor instrumentaciones diferentes. Estos casos se describirán en los incisos siguientes:

NOTA:

El uso de instrumentación integradora promediadora descrita en el inciso 4.1, secciones a y b, proporcionarán resultados correctos para todos los tipos de sonido. Para los casos simples, mostrados en los incisos 5.4.3. y 5.4.4 se pueden emplear sonómetros; para los casos 5.4.2 y 5.4.5 se pueden obtener resultados aproximados por los métodos de muestreo que utilizan el equipo descrito en los incisos 4.1, secciones d y c.

--

5.4.2 SONIDOS FLUCTUANTES

Para uso general, y especialmente si el sonido es FLUCTUANTE, el instrumento preferido es el SONOMETRO INTEGRADOR PROMEDIADOR o el MEDIDOR DE NIVEL DE EXPOSICION SONORA, en ambos casos los INTERVALOS DE TIEMPO ASOCIADOS DE MEDICION deben ser registrados. Alternativamente ANALISIS DE DISTRIBUCION ESTADISTICOS o de MUESTREO pueden ser usados.

5.4.2.1 MUESTREO DE NIVELES SONOROS "A", A TASAS DE MUESTREO $1/\Delta t$, EN EL INTERVALO DE TIEMPO $t_2 - t_1$.

EL NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE se obtiene empleando la fórmula siguiente:

$$NS^{\text{A}}CE_T = 10 \log \left[\left(\frac{1}{N} \right) \sum_{i=1}^N 10^{0.1 NS^{\text{A}}_i} \right]$$

en donde:

N: Número total de muestras

en la cual:

$$N = (t_2 - t_1) / \Delta t$$

NS^{A}_i : Valores muestreados de nivel sonoro "A", expresados en decibeles "A".

Δt : es el intervalo de tiempo que ocurre entre dos MUESTRAS SUCESIVAS registradas por el instrumento.

EL PERIODO DE MUESTREO puede influenciar grandemente la precisión del resultado, si este PERIODO no se encuentra suficientemente acoplado con la CONSTANTE DE TIEMPO DE INTEGRACION que proporciona el NIVEL DE PRESION ACÚSTICA. Un PERIODO DE MUESTREO menor que la

CONSTANTE DE TIEMPO de la instrumentación completa, generalmente proporcionará una buena aproximación a los resultados obtenidos con una verdadera integración.

5.4.2.2 El uso de la DISTRIBUCION ESTADISTICA mediante la observación de lecturas en el NIVEL SONORO "A", a INTERVALOS DE TIEMPO por una TECNICA DE MUESTREO.

Los INTERVALOS DE CLASE PARA LOS NIVELES SONOROS "A" deben ser seleccionados de manera acorde a el carácter del sonido; en la mayor parte de los casos, un intervalo de 5 dB"A" será apropiado.

El NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE se obtiene mediante la fórmula:

$$NS"A"CE = 10 \log \left[\left(\frac{1}{100} \right) \sum_{i=1}^n f_i 10^{0.1 NS"A"_{i(p.m.c)}} \right]$$

en donde.

- M: número de CLASES.
- f_i : porcentaje del INTERVALO DE TIEMPO para el cual el NIVEL SONORO "A" se encuentra dentro de los límites de la clase i
- $NS"A"_{i(p.m.c)}$: NIVEL SONORO "A" correspondiente al punto medio de clase (en unidades adimensionales dB"A")

5.4.3 SONIDOS ESTABLES

Si el sonido es ESTABLE durante el periodo de interés*, las mediciones deben llevarse a cabo con un sonómetro que cumpla con la Publicación 651 de la CEI (debe ser del tipo 1 o del tipo 2) Deben ser usados el filtro de ponderación en frecuencia "A" y la respuesta lenta "S"

La lectura debe tomarse como el promedio de las deflexiones del medidor. Si las lecturas del medidor fluctúan en variaciones mayores a 5 dB, el sonido no puede considerarse estable.

5.4.4. SONIDOS ESTABLES CON VARIACIONES DE NIVEL POR TRANSICION.

Si el sonido es ESTABLE, pero ocurre en un determinado número de valores claramente distinguibles de NIVELES DE PRESION ACUSTICA, entonces cada NIVEL puede ser medido de manera separada como SONIDO ESTABLE, y las duraciones asociadas con cada NIVEL pueden ser determinadas, permitiendo así el cálculo del NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE mediante la fórmula:

$$NS^A_{CE_T} = 10 \log \left[\left(\frac{1}{T} \right) \sum_{i=1}^n T_i 10^{0.1 NS^A_i} \right]$$

en donde:

T_i : INTERVALO DE TIEMPO, Duración del nivel i-ésimo.

$T = \sum T_i$: INTERVALO DE TIEMPO TOTAL.

NS^A_i : el NIVEL SONORO "A" prevaleciente durante el INTERVALO DE TIEMPO T_i .

5.4.5 EVENTOS SONOROS SEPARADOS

Cuando un AMBIENTE SONORO es el resultado de un número de eventos sonoros identificables, el NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE puede ser calculado por los NIVELES DE EXPOSICION SONORA de los eventos individuales que ocurren dentro de un periodo de tiempo T.

--

$$NS"A"CE = 10 \log \left[(t_0 / T) \sum_{i=1}^n 10^{0.1 NES"A"i} \right]$$

en donde:

$NES"A"i$: NIVEL DE EXPOSICION SONORA del evento i -ésimo, en una serie de M eventos, en el periodo de tiempo T .

T : Período de tiempo T , en segundos (s).

$t_0 = 1 \text{ s}$

Si el sonido consiste en una sucesión de eventos similares, discretos, que presentan valores iguales en NIVEL DE EXPOSICION SONORA, pueden ser medidos por cualquiera de los métodos proporcionados en el inciso 5.4.2, cubriendo un número entero de ciclos completos de sonidos.

Alternativamente, el NIVEL DE EXPOSICION SONORA de un ciclo de sonido ($NES"A$), puede inicialmente ser medido por medio de un MEDIDOR DE NIVEL EXPOSICION SONORA (vease el inciso 4.1, sección b), y posteriormente convertir la lectura obtenida a NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE por medio de la fórmula:

$$NS"A"CE = NES"A" + 10 \log M - 10 \log (T / t_0)$$

en donde:

M : número de ciclos que ocurren el INTERVALO DE TIEMPO T .

$t_0 = 1 \text{ s}$

5.5 AJUSTES Y CONCORDANCIAS

Las mediciones descritas en ésta Estándar Internacional son designadas para promocionar descripciones confiables del sonido ambiente. Para valorar las reacciones humanas al sonido, algunas veces es necesario efectuar ajustes a los valores medidos, para poder arribar a bases más significativas para la valoración. Cuando tales ajustes se han efectuado al valor del NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE, entonces lo obtenido se denomina NIVEL AJUSTADO, el cual se representa como:

$$NS"A"_{a,T}$$

(véase el inciso 3.11)

6.0 LA INFORMACION QUE DEBE SER REGISTRADA

Además de las mediciones acústicas, la información requerida en el inciso 6.1 debe ser registrada y mantenida para propósitos de referencia. La información requerida en los incisos 6.2 y 6.3 si es relevante, también debe ser registrada.

6.1 TECNICA DE MEDICION

- a. Tipo de instrumentación, procedimiento de medición, y cualquier tipo de cálculo empleado.
- b. Descripción del aspecto temporal de las mediciones, es decir, los INTERVALOS TEMPORALES DE REFERENCIA Y MEDICION. Deben incluirse también los criterios y detalles del muestreo.
- c. Posiciones de medición.

6.2 CONDICIONES PREVALECIENTES DURANTE LAS MEDICIONES.

- a. Condiciones atmosféricas: dirección de la velocidad del viento; lluvia; temperatura a nivel del suelo y a otros niveles; presión atmosférica: humedad relativa.
- b. Naturaleza y estado del suelo entre la(s) fuente(s) sonora(s) y la(s) posición(es) de medición.
- c. Variabilidad de la emisión de fuentes sonoras.

6.3 DATOS CUALITATIVOS.

Datos como los siguientes, pueden ser significativos para la interpretación de los resultados

- a. La posibilidad de la localización del origen del sonido.
- b. La posibilidad de la identificación de la fuente sonora.
- c. La naturaleza de la(s) fuente(s) sonora(s).
- d. El carácter del sonido.
- e. Las connotaciones del sonido.

PARTE 2 ADQUISICIÓN DE DATOS PERTINENTE AL USO DEL SUELO.

0 0 INTRODUCCIÓN

Esta PARTE 2 contiene los métodos para poder medir y describir el sonido ambiente, relevante al uso del suelo

Los métodos de medición comprendidos son.

- Integración continua.
- Técnicas de muestreo.
- Mediciones realizadas bajo condiciones meteorológicas especiales.

Podrán emplearse también:

- Métodos especiales de cálculo
- Investigaciones en modelos a escala

Si se tienen métodos para adquirir datos confiables, se puede describir el sonido ambiente. Esto puede a su vez permitir que las autoridades establezcan sistemas para seleccionar el uso del suelo en lo relativo a:

- Áreas específicas.
- Fuentes sonoras existentes o de planeación ulterior.

Esta PARTE 2 no proporciona guías relativas a

- ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE GLOBAL DE LOS RESULTADOS.
- LIMITES SONOROS

IMPORTANTE:

Se recomienda en cada caso individual, ESTIMAR LA INCERTIDUMBRE GLOBAL DE LOS RESULTADOS.

10 ALCANCE Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta PARTE 2 describe métodos para adquirir datos que permitan obtener DESCRIPTORES para:

- a. Describir de manera uniforme el SONIDO AMBIENTE en una superficie determinada de suelo, y
- b. Establecer la compatibilidad de cualquier actividad, actual o proyectada, del uso del suelo con el AMBIENTE SONORO actual o planeado.

2.0 REFERENCIAS

Se recomienda ampliamente al lectores interesados la lectura y análisis de los siguientes Estándares Internacionales

ISO 1996	Acústica. Descripción y medición del sonido ambiental. Parte 1.
IEC Publicación 651	Sonómetros.
IEC Publicación 804	Sonómetros integradores promediadores.

3 0 DEFINICIONES

Además de las definiciones expresadas en la PARTE 1, se deben agregar:

3.1. USO DE SUELO

Es el uso actual o que se pretende para una superficie de suelo específica, delineada.

3.2. FRANJA SONORA

Es aquella región en donde el NIVEL AJUSTADO PROMEDIO DE PLAZO LARGO se incrementa entre dos niveles específicos, por ejemplo, 65 y 70 dB"A".

3 3 RECEPTOR EXPUESTO

Es una persona, o grupo de personas, que se encuentran expuestas al AMBIENTE SONORO.

4 0 ADQUISICIÓN DE DATOS

Se requiere la siguiente información básica.

- a. Descripción geográfica del área en consideración.
- b. Descripción de las características principales de las fuentes sonora relevantes a esta área;
- c. Descripción de la posición del RECEPTOR EXPUESTO, especificando localización geográfica en la que se encuentra, características y uso del entorno inmediato al suelo en consideración.

NOTA: De ser posible, agregar información de las condiciones meteorológicas prevalecientes en el suelo en consideración, la cual debe incluir preferencialmente datos estadísticos en: velocidad y dirección del viento; precipitaciones fluviales y temperatura, ocurrencia de inversiones térmicas en intervalos de tiempo típicos (por ejemplo, anuales)

4.1 DATOS METEOROLÓGICOS

4.1.1 GENERALES

Los datos acústicos básicos son.

- NIVELES SONOROS "A" CONTINUOS EQUIVALENTES, determinados en INTERVALOS TEMPORALES DE REFERENCIA.
- CARACTERÍSTICAS DE LOS SONIDOS; y
- NIVELES AJUSTADOS para los mismos INTERVALOS TEMPORALES DE REFERENCIA.

4.1.2 NIVELES AJUSTADOS.

EL NIVEL AJUSTADO debe ser determinado en intervalos temporales de referencia relacionados con las características de la fuentes (SONIDOS) y RECEPTORES EXPUESTOS.

EL NIVEL AJUSTADO (abreviado $NS"A"_{a,T}$), para cada INTERVALO TEMPORAL DE REFERENCIA, se encuentra dado por la fórmula:

$$(NS"A"_{a,T})_i = (NS"A"CE_T)_i + k_{1i} + k_{2i}$$

en donde:

$(NS"A"CE_T)_i$: NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE durante el i-ésimo INTERVALO TEMPORAL DE REFERENCIA.

k_{1i} : AJUSTE TONAL, aplicable al i-ésimo INTERVALO TEMPORAL DE REFERENCIA.

k_{2i} : AJUSTE POR IMPULSOS, aplicable al i-ésimo INTERVALO TEMPORAL DE REFERENCIA.

NOTA: Si las características TONALES o POR IMPULSOS se encuentran presentes únicamente por sólo una fracción del INTERVALO TEMPORAL DE REFERENCIA, los valores k_1 y k_2 pueden ser ajustados para tener en cuenta la duración

4.1.3 AJUSTE TONAL k_1

Si los COMPONENTES TONALES son características esenciales del SONIDO en un INTERVALO TEMPORAL DE REFERENCIA, se puede aplicar un ajuste, para ese INTERVALO TEMPORAL, AL NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE medido. Debe especificarse el valor del ajuste.

NOTAS: En algunos casos prácticos, un COMPONENTE NORMAL prominente puede ser detectado en un espectro de un tercio de octava, si el nivel de una banda de un tercio de octava excede el nivel de bandas adyacentes por 5dB"A" o más. Sin embargo, un análisis de frecuencia en banda angosta puede ser requerido para detectar con precisión la ocurrencia de uno o más componentes tonales en un sonido. Si los COMPONENTES TONALES son claramente audibles, y su presencia puede ser detectada en análisis tercios de octava, los ajustes pueden ser de 5 a 6 dB"A". Si los componentes son únicamente apenas perceptibles por un observador, y se pueden demostrar en análisis de frecuencia en banda angosta, un ajuste de 2 a 3 dB"A" puede ser apropiado.

4.1.4 AJUSTE POR IMPULSOS k_2

Si una de las características del sonido examinado son los IMPULSOS en un INTERVALO TEMPORAL ESPECIFICO, se puede aplicar un ajuste para ese INTERVALO TEMPORAL, al NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE medido. Debe especificarse el valor del ajuste.

NOTAS:

1. Uno de los métodos que se pueden emplear para medir las características impulsivas del sonido dentro un INTERVALO TEMPORAL ESPECIFICO, consiste en medir la diferencia entre:

- el NIVEL SONORO "A", determinado con la característica dinámica de integración I ("impulso") promediada sobre el mismo INTERVALO TEMPORAL, y

- el NS "A" CE_T.

Los NIVELES DE PRESIÓN ACÚSTICA deben ser determinados de manera simultánea.

El carácter de los SONIDOS puede ser ilustrado también determinando, durante el INTERVALO TEMPORAL ESPECIFICO:

- NIVEL PICO; y
- No. de IMPULSOS.

2. Para SONIDOS DE GRAN MAGNITUD como explosiones por extracción de materiales en minas y canteras, en algunos países se emplea el registro del NIVEL SONORO "C" para determinar el NIVEL DE AJUSTE.

4.2 AJUSTES METEOROLÓGICOS

Examínese la sección 5.3 de la PARTE 1 del Estándar Internacional ISO 1996.

4.3 NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE PROMEDIO DE PLAZO LARGO. (NIVEL SONORO "A" PROMEDIO DE PLAZO LARGO)

Unidades de medición: dB"A"

EL NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE PROMEDIO DE PLAZO LARGO, para un INTERVALO TEMPORAL DE REFERENCIA, se encuentra dado por la siguiente formula:

$$NS^{\prime\prime}A^{\prime\prime}CE_{pTPL} = 10 \log \left[\left(\frac{1}{N} \right) \sum_{i=1}^N 10^{0.1(NS^{\prime\prime}A^{\prime\prime}CET)_i} \right]$$

en donde:

- | | |
|--|--|
| N | número de muestras del INTERVALO TEMPORAL DE REFERENCIA. |
| (NS ^{''} A ^{''} CE _T) _i | NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE en la muestra i-ésima. |

4.4. NIVEL AJUSTADO PROMEDIO DE PLAZO LARGO

Unidades de medición: dB"A"

EL NIVEL AJUSTADO PROMEDIO DE PLAZO LARGO, para un INTERVALO TEMPORAL DE REFERENCIA, se encuentra dado por la siguiente formula:

$$NS''A''_{ap,TPL} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1(NS''A''_{a,T}i)} \right]$$

en donde:

N: número de muestras del INTERVALO TEMPORAL DE REFERENCIA.

$(NS''A''_{a,T})_i$: NIVEL AJUSTADO en la muestra i-ésima.

4.5 NIVEL PORCENTILO

En algunos casos, puede ser apropiado describir una cierta situación sonora mediante el uso de:

- NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE; y
- distribución estadística de los NIVELES SONOROS "A".

Esto puede lograrse mediante NIVELES PORCENTILOS tales como:

- ◆ NS"A" 95,T
- ◆ NS"A" 50,T
- ◆ NS"A" 5,T

5.0 La determinación específica del NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE PROMEDIO DE PLAZO LARGO y el NIVEL AJUSTADO PROMEDIO DE PLAZO LARGO

5.1 GENERAL

La técnica de medición empleada depende de la naturaleza de las FUENTES SONORA, de los RECEPTORES EXPUESTOS y las implicaciones en el uso del suelo.

La técnica de medición se compone de factores tales como:

- número de posiciones en los cuales se colocan los micrófonos
- número y duración de los INTERVALOS TEMPORALES DE MEDICIÓN.

Los resultados deben incluir condiciones acústicas de excepción en función del ambiente sonoro regular en el predio.

5.2 INSTRUMENTACIÓN

Los sonómetros deberán cumplir con las especificaciones señaladas en la Publicación 651 de la IEC. Podrán ser del tipo 1 (o cuando menos del tipo 2)

Los sonómetros integradores promediadores deberán cumplir con las especificaciones señaladas en la publicación 804 de la IEC

Cuando se utilizan dispositivos de registro, (por ejemplo grabadoras digitales o analógicas, su efecto en la precisión de las mediciones deberá ser tenido en consideración)

5.3 LOCALIZACION Y NUMERO DE LAS POSICIONES DE MEDICION

5.3.1 GENERAL

Las posiciones de medición deberán ser localizadas con precisión en un mapa del lugar. Su localización y número dependerá de la resolución espacial adquirida para el ambiente en consideración.

