



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

**A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS**

**Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.**

**El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.**

**Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.**

**Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.**

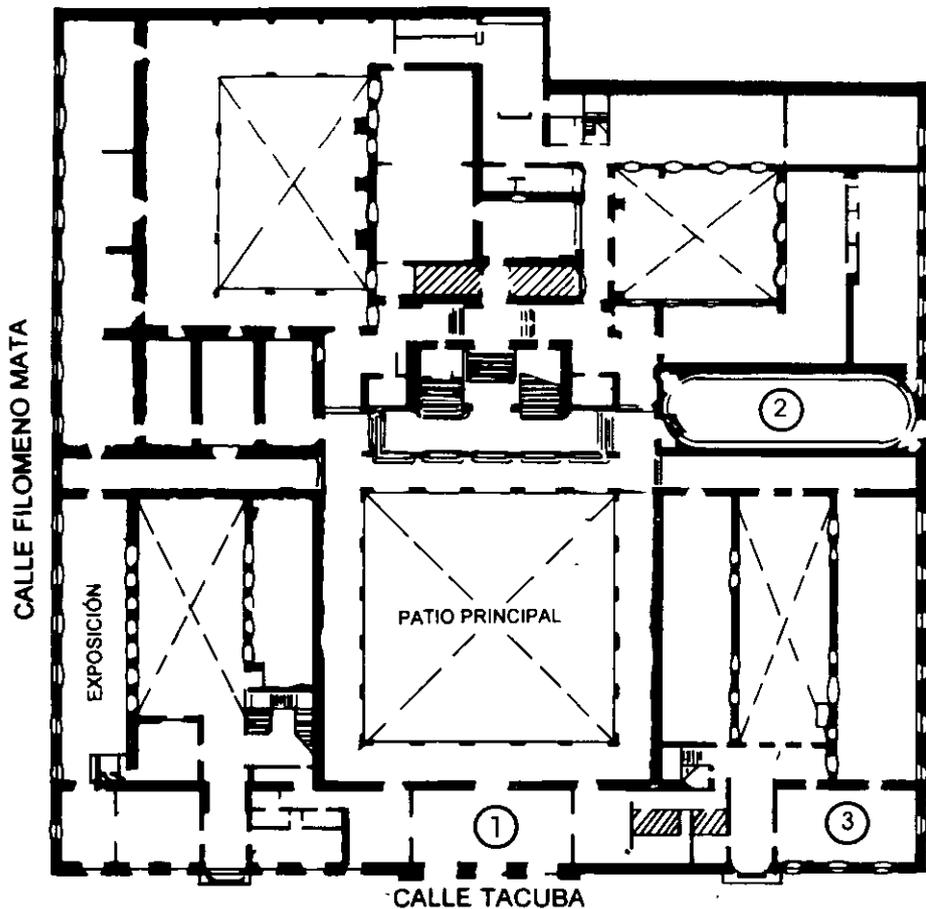
**Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.**

**Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.**

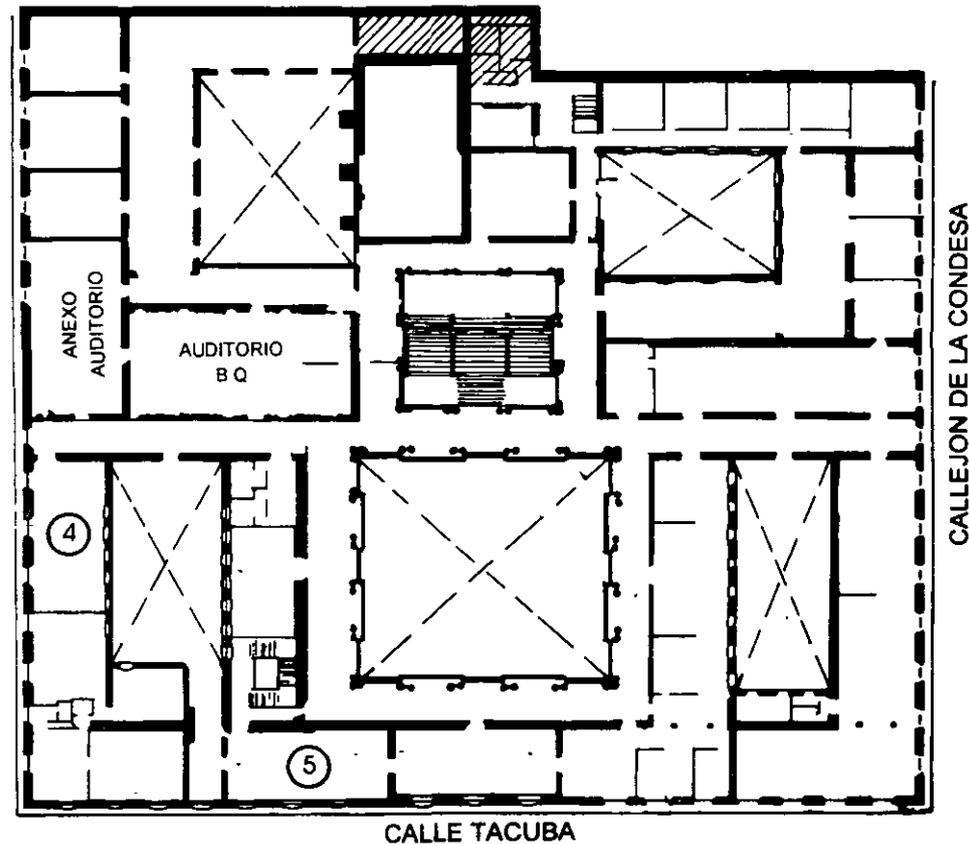
**Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.**

**Atentamente  
División de Educación Continua.**

# PALACIO DE MINERIA

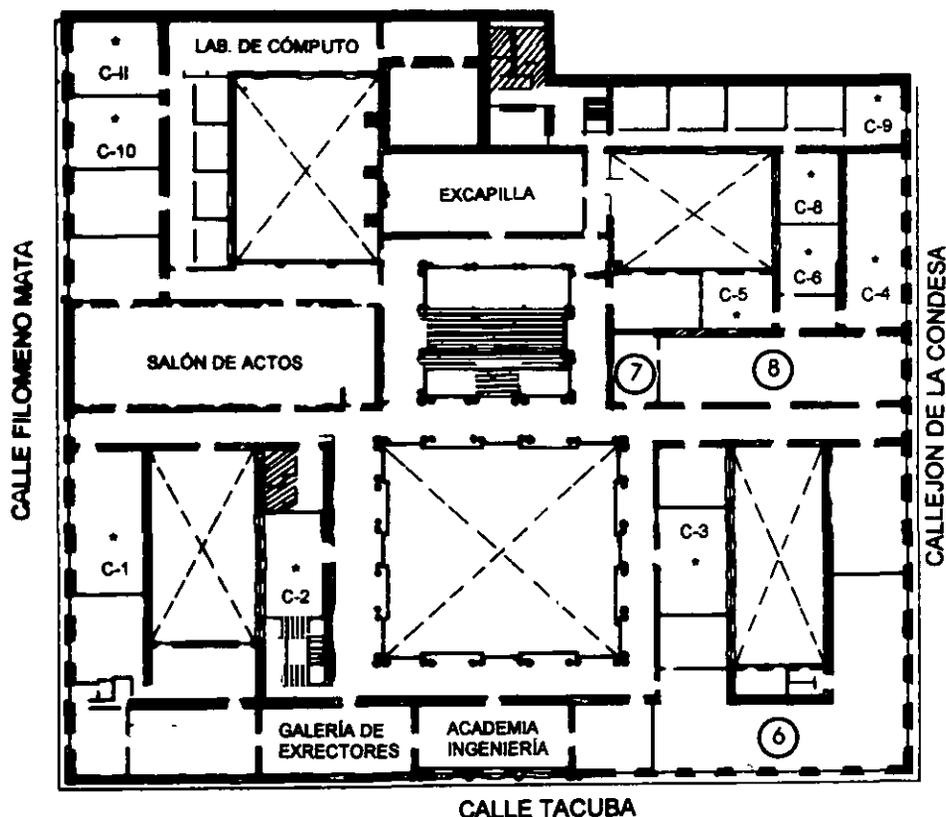


**PLANTA BAJA**



**MEZZANINNE**

# PALACIO DE MINERIA



## GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
  2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
  3. LIBRERÍA UNAM
  4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN  
"ING. BRUNO MASCANZONI"
  5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
  6. OFICINAS GENERALES
  7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
  8. SALA DE DESCANSO
- SANITARIOS
- \* AULAS

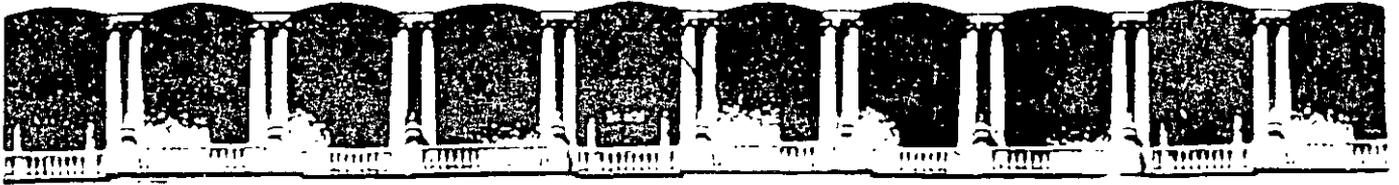
**1er. PISO**



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.  
CURSOS ABIERTOS

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA





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

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO INTERNACIONAL EN RIESGO  
AMBIENTAL**

**MODULO II: CAUSAS DE RIESGOS INDUSTRIALES  
GRAVES**

**TEMA**

**RIESGOS MECANICOS**

**EXPOSITOR: ING. MARTINIANO AGUILAR R.  
PALACIO DE MINERIA  
MAYO DEL 2001**

## Riesgos Mecánicos (Protección de maquinaria)

1. Los resguardos debieran ser diseñados, contruidos y usados de tal manera . que ellos:

- a) suministren una protección positiva;
- b) prevengan todo acceso a la zona de peligro durante las operaciones;
- c) no ocasionen molestias ni inconveniencias al operador;
- d) no interfieran innecesariamente con la producción;
- e) funcionen automáticamente o con el mínimo de esfuerzo;
- f) sean apropiados para el trabajo y la máquina;
- g) constituyan preferiblemente parte integrante de la máquina;
- h) permitan el aceitado, la inspección, el ajuste y la reparación de la máquina;
- i) puedan utilizarse por largo tiempo con un mínimo de conservación;
- j) resistan un uso normal y el choque;
- k) sean duraderos y resistentes al fuego y a la corrosión;
- l) no constituyan un riesgo en sí (sin astillas, esquinas afiladas, bordes ásperos u otra fuente de accidentes); y
- m) protejan, no solamente contra aquellos peligros que puedan normalmente esperarse, sino igualmente contra todas las contingencias inherentes al trabajo.