Las posiciones de medición podrán:

- a. Seleccionarlas en lugares espaciados aproximadamente iguales en el predio en consideración, como por ejemplo en las intersecciones dadas por líneas de en un mapa.

Los valores obtenidos (por ejemplo dB A), colocados en el sitio respectivo en el mapa, podrán ser interpolados en franjas o contornos de "isonivel"

- b. Ser representativos del nivel promedio de una área o zona específica, en la cual deben tenerse en consideración características topográficas, barreras acústicas, etc
- c. Encontrarse en localizaciones que caractericen el sonido resultante de emisiones provenientes de fuentes diversas, las cuales puedan ser identificadas en el área en consideración. Esto permitirá determinar el sonido, por medio de cálculos de preparación sonora, el sonido en otras áreas.

5.3.2 LA POSICIÓN DE LOS MICRÓFONOS

La altura del micrófono debe ser seleccionada acorde a la altura real o esperada del **RECEPTOR EXPUESTO**. En superficies potencialmente erectas, la altura de medición preferida será de 3 a 11 m. En otros casos, vease el inciso 5.2.1 en ISO 1996 PARTE 1.

NOTA: Al seleccionar alturas de medición mayores, la influencia de los efectos del suelo y las barreras bajas se reducen, por lo que mejora la reproducibilidad de los valores medidos. En estas condiciones el nivel medido generalmente será mayor que cuando se efectúa cerca del piso.

En el caso de mediciones exteriores cerca de edificios, estas podrán efectuarse en localizaciones en donde el sonido, al cual se expone el edificio, es de interés.

A menos que se especifique lo contrario, las posiciones de medición preferidas deberán ser:

- de 1.0 a 2.0 m de la fachada.
- de 1.2 a 1.5 m de altura en relación al piso de interés.

Si se requiere minimizar la influencia de las reflexiones, siempre que sea factible las mediciones deben efectuarse cuando menos a 3.5 m lejos de cualquier superficie reflectora y 0.5 m en frente de una ventana abierta.

NOTAS. Si las mediciones se efectúan enfrente de una fachada (entre 1.0 y 2.0 m) de un edificio, y el ESPECTRO SONORO es del tipo banda ancha, sin la presencia de bandas angostas dominantes, nivel de presión acústica incidente se le restan 3dB al valor medido.

Si las mediciones se efectúan en el plano de la fachada cuando menos a 3.5m del borde de la fachada, no es necesario realizar correcciones a los valores obtenidos.

Para caracterizar los efectos de las paredes de un determinado edificio, el agregar 3 dB a los valores de campo libre puede ser útil para determinar el NIVEL DE PRESION ACUSTICA cerca de las paredes.

Siempre se debe especificar las alturas en la que se colocaron los micrófonos en un informe de pruebas. El micrófono debe orientarse en aquella posición en sea lo más sensible de manera uniforme al sonido incidente.

5.3.3 LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE ENTRECruzAMIENTO EN UN ÁREA

La densidad de puntos de entrecruzamiento en un área depende de: la resolución espacial requerida por el estudio y las variaciones espaciales en el NIVEL DE PRESION ACUSTICA del ambiente sonoro. Obviamente éstas variaciones son mayores tanto en la vecindad de fuentes como en los obstáculos.

En general, puede afirmarse que la diferencia entre puntos de entrecruzamiento adyacentes, no debe ser mayor a 5dB. Si se encontraran diferencias significativas, deben utilizarse puntos de entrecruzamiento intermedios.

5.3.4 LOCALIZACIONES REPRESENTATIVAS DE UNA SUPERFICIE

Si las variaciones espaciales del NIVEL DE PRESION ACUSTICA son pequeñas, o bien una pequeña área se encuentra en consideración, se deberán seleccionar localizaciones tales que sean representativas de toda el área.

Se recomienda efectuar reconocimientos preliminares, antes para identificar los lugares de medición.

5.3.5 LOCALIZACIONES USADAS PARA LA DESCRIPCIÓN DE FUENTES

Supongamos que se requiere valorar las contribuciones de varias fuentes sonoras individualmente, se deben seleccionar posiciones de medición en la vecindad de cada fuente para reducir la influencia de las otras.

En caso de fuentes sonoras aisladas, se pueden estimar los NIVELES DE PRESION ACUSTICA por extrapolación e interpolación, teniendo en consideración la atenuación resultante como consecuencia, entre otros:

- Extensión geométrica del sonido.
- Absorción atmosférica.
- Efectos de suelo.

NOTA: Si se cuenta con un modelo apropiado de propagación sonora, el número de puntos de medición puede ser reducido por interpolación.

5.4 SELECCIÓN DE INTERVALOS TEMPORALES

5.4.1 INTERVALO TEMPORAL DE REFERENCIA

Antes de tomar cualquier decisión, se requiere examinar las condiciones sonoras generales en períodos de tiempo relativamente grandes, en los cuales se pueden efectuar mediciones preliminares.

En el caso de plantas industriales se debe recabar información relativa a:

- Variaciones en la operación de las fuentes (por ejemplo densidad de tráfico, horas de trabajo, etc).
- Actividades típicas de los trabajadores

Los INTERVALOS TEMPORALES DE REFERENCIA deben especificarse en función de los datos adquiridos.

En el caso de actividades humanas de la población, los INTERVALOS TEMPORALES DE REFERENCIA pueden seleccionarse en función de actividades que presenten ciertas regularidades:

- Día
- Noche
- Tardes
- Fiestas

Para cada caso, se pueden establecer INTERVALOS TEMPORALES DE REFERENCIA. Cuando se desarrollan actividades humanas diferentes en un INTERVALO TEMPORAL DE REFERENCIA en función del tiempo en el que se llevan al cabo, se puede introducir un ajuste a los niveles generados en éstas circunstancias al determinar el NIVEL AJUSTADO para ese INTERVALO TEMPORAL DE REFERENCIA. En el informe de pruebas se deben registrar los INTERVALOS a los cuales se realizan ajustes.

5.4.2 INTERVALO TEMPORAL DE PLAZO LARGO

Para propósito de uso de suelo, es responsabilidad de la autoridad especificar el INTERVALO TEMPORAL DE PLAZO LARGO. Su selección se encuentra relacionada con el control sonoro como objetivo, la naturaleza y la actividad del RECEPTOR EXPUESTO; la operación de las fuentes, y las variaciones en las condiciones de propagación.

NOTA La selección del INTERVALO TEMPORAL DE PLAZO LARGO debe cubrir variaciones de plazo largo en las emisiones sonoras. De hecho puede tener un orden de varios meses de duración.

5.4.3 INTERVALOS TEMPORALES DE MEDICIÓN

5.4.3.1 Deben seleccionarse INTERVALOS TEMPORALES DE MEDICIÓN en tal forma que todas las variaciones significativas de la emisión y transmisión sonora sean cubiertas. La selección de los INTERVALOS TEMPORALES DE MEDICIÓN debe ser realizada de tal manera que al NIVEL SONORO "A" PROMEDIO DE PLAZO LARGO o el NIVEL AJUSTADO PROMEDIO DE PLAZO LARGO sean determinados con la exactitud apropiada.

5.4.3.2 Si el sonido presenta periodicidades claras, los INTERVALOS TEMPORALES DE MEDICIÓN deberán cubrir cuando menos un periodo. Si no se pueden hacer mediciones continuas en este periodo, los INTERVALOS TEMPORALES DE MEDICIÓN se deben escoger para que cada uno represente una parte específica de un ciclo, de tal manera que juntos representen un ciclo completo.

--

Si el sonido varía en transiciones, los INTERVALOS TEMPORALES DE MEDICIÓN se deben seleccionar de tal manera que cada uno represente un periodo en el cual el NIVEL SONORO "A" considerado permanezca estable, aún cuando sea de manera aproximada.

Si el sonido varia al azar, los INTERVALOS TEMPORALES DE MEDICIÓN se deben seleccionar de tal manera que proporcionen un número suficiente de muestras independientes para dar una estimación significativa del NIVEL SONORO "A" PROMEDIO DE PLAZO LARGO

5.4.3.3 Para facilitar las comparaciones entre los resultados, puede ser conveniente llevar al cabo mediciones en condiciones meteorológicas que pudieran ser predecibles, y que correspondan a las situaciones en que ocurren propagaciones sonoras estables.

En particular cuando ocurre una fuente dominante puede ser conveniente seleccionar condiciones meteorológicas que correspondan a propagaciones acrecentadas de la fuente al RECEPTOR EXPUESTO y/o a la superficie específica, y adoptar INTERVALOS TEMPORALES DE MEDICIÓN correspondiente a las condiciones siguientes:

- Dirección del viento dentro un ángulo de +/- 45° en la dirección que conecta el centro de la fuente sonora dominante y el centro del área específica, con el viento soplando de la fuente al receptor,
- Velocidad del viento entre 1 y 5 m/s, medido a una altura de 3 a 11 m por arriba del suelo;
- No deben ocurrir inversiones térmicas cerca del suelo; y
- No deben ocurrir grandes precipitaciones fluviales

NOTAS:

1.- Siempre debe existir la seguridad de que el sonido que produce el flujo del viento en el micrófono no interfiera con las indicaciones.

2.- Siempre existirán diferencias sistemáticas entre los resultados de las mediciones en condiciones meteorológicas selectas, y aquellos en condiciones meteorológicas oleatorias. Si se realizan ajustes meteorológicos al NIVEL AJUSTADO, se pueden compensar estas diferencias sistemáticas

5.5 ADQUISICIÓN DE DATOS ACÚSTICOS

5.5.1 GENERAL

Los datos acústicos son adquiridos durante el INTERVALO TEMPORAL DE MEDICIÓN. Se pueden usar dos métodos para adquirir datos:

5.5.2 MÉTODO 1 INTEGRACIÓN CONTINUA.

En éste método, el INTERVALO TEMPORAL DE MEDICIÓN cubre completamente al INTERVALO TEMPORAL DE REFERENCIA, excepto en INTERVALOS DE TIEMPO en donde las condiciones de medición puedan llevar a resultados erróneos (por ejemplo en periodos de fuerte viento, lluvia, y la presencia de sonidos extraños a las condiciones normales.

NOTA: Este método proporciona la mayor precisión pero la ganancia obtenida en relación al método de muestreo, no siempre puede justificarse por los esfuerzos tremendos que es necesario efectuar para realizarlo.

5.5.3 MÉTODO 2. TÉCNICAS DE MUESTREO.

Los valores de PLAZO LARGO de los NS"A"CE, y el NIVEL AJUSTADO son calculados por medio de muestras de INTERVALOS TEMPORALES DE MEDICIÓN dentro de INTERVALOS TEMPORALES DE REFERENCIA.

En éste caso, el INTERVALO TEMPORAL TOTAL DE MEDICIÓN será únicamente una fracción del INTERVALO TEMPORAL DE REFERENCIA, y consistirá en un número de INTERVALOS TEMPORALES distintos, separados por intervalos en donde no se efectúe ninguna medición.

5.6 NIVEL SONORO "A" PROMEDIO DE PLAZO LARGO Y NIVEL AJUSTADO PROMEDIO DE PLAZO LARGO.

De los resultados obtenidos en los incisos 5.2. a 5.5, el NIVEL SONORO "A" PROMEDIO DE PLAZO LARGO puede ser calculado como se indica en el inciso 4.3; el NIVEL AJUSTADO PROMEDIO DE PLAZO LARGO puede ser calculado como se indica en el inciso 4.4

6.0 PREDICCIÓN DE NIVELES SONOROS

En muchos casos, el propósito de describir al sonido ambiental se realiza para poder predecir sonidos que se originan de emisiones planeadas, aún cuando no existan en el presente. Se debe tener mucho cuidado con el empleo de modelos predictorios de sonidos ambientales.

7.0 FRANJAS SONORAS. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Las FRANJAS SONORAS son una forma muy útil de manejo de datos. Se recomienda que contornos indiquen las fronteras entre franjas que comprendan valores en múltiplos de 5dB. Para referir las franjas será suficiente señalar el valor superior y el valor inferior.

NOTA:

En el inciso 7.0, tabla 1 y tabla 2, se muestran los valores de las franjas y colores correspondientes que deben emplearse al construirlos en mapas (exámínese el Estándar Internacional ISO 1996 PARTE 2).

8.0 INFORMACIONES QUE DEBEN SER REGISTRADAS EN UN PROTOCOLO DE MEDICIÓN

8.1 TÉCNICA DE MEDICIÓN

- a. Tipo de instrumentación.
- b. Procedimiento de medición.
- c. Procedimiento de cálculo.
- d. Descripción del aspecto temporal de las mediciones, (INTERVALOS TEMPORALES DE MEDICIÓN Y REFERENCIA, MUESTREO, etc.).
- e. Lugares de medición.

8.2 CONDICIONES PREVALECIENTES DURANTE LAS MEDICIONES

- a. Condiciones meteorológicas descritas por dos conjuntos de datos.

1. Datos cualitativos como lluviosidad, resequedad, nublado, asoleado, etc.

2 Datos cuantitativos como:

- Humedad relativa
- Gradiente térmico (medido entre 1.0 y 11.0 m por arriba del suelo)
- Dirección y velocidad del viento, medidos en tal forma que los datos sean representativos de la propagación sonora de la fuente al RECEPTOR EXPUESTO durante el INTERVALO TEMPORAL DE MEDICIÓN, a menos que se especifique lo contrario, éstas medidas deben efectuarse fuera de los edificios, a alturas entre 3.0 y 11.0 m en relación al piso.

b. La naturaleza y el estado del piso entre las fuentes sonoras y los lugares de medición.

c. La variabilidad en la emisión sonora.

8.3 DATOS CUALITATIVOS

a. El propósito de las mediciones.

b. El propósito de los cálculos.

c. Descripción de las fuentes sonoras.

d. Descripción del receptor.

e. Características de los sonidos.

f. Implicaciones de los sonidos.

g. Para la zona en cuestión:

- Mapa que contenga las franjas sonoras.

Descripción del modo de preparación empleado.

h. Características geográficas del suelo en cuestión.

i. Uso del suelo (actual y previsto).

8.4 DATOS CUANTITATIVOS

a. Para cada INTERVALO TEMPORAL DE REFERENCIA, anotar el NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE correspondiente.

b. Los NIVELES AJUSTADOS para cada INTERVALO TEMPORAL DE REFERENCIA.

c. NIVEL SONORO "A" PROMEDIO DE PLAZO LARGO.

Estimar la variabilidad (de preferencia la desviación estándar de las mediciones en INTERVALOS TEMPORALES DE REFERENCIA para las condiciones establecidas), junto con el número de mediciones, las fórmulas y las cantidades acústicas implicadas.

d. NIVEL AJUSTADO PROMEDIO DE PLAZO LARGO.

Estimar la variabilidad (de preferencia la desviación estándar de las mediciones en INTERVALOS TEMPORALES DE REFERENCIA para las condiciones establecidas), junto con el número de mediciones, las fórmulas y las cantidades acústicas implicadas.

PARTE 3 APLICACIÓN A LOS LÍMITES SONOROS

0 0 INTRODUCCIÓN

Esta PARTE 3 propone guías generales para la forma en que deben especificarse LÍMITES SONOROS, y describe procedimientos para comprobar la concordancia (o el, desacuerdo) con los mismos. Se asume que las autoridades competentes son quienes establecen los LÍMITES SONOROS, los cuales constituyen parte de reglamentos.

La PARTE 3 no establece LÍMITES SONOROS específicos. Para aquellas situaciones en las que se encuentren implicados daños auditivos, consultese la ISO 1999.

1.0 ALCANCE Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta PARTE 3 establece guías generales para especificar LÍMITES SONOROS, y describe métodos para adquirir datos que permita verificar situaciones específicas, para determinar la concordancia con LÍMITES SONOROS específicos

2.0 REFERENCIAS

Se recomienda ampliamente al lector interesado la lectura y análisis de los siguientes Estándares Internacionales:

ISO 1996	Acústica Descripción y medición del sonido ambiental Parte 1 y Parte 2.
IEC Publicación 651	Sonometros
IEC Publicación 804	Sonometros integradores promediadores

3.0 DEFINICIONES

Se aplican todos los contenidos en la PARTE I.

4.0 ESPECIFICACIONES DE LOS REQUERIMIENTOS SONOROS

4.1 GENERALES

Los LÍMITES SONOROS se deben especificar en términos de los NIVELES SONOROS "A" CONTINUOS EQUIVALENTES o NIVELES AJUSTADOS, durante INTERVALOS AJUSTADOS y localizaciones apropiadas a fuentes sonoras y condiciones específicas.

Los reglamentos que incluyan LÍMITES SONOROS deben comprender un número de elementos básicos, los cuales definen inequívocamente las circunstancias en las cuales pueda verificarse su cumplimiento

Los elementos requeridos son.

- a. Descriptores sonoros;
- b. INTERVALOS TEMPORALES relevantes;
- c. Fuentes sonoras y condiciones de operación;
- d. Sitios en los cuales se requiere verificar los LÍMITES SONOROS;
- e. Condiciones meteorológicas; y
- f. Criterios para valorar el cumplimiento con los límites.

4.2 ESPECIFICACIÓN DE LÍMITES SONOROS

4.2.1 DESCRIPTORES SONOROS

El descriptor preferido para los LÍMITES SONOROS, es el NIVEL SONORO "A" CONTINUO EQUIVALENTE o NIVEL AJUSTADO, durante INTERVALOS TEMPORALES DE REFERENCIA

Cuando se establezcan límites a eventos sonoros, se deben especificar en términos del NIVEL DE EXPOSICIÓN SONORA.

4.2.2 INTERVALOS TEMPORALES RELEVANTES

Se deben seleccionar en función de actividades humanas típicas y variaciones en la operación de fuentes sonoras.

Los niveles sonoros provenientes de las fuentes en consideración pueden tener grandes variaciones en los lugares seleccionados. Esta situación puede originar el tener que realizar mediciones durante un número de INTERVALOS TEMPORALES DE REFERENCIA, para establecer un NIVEL SONORO "A" PROMEDIO DE PLAZO LARGO que sea representativo o bien un NIVEL AJUSTADO DE PLAZO LARGO. El número de muestras del INTERVALO TEMPORAL DE REFERENCIA requerido dependerá de la amplitud de la variación.

EL INTERVALO TEMPORAL DE PLAZO LARGO deberá tomar en consideración variaciones en la emisión y en la propagación sonora.

4.2.3 FUENTES SONORAS Y SUS CONDICIONES DE OPERACIÓN

Se deben especificar la fuente o las fuentes a las cuales se apliquen estos límites sonoros junto con sus condiciones de operación.

4.2.4 LUGARES DE MEDICIÓN

Las localizaciones en las cuales se deban cumplir los LÍMITES SONOROS deben ser especificados con claridad. Desde luego deben ser apropiados para la medición del sonido emitido por la o las fuentes en consideración. Se debe especificar la altura del microfono con respecto del suelo.

4.2.5 CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Deben incluirse todas las condiciones y variantes señaladas en la PARTE 2.

4.2.6 CRITERIOS PARA VALORAR LA CONCORDANCIA CON LOS LÍMITES SONOROS

Para valorar la concordancia con los LÍMITES SONOROS, en general debe considerarse el promedio de un determinado número de mediciones y su distribución estadística. Los reglamentos que incluyan LÍMITES SONOROS deben indicar como se debe valorar ésta información para poder establecer la concordancia con los límites

5.0 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados deben ser registrados en un informe de la investigación de la concordancia con los LÍMITES SONOROS, el cual debe contener cuando menos la siguiente información:

- a. La sección del reglamento que incluye los LÍMITES SONOROS que se deben verificar;
- b. Fecha y duración de todo el proceso de medición,
- c. Lugares en que se realizarán las mediciones,
- d. Instrumentación empleada, detalles de su calibración, y tipo de análisis desarrollado;
- e. Condiciones meteorológicas prevalecientes durante las mediciones;
- f. Condiciones operativas de las fuentes sonoras en consideración;
- g. Resultados de todas las mediciones acústicas efectuadas y todos los cálculos realizados;
- h. Sonidos originados en otras fuentes aledañas,
- i. Resultados e interpretaciones desde el punto de vista acústico, y
- j. Cualquier otra información requerida en los reglamentos que contienen los LÍMITES SONOROS

6 0 BIBLIOGRAFÍA

Además de la sección TC43 en Acústica, se recomienda examinar otras secciones temáticas de los Estándares Internacionales ISO, por ejemplo la secciones de Ergonomía y la de Estadística

GLOSARIO

A

Abatimiento de contaminantes atmosféricos

Reducción de contaminantes en la atmósfera.

Acción bioquímica

Cambios químicos resultantes del metabolismo de los organismos vivos.

Adsorción

La adherencia de sólidos disueltos, coloidales o finamente divididos, a la superficie de cuerpos sólidos, con los cuales han sido puestos en contacto.

- **Con rueda de paletas.**

La agitación mecánica de las aguas negras en los tanques de aereación del proceso de lodos activados por medio de una rueda de paletas.

- **Difundida**

Aereación producida en un líquido haciendo pasar aire por un difusor.

- **De flujo helicoidal.**

Método de difusión del aire en un tanque de aereación del proceso de lodos activados donde, por medio de deflectores correctamente diseñados y de una adecuada colocación de los difusores, se da al aire y al licor del tanque, un movimiento en espiral o helicoidal.

- **En etapas.**

División del tratamiento de lodos activados, en etapas, con tanques de sedimentación y recirculación intermedios y recirculación de lodos en cada etapa.

- **Mecánica.**

El mezclado, por medios mecánicos, de las aguas negras y los lodos activados, en el tanque de aereación del proceso de lodos activados, para poner en contacto nuevas superficies de líquido con la atmósfera. La introducción de Oxígeno atmosférico en un líquido por medio de la acción mecánica de paletas o de mecanismos rociadores.

Aerosol

Sistema coloidal formado por la dispersión de partículas sólidas o líquidas en un gas.

GLOSARIO

Agua potable

Agua exenta de contaminación objetable, minerales e inocua, y que se considera satisfactoria para el consumo doméstico.

Aguas negras

En su aceptación más amplia, el agua suministrada a una población, que habiéndose aprovechado por diversos usos, ha quedado impurificada. Desde el punto de vista de su origen, es una combinación del líquido o desechos arrastrados por el agua de las casas habitación, edificios comerciales e instituciones, con los procedentes de los establecimientos industriales a los que se agregan las aguas subterráneas, las superficiales y las de lluvia, nieve, etc.

- **Cruda:**
Las aguas negras antes de recibir cualquier tratamiento.
- **Domésticas:**
Aguas negras derivadas principalmente de las casas habitación, edificios comerciales, instituciones y similares (pueden o no contener aguas subterráneas, aguas superficiales y agua de lluvia).
- **Industriales:**
Aguas negras en las que predominan los desechos industriales.
- **Sanitarias:**
Aguas negras domésticas que no están mezcladas con aguas de lluvia o aguas superficiales. Aguas negras que por conveniencia sanitaria son descargadas de las casas habitación (incluyendo casas de departamentos y hoteles), edificios de oficina, fábricas o instituciones. El agua suministrada a una población después de haber sido usada y descargada a las alcantarillas.

Alcalinidad

Término usado para representar el contenido de carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos y ocasionalmente boratos, silicatos y fosfatos en el agua. Se expresa en ppm de carbonato de calcio.

Altura efectiva de la chimenea

Altura comprendida desde el nivel del suelo, hasta el punto en que la pluma de humo pierde su verticalidad.

Alumbre

Nombre vulgar del sulfato de aluminio.

GLOSARIO

Ambiente

El conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre que interactúan en un espacio y tiempo determinado. Ambiente incluye los siguientes elementos: aire, agua (superficial y subterránea), suelo, subsuelo, flora, fauna y población.

Arenilla

Partículas sólidas de tamaños de 75 micrómetros de diámetro y dureza similar a la de la sílice.

Auditoría Ambiental

Examen metódico que incluye análisis, pruebas, y confirmación de los procedimientos y prácticas que conducen a la verificación de su adhesión con los requerimientos legales, y/o prácticas aceptadas.

Autodepuración

Proceso natural mediante el cual se purifica el ambiente.

B

Bacterias

Microorganismos rudimentarios, generalmente no pigmentados, los cuales se reproducen por división en uno, dos o tres planos. Se encuentran como células aisladas, en grupos, en cadenas o filamentos y no requieren luz para su proceso vital. Pueden desarrollarse en medios de cultivo especiales fuera de su hábitat natural.

- **Aerobias:**
Bacterias que requieren oxígeno libre (elemental) para su desarrollo.
- **Anaerobias:**
Bacterias que se desarrollan en ausencia de oxígeno libre y que extraen oxígeno de las sustancias complejas al descomponerlas.
- **Anaerobias facultativas:**
Son bacterias, que se adaptan por sí mismas, al desarrollo tanto en presencia, como en ausencia, de oxígeno no combinado

GLOSARIO

- **Grupo coliforme:**

Grupo de bacterias, que habitan predominantemente en el intestino del hombre, pero que también se encuentran en los vegetales.

Biomasa

Término genérico que se refiere a cualquier producto biológico que puede convertirse en energía útil: se incluye en esta definición madera, productos vegetales y animales y todo tipo de residuos orgánicos.

Bioquímica

La resultante de una actividad o desarrollo biológico y medida o expresada en función de los cambios químicos experimentados.

Bruma

Dispersión de partículas líquidas de alrededor de 200 micrómetros, en concentración baja.

C

Caloría

La cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de un gramo de agua (a 15 °C), un grado centígrado.

Cámara

Término general que se aplica a un espacio limitado por paredes o a un compartimento, seguido a menudo por unas palabras descriptiva, como "Cámara de Arena", "Cámara de Criba", "Cámara de Descarga" o "Estanque de Inundación" que indica su función.

Captador de partículas

Equipo diseñado para separar partículas de un ambiente gaseoso.

Cenizas

Residuo sólido de la combustión

GLOSARIO

Ciclo de vida del producto

Incluye la investigación y desarrollo, producción de planta piloto, manufactura, transportación, distribución, uso final último y aplicación hasta la destrucción final o disposición del producto químico.

Ciclón

Equipo que utiliza la fuerza centrífuga para colectar partículas contenidas en flujo gaseosos.

Cloración

La aplicación de cloro.

Cloro

Elemento que, cuando no está combinado, se presenta en forma de gas amarillo verdoso, que es cerca de 2.5 veces más pesado que el aire. A la presión atmosférica y a la temperatura de (-30.1°C) el gas se transforma en un líquido ambarino que es cerca de 1.5 veces más pesado que el agua. El símbolo químico del cloro es Cl, su peso atómico es de 35.457 y su peso molecular es de 70.914.

Coagulación

La aglomeración de materia suspendida, coloidal o finamente dividida, por la adición al líquido de un coagulante químico apropiado, por un proceso biológico o por otros medios. El proceso de agregar un coagulante y los reactivos químicos necesarios.

Co-disposición

Un sitio de "Co-disposición", es definido como aquel que acepta residuos de dos o mas fuentes. Estas pueden ser públicas o privadas. Los sitios públicos frecuentemente aceptan residuos de fuentes comerciales, industriales y domésticas.

Colector de arena

Un dispositivo colocado en una cámara de arena para enviar la arena depositada al final de la cámara para su remoción.

- **De natas:**

Un dispositivo mecánico para quitar la espuma y la nata de la superficie de los tanques de sedimentación.

GLOSARIO

- **De lodos:**

Un mecanismo para recolectar los lodos raspando el fondo de un tanque de sedimentación, hasta una tolva de donde pueden ser extraídos por medios hidrostáticos o mecánicos.

Coloides

Sólidos finamente divididos, que no sedimentan, pero que pueden ser separados por coagulación o por acción bioquímica.

Concentración de contaminantes

Es la cantidad de contaminantes sólidos, líquidos o gaseosos por unidad de volumen de aire que generalmente se determinan hasta una altura de 3 metros.

Concentración de lodos

Es una especie de tanque de sedimentación donde se dejan asentar los lodos, equipado usualmente con raspadores que se arrastra por el fondo del tanque, los cuales empujan a los lodos hacia una tolva de la que se descargan por gravedad o por bombeo.

Contabilidad energética

Como su similar, la contabilidad mercantil, es la técnica de llevar cuenta exacta y detallada de toda la energía involucrada en los procesos productivos.

Contaminación

La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

- **Contaminación atmosférica**

La presencia en la atmósfera de uno o más contaminantes, o cualquier combinación de ellos, que perjudiquen o molesten la vida, la salud y el bienestar humano, la flora y la fauna, o degraden la calidad de la atmósfera, de los bienes, de los recursos de la nación en general, o de los particulares.

Contaminante

Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elementos natural, altere o modifique su composición y condición natural

--

GLOSARIO

Contaminante atmosférico

Toda materia o sustancia, o sus combinaciones o compuestos o derivados químicos y biológicos, tales como humos, polvos, gases, cenizas, bacterias, residuos y desperdicios y cualesquiera otros que al incorporarse o adicionarse a la atmósfera, puedan alterar ó modificar sus características naturales; así como toda forma de energía, como calor, radiactividad o ruidos que al operar sobre la atmósfera alteran su estado normal.

Contaminante en suspensión

Todas las partículas contaminantes (generalmente menores de un micrómetro) capaces de permanecer en la atmósfera por periodos prolongados debido a su pequeño tamaño, baja densidad y velocidad de caída insignificante.

Contingencia ambiental

Situación de riesgo, derivada de actividades humanas o fenómenos naturales, que puede poner en peligro la integridad de uno o varios ecosistemas

Control

Es el procedimiento para mantener dentro de ciertos límites las condiciones de operación de un equipo ó proceso y/o las concentraciones ó intensidades de uno ó varios contaminantes.

Convección

Desplazamiento de una masa de fluido debido a diferencia de temperaturas.

Criba

Un artefacto con aberturas, generalmente de tamaño uniforme, usado para retener o separar los sólidos suspendidos o flotantes de una corriente de agua o aguas negras y prevenir que entren a la toma o pasen de un determinado punto, en un conducto. El elemento filtrante puede consistir en barras o barrotos paralelos, varillas, alambres, tela de alambre o placas perforadas y las aberturas pueden tener cualquier forma, aunque generalmente son circulares o rectangulares. También se usa para separar por tamaños el material granular, como por ejemplo arena pedacera de piedra y estiércol.

D

Demanda bioquímica de oxígeno(DBO)

La cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica en un tiempo y a una temperatura especificadas. No guarda relación con los requerimientos de oxígeno para la combustión química, dependiendo enteramente de la disponibilidad de materia utilizable como alimento biológico y de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos durante la oxidación.

Demanda bioquímica de oxígeno, estándar

Es la demanda bioquímica de oxígeno determinada por el procedimiento normal de laboratorios, en 5 días y a 20 °C y usualmente expresada en partes por millón de oxígeno.

Derrame

Liberación accidental de alguna sustancia hacia el exterior de su contenedor.

Descomposición del agua negra

La destrucción de la materia orgánica de las aguas negras, por medio de procesos aerobios y anaerobios.

Desequilibrio ecológico

La alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman el ambiente, que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

Desinfección

La destrucción de la mayor parte (pero no necesariamente la totalidad) de los microorganismos dañinos o perjudiciales, que se encuentren en un medio, por la acción de productos químicos, calor, luz ultravioleta, etc.

Desmenuzador

Mecanismos para reducir el tamaño.

Desnitrificación

La disminución de los nitratos en solución por acción bioquímica.

GLOSARIO

Diámetro equivalente

Es el diámetro de un área circular, equivalente a otra sección no circular.

Difusores

Placas porosas o tubos perforados a través de los cuales el aire es forzado y dividido en pequeñas burbujas para su difusión en líquidos. Ordinariamente están hechos de carburundum, alundum o arena de sílice.

Digestión

El proceso que ocurre en un digestor.

- **De lodos separados:**
La digestión de lodos en tanques separados a donde pasan después de que se han dejado sedimentar en otros tanques.
- **En etapas:**
La digestión progresiva de los lodos, en varios tanques colocados en serie.
- **En una etapa:**
Digestión de lodos limitada a un solo tanque durante todo el período de digestión.
- **Mesofilica:**
Digestión por acción biológica que desarrolla a 45 °C (113 °F) o menos.
- **Termofilica:**
Digestión que se efectúa generalmente a temperaturas de 45 °C a 63 °C (113-114 °F).

Drenajes de procesos

Es el agua residual proveniente tanto del lavado del equipo como de las áreas de producción.

Drenajes de servicios

Es el agua residual proveniente de baños, sanitarios, lavabos e instalaciones del comedor. Esta puede ser enviada a un sistema de drenaje municipal, cumpliendo con lo establecido en la NOM correspondiente. En el caso de no cumplir con la norma deben ser tratadas previamente a su disposición (por ejemplo: tosa séptica, trampas de aceite, etc.), o bien efectuar el pago de derechos que corresponda.

GLOSARIO

Drenajes pluviales

Es el agua recolectada de la lluvia que contribuye con volúmenes muy importantes a los efluentes de la planta. El agua pluvial puede considerarse como un recurso adicional si fuese almacenada adecuadamente, ya que a menudo contiene menos sólidos disueltos que la de abastecimiento normal. En caso de no ser almacenada esta agua, podrá enviarse en forma directa al drenaje municipal.

Drenajes sanitarios

Quedan incluidos en drenajes de servicios, siendo los provenientes de baños y sanitarios

E

E. Coli:

(Escherichia Coli): Bacteria perteneciente al género Escherichia, morador normal del intestino del hombre y de los vertebrados. Estas especies están clasificadas dentro del grupo coliforme. Ver Bacteria Grupo Coliforme.

Ecosistema industrial

Término por medio del cual se intenta relacionar a la industria con los seres vivos y el medio ambiente, en el cual fue insertada esta.

Efecto de chimenea

Movimiento ascendente de una masa de aire o gases, originado por el fenómeno de convección.

Eficiencia de colección

Relación expresada en por ciento de la cantidad de una sustancia colectada por un dispositivo o equipo para colección y muestreo de gases, y la cantidad contenida originalmente en ellos.

Efluente

Un líquido que fluye hacia afuera del espacio confinado que lo contiene. Aguas negras, agua o cualquier otro líquido parcial o totalmente tratado, o en su estado natural, como puede ser el caso de la corriente de salida de un depósito, estanque o planta de tratamiento o de alguna sección de ella

GLOSARIO

Elutriación

Proceso consistente en lavado, asentamiento y decantación, mediante el cual se separan sólidos finamente divididos, debido a sus diferentes velocidades de asentamiento.

Emergencia Ecológica

Situación derivada de actividades humanas o fenómenos naturales que al afectar severamente a sus elementos pone en peligro a uno o varios ecosistemas.

Emisión

La descarga directa o indirecta a la atmósfera de toda sustancia o energía que no sea agua en su forma no combinada, incluyendo pero no limitándose a olores, partículas sólidas, vapores, gases o cualesquiera de sus combinaciones.

Emisiones al ambiente

Para fines de este documento, emisiones al ambiente o emisiones contaminantes al ambiente incluye: aguas residuales, impacto ambiental, emisiones a la atmósfera, emisiones acústicas, generación de residuos peligrosos, contaminación al suelo y agua subterránea

Eolítica

La energía cinética del viento puede convertirse en energía mecánica rotacional en forma directa, cuando se extrae por medio de superficies que están en contacto directo con el viento y acoplados a motores mecánicos, o en forma indirecta, cuando interviene un elemento intermedio para su conversión.

EPA

Siglas de Environmental Protection Agency de Estados Unidos.

Equilibrio ecológico

La relación de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

Equipo de control

Cualquier aditamento o dispositivo que prevenga o reduzca las emisiones.

Espumación

El proceso de separar la grasa flotante o espuma, de la superficie de un tanque de aguas negras

GLOSARIO

Estabilidad

La propiedad de cualquier sustancia, contenida en las aguas negras, o en el efluente o en los lodos digeridos, que impiden la putrefacción.

Estándares

Conjunto de reglas.

Estanques solares

Considerados dentro de los sistemas térmicos estacionarios estos sistemas capturan la energía solar incidente y la convierten en energía calorífica que transfieren a su fluido de trabajo, el agua.

F

Filtrado

El efluente de un filtro.

Filtro

Término que significa un lecho de oxidación; un dispositivo para separar los sólidos de un líquido, mediante un tipo de medio filtrante.

- **Biológico:**
Un lecho de arena, grava, piedra quebrada u otro material a través del cual las aguas negras fluyen o gotean y cuya efectividad depende de la acción biológica.
- **De arena:**
Un filtro en el cual se usa arena como medio filtrante.

Floculador

Un dispositivo para la formación de flóculos en agua o aguas negras.

Flóculo

Pequeña masa gelatinosa formada en un líquido por la adición de coagulantes o por medio de procesos bioquímicos o por aglomeración.