a) *Los resguardos deben suministrar una protección positiva.* Esto significa, por ejemplo, que si el resguardo deja de funcionar por cualquier motivo, la máquina debe detenerse automáticamente o que debe impedirse el acceso a la zona de peligro. Protección positiva es la que impide

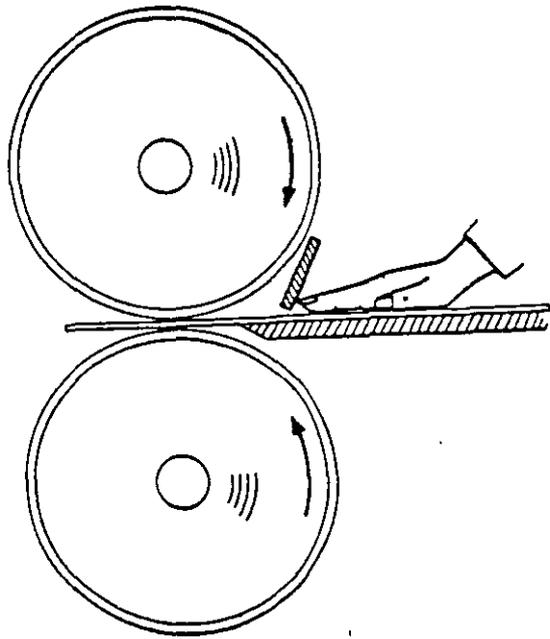
realmente al trabajador hacer contacto con las partes peligrosas de la máquina.

b) *Los resguardos deben prevenir todo acceso a la zona de peligro durante las operaciones.* No es suficiente que el resguardo dé una señal de alarma cuando cualquier parte del cuerpo del operador corra el riesgo de penetrar en la zona de peligro, por ejemplo, mediante un timbre o una señal luminosa, sino que todo acceso a la zona de peligro debe ser efectivamente impedido, tal como se ve en la figura

c) *Los resguardos no deben ocasionar molestias ni inconvenientes al operador.* Como ya se ha mencionado, el trabajador descarta los resguardos que le causan molestias o le resultan incómodos, y entonces éstos pierden su eficacia. Un dispositivo que combina la seguridad con la comodidad en el trabajo puede verse en la figura

Figura

Ejemplo de un resguardo que cierra de manera efectiva al acceso a la zona peligrosa. Resulta físicamente imposible que las manos del trabajador puedan ser apesadas por los rodillos



Figura

Escariador protegido por una pantalla de plexiglás que no obstruye la visión del trabajador

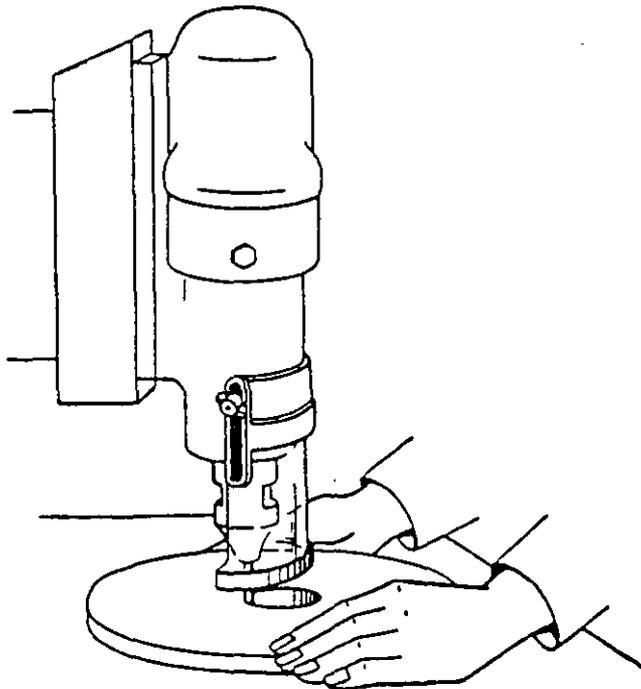
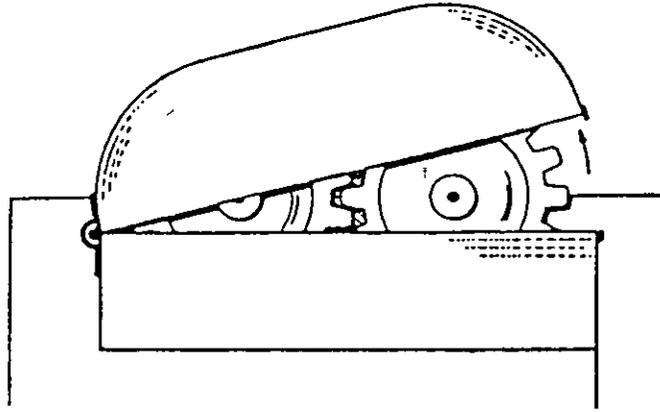
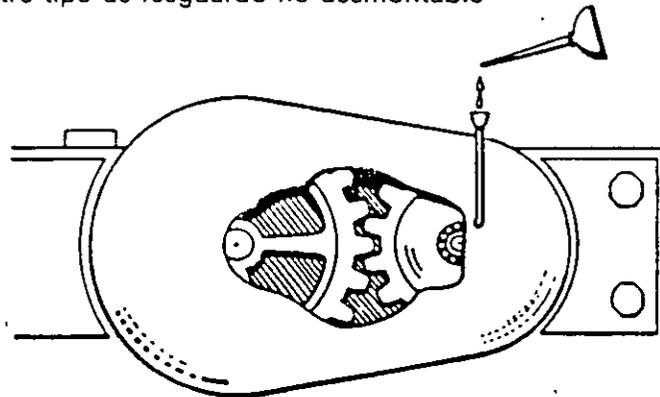


Figura Un tipo de resguardo no desmontable



h) *Los resguardos deben permitir el aceitado, la inspección, el ajuste y la reparación de la máquina.* Cuando ello es imposible, el resguardo debe desmontarse para cada una de estas operaciones, y con frecuencia no vuelve a colocarse, con el resultado de que, cuando se la utiliza la próxima vez, la máquina no está protegida. Se ha tropezado con estas dificultades sobre todo con los resguardos para el equipo de transmisión de fuerza motriz.