GLOSARIO

Flotación

Un método para hacer subir a la superficie del líquido de un tanque, la materia suspendida en forma de natas, por aereación, por la evolución de un gas por sustancias químicas, electrodiálisis, calor o descomposición bacteriana y la subsecuente eliminación de la nata por desespumación.

Flujo de inmisión

La cantidad de contaminante captada por el receptor, considerando la unidad de superficie y de tiempo.

Flujo específico de emisión

Cantidad de emisión por unidad de superficie de la fuente emisora y por unidad de tiempo.

Fuente emisora

Punto o área donde se efectúa la descarga de contaminantes.

Fuga

Efecto de escape de un material de su contenedor debido a una apertura en el contenedor que provoca la liberación del material hacia el exterior.

Fumigación por inversión

Fenómeno atmosférico en el cual la contaminación retenida por una inversión, desciende rápidamente al nivel del suelo por turbulencia cuando se rompe la inversión.

G

Gas

Uno de los tres estados de la materia.

- **De aguas negras:**

El gas producido por la septización de las aguas negras. El gas producido durante la digestión de los lodos de las aguas negras; usualmente se capta y utiliza.

Gradiente adiabático seco

Es la diferencia de temperatura que experimenta el aire seco al ser transportado en condiciones adiabáticas a una altura determinada.

GLOSARIO

Gradiente térmico

Variación de la temperatura atmosférica con relación a la altura.

Grasa

En aguas negras, el Término grasa incluye a las grasas propiamente dichas, ceras, ácidos grasos libres, jabones de calcio y de magnesio, aceites minerales y otros materiales no grasosos. Debe estipularse el tipo de solvente usado para su extracción.

H

Hazop

Abreviatura de Hazardous Operation Analysis (Análisis de riesgos en operación)

Hipoclorito

Compuesto de cloro en el que se encuentra el radical (OCI-). Son por lo general inorgánicos.

Hollín

Partículas negras de material orgánico formados por una combustión incompleta y constituidas básicamente de carbón.

Humedad, porcentaje

El contenido de agua en los lodos, expresada por la razón entre la pérdida de peso por desecación a 103 °C y el peso original de la muestra, multiplicada por cien.

Humo

Aquellas partículas resultantes de una combustión incompleta, componiéndose en su mayoría de carbón, cenizas y otros materiales combustibles que son visibles en la atmósfera y las partículas similares, resultantes de la sublimación de los metales.

GLOSARIO

I

Impacto ambiental

Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

Impactor

Dispositivo usado para la colección y separación simultánea de partículas en una gama de tamaños.

Influente

Aguas negras, agua u otro líquido crudo o parcialmente tratado, que entra a un depósito, estanque, o planta de tratamiento o alguna parte de ella.

Inmisión

La transferencia de contaminantes de la atmósfera a un receptor.

Inmisión acumulada

Retención de contaminantes acumulada durante un período de exposición.

Instalación

Conjunto de maquinaria, equipo y auxiliares interrelacionadas en un proceso productivo.

Inversión atmosférica

Fenómeno por el cual los contaminantes presentes en la atmósfera, son arrastrados por las gotas de lluvia.

L

Laguna de lodos

Un estanque o depresión natural, poco profunda, usado para el almacenamiento o digestión de lodos y algunas veces para su estadía final o desaguado.

GLOSARIO

Lavado de fluidos

Proceso que se utiliza en el muestreo o limpieza de gases, en el cual los contaminantes del flujo gaseoso son separados al entrar en contacto con un líquido, ya sea por empaque húmedo, aspersión, burbujeo u operaciones equivalentes.

Lecho de lodos

Una superficie natural confinada o lechos artificiales de material poroso, en los cuales son secados los lodos digeridos de las aguas negras por escurrimiento y evaporación. Un lecho de lodos puede quedar a la intemperie o cubierto, usualmente, con una armazón del tipo de invernadero. También se les conoce como lechos de secado de lodos.

Licor

Cualquier líquido.

- **Mezclado:**

La mezcla de lodos activados y aguas negras, en el tanque de aereación durante el tratamiento de lodos activados.

Límite de colección económica

Es la capacidad de colección de un equipo, considerando el menor tamaño de partículas en función del costo.

Límite de tolerancia

Concentración máxima aceptada, a la cual un contaminante en la atmósfera es incapaz de causar daño a los seres vivos.

Lodos

Los sólidos depositados por las aguas negras, o desechos industriales, crudos o tratados, acumulados por sedimentación en tanques o estanques y que contienen más o menos agua para formar una masa semilíquida.

- **Abultamiento de:**

Un fenómeno que ocurre en las plantas de lodos activados, por el cual los lodos ocupan un volumen excesivo y no se sedimentan o concentran fácilmente.

- **Acondicionamiento:**

Tratamiento preliminar de los lodos líquidos para desaguarlos y secarlos, usualmente por la adición de sustancias químicas

GLOSARIO

- **Activado:**
Lodo floculento producido en las aguas negras crudas o sedimentadas, por el desarrollo de la zooglea bacteriana y otros organismos, en presencia de oxígeno disuelto y acumulados en concentración suficiente para recircular el floculo previamente formado.
- **Desaguado del:**
Proceso de quitar una parte del agua a los lodos por cualquier método, como escurrido, evaporación, prensado, centrifugación, concentración, expresión entre rodillos, flotación ácida con o sin calentamiento.
- **Digestión del:**
Proceso por el cual se gasifica la materia orgánica o volátil de los lodos, o se licúa, o se mineraliza, o se transforma en materia orgánica más estable, mediante la actividad de los organismos vivos.
- **Orgánica:**
Substancias químicas de origen animal, vegetal e industrial. Incluye a la mayor parte de los compuestos de carbono, y son combustibles y volatilizables por el calor.
- **Suspendida:**
Sólidos en suspensión en las aguas negras o efluentes. Por lo común se entiende por sólidos suspendidos en las aguas negras o efluentes, a aquellos que pueden ser realmente separados por filtración en el laboratorio.

M

Manejo

El concepto de "manejo de residuos peligrosos", comprende los aspectos de manejo, desde la generación a la destrucción y/o disposición, incluyendo el cuidado perpetuo de los sitios de disposición.

Microgota

Partícula de líquido (alrededor de 200 micrómetros de diámetro) que cae bajo condiciones de calma y permanece en suspensión bajo turbulencia.

Microorganismos

Diminutos organismos, vegetales o animales, invisibles o apenas visibles a simple vista

Molinos. Cribas

Los molinos para moler, triturar o desmenuzar el material separado de las aguas negras, por las cribas.

GLOSARIO

Monitoreo

Muestreo y mediciones repetidas para determinar los cambios de niveles o concentraciones de contaminantes en un determinado periodo de tiempo y en determinado sitio. En sentido restringido, es el muestreo o la medición regular de los niveles de contaminación en relación a una norma, o para juzgar la efectividad de un sistema de control.

Muestreador por impacto

Dispositivo de muestreo, basado en el principio de colisión en húmedo y absorción para la colección de partículas incluyendo gases.

Muestreo isocinético

Es el efectuado a un flujo tal que la velocidad promedio del gas que entra en la boquilla muestreadora es la misma que la del gas en el punto de muestreo.

N

Neblumo

Término derivado del humo y niebla. Se aplica a la contaminación atmosférica formada por aerosoles, provenientes tanto de procesos naturales como de actividades humanas.

Neblumo fotoquímico

Neblumo originado por reacciones químicas entre contaminantes atmosféricos en presencia de la luz solar.

NFPA

Siglas de National Fire Protection Agency.

NOM

Siglas de Norma Oficial Mexicana.

Número de Rigelmann

Numero asignado a cada una de las tarjetas utilizadas para determinar la densidad aparente visual del humo.

GLOSARIO

Número más probable (NMP)

En el ensayo del contenido bacteriano por el método de dilución el número de organismos que, de acuerdo con la teoría estadística, sería entre los otros números posibles el más probable que se obtenga como resultado del examen; o el que se obtendría con la mayor frecuencia como resultado del examen. Se expresa en cantidades de organismos por 100 ml.

O

Opacidad

Falta de visibilidad cuando un material impide parcialmente o en su totalidad el paso de los rayos de luz.

Oxidación

La adición de oxígeno, la pérdida de hidrógeno o el aumento en la valencia de un elemento.

- **De aguas negras:**

Proceso en virtud del cual, y a través de la acción de organismos vivos en presencia de oxígeno, la materia orgánica contenida en las aguas negras es convertida a formas más estables.

Oxígeno

Un elemento químico.

- **Consumido:**

La cantidad de oxígeno tomada de una solución de permanganato de potasio, por un líquido que contiene materia orgánica. Ordinariamente se considera como un índice de la materia carbonosa presente. El tiempo y la temperatura de la prueba deben especificarse. Para la Demanda Química de Oxígeno (DBO) se emplea bicromato de potasio.

- **Disuelto:**

Usualmente se designa por OD. La cantidad de oxígeno disuelto en las aguas negras, el agua o cualquier otro líquido y regularmente se expresa en partes por millón o como porcentaje de saturación.

- **Gráfica del:**

Curva que representa las variaciones del contenido de oxígeno disuelto a lo largo del curso de una corriente, como resultado de la desoxigenación asociada con la oxidación bioquímica de la materia orgánica y la reoxigenación por absorción de oxígeno atmosférico y por la fotosíntesis biológica.

GLOSARIO

Oxisublimados

Partículas sólidas generadas por sublimación, generalmente de vapores metálicos y/o reacciones químicas tales como oxidación.

P

Partes por millón

La concentración de un determinado componente disuelto en las aguas negras, expresada en miligramos por litro. Una relación expresada en libras por millón de libras, gramos por millón de gramos, etc.

Partícula

Fragmento de materia líquida o sólida, exceptuando el agua no combinada.

Peso de proceso

El peso de todos los materiales que se introducen en un proceso específico y que pueden causar emisiones. Los combustibles sólidos se consideran como parte del peso del proceso, pero no así los combustibles líquidos, gaseosos y el aire de combustión.

Peso de proceso por hora

El peso total de proceso, entre el número total de horas necesarias para una operación completa, desde su iniciación hasta su completa terminación excluyendo los tiempos de paro o inactividad.

pH

Es el logaritmo de la recíproca de la concentración de los iones hidrógeno. No es lo mismo que la alcalinidad, ni puede ser calculado de ella.

Planes de contingencias

Conjunto de acciones encaminadas a prevenir un suceso.

Pluma de Humo

Forma visible que adquiere la emisión de humo a la atmósfera después de su origen.

GLOSARIO

Polvo

Partículas pequeñas emitidas a la atmósfera por elementos naturales o por procesos mecánicos, tales como molinos, perforadoras, transporte de tierra, demoliciones y otros.

Polvo fugitivo

Partículas sólidas suspendidas en el aire emitidas por cualquier fuente que no sea una chimenea.

Polvo inhalable

Partículas menores de 5 micrómetros de diámetro susceptibles de penetrar a los alvéolos pulmonares.

Polvo sedimentable

Partículas sólidas con diámetros comprendidos entre 1 y 75 micrómetros los cuales se sedimentan por su propio peso.

Precipitación química

Precipitación producida por la adición de sustancias químicas.

Preservación

El conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propician al evolución y continuidad de los procesos naturales.

Prevención

El conjunto de disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro del ambiente.

Proceso

Cualquier acción, operación o tratamiento, que incluyan factores químicos, industriales o de manufactura, así como los métodos o formas de manufactura o procesamiento que puedan emitir humos, partículas sólidas, gases o cualquier otro contaminante.

Proceso

Una serie de operaciones.

- **Biológico:**

El proceso por el cual, la actividad vital de las bacterias y otros microorganismos, busca de alimento, descompone los materiales orgánicos complejos en sustancias más simples y estables. La autopurificación de las corrientes contaminadas con aguas negras, la digestión de los lodos y los llamados tratamientos secundarios de las aguas negras son el resultado de estos procesos. También se llama Proceso Bioquímico.

GLOSARIO

- **De lodos activados:**

Proceso de tratamiento biológico de las aguas, en el cual una mezcla de aguas negras tratadas (licor mezclado) por sedimentación y se desechan o reintegran al proceso, según convengan. Las aguas negras tratadas se derraman por el vertedero de los tanques de sedimentación, en los que tiene lugar la separación de lodos.

Protección

El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y prevenir y controlar su deterioro.

R

Reacción fotoquímica

Cambios químicos que ocurren en algunos contaminantes de la atmósfera en presencia de la radiación solar.

Recirculación

La refiltración de todo o una parte del efluente en los filtros goteadores de alto gasto, con objeto de mantener un gasto uniforme a través del filtro. El retorno del efluente a la entrada del flujo, para rebajar su fuerza.

Rejas

Disposición de barras paralelas.

- **De barras:**

Una criba formada por barras paralelas, que pueden colocarse ya sea verticales o inclinadas en un cauce de agua para detener los desperdicios flotantes y de la cual los desperdicios retenidos pueden retirarse con rastrillos. También se les llama rejas.

- **Gruesas:**

Una reja con espacios de 3/4 de pulgada a 6 pulgadas entre las barras.

- **Finas:**

Generalmente se dice de las cribas o rejas con aberturas de 3/32 a 3/16 de pulgada. Algunas cribas tienen menos de 3/32 de pulgada de abertura.

GLOSARIO

Residuo

En este código, la definición de "residuo" excluye emisiones atmosféricas o efluentes descargados bajo permisos o licencias de operación, o descargas accidentales. El término "Residuo Peligroso", tiene la misma definición que en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Residuos Peligrosos.

Restauración

Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales.

S

Secador

Un aparato para eliminar el agua por el calor.

Sedimentación

El proceso de asentar y depositar la materia suspendida que arrastra el agua, las aguas negras u otras líquidos, por gravedad. Esto se logra usualmente disminuyendo la velocidad del líquido por debajo del límite necesario para el transporte del material suspendido. También se llama asentamiento. Ver precipitación química.

- **Simple:**

La sedimentación de la materia suspendida de un líquido sin la ayuda de sustancias químicas u otros medios especiales y sin impedir la descomposición de los sólidos depositados en contacto con las aguas negras.

Sólidos

Material en el estado sólido.

- **Disueltos:**

Sólidos que están en solución

GLOSARIO

Sonda

Dispositivo (tubo, tallo o varilla), con el que se muestrea o se mide a distancia de un sitio determinado.

T

Tratamiento

Es cualquier proceso definido, para modificar la condición de la materia.

- **De aguas negras:**
Se llama así a cualquier proceso artificial a que se sometan las aguas negras, para eliminar o alterar sus constituyentes, y hacerlas así menos molestas o peligrosas.
- **Preliminar:**
Es el acondicionamiento de cualquier desecho industrial, en el lugar donde se origina, antes de su descarga, para eliminar o neutralizar las substancias perjudiciales para las alcantarillas y los procesos de tratamiento; o para disminuir parcialmente la carga del proceso de tratamiento. En el proceso mismo se llama así a las operaciones unitarias que preparan al licor para operaciones subsiguientes más intensas.
- **Primario:**
Es el primer tratamiento intensivo (y a veces el único en la planta de tratamiento de aguas negras, y usualmente es una sedimentación. Es la eliminación de un alto porcentaje de materia suspendida, pero de poca o ninguna materia coloidal y disuelta.
- **Secundario:**
Es el tratamiento de las aguas negras, por métodos biológicos, después del tratamiento primario por sedimentación.

Tratamiento de lodos

- **Espesamiento**
Este proceso consiste en concentrar los lodos diluidos para hacerlos más densos, en tanques especiales diseñados para este propósito. Su uso se limita principalmente al exceso de lodos acuosos del proceso de lodos activados, y a las plantas grandes de este tipo en las que los lodos se mandan directamente a los digestores, en vez de ir a los tanques primarios. También se usa para concentrar lodos de los tanques primarios o una mezcla de estos y el exceso de lodos activados, anterior a la digestión en gran escala.

GLOSARIO

- **Digestión**
El propósito de la digestión es lograr los dos objetivos del tratamiento de los lodos, o sea una disminución en el volumen y la descomposición de la materia orgánica muy putrescible hasta formar compuestos orgánicos e inorgánicos inertes o relativamente estables. Con excepción de los tanques sépticos y los de doble acción; la digestión se lleva a cabo en tanques separados que se usan únicamente para este fin.
- **Lechos secadores, de arena**
Aún en el mejor de los casos, los lodos más concentrados de un digestor, contienen demasiada agua para que se pueda, la mayor parte de las veces disponer satisfactoria y económicamente de ellos. El lecho secador de arena es un dispositivo que elimina una cantidad de agua suficiente para que el resto pueda manejarse como material sólido, con un contenido de humedad inferior a 70 por ciento.
- **Acondicionamiento químico**
El acondicionamiento de los lodos por medios químicos, los prepara para un mejor y más económico tratamiento ulterior con filtros al vacío o centrifugas. La adición del producto químico a los lodos, baja el valor de su pH hasta el punto que las partículas más chicas se coagulan formando otras más grandes y el agua contenida en los sólidos de los lodos se separa más fácilmente.
- **Filtración al vacío**
El filtro al vacío que se emplea para eliminar el agua de los lodos, consta de un tambor sobre el cual descansa el medio filtrante formado por una tela de algodón, lana, nylon, dynel, fibra de vidrio o de plástico, o una malla de acero inoxidable, o también una doble capa de limaduras de acero inoxidable. El tambor, va montado en un tanque sobre su eje horizontal y sumergido aproximadamente una cuarta parte en el lodo acondicionado.
- **Secado por calentamiento**
Cuando los lodos van a servir para la fabricación de fertilizantes, el contenido de humedad debe disminuir hasta cerca de 10 por ciento, cifra muy inferior a la que normalmente se logra en los lechos filtrantes o por medios de filtración al vacío.
- **Incineración**
La incineración de los lodos se considera muy comúnmente como un método para la Disposición de estos.

BIBLIOGRAFIA

**Acoustics. Descriptions and measurement of environmental noise.
Part I. Basic quantities and procedures**

International standard ISO - 1996/1

**Acoustics. Descriptions and measurement of environmental noise.
Part II. Acquisition of data pertinent to land use**

International standard ISO - 1996-2
First edition, Marzo 1987

**Acoustics. Descriptions and measurement of environmental noise.
Part III. Application to noise limits**

International standard ISO - 1996-3
First edition, Diciembre 1987

**Acuerdo por el que se dan a conocer los formatos en los que la industria nacional
debe declarar el volumen y tipo de generación de residuos peligrosos, señalados
en el reglamento de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al
ambiente en materia de residuos peligrosos**

Diario oficial de la federación
3 de Mayo, 1989

Hazardous waste management

Michael D. Lagrega, Phillip L. Buckingham, Jeffrey C. Evans
Mc Graw-Hill, Inc. 1994

BIBLIOGRAFIA

Ley de aguas nacionales

Diario oficial de la federación
1 de Diciembre, 1992

Ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente

Diario oficial de la federación
28 de Enero, 1988

Manual del agua

Nalco chemical company 3 vol.
Mc Graw-Hill, México 1990

Normas oficiales mexicanas NOM-CCA

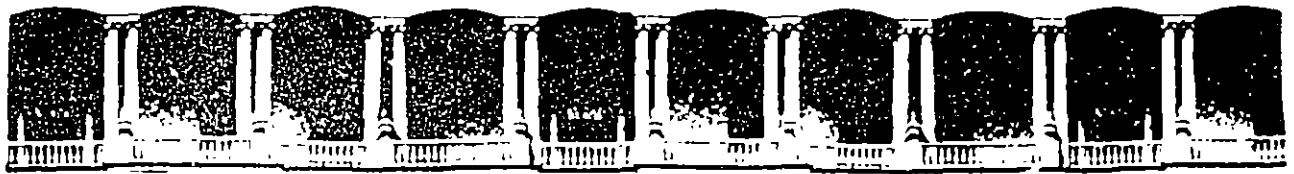
Diario oficial de la federación
Publicaciones y modificaciones varias apartir de 1988

Reglamento de la ley general del equilibrio ecológico y protección al ambiente en materia de residuos peligrosos

Diario oficial de la federación
25 de Noviembre, 1988

Reglamento de la ley general de salud en materia de control sanitario de actividades, establecimientos, productos y servicios

Diario oficial de la federación
4 de Enero, 1988



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE
RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MODULO IV: DISEÑO Y OPERACION DE SISTEMAS DE
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**TEMA: METODOS GEOFISICOS APLICADOS EN LA DETECCION
DE RESIDUOS PELIGROSOS**

EXPOSITOR FIS MANUEL DIAZ MOLINARI

1996

METODOS GEOFISICOS APLICADOS EN LA DETECCION DE RESIDUOS PELIGROSOS.

1. Estudios Geológicos necesarios.

- 1.1. Plano geológico de las formaciones que afloran en el área.
- 1.2. Secciones de líneas que cercanas al sitio de estudio.
- 1.3. Ubicación de fallas, fracturas, zonas de carsticidad, etc.
- 1.4. Geohidrología regional y local.
- 1.5.

2. METODOS GEOFISICOS.

2.1. Resistividad.

- 2.1.1. Sondeo Eléctrico Vertical (SEV). Dispositivo Schlumberger.
- 2.1.2. Sondeos dipolares. Polo-dipolo, Dipolo-dipolo, etc.

2.2. Sismología de refracción.

3. INTERPRETACION DE LOS METODOS GEOFISICOS.

3.1. Resistividad.

- 3.1.1. Perfil de configuración de curvas de iso-resistividad.
- 3.1.2. Interpretación de SEV's. (Manuales y por computadora).
- 3.1.3. Programas de interpretación por computadora.
- 3.1.4. Plano electro-estratigráfico.

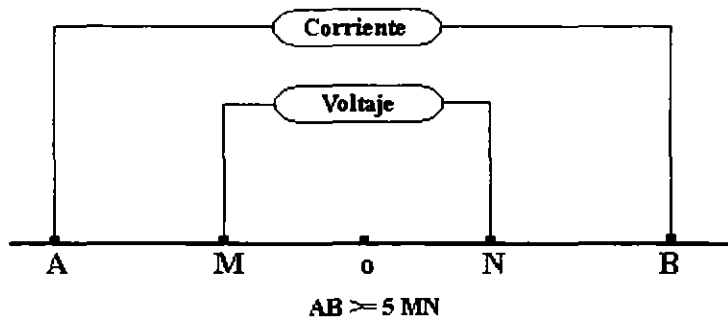
3.2. Sismología de refracción.

- 3.2.1. Identificación de tiempos de arribo de ondas compresionales.
- 3.2.2. Elaboración de gráficos tiempo-distancia (dromocrónicas).
- 3.2.3. Plano de velocidades de ondas sísmicas.

3.3. Correlación resistividad-velocidad de onda.

- 3.3.1. Ubicación de zonas de baja velocidad (por fracturamiento, carsticidad, etc.), y el posible relleno de éstas (aire, arcillas, materiales tóxicos), según sus valores de resistividad.
- 3.3.2. Cuantificación volumétrica del área afectada.

2.1.1. Sondeo Eléctrico Vertical.



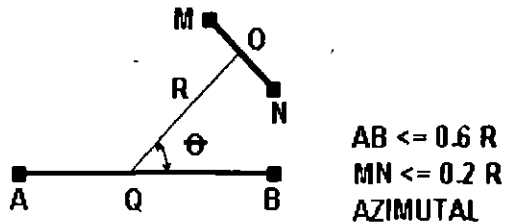
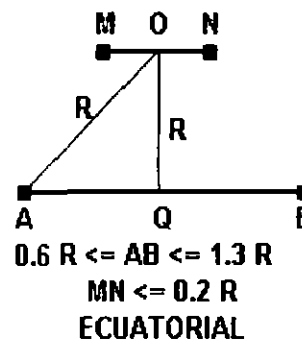
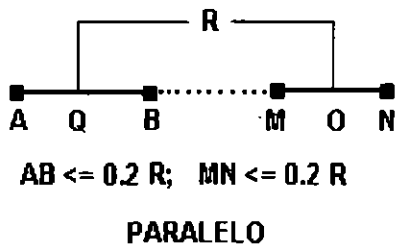
DISPOSITIVO SCHLUMBERGER

Cálculo de la resistividad aparente a cada una de las profundidades estudiadas:

$$\rho = K \cdot \text{abs} \left(\frac{V_m - V_n}{I} \right) \quad \text{donde} \quad K = 2 \cdot \Pi \cdot \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)^{-1}$$

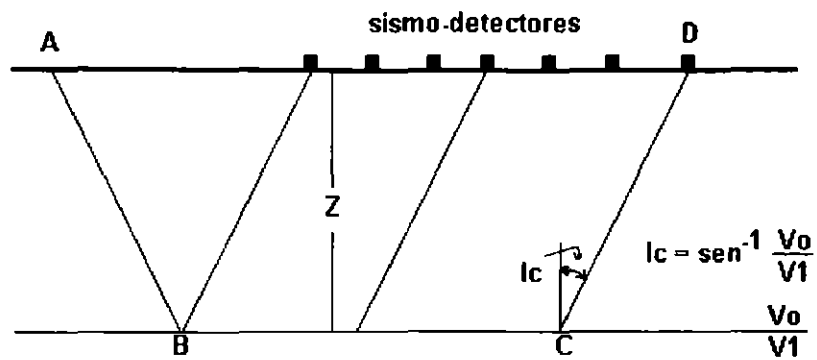
- donde:
- $V_m - V_n$ = Diferencia de potencial entre electrodos M y N
 - I = Valor de la corriente inducida
 - K = Factor constante en relación a la geometría del arreglo

2.1.2. Sondeos dipolares.



SONDEOS DIPOLARES

2.2. Sismología de refracción.



REFRACCION SISMICA

$$T = T_{AB} + T_{BC} + T_{CD}$$

Tiempo total a través de ABCD.

$$T_i = 2 \cdot Z \frac{\sqrt{V_1^2 - V_0^2}}{V_1 \cdot V_0}$$

Tiempo de intercepción de la onda sísmica.

$$Z = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{V_1 - V_0}{V_1 + V_0}}$$

Profundidad del contacto.

MATERIAL	Vp (ms ⁻¹)	Vs (ms ⁻¹)	Conf. Poisson (σ)	Densidad (g cm ⁻³)
CE.R.O	5140-6500	2650-3230	0.24-0.34	
TINZLITA ESQUISTICA	4200-6610	2500	0.23-0.42	3.19
SAR-ACAR.	100	30	0.45	
AGUA	1-150			1.0
AIRE	331			1.29 x 10 ⁻³
LABITA	6400	3430	0.30	2.69
ALUMINIO	6085	2820-3000	0.34-0.40	
UNION SECC	600-1200			
UNION HUMEDO	1300-2400			
DEBITA	5230	2730	0.31	
HELBOLITA	6890	3900	0.26	3.12
CHIDRITA	3000-6000			
ORTOSITA	6300-6630	3560	0.30	2.78
CELLA	500-2600	300-590	0.22-0.48	
RENA	200-2000	100-500	0.33-0.47	
RENISCA	1400-4300	3400		
ARELITA	3460	1990	0.25	
DES GLACIARES	430-1730	335	0.43	
SALTC	5500-6300	3040	0.35	
ONCITITA	7400	4930	0.21	3.28
ALIZA	3100-6500	1800-3800	0.23	2.4-2.7
ALIZA (CARBONIFERO)	2000-3300			
(CARBONIFERO)	3000-3000			
(ORGNICO)	4070(I)-5320(III)			
LA METEORIZADA	300-900	(150)	(0.33)	
LULOSA	3590	1710	0.30	
SE	4700-5960	1950-2850	0.30-0.41	
CHERADSS	3500-5000			
ETA	2100-4200	1100	0.31-0.40	
ESTILO	5600	2710	0.35	2.6
ITAL DE VENTANA	6000	3260	0.35	
APCITA	3700-6100	3400	0.27	2.65

MATERIAL	Vp (ms ⁻¹)	Vs (ms ⁻¹)	Conf. Poisson (σ)	Densidad (g cm ⁻³)
CUARZODIORITA	5300	3390	0.15	2.25-2.43
CUARZOMONZONITA	5260	2900-3160	0.25	2.64
CHARNOCRITA	6150			2.74
DIABASA	5300-7100	3600	0.33	3.0
DIORITA	5780	3060	0.31	
DOLOMIA	3500-6500	1800-3800	0.32-0.24	2.8
DUNITA	7300-8600	3480-4600	0.33-0.30	3.26-3.76
ECLOGITA	6500-8000	4000-4300	0.21-0.30	3.37-3.53
ESQUISTOS CLORITICOS	2800	3270	0.07	2.8
ESQUISTOS MICACEOS	5700			2.8
ESQUISTOS TALLOSOS	4900			2.9
GABRO	5500-6300	3400-3790	0.19-0.31	3.0
GABRO-DIORITICO	5400			
GABRO NORAMBLENDICO	6600	3560	0.24	
GOMA	1000	27	0.5	
GRANATE	5100	3830	0.17	3.76
GRANITO	4000-6000	2100-3300	0.31-0.28	2.65
GRANODIORITA	4400-4750	3130	0.12	2.73
GRAUVACA	5400			2.69
GRAVA	500-1500			
HANZBURGITA	6700			3.37
HIELO	2000-4000			0.918
HIERRO	5100	3130	0.28	
IBOCCASA	6100	3130	0.32	3.14
JADEITA	7600-8950	4650	0.24	3.18-3.33
LAVA	2500-4000			2.66
LIMO	500-1800			
LIMONITA (SILTSTONE)	1675	840	0.33	
LOESS	300-600			
MAGNESIO	5780	3060	0.30	
MAGNESITA	7000	4050	0.25	2.8
MAGNETITA	5500			
MARCA	1500-3800			
MARRO4	1700-6940	2020-3860	0.3-0.28	

MATERIAL	V_p (ms ⁻¹)	V_s (ms ⁻¹)	Q_{20}	$w(\sigma)$	DENSIDAD (gcm ⁻³)
... ..	3150-6550				
MERMOLETO	6800				2.6
QUINTICOLLITA	7200	3850	0.30		3.0
GRANITA COMPACTA	1500-2700	900-1300	0.22-0.35		
GRANITA SUELO	200-800				
GRANITO	5000-7500				2.64
GRANITO	6250-6600	3500	0.27		2.98
GRANITO	7800-8400				
GRANITO	1300-1400				
PIROXENITA	6800				3.25
PIROXENITA	2300-4700	2900	0.19		
(CARBONIFERO) (SLATE)	5490				2.73
NEFELINA CON PIRAXENITA	3890-5500				
PLASTICO	2340	1500	0.10-0.18		
PLASTICO	2550	1275	0.33		
PLASTICO			0.45		
PORTADO CARBONIFERO	4870-5330				
RELLENO ARTIFICIAL	350-600				
RESINA	2443	1020	0.40		
ROCA CLASTICA CONSOLIDADA Y/O CEMENTADA, EXC. LEGADA	1500-3700				2.0-2.6
ROCA CLASTICA EN ZONA OSCURAS	3100-6200				2.5-2.6
ROCA CLASTICA NO CONSOLIDADA	300-1800				1.5-2.2
ROCA FIABLE FIJOS Y METEORITAS	1900-4000				
ROCA FIABLE	4000-7000	2100-4000	0.29-0.26		2.4-3.0
ROCA FIABLE	4000-6200				2.7-3.0
ROCA FIABLE	4000-5000				
SAL (SALT ROCK)	4000-6500	2000-3200	0.33-0.34		

MATERIAL	V_p (ms ⁻¹)	V_s (ms ⁻¹)	Q_{20} (σ)	Densidad (gcm ⁻³)
TACONITA	4200-6300			2.76
ROCA VOLCANICA	1300-2500			
ANALITA	5100			
TRAGATA LINDRENSITICA	5400	3050	0.27	
TRAGATA LINDRENSITICA	2160	830	0.41	
TRAGATA LINDRENSITICA	7000			2.9
TRAGATA LINDRENSITICA	2000-5500			

TABLE 15 (Continued)
RESISTIVITIES OF MATERIALS FOUND IN THE OUTER
CRUST OF THE EARTH

Minerals and Ores	Resistivity ohm-cm:
Slate	$6 \times 10^1 - 8 \times 10^1$
Soil	$2 \times 10^2 - 1 \times 10^3$
Unconsolidated and recent formations (marls, clays, sands, alluvial de- posits, etc.)	$5 \times 10^1 - 1 \times 10^2$
Anhydrite	$10^2 - 10^7$
Arsenopyrite	2×10^1
Bornite	$0.5 - 5 \times 10^2$
Calcite	$> 10^7$
Chalcocite	$0.1 - 6 \times 10^1$
Chalcopyrite	$1.5 \times 10^{-2} - 3.5 \times 10^1$
Chalcopyrite-Hematite	5.5
Chalcopyrite-Sphalerite	1
Chalcopyrite-Pyrrhotite	< 0.1
Chromite	$1 \times 10^2 - 2 \times 10^4$
Coal (Bituminous)	$6 \times 10^1 - 10^2$
Coal (Anthracite)	$1 \times 10^2 - 2 \times 10^7$
Coal (Lignite)	$9 \times 10^2 - 2 \times 10^4$
Cobalt Iron	5×10^{-2}
Copper	$1.5 \times 10^{-2} - 1.5 \times 10^{-1}$
Copper-Iron	0.7
Covellite	< 0.1
Cuprite	3×10^4
Diamond	1×10^{16}
Galena	$3 \times 10^{-2} - 2 \times 10^1$
Galena-Sphalerite	$6 - 10^4$
Graphite	$8 \times 10^{-4} - 6$
Hematite	$5 \times 10^1 - 10^7$
Hematite (specular)	0.4
Limonite	$1 \times 10^3 - 1 \times 10^7$
Magnetite	$0.6 - 5 \times 10^3$
Marcasite	$1 - 3.5 \times 10^3$
Meteoritic iron (oxidized)	$> 10^3$
Mica	$9 \times 10^4 - 9 \times 10^7$
Molybdenite	$0.1 - 5 \times 10^1$
Nickel	$1 \times 10^{-2} - 1.5 \times 10^{-1}$
Nickel-Cobalt	$5 \times 10^{-2} - 6 \times 10^{-1}$
Pyrite	$5 \times 10^{-2} - 1 \times 10^{-4}$
Pyrite-Chalcopyrite	< 0.1
Pyrite-Pyrrhotite	< 0.1
Pyrolusite-Psilomelane (mixed)	0.5
Pyrrhotite	$5 \times 10^{-2} - 5.0$
Quartz	$> 10^7$
Rock Salt	$3 \times 10^4 - > 10^7$
Serpentine	$2 \times 10^4 - 3 \times 10^2$
Siderite	7×10^3
Sphalerite	$1.5 \times 10^2 - 1.5 \times 10^4$
Stibnite	$> 10^2$
Sulphur	$> 10^7$
Wulfamite	$1 \times 10^2 - 1 \times 10^3$

TABLE 20
APPROXIMATE RANGE OF VELOCITIES OF LONGITUDINAL
WAVES FOR REPRESENTATIVE MATERIALS
FOUND IN THE EARTH'S CRUST

A. Classification According to Material			
Material	Velocity*		
	Ft./Sec.	M./Sec.	
Weathered surface material	1,000—2,000	305—610	
Gravel, rubble, or sand (dry)	1,500—3,000	468—915	
Sand (wet)	2,000—6,000	610—1,830	
Clay	3,000—9,000	915—2,750	
Water (depending on temperature and salt content)	4,700—5,500	1,430—1,680	
Sea water	4,800—5,000	1,460—1,530	
Sandstone	6,000—13,000	1,830—3,970	
Shale	9,000—14,000	2,750—4,270	
Chalk	6,000—13,000	1,830—3,970	
Limestone	7,000—20,000	2,140—6,100	
Salt	14,000—17,000	4,270—5,190	
Granite	15,000—19,000	4,580—5,800	
Metamorphic rocks	10,000—23,000	3,050—7,020	
Ice	12,050		

B. Classification According to Geologic Age			
Age	Type of Rock	Velocity	
		Ft./Sec.	M./Sec.
Quaternary	Sediments (various degrees of consolidation)	1,000—7,500	305—2,290
Tertiary	Consolidated Sediments	5,000—14,000	1,530—4,270
Mesozoic	Consolidated Sediments	6,000—19,500	1,830—5,950
Paleozoic	Consolidated Sediments	6,500—19,500	1,980—5,950
Archeozoic	Various	12,500—23,000	3,810—7,020

C. Classification According to Depth †			
	0—2000 ft. (0—600 M.)	2000—3000 ft. (600—900 M.)	3000—4000 ft. (900—1200 M.)
	Ft./Sec.	Ft./Sec.	Ft./Sec.
Devonian	13,300	13,400	13,500
Pennsylvanian	9,500	11,200	11,700
Permian	8,500	10,000	.....
Cretaceous	7,400	9,300	10,790
Eocene	7,100	9,000	10,100
Pleistocene-to-Oligocene	6,500	7,200	8,100

* The higher values in a given range are usually obtained at depth.