Figura Otro tipo de resguardo no desmontable



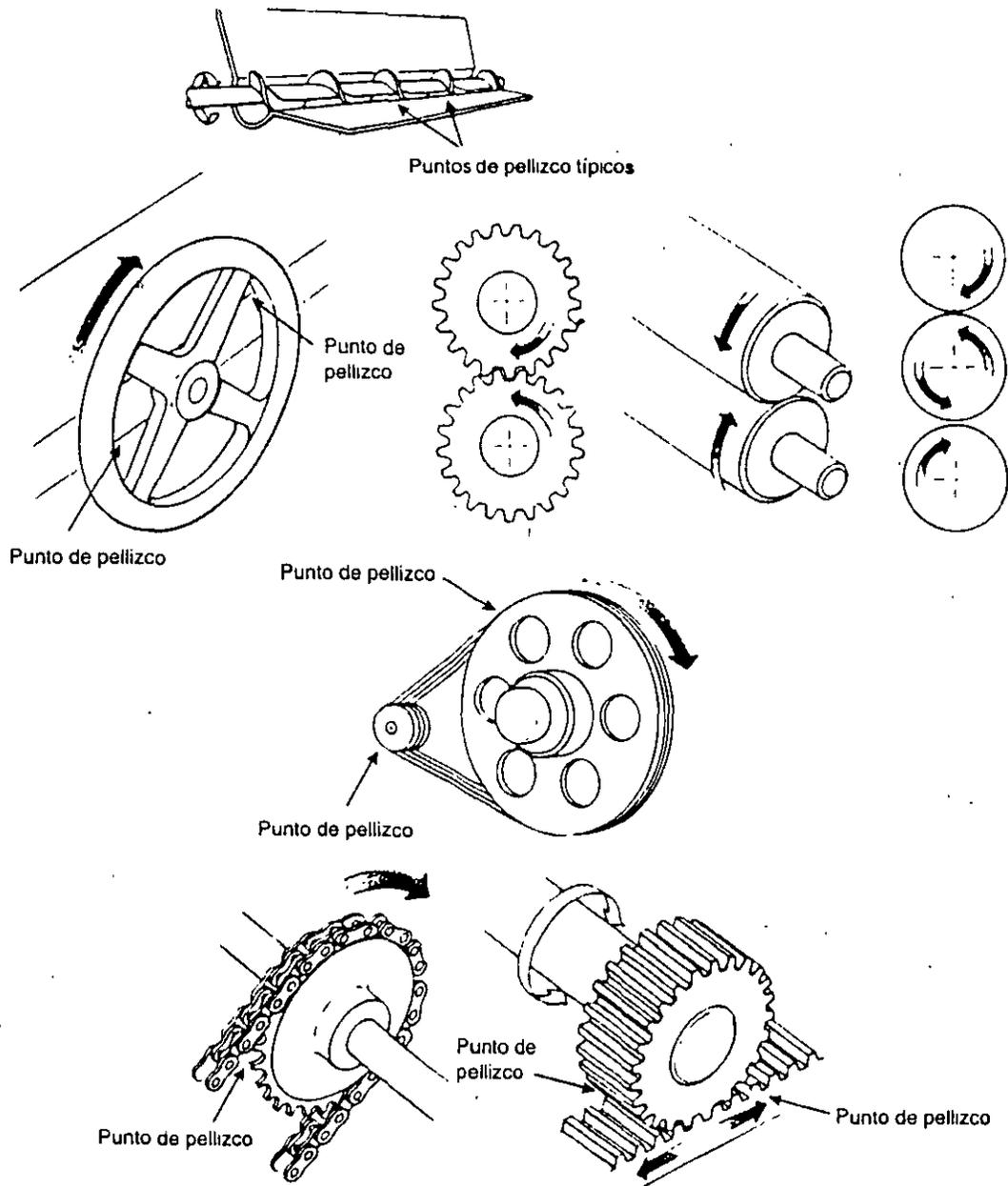
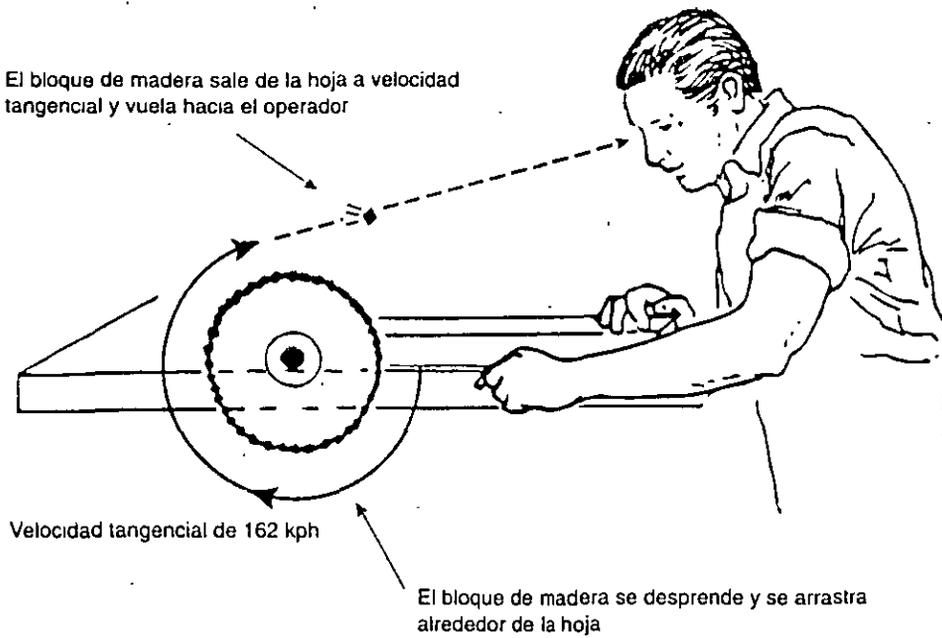
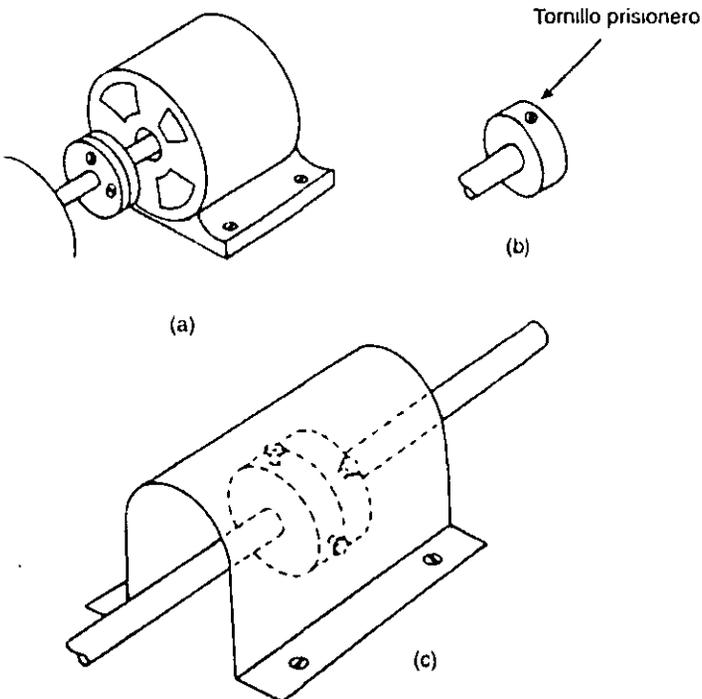


Figura Puntos de pellizco entrante.



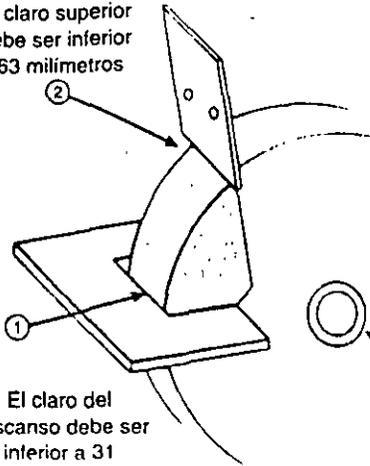
**Figura** Los dientes de sierra rotos o los pedazos de madera son un riesgo para el operador.

Bandas y poleas



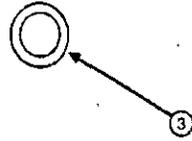
**Figura** Seguridad en acoplamientos de eje: (a) los tornillos se montan paralelamente al eje y están embutidos; (b) el tornillo prisionero está montado en la periferia de la brida, pero está embutido y no la rebasa; (c) los tornillos prisioneros expuestos no presentan riesgos, porque el acoplamiento del eje está cubierto por una guarda en forma de U.

El claro superior debe ser inferior a 63 milímetros



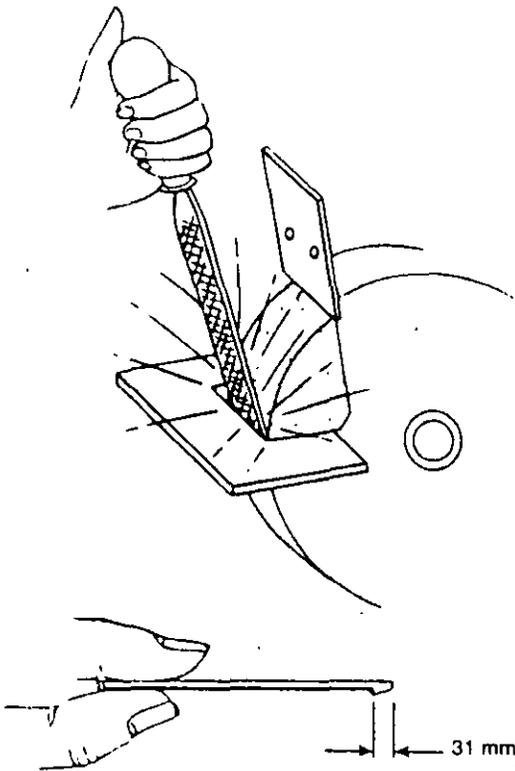
El claro del descanso debe ser inferior a 31 milímetros