† Data from B. B. Weatherby and L. Y. Faust, *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologists*, 19 (1935) 1.

TABLE 9-4. VELOCITIES IN SEDIMENTARY AND METAMORPHIC ROCKS

These are field and laboratory measurements as indicated. Faust [36] concludes that shale and sandstone show systematic correlation with depth and age. Faust's average velocity data based on 1 million feet of section in 500 Canadian and American well surveys are summarized in Figure 9-1. Average sand velocity exceeds average shale velocity by about 0.1 km/sec. Limestone velocity does not show as definite a correlation with depth and age but is very sensitive to the extent of crystallization. Because of porosity effects, the velocity in sedimentary rocks never reaches the intrinsic value of the components. Unlike the case of igneous rocks, it is virtually impossible to eliminate porosity effects by application of pressure [84].

Material	Velocities in km/sec		Remarks*	Reference
	V_p	V_s		
Sandstone-Shale, U.S. and Canada				
Tertiary	2.1-3.5	..	f; see Fig. 9-1; Average sand velocity exceeds shale by about 0.1 km/sec. Velocity range for depth range 0.3-3.6 km. depth 0.3-2.1 km.	36
Cretaceous	2.4-3.9	..		..
Pennsylvanian	2.9-4.4	..		..
Ordovician	3.3-4.5	..		13, 20, 21,
Sandstone	1.4-4.3	..		22, 23, 25, 27, 85
Sandstone conglomerate				
Australia	2.4	..	f	4
Limestone				
Soft	1.7-4.2	..	f and l	22, 32, 33, 31, 34, 35, 39, 87
Hard	2.8-6.4	..	f and l	14, 20, 21, 86, 35, 37, 41, 87
Solenhofen, Bavaria	5.97	2.88	l	7
Solenhofen, Bavaria	..	2.75	l	30
U.S. Midcontinent and Gulf Coast	3.4-6.1	..	f	29, 31
Argillaceous, Texas	6.03	3.03	l; 50 bars; || to bedding	29
Argillaceous, Texas	5.71	3.04	⊥ to bedding	..
Dolomite, Pennsylvania	5.97	..	f	14
Cement rock, Pennsylvania	7.07	..	f	14
Crystalline, Texas				
New Mexico, Oklahoma	5.67-6.40	..	f; depth 1-3 km	36
Dense; Sochi, USSR	5.90-7.00	3.03-3.59	f	86
Salt, carnallite, sylvite	4.4-6.5	..	f	13, 24, 29, 35, 39
Caprock (salt, anhydrite, gypsum, limestone)	3.5-5.5	..	f	35, 39, 40, 41
Anhydrite				
U.S. midcontinent and Gulf Coast	4.1	..	f	29
Bashkir and Tatar, USSR	5.00	2.67-2.99	f	86
Gypsum				
U.S. and Germany	2.0-3.5	..	f	29, 41, 42
Chalk				
U.S., Germany and France	2.1-4.2	..	f	..
Austin, Tex.	2.58	1.07 SV	f; ⊥ bedding	34, 35, 44, 86
Austin, Tex.	3.05	1.13 SH	f; || bedding	..
Slate				
Everett, Mass.	4.27	2.86	l	30
Shale and slate	2.3-4.7	..	f	4, 20, 22, 24, 32, 34, 45

TABLE 9-4. Continued

Material	Velocities in km/sec		Remarks*	Reference
	V_p	V_s		
Magnetite ore				
Ukraine [USSR]	5.50	..	f; $V_p/V_s \sim 1.67-1.72$	86
Dolomite	3.5-6.9	..	f and l	28, 38, 6
Marble				
Japan, Korea, Italy	3.75-6.94	2.02-3.86	l; range 46 samples	17
Danby, Vt.	5.78	3.22	average 46 samples	..
Quartzite	5.87	2.82	l; 70 bars	..
West Virginia	6.1	..	f	15
Cheshire	6.0	..	l; 90 bars	7
Chlorite schist				
Framingham, Mass.	4.89	3.27	l	30
Amphibolite schist				
Ukraine, USSR	4.2	2.5	f	86
Gneiss				
Wisconsin	6.71	..	f	28
New Hampshire	3.54-4.60	..	f	85
Ukraine, USSR	3.50	..	f; $V_p/V_s \sim 1.75-1.94$	86
Spain	5.15-7.50	..	f	39
New York, Massachusetts, Quebec	..	3.43-3.61	l; 4000 bars, 5 samples	74
Wet clay				
USSR (6 locations)	1.50-1.65	..	f; $V_p/V_s \sim 4.5-13.7$	86
Clay				
Baltic Shield (Leningrad)	1.20-2.50	..	f; $V_p/V_s \sim 2.08-8.5$	86
Impermeable argillaceous clay	2.00	.59	f	..
Sand				
Baltic Shield and Caucasus	.60-1.85	..	f; $V_p/V_s \sim 3.0-3.5$	86
Soil	.11-20	..	f; $V_p/V_s \sim 1.7-2.0$	86
Volcanic tuff				
New Zealand	2.16	.83	f	88

* f = field determination; l = laboratory determination

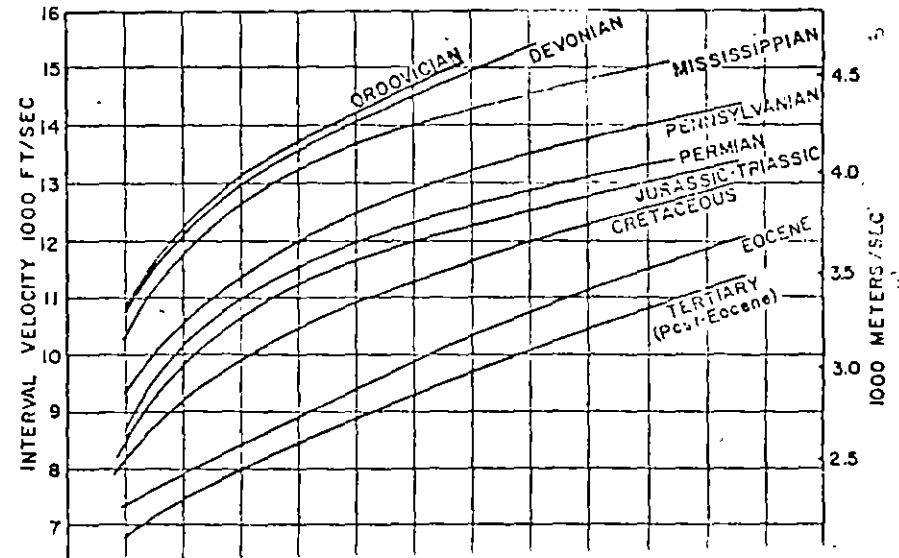


TABLE 9-5. WAVE VELOCITIES IN UNCONSOLIDATED SEDIMENTS

Water saturation is a significant factor influencing compressional velocity but having little effect on shear velocity. Nafe and Drake [78] have developed theoretical-empirical velocity depth curves (Fig. 9-2) which fit a wide variety of laboratory and field measurements on submarine sediments.

Material	Velocity in km/sec		Remarks*	Ref.
	V_p	V_s		
Alluvium	.5 -2.0	..	<i>f</i> ; near surface	3, 39, 45
	3.0 -3.5	..	<i>f</i> ; depth 2000 meters	..
Clay	1.1 -2.5	..	<i>f</i>	4, 26, 34, 46, 47
Diluvium	.7 -1.8	..	<i>f</i>	23, 34, 39
Embankments and fill	.4	..	<i>f</i>	39
Loam	.8 -1.8	..	<i>f</i>	4, 21
Loess	.3 - .6	..	..	19, 46
Sand				
loose	.2 -2.0	..	<i>f</i>	3, 10, 19, 23, 29, 32, 34, 39, 41
loose	1.0	.4	<i>f</i> ; above water table	43
loose	1.8	.5	<i>f</i> ; below water table	43
calcareous	.8	..	<i>f</i>	42
wet	.75-1.5	..	<i>f</i>	41, 68
Weathered layer	.3 - .9	..	<i>f</i>	29
Glacial				
till	.43-1.04	..	<i>f</i> ; unsaturated	28
till	1.73	..	<i>f</i> ; saturated	28
sand and gravel	.38- .50	..	<i>f</i> ; unsaturated	28
sand and gravel	1.67	..	<i>f</i> ; saturated	28
River, Bay	1.1 -1.8	..	..	48, 49
Suboceanic	over 1.6	over .6	<i>f</i> and <i>l</i> ; see Figure 2	78
Shallow water fine-grained; off San Diego, Calif.	1.46-1.68	..	in situ ultrasonic measurement sea water	50

* *f* = field determination; *l* = laboratory determination

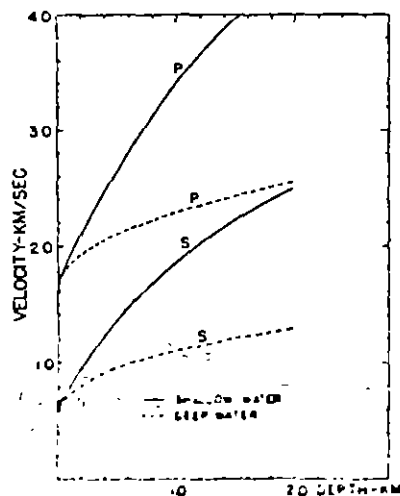


Figure 9-2. Wave velocities in submarine sediments [after Nafe and Drake, ...]

TABLE 9-6. WAVE VELOCITIES IN WATER, ICE, AND PETROLEUM

Material	V_p	V_s	Ref.
Fresh water			
0° C	1.404	..	51, 52
5°	1.439	..	..
13°	1.470	..	..
15°	1.477	..	..
18.5°	..	..	..
25°	-1.485	..	..
25°	1.509	..	..
35°	1.534	..	..
Sea water	See Figure 9-4	..	53
Function of pressure, temperature and salinity	See Reference	..	56, 76
Atlantic and Pacific Ocean—typical vertical profiles	See Figure 9-5	..	54, 55
Arctic pack ice	2.59 -2.79*	1.49-1.56	59
0.01 -3.49	..	..	..
Glacier Ice (Fig. 9-5)			
firm to iced-firm	1.0 -4.0	..	60
iced-firm and blue ice;			
<i>T</i> = 0° C	3.6 -3.8	1.6 -1.7	60
<i>T</i> = 30° C	4.0	1.8 -1.9	60
Permafrost	3.50	1.66-2.02	86
Lake ice	3.3 -3.5	..	61
Petroleum	1.326-1.395	..	57
23° C	1.275	..	58

* This is longitudinal plate velocity as distinct from compressional wave velocity in infinite medium.

Compressional and shear velocities in various materials have been compiled by Molotova and Vassil'ev [86]. Their results are reproduced in Table 9-7.

TABLE 9-7. COMPRESSIONAL AND SHEAR VELOCITIES IN VARIOUS METALS AND MATERIALS [86] (σ is Poisson's ratio)

Material	Values of V_p/V_s and σ in materials		
	V_p , m/sec	V_p/V_s	σ
Aluminum	7050	2.35-2.50	.39-.40
Window glass	6790	2.08	.350
Aluminum	6320	2.04	.344
Steel	6150-6300	2.17-2.32	.36-.386
Steel	5940	1.84	.29
Iron	5920	1.83	.287
Iron	5837	1.79	.274
Copper	4820-5960	2.1-2.6	.35-.41
Glass	5800	1.73	.25
Magnesium	5780	1.89	.30
Birch (lengthwise)	5000	6.6	.486
Copper (sheet M-1)	4660	2.01	.336
Lead	..	3.34	.45
Bakelite	3460	1.73-1.75	.25-.26
Cellulose	3590	2.10	.358
Concrete	3560	1.65	.21
Fused quartz glass	..	1.55-1.62	.14-.19
Plexiglas	2550	2.0	.37
Resin	2443	2.4	.3
Plastic	2340	1.5-1.6	.10-
Rubber	1040	38.6	.5
..	100	3.3	.25

TABLE 45
ELASTIC MODULI OF MINERALS
(at atmospheric pressure)

MINERAL	COMPRESSIBILITY X 10 ¹¹	YOUNG'S MODULUS X 10 ¹¹
<i>Feldspar:</i>		
Orthoclase	1.68	8.23
<i>Pyroxenes & Amphiboles:</i>		
Augite	1.07	(13)
Olivine	0.85	...
<i>Mica:</i>		
Phlogopite	2.34	5.00
<i>Other Minerals:</i>		
Quartz	2.70	5.12
Pyrite	0.71	19.5
Magnetite	0.54	25.2
Calcite	1.39	9.90
Gypsum	2.5	5.51
Rock salt	4.12	3.35
Ice	13.7	(1)

TABLE 46
ELASTIC MODULI OF ROCKS

ROCK	LOCALITY	INVESTIGATOR	COMPRESSIBILITY X 10 ¹¹	YOUNG'S MODULUS X 10 ¹¹
<i>Igneous Rocks</i>				
Quincy granite	Massachusetts	Leet	2.28	4.3
Tishomingo granite	Oklahoma	Born & Harding	1.93	3.29 (field) 4.55 (lab.)
Diorite		Adams & Williamson	1.62	...
Gabbro		"	1.28	10.8
Norite	Ontario	Zisman	1.65	8.05
<i>Extrusives</i>				
Andesite		Adams & Gibson	4.3	6.9
Diabase	Maine	Zisman	1.45	10.2
Basalt		Adams & Gibson	1.36	10.15
<i>Volcanic Glasses</i>				
Obsidian		"	2.86	(4)
<i>Metamorphic Rocks</i>				
Quartzitic slate (Archean)		Adams & Gibson	2.08	6.65
Gneiss		Zisman	2.07	3.28
Chloritic slate		Adams & Gibson	1.97	7.0
Quartzite (Triassic)		"	1.88	7.34
Graywacke (Devonian)		"	1.82	7.6

TABLE 46—Concluded
ELASTIC MODULI OF ROCKS

ROCK	LOCALITY	INVESTIGATOR	COMPRESSIBILITY X 10 ¹¹	YOUNG'S MODULUS X 10 ¹¹	
<i>Sedimentary Rocks</i>					
<i>Sandstones</i>					
Sandstone (Triassic)		Adams & Gibson	13.5	1.02	
Sandstone (Tertiary)		"	8.35	1.65	
Weathered sandstone (Tertiary)	California	Heiland	...	0.25	
<i>Limestones and Anhydrite:</i>					
Limestone	S. W. Persia	Richards	2.99	5.3-5.5	
Limestone (Devonian)		Adams & Gibson	1.70	8.15	
Anhydrite	S. W. Persia	Richards	1.69	7.2-7.4	
<i>Unconsolidated Formations</i>					
ROCK	LOCALITY	INVESTIGATOR	RIGIDITY MODULUS X 10 ¹¹	YOUNG'S MODULUS X 10 ¹¹	POISSON'S RATIO
Overburden (river deposits)	Los Angeles, Calif.	Heiland	0.010	0.030	0.45
Loess (dry)	Leine Valley, Germany	Ramspeck	0.011	0.033	0.44
Gravel	Werra Valley, Germany	"	0.0059	0.017	0.47

TABLES 47-52
VELOCITIES OF LONGITUDINAL WAVES

TABLE 47
WEATHERED SURFACE LAYER, AIR, WATER

FORMATION	LOCALITY	INVESTIGATOR	LONGITUDINAL WAVE VELOCITY	
			m./sec.	ft./sec.
Weathered surface layer (Pleistocene)	E. Alberta, Canada	Heiland	169-305	555-1060
Dry surface sands	California	Rieber	330	1053
Air			330.8 + 0.66t*	1099 + 0.22t*
Weathered layer	E. Colorado	Pugh	335-1690	1099-5545
Loess	Jena, Germany	Meisser & Martin	375-400	1230-1312
Dry surface soil	California	Rieber	600	1969
Weathered surface rocks	Oklahoma	Goldstone	610	2000
Loam (wet)	Australia	Edge & Laby	761	2497
Water (fresh)	.....	.....	1435	4708
Water at 14°C. at 20 m	Germany	Beuerman	1475	4840
Water (sea)	.....	.....	1480-1490	4856-4889

TABLE 48
ALLUVIUM, DILUVIUM—GLACIAL DRIFT

FORMATION	LOCALITY	INVESTIGATOR	LONGITUDINAL WAVE VELOCITY	
			m/sec.	ft./sec.
<i>Alluvium</i>				
Alluvium	Spain	Siñeriz	550-650*	1805-2133*
Tertiary alluvia	Str. Gibraltar	Devaux	800-1500	2625-4921
Alluvium	Diaz Lake, Calif.	Gutenberg	900	2953
Alluvium	Owens Valley, Calif.	Buwalda & Wood	1000	3250
Alluvium at depth	Spain	Siñeriz	1100-2360	3609-7743
<i>Diluvium</i>				
Diluvial sands	Sperenberg, Germany	Reich & Schweydar	855-1011	2805-3317
Diluvial sands (wet)	Kummersdorf, Germany	Reich	1430	4692
Diluvial sands (wet)	San Joaquin Valley, Calif.	Rieber	1650-1950	5414-6398
<i>Glacial Drift</i>				
Glacial drift	E. Alberta	Heiland	484-508.	1588-1667
Glacial drift	N. Germany	Barsch & Reich	1700	5578

* Round figures such as these indicate values by investigator.
 † These figures are the equivalent in feet (from conversion tables). Investigators in countries using metric systems usually give velocities in m. sec.⁻¹; those in countries using the English system, in ft. sec.⁻¹.