La cubierta debe cubrir el extremo del eje, la tuerca y la brida

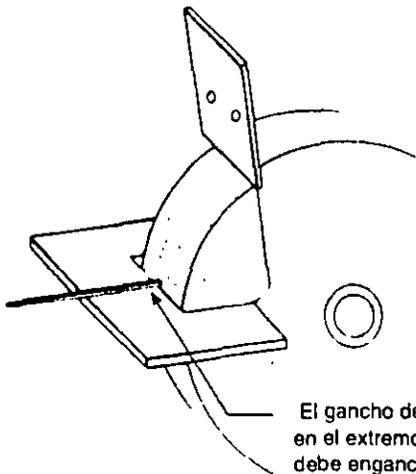


**Figura** Los tres puntos problemáticos principales en las máquinas esmeriladoras ordinarias.

**Figura** Acción grave de acañamiento debida a un claro demasiado grande entre descanso y rueda.

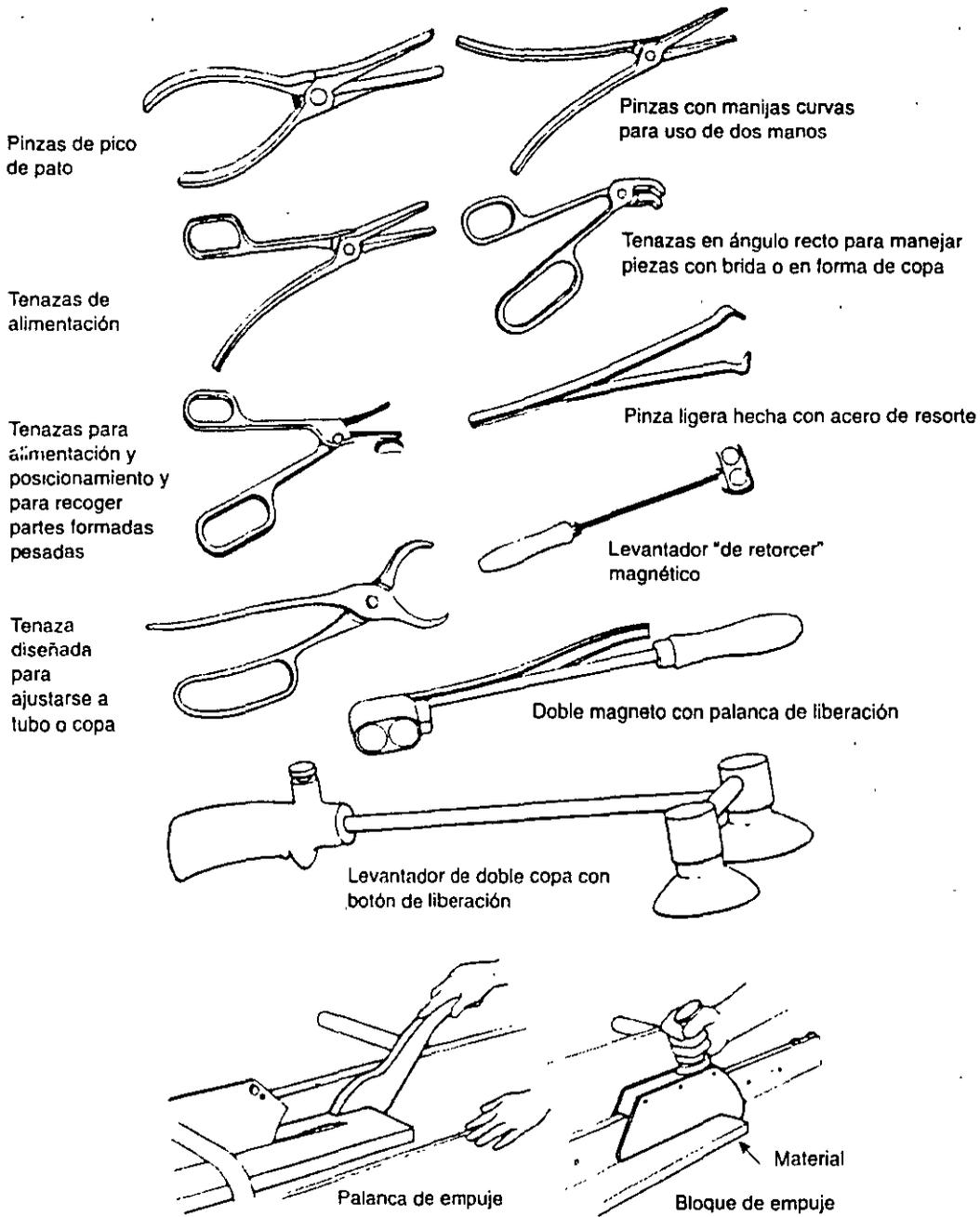


**Figura** Galga de descanso de máquina esmeriladora.

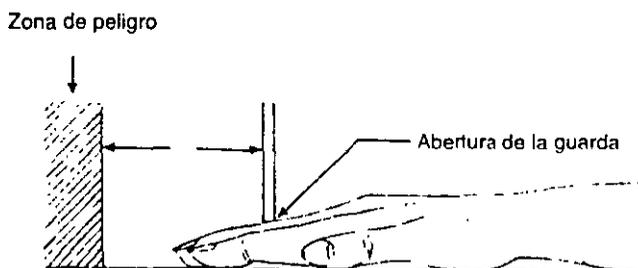


El gancho de 31 milímetros en el extremo de la galga no debe engancharse en el borde del descanso; si lo hace, el descanso necesita estar más cerca de la rueda

## Protecciones en máquinas



**Figura** Las herramientas de alimentación manual ayudan, pero no reemplazan la función de una guarda en el punto de operación.



**Figura** La abertura máxima permisible de la guarda depende de la distancia a la zona de peligro.

## Manual de Seguridad

Carga (kgf)	Tensión en los músculos profundos de la espalda (kgf)	Reacción en la base de la columna (kg)
45.4 (100 lbf)	159 (350 lbf)	230 (506 lbf)
22.7 ( 50 lbf)	126 (277 lbf)	182 (400 lbf)

Un examen de los datos anteriores muestra claramente la necesidad de desarrollar técnicas para levantar, que no se basen en la tendencia natural, consistente en utilizar la espalda para lograr el movimiento. El método creado para superar este problema consiste en utilizar las piernas, para que éstas suministren la fuerza requerida. Con las piernas dobladas, con los pies ligeramente separados, y con la espalda recta, y tan cerca de la vertical como sea posible, puede elevarse la carga enderezando las piernas hasta su posición vertical de pie, como se ve en la figura

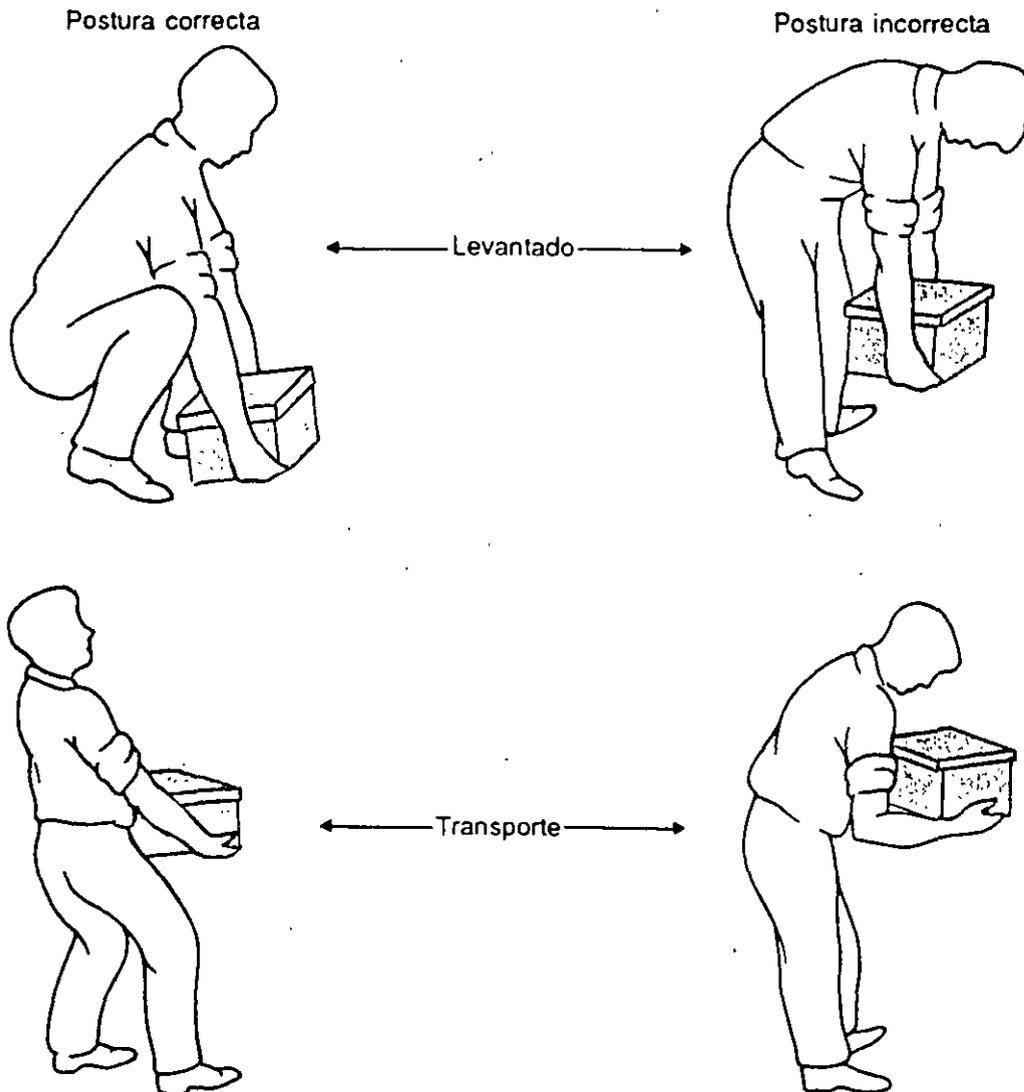


Fig. Posturas correctas e incorrectas para levantar y transportar.

A continuación se citan algunos ejemplos de mejoras en la seguridad obtenidas mediante un orden y limpieza metódicos.

1) La colocación de recipientes adecuados para recoger pérdidas o derrames debajo de los barriles de aceite lubricante en las salas de máquinas impide que los pisos se impregnen de aceite y se tornen resbaladizos.

Figura Tipo de accidente que se produce cuando se deja una capa de aceite en el piso



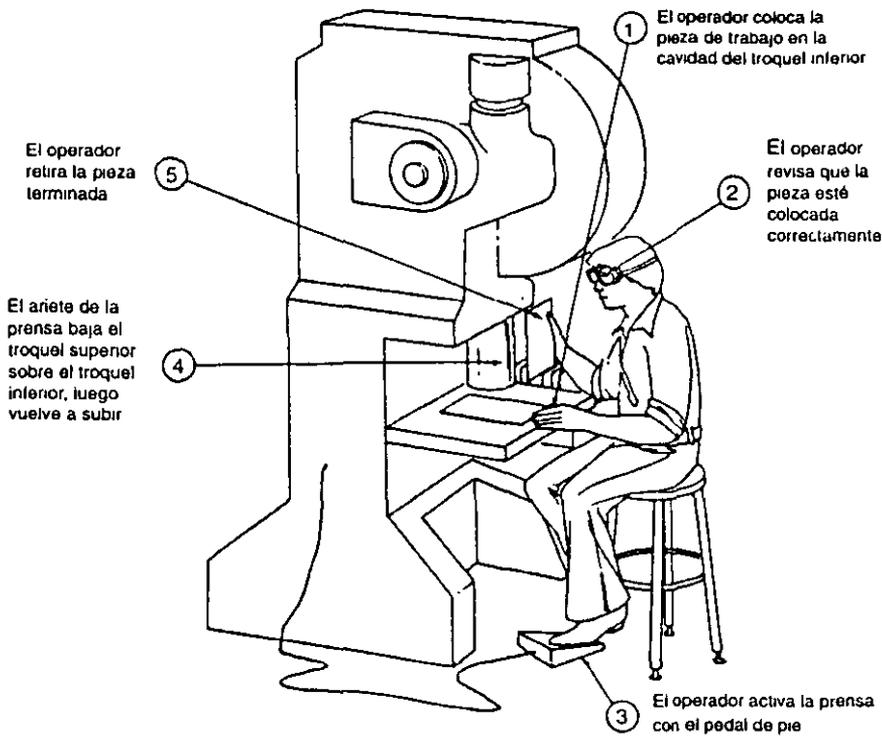
2) La supresión de vapores en las salas de teñido de textiles no sólo contribuye a mejorar el medio ambiente y la visibilidad y, por ende, la seguridad, sino que al mismo tiempo reduce el costo de las reparaciones y de la conservación del edificio.

3) En los talleres de reparación de automóviles se reduce el riesgo de tropezar con herramientas o piezas de motor dando a los trabajadores pequeños carritos con algunos estantes y cajones para un juego completo de herramientas y espacio para las pequeñas piezas de motor desmontadas durante las reparaciones.

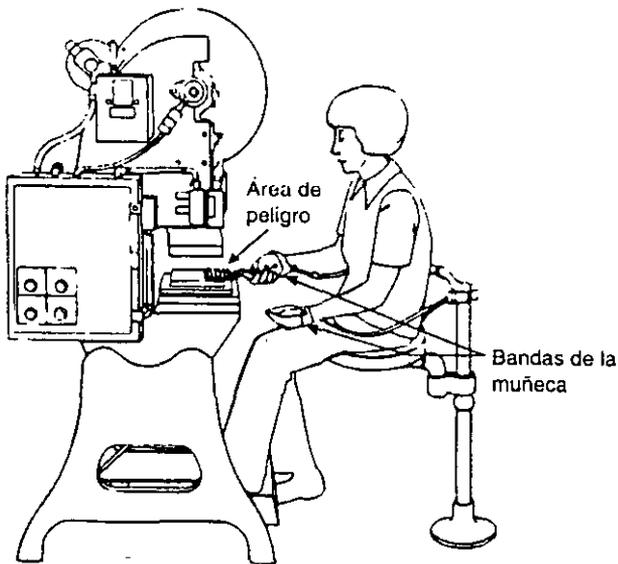
El orden y limpieza no sólo reducen los riesgos de accidente al suprimir las condiciones de inseguridad material, sino que también contribuyen a la seguridad por su efecto psicológico. Allí donde se hace mucho hincapié en el orden y donde todo el mundo contribuye a la limpieza, es probable que el trabajador sea más cuidadoso que en sitios donde reina el desorden y se descuida la limpieza.

Como es evidente, el orden y limpieza son más fáciles de mantener si los trabajadores colaboran y acatan todas las instrucciones para promoverlos, por ejemplo, despejando los pasadizos de obstáculos, echando los desechos en receptáculos y guardando las herramientas en su sitio. Una vez adquiridos estos hábitos, no será muy difícil conservarlos, ya que un orden y limpieza adecuados no sólo contribuyen a impedir los accidentes, sino que también facilitan el trabajo. Sería interesante descubrir cuánto tiempo se pierde buscando herramientas que no están en su sitio o procurando encontrar el perno, tuerca o arandela adecuado, cuando no se guardan en ningún sitio determinado. El dicho de que la seguridad es una buena inversión se confirma en todo sentido cuando se aplica al mantenimiento del orden y la limpieza en los lugares de trabajo.

## Prensas de potencia



**Figura** Secuencia de operación del ciclo de prensa (sin protección).



**Figura** Sujetadores o restrictores para evitar que las manos del operador entren a la zona de peligro en *todo* momento (cf. los jaladores).



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

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **DIPLOMADO INTERNACIONAL EN RIESGO AMBIENTAL**

## **MODULO II: CAUSAS DE RIESGOS INDUSTRIALES GRAVES**

**TEMA**

**ANEXO 1**

**EXPOSITOR: ING. MARTINIANO AGUILAR R.  
PALACIO DE MINERIA  
MAYO DEL 2001**

# Riesgo Mecánico

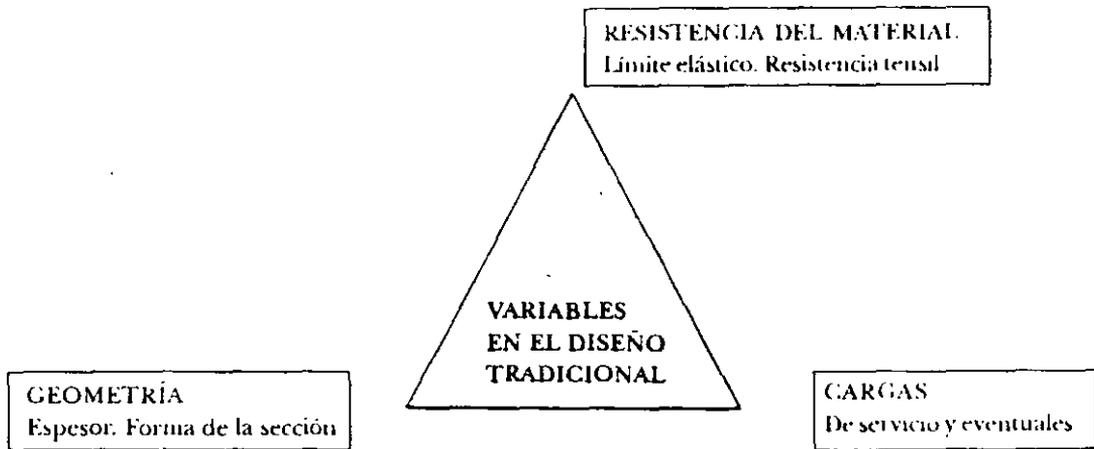


Figura . Variables del diseño de componentes estructurales por mecánica del medio continuo

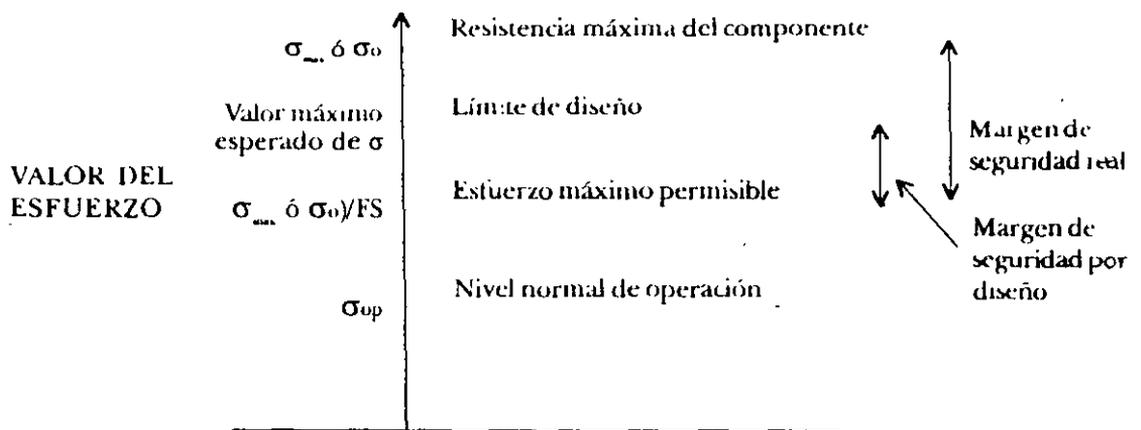


Figura . Definición de los niveles de esfuerzo en un componente estructural.

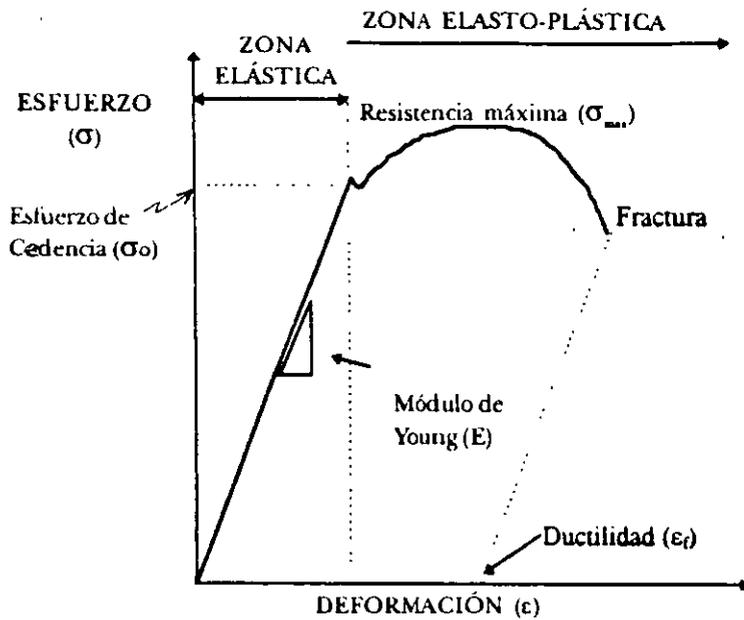


Figura . Comportamiento típico esfuerzo contra deformación de un material en tensión unaxial

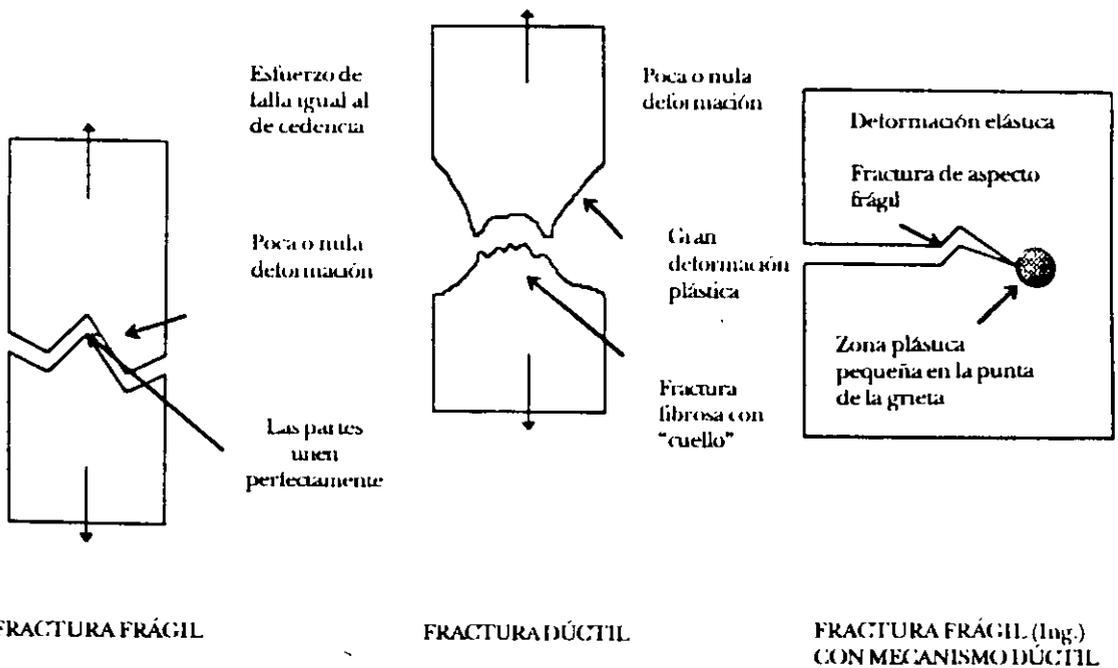


Figura . Clasificación de la fractura, desde el punto de vista ingenieril.

La deformación por termofluencia usualmente presenta tres etapas, como se muestra en la figura. Las etapas en que transcurre la termofluencia son:

**Primaria:** consta de una deformación instantánea, producto del esfuerzo aplicado, seguida de una deformación que se desacelera a medida que transcurre el tiempo.