TABLE 49
SANDS, CLAYS, MARLS

FORMATION	LOCALITY	INVESTIGATOR	LONGITUDINAL WAVE VELOCITY	
			m/sec.	ft./sec.
<i>Sands and Clays</i>				
Dune sand	Denmark	Brockamp	500	1640
Cemented sand	Australia	Edge & Laby	852-975	2795-3200
Sandy clay	"	"	975-1160	3200-3806
Pure sands	Gibraltar	Devaux	1000	3280
Cemented sandy clay	Australia	Edge & Laby	1160-1280	3806-4200
Clayey sands	Gibraltar	Devaux	1400	4593
Miocene sands and clays (wet)	N. Germany	Reich	1600-1700	5250-5578
Oligocene clays	Jueterbog, Germany	Angenheister	1900	6234
<i>Marls</i>				
Eocene marls	N. Germany	Reich	1800	5906
Marl	Gibraltar	Devaux	2000-2500	6562-8202
Marl	Spain	Siñeriz	2000-3800	6562-12467
Eocene marls	Gibraltar	Devaux	2400	7874
Calcareous marl	Spain	Siñeriz	3000-4700	9843-15420

TABLE 50
SANDSTONES AND SHALES

FORMATION	LOCALITY	INVESTIGATOR	LONGITUDINAL WAVE VELOCITY	
			m/sec.	ft./sec.
Ribstone Creek sandstone (Upper Cretaceous)	E. Alberta	Heiland	931-1130	3055-3708
Tertiary sands & shales	Los Angeles Basin	Wood & Richter		
0-200 m			1000±	3280±
200-320 m			1900	6234
320-800 m			2100	6890
800-1650 m			2900	9514
1650-7 m			3500	11453
Sandstone	Gibraltar	Devaux	2000	6562
Middle Bunt sandstone (Triassic)	Jena, Germany	Meisser & Martin	2000-2800	6562-9187
Pennsylvanian sandstone, shales, and limes	Oklahoma	Goldstone	2130	6989
Sandstone conglomerate	Australia	Edge & Laby	2400	7874
Upper Miocene (in part)	Texas Gulf coast	Barton	2400-2700	7874-8858
Middle Eocene	Gulf coast	"	4200±	13780±

TABLE 51
LIMESTONE, GYPSUM, ANHYDRITE, CHALK, SALT

FORMATION	LOCALITY	INVESTIGATOR	LONGITUDINAL WAVE VELOCITY	
			m/sec.	ft./sec.
Limestone	Island of Djerba	Ceccaty & Jabiol	1,000-1,103	3,280-3,619
Cretaceous limestone	France	Maurin & Eblé	2,140	7,021
Carboniferous limestone	N. Germany	Barsch & Reich	3,000-3,600	9,841-11,812
Gypsum	Spain	Siñeriz	3,100	10,171
Soft limestone	Gibraltar	Devaux	3,200-3,600	10,500-11,812
Gypsum	Spain	Siñeriz	3,350-3,600	10,991-11,812
Limestone* surface velocities	Locations in Miss., La., Tex., N. Mex., Okla., Kan., Colo., and Penn.	Weatherby & Faut		
Cretaceous (Edwards)		"	3,352	11,000
Pennsylvanian (Belle City)		"	4,572	15,000
Mississippian (Mayes)		"	3,810	12,500
Devonian		"	4,937	16,200

TABLE 51—Concluded

LIMESTONE, GYPSUM, ANHYDRITE, CHALK, SALT

FORMATION	LOCALITY	INVESTIGATOR	LONGITUDINAL WAVE VELOCITY	
			m/sec.	ft./sec.
Ordovician (Viola)	Locations in	Weatherby &	5,090	16,700
Cambro-Ordovician (Arbuckle)	Miss., La.,	Faust	5,303	17,400
	Tex., N.			
	Mex., Okla.,			
	Kan., Colo., and Penn.			
Anhydrite	Spain	Sineriz	3,400-4,400	11,155-14,438
Zechstein gypsum	Sporenborg,	Schweydar &	3,500	11,483
	Germany	Reich		
Arbuckle limestone (Cambro-Ordovician)	Tishomingo, Okla.	Weatherby,	4,090 across bedding plane	13,430
		Born, & Harding	5,320 along bedding plane	17,430
Leesport limo	Pennsylvania	Ewing	6,400	20,998
<i>Chalk</i>				
Chalk	Denmark	Brockamp	2,200	7,218
Pecan Gap chalk (Cretaceous)	Texas	Barton	3,000-3,600	9,843-11,812
Chalk (subsurface)	Texas	"	3,020-4,200	9,903-13,780
Austin chalk (Cretaceous)	Texas	"	3,600-4,200	11,812-13,780
Chalk	Austria	Brockamp	4,200	13,780
<i>Salt</i>				
Salt in 710 m depth (= 2,300 ft.)	Rhoen, Germany	Meisser	4,450	14,600
Salt and anhydrite (Triassic)	Jucterbog, Germany	Angenheister	4,500	14,765
Rock salt of domes	Texas	Barton	4,720-5,200	15,486-17,060
Salt beda	Spain	Sineriz	5,000-7,000	16,405-22,967
Salt beda	"	"	5,300-6,300	17,388-20,670
Salt beda	"	"	5,500	18,045
Salt beda	"	"	5,500-5,900	18,045-19,358
Salt beda	"	"	5,700-6,950	18,702-22,803
Salt beda	"	"	6,000-7,500	20,342-25,264

TABLE 52 IGNEOUS¹ AND METAMORPHIC ROCKS

FORMATION	LOCALITY	INVESTIGATOR	LONGITUDINAL WAVE VELOCITY	
			m/sec.	ft./sec.
<i>Igneous Rocks</i>	Gibraltar Tishomingo, Okla.	Devaux Weatherby, Born, & Harding	4,000	13,124
			4,570-5,230	14,880-17,150
Ronne granite	Denmark	Brockamp	4,800	15,749
Quincy granite	Massachusetts	Leet & Ewing	4,900±20	16,273±66
Westerly granite	"	"	5,000±40	16,405±131
Rockport granite	Yosemite Valley, Calif.	Gutenberg, Buwalda, & Wood	5,080±10	16,607±23
			5,100-5,400	16,733-17,717
Rockport granite "Gestreifter" granite	Massachusetts Denmark	Leet Brockamp	5,140	16,864
			5,150	16,897
Igneous basement	Venezuela	Allen	5,400	17,914
Crystalline rock	Gibraltar	Devaux	5,500	18,045
Granite	Australia	Edge & Laby	5,630	18,472
Granite facies	San Gabriel Dam to Pasadena, Calif.	Wood & Richter	5,670	18,603
Igneous basement (not defined)	Venezuela	Allen	6,510	21,359
Granodiorite	Australia	Edge & Laby	4,570	14,993
Basalt	California	Rieber	3,600	11,811
<i>Metamorphics</i>	Alabama Hills, Calif.	Gutenberg, Buwalda, & Wood	3,100	10,170
Crystalline gneiss and schist				
Hard slate	Australia	Edge & Laby	3,200-3,500	10,500-11,483
Hornfels slate	"	"	3,500-4,420	11,453-14,501
Green slate	Denmark	Brockamp	4,000	13,124
Slates (Cambrian)	Spain	Sineriz	4,500-5,000	14,764-16,405
Slate and quartzite	N. Germany	Barach & Reich	5,000	16,405
Massive gneiss	Spain	Sineriz	5,150-7,500	16,896-24,606

¹ Rock types arranged in order of decreasing acidity.

TABLE 53 ELASTIC VELOCITIES OF TRANSVERSE WAVES

FORMATION	LOCALITY	INVESTIGATOR	TRANSVERSE WAVE VELOCITY	
			m/sec.	ft./sec.
Tishomingo granite	Tishomingo, Okla.	Weatherby, Born, & Harding	2,130-2,420	7,000-7,850
Rockport granite	Massachusetts	Leet	2,700	8,858

TABLE 64—Concluded
RESISTIVITIES OF ROCKS WITH CONDUCTIVE MINERAL
IMPREGNATIONS

Rock	LOCALITY	INVESTIGATOR	RESISTIVITY IN OHM-CM														
			Good Conductors				Intermediate Conductors										
			10 ⁻¹	10 ⁻¹	1	10	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷				
Limestone with lenses of hematite	Algeria	Schlumberger								1.2 to 4							
Sericite slate with pyrite	Quebec	Gilchrist													3.5		
Hornblende with graphite and pyrite	Bavaria	Hunkel												8		1	
Hornblende syenite with magnetite	"	"															1

TABLE 65
RESISTIVITIES OF IGNEOUS & METAMORPHIC ROCKS

Rock	LOCALITY	INVESTIGATOR	Dir.	FREQ.	RESISTIVITY IN OHM-CM												
					Intermediate Conductors												
					10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸					
<i>Specimens</i>																	
Diabase	Idaho	Sundberg	3					3.1									
Granite	Bavaria	Hunkel	3												1		
Devonian slate	Harz	Ebert						2									
"	"	"						6.5									
Porphyry, schistose	S. Australia	Edge & Laby		100				3									
Serpentine	"	Eve & Keys						3-2									
Diorite	Bavaria	Hunkel	3					1									
Gabbro	Mineville	Lee & Boyer		D.C.						1.0					1.4		
Garnet gneiss	Bavaria	Hunkel	3							2							
Hornblende gneiss	Mineville	Lee		D.C.										1-6			
Gray biotite gneiss	"	Lee & Boyer		D.C.										4			
Syenite	Bavaria	Hunkel	3												1		
<i>In Situ</i>																	
Graphitic schist	Normandy	Schlumberger		16	1	1											
Schists	Missouri	Polgini			2	6											
Hard calc. schist	Belgian Congo	Geoffroy & Charvin			2	1.1											
Mica schist (hard packed)	Washington, D. C.	Gish & Rooney		16				1.3									
Quartz porphyry (slightly altered)	Newfoundland	Kihlstedt						3.4									

TABLE 65—Concluded
RESISTIVITIES OF IGNEOUS & METAMORPHIC ROCKS

Rock	LOCALITY	INVESTIGATOR	Dir.	FREQ.	RESISTIVITY IN OHM-CM												
					Intermediate Conductors												
					10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸					
Keweenawan lavas	Michigan	Hotchkiss, et. al.		10-15				1.2						4.4			
Greenstone	"	Rooney		16									1.1				
Porous trap-rock	"	"		16				1.6									
Pre-Cambrian Granite	Sweden	Sundberg											3-6				
	Washington, D. C.	Gish & Rooney		16									5				
Slightly altered syenite	Ontario	Kihlstedt		200									2.4				
	"	"		200									3.7				
Massive vein quartz	"	"		200										2			
Diabase	Michigan	Rooney		16				4.5									
Serpentine	Ontario	Kihlstedt		200				2.1									
								5.3									

TABLE 66
RESISTIVITIES OF CONSOLIDATED SEDIMENTS¹³

Rock	LOCALITY	INVESTIGATOR	Dir.	FREQ. ^a	RESISTIVITY IN OHM-CM												
					Intermediate Conductors												
					10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶							
<i>Shales and Slates</i>																	
Chattanooga shale (Dev.)	Cent. & south Illinois	Hubbert		50				2								1.4	
Shale & glacial drift	"	"		50				5									
Nonesuch shale	Houghton Co., Mich.	Hotchkiss, et. al.		10-15									1.8				
Shale	W. Hancock, Mich.	Rooney		60												2	
Slate	"	Lee, Joyce, & Boyer		0												6.4	
Clay (wet)	Jugoslavia	Loehnerberg & Stern		D.C.				2.1									

^a Electrode spacing in four-terminal method, in feet.

¹³ Determined in the field.

TABLE 66—Continued

RESISTIVITIES OF CONSOLIDATED SEDIMENTS

Rock	LOCALITY	INVESTIGATOR	Dir.	FREQ. α°	RESISTIVITY IN OHM-CM					
					10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷
Grinneld argillite	N $\frac{1}{2}$ sec. 23, T32N R20W, Flathead Co., Montana	Erdmann	dip 32°	16						
					10		1.7			
					20	9.6				
					20		1.1			
					30		1.0			
Grinneld argillite	" (Water's Edge)	"	dip 32°	16	10					
					20	8.7				
					20	7.4				
					40		1.1			
					15		1.3			
Argillite (Missoula group); pre-Cambrian, thin-bedded, platy argillite; resembles Grinneld	Sec. 27, T 32N R20W, Flathead Co., Montana	"	dip 31°	16	10					
					10		1.4			
					20		1.6			
					30		1.5			
					40		1.4			
Conglomerates	Eagle Harbor, Mich.	Hotchkiss, et al.	dip -	10-15						
					30		1.1			
Great conglomerate outcrop	Michigan	Rooney		60			2	1.3		
Sandstone	Michigan	Hotchkiss, et al.		10-15			3.5	1.2		
Eastern sandstone	"	Rooney		16			4.3			
Muschelkalk ss. (Triassic)	Lorraine	Schlumberger		16			7			
Sandstone (Tertiary Oligocene); silty; fine grained; pale green to yellow and buff colors; thin beds of lignite	Coal Creek Road, Flathead Co., Montana	Erdmann	dip - almost 0	16	10		8.8			
					20		9.8			
					20		6.2			
					30		6.7			

TABLE 66—Concluded

RESISTIVITIES OF CONSOLIDATED SEDIMENTS

Rock	LOCALITY	INVESTIGATOR	Dir.	FREQ. α°	RESISTIVITY IN OHM-CM						
					10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	
Armorican ss. compact Siliceous-Ordovician	Normandy	Schlumberger								1	
											4
Ferruginous sandstone (Jurassic)	Switzerland	Koenigsberger									
Limestone	Lorraine	Schlumberger		16					6		
Muschelkalk ls. (Triassic)	Algeria	"							1.2-4		
Limestone with lenses of hematite	Lorraine	"		16						1.8	
Muschelkalk oolitic ls. (Triassic)	Mississippian (Missouri)	Poldini								3-4	
Limestone	SW cor. sec. 5 T29N R18W Flathead Co., Montana	Erdmann	dip 54°	16	10					6.8-1.4	
					20						1.5
					30						1.4
					10						3.6
Siyeh ls., hard homogeneous, dark bluish-gray, siliceous magnesium ls.; pre-Camb.					20					5.4	
					30						7.9
					10						6.6
					20						6.9
					50					6.1	
										8.1	

TABLE 67

RESISTIVITIES OF UNCONSOLIDATED FORMATIONS (MOSTLY QUATERNARY)

FORMATION	LOCALITY	INVESTIGATOR	α°	FREQ.	RESISTIVITY IN OHM-CM					
					10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷
Marls	Germany	Schlumberger		16						3-1.2
Marl & gypsum	Algeria	"		16						1-3
Marl & gypsum	Lorraine	"		16						5
Jarnisy marls	"	Geoffroy								7
Marls										

* Electrode spacing in four-terminal method, in feet.

TABLE 67—Concluded

RESISTIVITIES OF UNCONSOLIDATED FORMATIONS (MOSTLY QUATERNARY)

FORMATION	LOCALITY	INVESTIGATOR	a°	FREQ.	RESISTIVITY IN OHM-CM					
					10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶
<i>Clay</i>										
Clays with Mg salts	Australia	Rooney		16	1-2					
Clay (wet)	Palestine	Loehnberg		D.C.	5-4					
Boulder clay (no gravel)	Montana	Erdmann	10			2.1				
			20			2.3				
Marine clay	Ontario	Hawkins				3.6				
Dry clay	New Jersey	Feldman		40 mc.*		5.1				
Wet clay						8				
Boulder clay (wet)	Montana	Erdmann	20				1.1			
<i>Alluvium and Silt</i>										
Alluvium (moist)	Montana	"	10			2.3				
Silt (dry)		"	5			2.0				
			10			1.3				
			20			1.4				
Glacial out-wash (dry)	Washington (state)	"	10				1.3			
" "	"	"	10				1.6			
" "	"	"	10				2.1			
Fluvio glacial till (wet)	"	"	20				8.4			
			40				5.7			
			60				4.9			
			100				3.9			
Glacial River gravel (wet)	Connecticut	Leonardon					.5			
" " "	Montana	Erdmann	10				1.2			
			10				1.4			
Yellow river sand (3.3% moisture)		Sundberg					1.7			
Yellow river sand (0.86% moisture)		"					8.3			
Stream gravel (wet)	Montana	Erdmann	10				3.3			
			15				3.3			
			20				3.2			
River gravel (wet)	Colorado	"	10				4.8			
			10				6.5			
			10				4.8			
			10				8.9			

*mc. = megacycles = 10⁶ cycles.

on specimens in the laboratory; this is followed by a tabulation of resistivities determined on the same group of rocks *in situ*. The remaining tabulations give resistivities of consolidated and unconsolidated sedimentary rocks, determined in the field, and of oil bearing formations, most of them measured by electrical logs.

TABLE 68

RESISTIVITIES OF OIL FORMATIONS¹

FORMATION	LOCALITY	INVESTIGATOR	RESISTIVITY IN OHM-CM																	
			10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁹	10 ¹⁰								
Oil sand—fair	Salt Dome, Hull, Texas	Deussen & Leonardon	4																	
Oil sand—good	" "	" "		1.8																
Lower oil formation (daily av. 30 tons)	Tinten	Koenigsberger	6																	
Upper oil formation (2000 to 60 tons)	"	"		1.5-7																
Heavy saturated oil sand	Seminole field, Oklahoma	Schlumberger & Leonardon		9-1.1																
Associated beds	" "	" "	5.6																	
Very productive sands	Maracaibo Dist., Venezuela	" "		7.6																
Same ss.; no oil, H ₂ O saturated	" "	" "	5																	
Oil sands, much oil	Grozny Dist., Russia	" "				2.2														
Sand (dry)	" "	" "		2.5																
Productive formations	" "	Koenigsberger				3-8														
Same, with shows	" "	" "		6																
Oil horizon, 320 tons per day	Dacian field, Rumania	Deussen & Leonardon		4																
Oil horizon, 110 tons per day	" "	" "		2																

¹Most of these were measured by electrical logs.

TABLE 69

DIELECTRIC CONSTANTS—MINERALS AND OTHER SUBSTANCES

κ' = apparent dielectric constants; κ₀ = true dielectric constants, e.s.u.

MATERIAL	LOCALITY	INVESTIGATOR	FREQ. CYCLES	DIR.	κ'	κ ₀
Elements or Substances						
Ice		Pohl				3.2
Petroleum		Various authors				2.07-2.14
Water		" "				81
Minerals						
Sulfur		Schmidt	4 × 10 ³	3 cryst. axes		3.60; 3.9-4.7
Quartz		"	4 × 10 ³	⊥; || 3 cryst. axes		3-46
Gypsum		"	4 × 10 ³	3 cryst. axes		1; 9.9

TABLE 69—Concluded
DIELECTRIC CONSTANTS—MINERALS AND OTHER SUBSTANCES

ϵ' = apparent dielectric constants; ϵ_0 = true dielectric constants, e.s.u.