**Secundaria:** ésta es la etapa más importante, ya que en ésta transcurre la mayor parte del tiempo y la deformación. Se caracteriza porque la rapidez de deformación  $d\varepsilon/dt$  es constante, por lo que se le llama también *termofluencia estacionaria*. Aquí la rapidez de deformación depende del esfuerzo de acuerdo a la conocida ley potencia de la termofluencia secundaria:

$$d\varepsilon/dt = C \sigma^n$$

**Terciaria:** está caracterizada por un incremento súbito en la rapidez de deformación. En esta etapa los mecanismos de deterioro, como cavitación de límites de grano, son extensos y culminan con la fractura final.

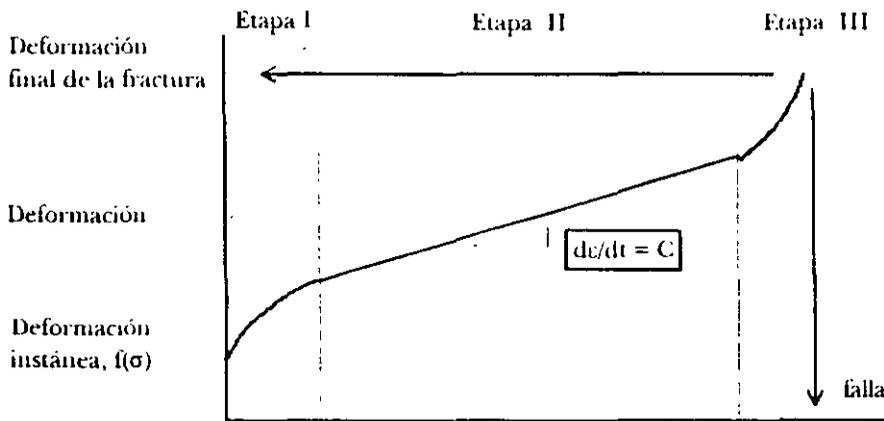


Figura . Deformación a través del tiempo en termofluencia.

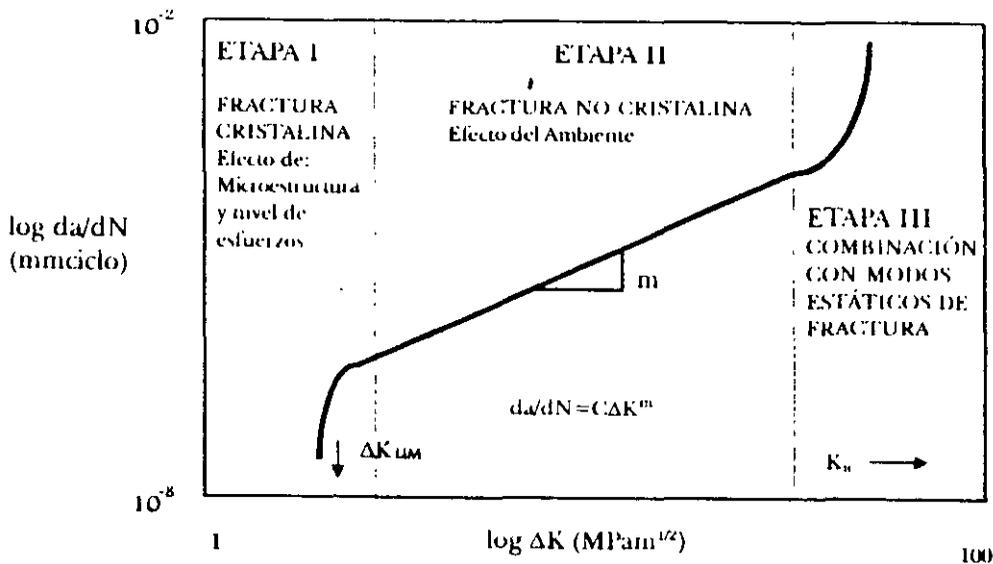


Figura . Caracterización de la rapidez de crecimiento de grietas por fatiga en función de la amplitud del factor de intensidad de esfuerzos.

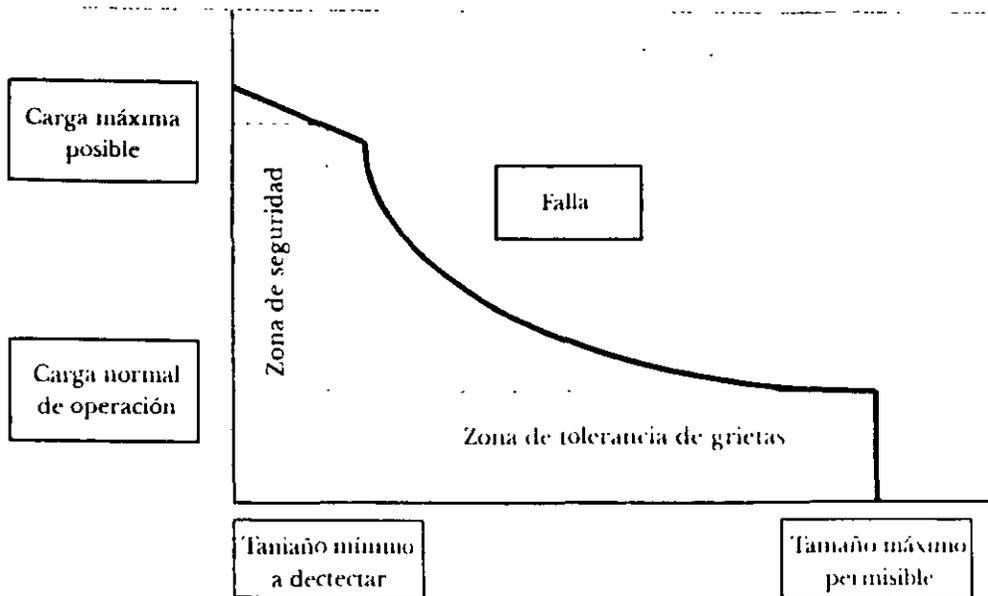
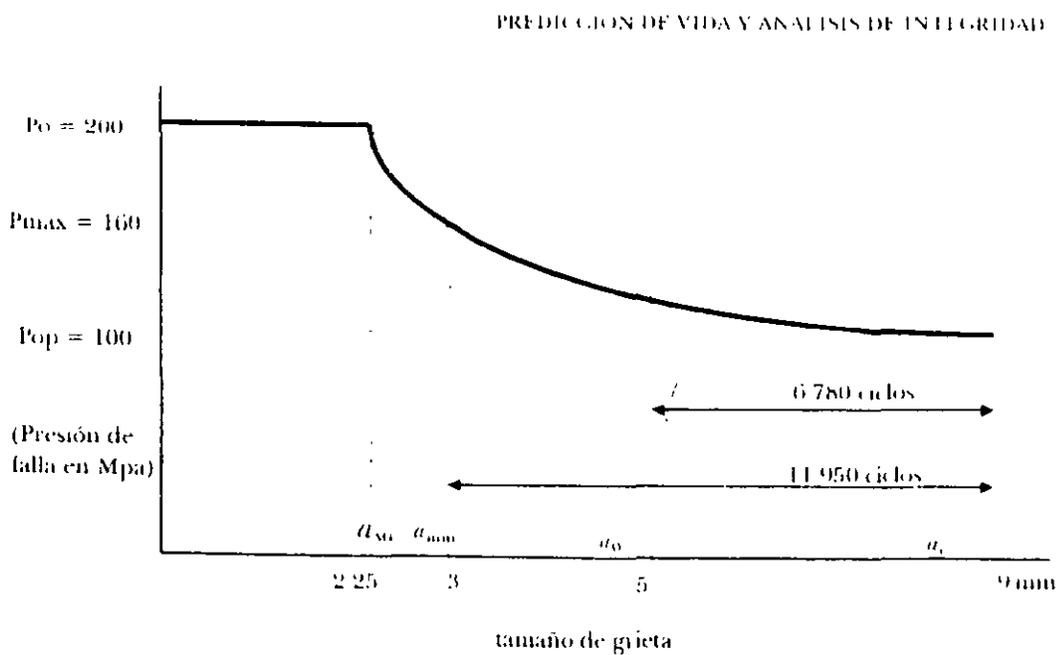


Figura . Diagrama de resistencia residual para una estructura en servicio



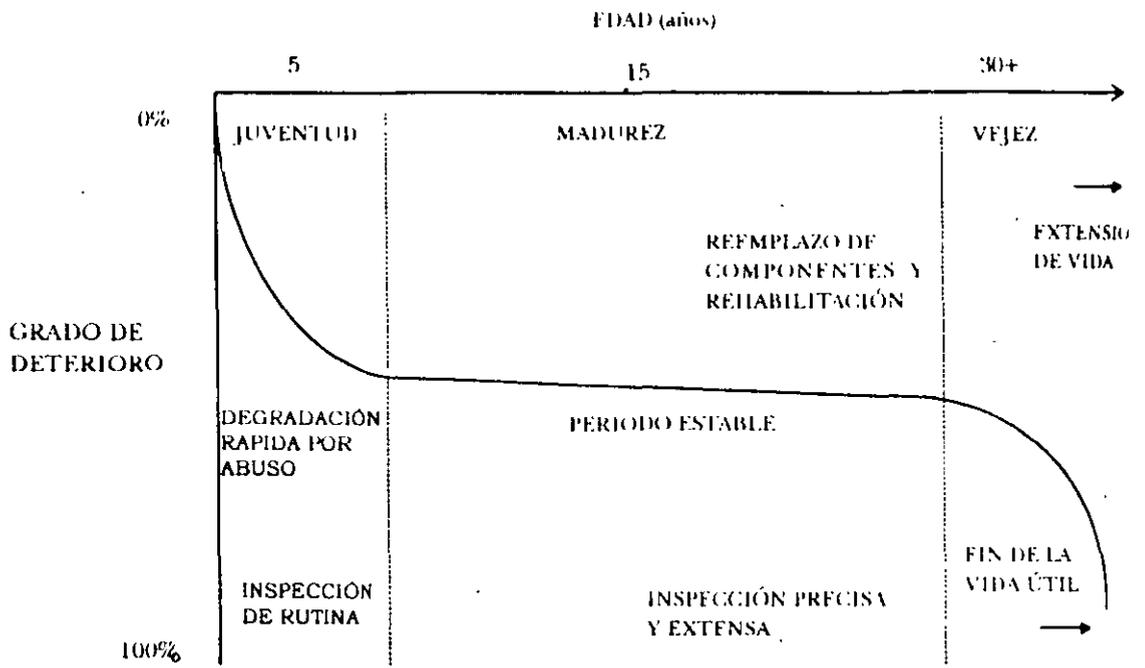


Figura Deterioro típico de una estructura a través del tiempo.

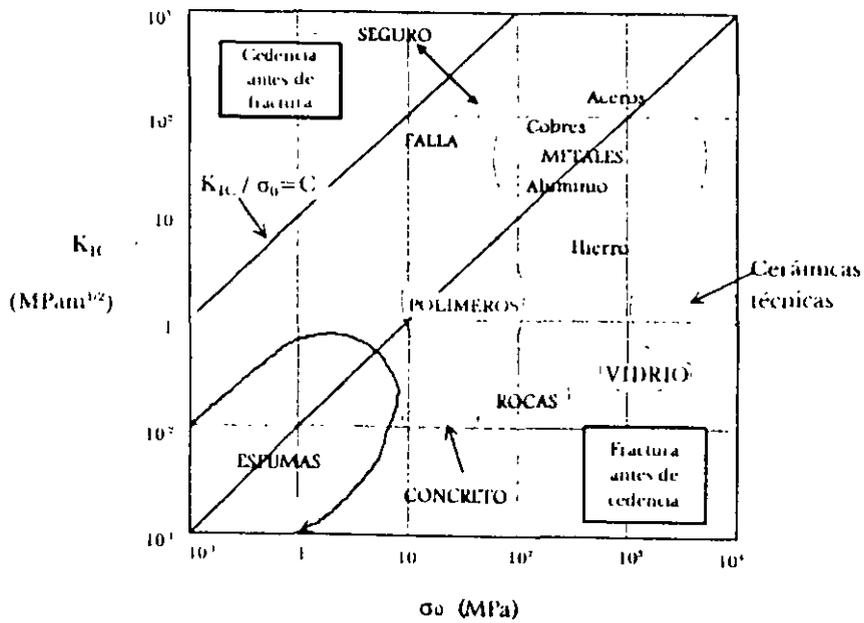


Figura Diagrama de selección de materiales para tolerancia a las grietas

PREDICCIÓN DE VIDA Y ANÁLISIS DE INTEGRIDAD

<i>Métodos (abreviación)</i>	<i>Principio</i>	<i>Aplicaciones</i>
1. Visual (VI)	Simple vista, con ayuda de lupas y microscopios	Lugares de fácil acceso. Requiere experiencia
2. Líquidos penetrantes (PT)	Líquido coloreado penetra en grietas, se lava y se aplica un revelador, remanentes del líquido son extraídos por el revelador delineando el defecto	<i>Idem</i>
3. Partículas magnéticas (MT)	Se cubre la parte con un líquido fluorescente con polvo de hierro. Se aplica un campo magnético bajo luz ultravioleta. En las grietas el campo magnético se intensifica, acumulando partículas sobre la zona	Sólo materiales magnéticos. Las partes tienen que ser desmontadas y llevadas a una cabina especial. Hendiduras e irregularidades internas dan indicaciones  Método sensitivo
4. Rayos X (RX)	Rayos X de aparatos portátiles o fijos atraviesan la estructura y sensibilizan una película, Las grietas absorben menos rayos X y se ven como líneas oscuras	Método versátil y sensitivo  Problemas de interpretación, dificultad para grietas pequeñas
5. Ultrasonico (UT)	Sonda (cristal piezoeléctrico) transmite ondas de alta frecuencia en el material, la onda se refleja en extremos y grietas y es proyectada en un osciloscopio, distancia entre el pulso y la reflexión indica la posición de una grieta	Método universal. Detecta defectos internos.  Difícil de determinar la naturaleza y tamaño del defecto
6. Corrientes de Eddy (ET)	Bobina induce corrientes de Eddy en el metal, éste induce corriente en la bobina, en las grietas la inducción cambia dando una medida de la condición superficial	Económico, fácil y versátil (las bobinas pueden ser muy pequeñas y entrar en hoyos)  Sensitivo. No informa sobre tamaño y tipo de defecto

<i>Métodos (abreviación)</i>	<i>Principio</i>	<i>Aplicaciones</i>
7. Emisión acústica (AE)	Mide la intensidad de ondas emitidas dentro del material por deformación plástica en la punta de una grieta que crece	Inspección cuando la estructura está bajo carga  Costoso y difícil de interpretar
8. Dureza de campo (HF)	Un penetrador es forzado sobre la superficie y mide la penetración o tamaño de la huella	Evalúa la dureza. Puede ser relacionada con otras propiedades mecánicas. Poco preciso y baja reproducibilidad
9. Metalografía de campo (MC)	La superficie es pulida y atacada. La microestructura es observada con un microscopio portátil o se toma una réplica	Lento y requiere fácil acceso. Dificultad para fotografía. Muy útil para observar degradación de la microestructura
10. Toma de potenciales (Ecorr)	Un potenciómetro portátil registra el potencial de corrosión y realiza barrido	Determina el estado de corrosión. Limitado a sistemas acuosos

Una filosofía básica de los ensayos no destructivos es que la inspección no debe limitarse a una sola técnica y siempre que sea posible deben combinarse dos o más técnicas para obtener la información mínima necesaria que es: tamaño, forma y localización del defecto. El cuadro siguiente muestra las técnicas de ensayo no destructivo aplicables a la evaluación de las formas de agrietamiento comunes en estructuras metálicas.

<i>Forma de daño</i>	<i>Técnica de End</i>
FATIGA Presencia y crecimiento de grietas	UT, PT, MT, VI
AGRIETAMIENTO POR CORROSIÓN-ESFUERZO Presencia y crecimiento de grietas	UT, AE, PT, MT, VI
TERMOFLUENCIA Alteración microestructural Presencia y crecimiento de grietas	MC, UT, HT
CORROSIÓN Pérdida de material Alteración superficial	UT (Medición de espesor), VI Ecorr
DESGASTE Pérdida de material Alteración superficial	UT (Medición de espesor), VI Ecorr

**Evaluación de las condiciones de servicio:** en virtud de que la vida de una instalación estará determinada por las condiciones de servicio (carga, presión, composición, temperatura, sistemas de protección, etcétera) estos datos deberán ser evaluados o investigados. Para conocer estos aspectos se requiere del monitoreo a través del tiempo de estas condiciones, para establecer su nivel de variabilidad, condiciones normales, condiciones extraordinarias, etcétera. Frecuentemente esta etapa requiere de estudios de campo que incluyen: recorrido de instalaciones, muestreos y monitoreos y la revisión de planos de diseño, bitácoras de producción, etcétera. El resultado final de esta etapa debe ser la completa identificación del o los mecanismos de daño operantes, los niveles de carga de operación y las condiciones ambientales relevantes

**Evaluación de propiedades mecánicas:** la resistencia residual se establece en función de las propiedades mecánicas relevantes para el análisis por mecánica de fractura. Estas propiedades son principalmente: la resistencia a la tensión, el módulo elástico, la tenacidad a la fractura y la rapidez de propagación de grietas. Estas propiedades deben evaluarse para las condiciones actuales de servicio y en caso de no contar con datos específicos, las extrapolaciones deben hacerse con cautela. El usar como dato las especificaciones de diseño o los valores de las propiedades registrado en la documentación de recibo de materiales es arriesgado sobre todo en casos en los que hay evidente degradación de propiedades a través del tiempo, como es el caso de componentes expuestos a altas temperaturas. Aunque lo ideal es evaluar la propiedad *in situ*, esto muchas veces no es posible y debe recurrirse a pruebas de laboratorio en condiciones simuladas. Los valores estimados de acuerdo con datos estadísticos o correlaciones empíricas entre dos propiedades son de gran utilidad

**Definición del parámetro de control de la fractura:** en esta etapa se debe elegir el parámetro que caracteriza la resistencia a la fractura de la combinación Material-Estructura-Ambiente.



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

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO INTERNACIONAL EN RIESGO  
AMBIENTAL**

**MODULO II: CAUSAS DE RIESGOS INDUSTRIALES  
GRAVES**

**TEMA**

**RIESGOS AMBIENTALES ORIGINADO POR FALLAS ELECTRICAS**

**EXPOSITOR: ING. SILVANO JUAN PEREZ  
PALACIO DE MINERIA  
JUNIO DEL 2001**

# **RIESGOS AMBIENTALES**

## **Originados por**

### **FALLAS ELECTRICAS**

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCION.**

Los riesgos industriales debidos a las fallas eléctricas se pueden reducir con el conocimiento de los fenómenos eléctricos en cuanto a su **origen, su manejo, su utilización y los cuidados** que deben tenerse en sus distintas fases: **proyecto, diseño, construcción, puesta en servicio, operación y mantenimiento.**

### **SISTEMAS ELECTRICOS.**

La electricidad como se utiliza actualmente es a través de sistemas eléctricos , que hizo posible la interconexión de las diferentes **plantas de generación de energía eléctrica** a través de **redes eléctricas** que incluyen las **subestaciones , las líneas de transmisión, las redes de distribución y las cargas eléctricas** en donde se realiza la utilización de esta energía.

### **ASOCIACIONES INTERNACIONALES PARA LA ENERGIA ELECTRICA.**

Las asociaciones internacionales han logrado la agrupación de las entidades que se dedican a los trabajos de generación, transformación, distribución y utilización de la energía eléctrica .

Entre las asociaciones se tiene la:

#### **NATIONAL FIRE PROTECTION “NFPA”**

Que promueve y soporta diversos comités. Para el caso de los riesgos en instalaciones eléctricas, es de mencionarse el **ACCREDITED STANDARDS COMMITTEE C2-1997** que hizo la actualización del:

#### **NATIONAL ELECTRICAL SAFETY CODE “NESC”** **“NORMA DE SEGURIDAD EN INSTALACIONES ELECTRICAS”**

Con la participación del :

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERS, Inc.  
"IEEE". y el:  
AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE "ANSI".

Esta norma cubre lo correspondiente a las **líneas de suministro y de comunicación, equipos y los trabajos asociados para el suministro de los servicios públicos y privados, comunicaciones y trenes o similares** en el ejercicio de las compañías suministradoras. Cubre también sistemas similares bajo el control de **personas calificadas**, tales como los asociados con complejos industriales o sistemas de servicios públicos

NATIONAL ELECTRICAL CODE "NEC" "Código Nacional Eléctrico".  
de la norma: NFPA 70- 1993.-

Cubre los requerimientos de las instalaciones en edificios, estructuras, bardas, parques y subestaciones industriales.