MATERIAL	LOCALITY	INVESTIGATOR	FREQ. CYCLES	Dir.	ϵ'	ϵ_0
Rock salt		Schmidt	4×10^3			5.6
Anthracite		Ambrohn				5.6-6.3
Anhydrite		"				6-7
Dolomite		Schmidt	4×10^3	||; \perp cryst. axes		6.8; 7.0
Siderite		"	4×10^3	"		6.9; 7.9
Barite		"	4×10^3	"		7.7; 7.6; 12.2
Augite		"	4×10^3	3 cryst. axes		6.9; 7.1; 8.6
Calcite		"	4×10^3	||; \perp cryst. axes		8.0; 8.5
Sphalerite		Rubens				8.3
Muscovite		Poole				9
Limonite		Löwy				10-11
Cassiterite		Rubens	4×10^3			12.7
Hematite		Löwy				25

TABLE 70
DIELECTRIC CONSTANTS—ROCKS AND FORMATIONS

ϵ' = apparent dielectric constants; ϵ_0 = true dielectric constants, e.s.u.

MATERIAL	LOCALITY	INVESTIGATOR	FREQ.	Dir.	ϵ'	ϵ_0
Marble		Fleming				6
Granite (dry)	Germany	Löwy				8
Limestone	"	Stern				8-12
Diorite	"	Löwy				8.5
Sandstone (dry)	"	"				9-11
Syenite	"	"				12
Basalt	"	"				12
Porphyry	"	"				9-10
Gneiss	France	"				14
Mica schist	Germany	Stern				16
Schist	"	Löwy				16-17
Chalk (mois. 24%)	Baldock, Eng.	Smith-Rose	10 mc.*		21	
Dark fibrous loam (mois. 60%)	Rugby, Eng.	"	10 mc.		54	
Soil (mois. 3.6%)	Teddington, Eng.	"	10 mc.		1	
Dry river sand		Fleming				2-3
Dry clay		"				2-5
Dry clay (alone chips)	Netcong, N. J.	Feldman	long wave			7-10
			20 mc.			7-10
			30 mc.		1.5	7-10
			40 mc.			7-10
			10 mc.			8-10
Soil (mois. 11%)	Teddington, Eng.	Smith-Rose				
Sandy loam	Hoimdel, N. J.	Feldman	10 mc.			11
Sandy loam	"	"	20 mc.			11
Dry topsoil	"	"	10 mc.			15

* mc. = megacycles

TABLE 70—Concluded
DIELECTRIC CONSTANTS—ROCKS AND FORMATIONS

ϵ' = apparent dielectric constants; ϵ_0 = true dielectric constants, e.s.u.

MATERIAL	LOCALITY	INVESTIGATOR	FREQ.	Dir.	ϵ'	ϵ_0
Dry topsoil	Holmdel, N. J.	Feldman	40 mc.			12
			30 mc.			13
			20 mc.			14.5
Soil (mois. 17%)	Teddington, Eng.	Smith-Rose	10 mc.		17-20	
Dry clay	Holmdel, N. J.	Feldman	40 mc.			19.5
			30 mc.			22
			20 mc.		0.5	23.5
			10 mc.			26.5
Loam & clay (mois. 15%)	Rugby, Eng.	Smith-Rose	10 mc.		21	
Chalk (mois. 26%)	Baldock, Eng.		10 mc.		38	
Wet topsoil	Holmdel, N. J.	Feldman	20 mc.			23
			30 mc.			23
			40 mc.			23
Subsoil (wet)	"	"	20 mc.			28
			30 mc.			28
			40 mc.			28
Wet clay	"	"	20 mc.			29
			10 mc.			32
Blue clay (mois. 23%)	Rugby, Eng.	Smith-Rose	10 mc.		29	
Blue clay (mois. 25%)	"	"	10 mc.		46	
Daventry soil (moist)	Daventry, Eng.	Ratcliffe & White	3 mc.			39
Clay and sand (mois. 21%)	Rugby, Eng.	Smith-Rose	10 mc.		42	
Cambridge soil (moist)	Daventry, Eng.	Ratcliffe & White	2 mc.			43
Loam & clay (mois. 33%)	Rugby, Eng.	Smith-Rose	10 mc.		43	
Clay & sand (mois. 26%)	"	"	10 mc.		48	

III. SELF-POTENTIAL METHOD

A. GENERAL

The self-potential method is the only electrical method which uses a natural field, that is, one supplied by spontaneous electrochemical phenomena. All other electrical methods use artificial electric fields.

The electrical activity of ore bodies and the potentials associated with (1) concentrations of metals in placers, (2) the corrosion of pipe lines, (3) the movement of underground waters, and (4) foundation boundaries all arise from concentration differences of electrolytic solutions in contact

Material	Density (wet): g/cm ³	Magn. vol. suscept. χ × 10 ⁶ (SI)	Electric Resistivity ρ ohm-m (wetted rocks)	Elect. Anisotropy %el.	Electrochemical polariz. μc/second	Thermal conductivity K wet/m/deg	Thermal anisotrop. λth.	Velocity of compressional waves V m/s
Albite			3·10 ⁷ - 5·10 ³			20		
minimum	2.70	22.1	2.9·10 ⁻⁸			220		6300 - 7100
fibrolite	2.99 (2.75 - 3.14)					2.89 (2.55 - 3.50)		
Andesite	2.63 (2.55 - 2.65)	3·10 ³ - 6.3·10 ⁴	4.5·10 ⁴					5230
Anhydrite	2.89 (2.52 - 2.93)	-14.1	10 ⁹			5.35 (4.89 - 5.73)	0.94	4500 (3500 - 5500)
Anorthosite	2.73 (2.54 - 2.92)	500 - 1000				1.75 (1.70 - 1.86)		5400 - 6600
Argentite	7.2 - 7.4		1.7·10 ⁻³					
Arsenopyrite	5.9 - 6.2	1690 - 2960	10 ⁻⁴ - 10 ¹					
Basalt	2.98 (2.90 - 3.05)	2.50·10 ² - 10.5·10 ⁴	10 ² - 10 ⁴			1.47 - 2.18		
Bauxite	2 - 2.55		2·10 ² - 6·10 ³					
Bornite	5.0 (4.9 - 5.3)		1.6·10 ⁻⁶ - 6·10 ⁻³					
Braunite	4.8		10 ⁻¹ - 1					
Calcite	2.70 (2.50 - 2.80)	-12.7 Ic -12.4 Ic	5·10 ¹²			4.18 Ic 3.51 Ic		
Cassiterite	5.8 - 7.0		4.5·10 ⁻⁴ - 10 ⁴					
Chalcocite	5.5 - 5.8		10 ⁻⁴ - 4·10 ⁻²					
Chalcocopyrite (polycrystalline)	4.25	375 - 1500	3·10 ⁻⁵ - 5·10 ⁻²			(8.4)		
Chalk	1.94 - 2.23	0				(0.92)		2100 - 4200
Chalybite (see siderite)								
Chromite	4.5 - 4.8	7.5·10 ³ - 12·10 ⁵	10 ⁶		3.3·10 ⁻⁴ - 3.3·10 ⁻²			
Cinnabar	2.1		2·10 ⁷					
Clays	1.5 - 2.5	50 - 630	10 - 100					1800 (1100 - 2500)
Coal								
Anthracite	1.3 - 1.5	(6)	10 ⁻² - 1	2.00 - 2.55		0.21		
low, bituminous, coking	1.1 - 1.2	-25 - +25	10 ² - 10 ⁴					
lignite	1.1 - 1.2		10 ⁻⁵ - 10 ⁻¹					
Copper	8.96	-9.5	1.72·10 ⁻⁸			384		4820 - 5960
Covelite	4.7		3·10 ⁻⁷ - 8·10 ⁻⁵					
Dacite								
Tertiary	2.35 - 2.45		(2·10 ⁴)					
Pre-cambrian	2.67							
Diabase	2.96 (2.80 - 3.11)	6.30·10 ² - 25.0·10 ⁴	3·10 ² - 4.6·10 ⁷			2.20 (2.10 - 2.32)		5800 - 6600
Diamond	3.51	-19.5 - -23.0	5·10 ¹² - 2.7·10 ¹⁶			120 - 160		
Diorite	2.81 (2.68 - 2.96)	190 - 60·10 ³	2.8·10 ⁴ - 2.0·10 ⁶		0.026 - 0.23	2.48 (2.10 - 3.42)		5780
Dolerite	2.8 - 3.3	3.0·10 ² - 8.8·10 ⁴				2.01 (1.65 - 2.28)		
Dolomite	2.80 (2.75 - 2.85)	-12.5 - +44	3.5·10 ² - 5.0·10 ³		0.030 - 0.25	4.6 (4.0 - 5.0)	1.10	3500 - 6900
Dunite	3.28 (3.20 - 3.31)					(4.8)		
Eclogite	3.39 (3.34 - 3.45)							(8000)
Energite	3.39 (3.34 - 3.45)		2·10 ⁻⁴ - 10					
Gabbro	2.98 (2.85 - 2.92)	0 - 75000	10 ⁵ - 10 ⁶		10 ⁻⁴ - 10 ⁻²	2.15 (2.0 - 2.3)		6450 - 6700
Galena	7.6	-33	2.6·10 ⁻⁵ - 6·10 ⁻¹		10 ⁻⁴ - 10 ⁻²			
schorffite	5.9		10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁴					
Glacial till (see moraine)								
Gneiss	2.70 (2.66 - 2.73)	0 - 3300	10 ³ - 7·10 ⁴			2.7 (1.9 - 3.2)		4700 (1700 - 7500)
Granite	2.67 (2.52 - 2.82)	10 - 65 (without Fe ₃ O ₄) 25 - 5·10 ⁴ (with Fe ₃ O ₄)	10 ³ - 2·10 ⁴		0.030 - 0.57	3.3 (2.6 - 3.8)		5000 (4750 - 6175)
Granodiorite	2.72 (2.67 - 2.78)					3.0 (2.6 - 3.5)		4750 (4400 - 6175)
single crystal	2.3	-224 - -608 Ic -6.4 - 79.2 Ic	3.8·10 ⁻⁷ - 10 ⁻⁶ Ic 2.9·10 ⁻⁵ - 10 ⁻² Ic					
Greywackes	2.55 - 2.75		4·10 ³ - 10 ⁵					
Gypsum	2.31 - 2.33	-12.5				(1.3)	0.64	2000 - 3500

Material	Density (Wet) g/cm ³	Magn. vol susc. $\chi \times 10^6$ (SI)	Electric Resistivity ρ ohm-m (wetted rocks)	Elect. Anisotropy λ_{el}	Electrochemical polariz. μ second	Thermal conductivity K watt/m/deg	Thermal anisotropy λ_{th}	Velocity of compressional waves V m/s
Hematite Single crystal (impure)	5.1		$6 - 14.0 \cdot 10^{-3} \rho_c$ $4 - 5.4 \cdot 10^{-3} \rho_c$			12.1 ρ_c 14.8 ρ_c		
Compact ore	5.1	$4.2 \cdot 10^2 - 10^4$	$10^{-3} - 10^4$		1.5 - 35	10.5		
Halite (see Rock Salt)								
Hollandite	4.95		$2 \cdot 10^{-3} - 10^{-1}$					
Hausmannite	4.7 - 4.8	1660						
Ice	0.92	-9.0	$4.7 \cdot 10^5$			(2.17)0°C		3400
Ilmenite	4.44 - 5.0		$10^{-3} - 4$				1.23	
Labradorite (see Anorthosite)								
Lead	11.3	-17.1	$21 \cdot 10^{-8}$			35		
Limestone	2.70 (2.58 - 2.80)	50 - 880 (Pure) $10 - 25 \cdot 10^3$ (with magn.)	$10^2 - 10^5$	1.0 - 1.14	0.030 - 0.25	2.5 (2.0 - 3.0)		5800 (3400 - 7000)
Loam	1.15 - 1.43 (dry)	(380)	20 - 160			0.21 (0.15 - 0.37)		1000 (890 - 1860)
Loess	(1.61)	(250)						400 (300 - 600)
Magnetite	2.9 - 3.1	25 - 140	very high				1.10	
Magnetite Single crystal	5.2	$15 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^{-5} - 10^{-3}$			(5.0)		
Polycrystalline Ore	4.9 - 5.2 (5.1) variable	$15 \cdot 10^6$ $7.1 \cdot 10^4 - 14.2 \cdot 10^6$	$10^{-5} - 7 \cdot 10^4$ $10^{-2} - 10^2$			(5.3)		5500
Malachite	3.9 - 4.5	430						
Malenite	4.2 - 4.4	3750 - 6300	$1.8 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-1}$					
Marble	2.75		$10^4 - 10^{10}$			2.8 (2.4 - 2.9)		5800 (3750 - 6940)
Marl (Trias)	2.42 (2.40 - 2.44)	(125)	12 - 40			1.47 (0.91 - 2.22)		
Mica	2.8		$10^{11} - 10^{15}$				5.84	
Molybdenite	4.92		$7.5 - 10^4$					
Monzonite quartz m.	2.64	0 - 500	$10^3 - 5 \cdot 10^3$		0.026 - 0.23	(3.0)		
Moraine	1.5 - 2.0	0	$10^2 - 2 \cdot 10^3$		0.3 - 3			1000 - 2700
Norite	2.98 (2.72 - 3.02)		$10^3 - 10^4$			2.7 (2.30 - 3.1)		6700
Obsidian								
Rhyolitic	2.33 - 2.41		very high			(1.38)		
Trachytic	2.43 - 2.47							
Gil	0.6 - 0.9		very high					1275 (22°C)
Olivine	3.18 - 3.57		$10^3 - 10^4$					
Fenslandite	4.6 - 4.5		$10^{-6} - 10^{-5}$					
Peridotite (fresh)	3.15 - 3.28		$3 \cdot 10^3$					
Phyllite	2.74 (2.65 - 2.80)	0 - 1200				4.9 (4.0 - 5.9) 1 layering 3.3 (2.7 - 3.7) 1 layering		
Prichblende	9 - 9.7					9.6 (UO ₂ crystal)		
Porphyrite	2.75 (2.69 - 2.87)		$10^{-1} - 5 \cdot 10^4$		0.03 - 0.57			
Pseudomelane	0.2 - 4.3	3370	$6 \cdot 10^{-2} - 6 \cdot 10^{-3}$					
Pyrite								
Single crystal	5.1		$10^{-5} - 10^{-2}$			(37.2)		
Polycrystalline Ore	4.9 - 5.02 variable	35 - 60 100 - 5000	$10^{-5} - 1$ $10^{-4} - 10$					
Pyrolufite	4.7 - 5.0	1630	$1.5 \cdot 10^{-3} - 30$					
Pyrozenite	3.10 - 3.32					(3.8)		
Pyrrhotite								
Single crystal	4.6						1.14	
Polycrystalline	4.5 - 4.7	$10^4 - 25 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^{-6} - 1.6 \cdot 10^{-4}$			(5.7)		

Material	Density (wtd g/cm ³)	Meg vol. loss ($\times 10^6$ (SI))	Electric Resistivity ρ ohm-m (wetted rocks)	Elect. Aniso- tropy λ :	Electrochemical polariz. p: second	Thermal conducti- vity K watt/m/deg	Thermal anisotropy λ th.	Velocity of compressional waves V m/s
Quartz Crystal	2.65 (2.61 - 2.68)		$2 \cdot 10^{14}$ to 10^{12} //c			6.7 to 11.4 //c		
fused quartz	2.1 - 2.2		$4.7 \cdot 10^6$			1.35 (1.15 - 1.52)		
Rhyolite (Tertiary)	2.30 (2.25 - 2.35)	750 - 12000			0.25 - 2.6			
Rock Salt	2.1 - 2.2	-10.3	$10^{10} - 10^{13}$			5.7 (5.3 - 7.2)		
Sand	1.60 - 1.90		very variable					600 - 1850
Sandstones Tertiary		35 - 950		1.10 - 1.59	0.015 - 4.0			2100 - 3500
Cretaceous	2.15 - 2.35		100 - 300					2400 - 3900
Triassic	2.25 - 2.30							
Carboniferous	2.25 - 2.55					2.5 - 3.2		2900 - 4400
Devonian	2.26 - 2.62							3300 - 4500
Arkose	2.55 - 2.70		$3 \cdot 10^2 - 5 \cdot 10^3$					
Quartzite	2.55		$2 \cdot 10^2 - 3 \cdot 10^2$		0.9	3.4 (1.1 - 5.2)		
Schist Gneiss	2.82 (2.73 - 3.03)		$5 \cdot 10^3 - 10^5$					4900
mic	2.75 (2.65 - 2.96)					2.9 (2.3 - 4.2)		
Serpentine	2.50 (2.5 - 2.7)	3100 - 75000				2.3 (2.0 - 3.8)		
Shales Younger	2.40 (2.10 - 2.60)		$1 - 10^3$				1.05	
Older and metamorphic	2.70 (2.65 - 2.75)		$10^3 - 10^4$			1.36 (1.25 - 1.80)		
Graphitic	2.75 (2.70 - 2.80)		$10^{-3} - 10$					3900 - 5500
Siderite	3.9	$4 \cdot 10^{-3} - 7 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^3$				1.12	
Siltstone Cretaceous	2.32 (2.24 - 2.40)		10^4		0.081 - 0.92			
Older	2.65					1.6 - 2.0		
or slate	10.5	-26.4	$1.59 \cdot 10^{-8}$			417		
slate	2.73 (2.65 - 2.80)	0 - 1250	$10^3 - 10^4$	1.10 - 2.25		1.6 - 2.0		
Sphalerite Crystalline Ore	2.5 - 4.2	-13100				26.6		
Stannite	4.4	40 - 6500	$1.8 \cdot 10^{-2} - 4 \cdot 10^4$					
Stibnite	4.64		$10^{-3} - 6 \cdot 10^3$					
Synchite	2.76 (2.63 - 2.90)	750 - 62.9 $\cdot 10^3$	$10^5 - 10^{12}$					
Sylvite	1.98	-12	$10^{11} - 10^{13}$			3.2 (2.6 - 4.0)		4400 - 6500
Trachyte	2.63 (2.4 - 2.8)	5000 - 12000						
Uraninite (see pitchblende)								
Water	1.000 (4°C)	-9.0	very sensitive to impurities			0.56 (0°C) 0.59 (25°C)		1404 (0°C) 1485 (18.5°C)
Wolframite	7.18 (7.14 - 7.54)		$10^3 - 10^7$					
Zinc blende (see sphalerite)								

EARLIER ISSUES

Further copies of this Memorandum and others
in this series are available from

- Geo Memo 1/68 Prospecting for Ore by Electromagnetic Waves
Geo Memo 2/69 Seismic Refraction Surveys for Civil Engineering
Geo Memo 3/69 Ground Water Exploration by the Electrical Resistivity Method

For local ABEM agent

ATLAS COPCO ABEM

Box 20086, S-161 20 Bromma 20, Sweden

Telephone 08-98 05 35