En nuestro país la norma que cubre los requerimientos mencionados en el párrafo anterior, es LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM- 001-SECDE- 1999, Instalaciones Eléctricas.

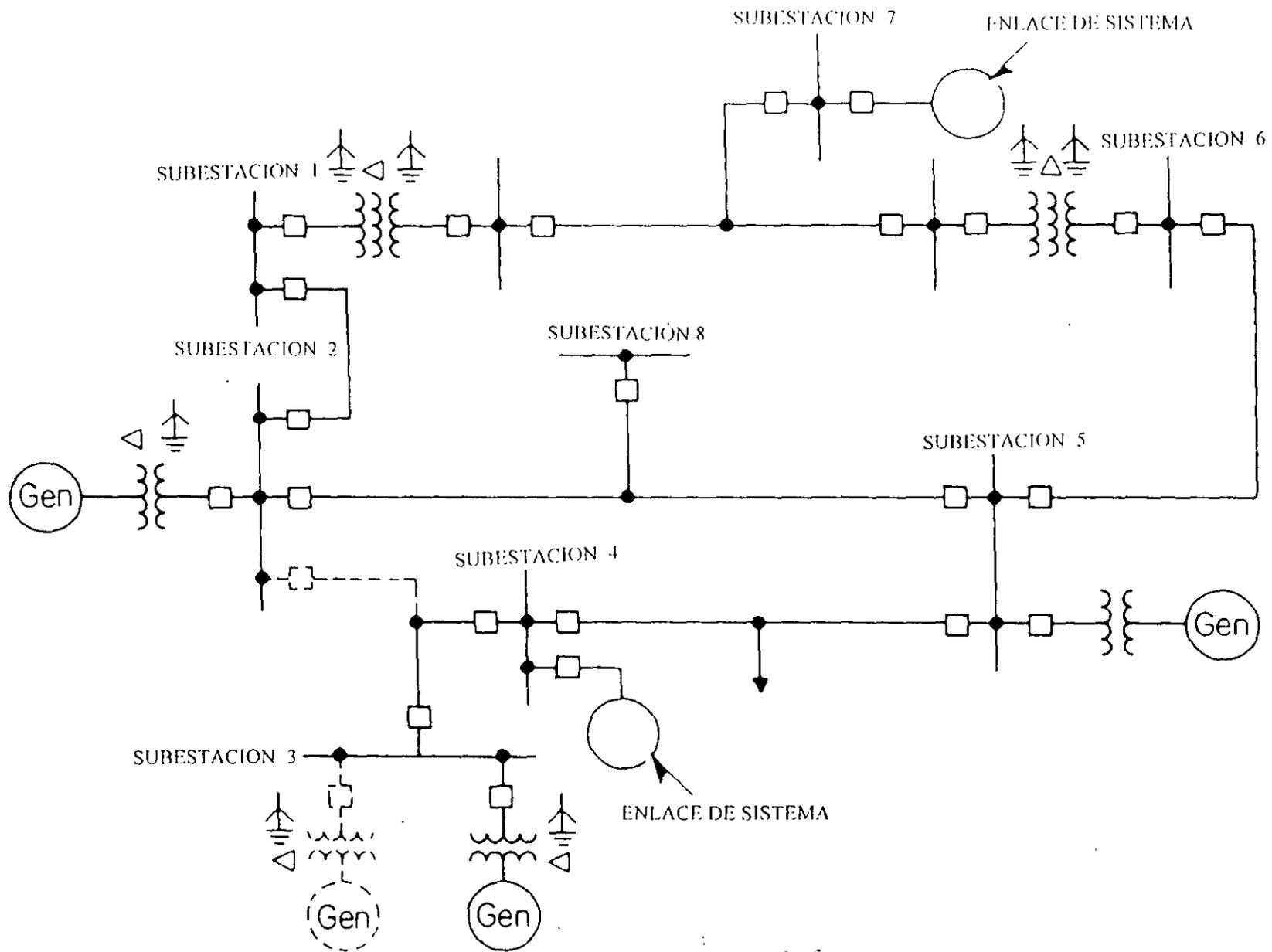
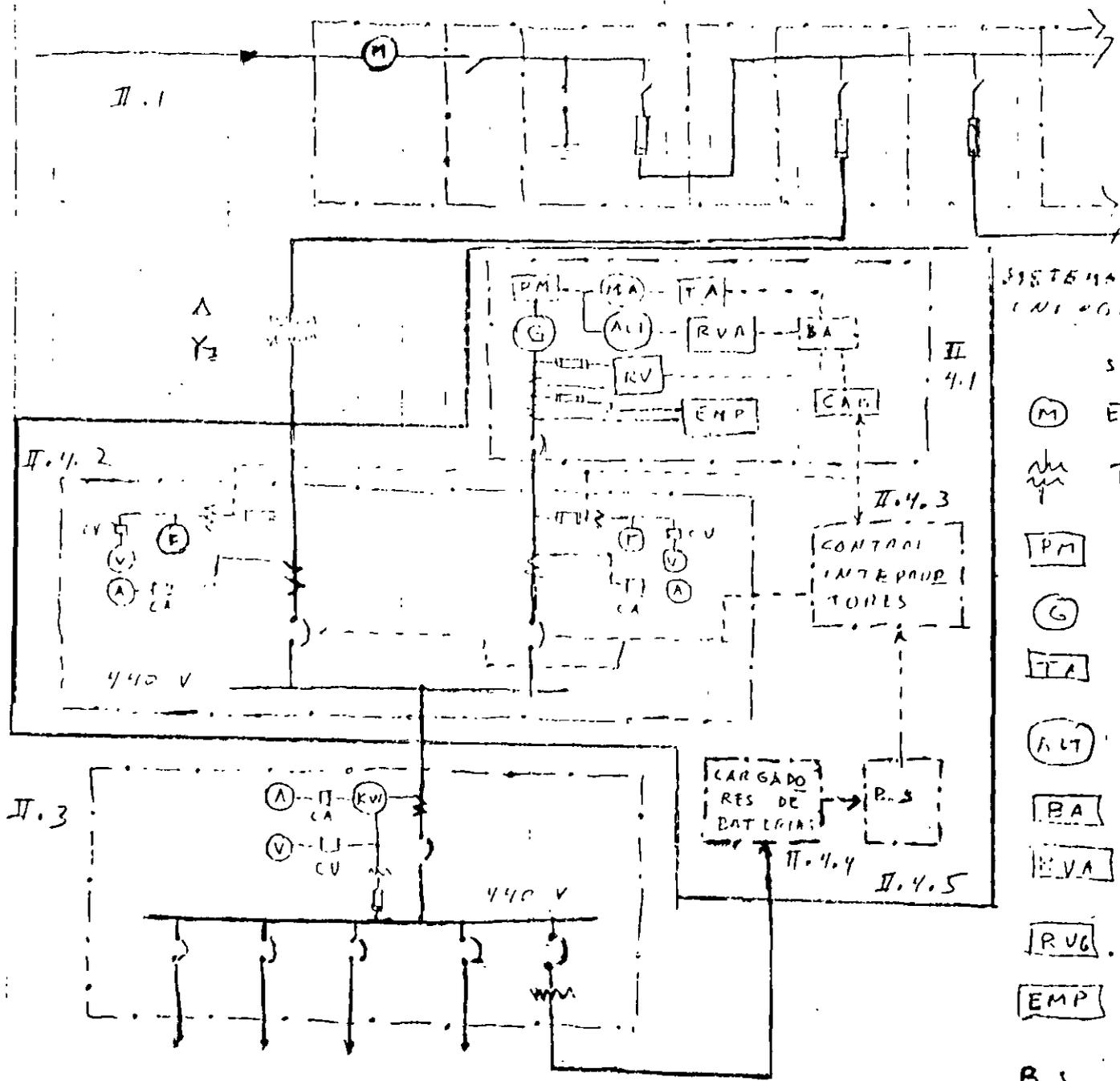


DIAGRAMA UNIFILAR DE UN SISTEMA ELÉCTRICO INTERCONECTADO



II. 4  
 SISTEMA DE EMERGENCIA DE  
 ENERGIA ELÉCTRICA

SÍMBOLOS

- (M) Equipo de medición
- Transformador
- [PM] Primo motor
- (G) Generador
- [T.A.] Tablero de arranque y protección motor de arranque
- (ALT) Alternador
- [BA] Batería de arranque
- [RVA] Regulador de voltaje alternador
- [RUG] Regulador voltaje Generador
- [EMP] Equipo de medición y protección unidad de emergencia
- [B.S.] Batería del sistema
- [M.A.] Motor de arranque

FIG. 1

## CAPITULO II

### DEFINICION DE TERMINOS BASICOS.

NATIONAL ELECTRICAL SAFETY CODE "NESC".- define términos utilizados para la seguridad en instalaciones eléctricas, de los cuales se relacionan los siguientes:

Autoridad administrativa.  
Ampacidad.  
Automático.  
Cubierta de cable.  
Blindaje de cable.  
Terminal de cable.  
Circuito.  
Interruptor.  
Claro.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-1999.  
"INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION)". Esta norma establece algunas definiciones que corresponden a los siguientes conceptos:

Conductores para media tensión en los artículos 326, 328, 330, 333, 334, 354, 356 y 358.

- Sistemas de puesta a tierra artículo 921.
- Para líneas aéreas, suministro de energía eléctrica y sistemas de comunicación artículo 922.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION "IEC", Comisión Electrotécnica Internacional a través del Comité "Insulation Coordination" especifica los aislamientos utilizados para distintas instalaciones y equipos, considerando las tensiones nominales, tensiones máximas de diseño, niveles básicos de aislamiento al impulso, niveles básicos de aislamiento por maniobra y tensiones resistentes a 60 hz de fase a tierra.

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD, EN SU ESPECIFICACIÓN CFE L 0000-06 establece una clasificación de voltajes en las categorías A, B y C:

La categoría A comprende voltajes de 4.4 hasta 52 KV eficaz.

La categoría B, comprende tensiones entre **69 y 230 KV eficaz.**

En la categoría C se tienen voltajes de **400 y 765 KV eficaz.**

Asimismo establece algunas definiciones:

**Tensión Nominal.**

Son las que se tienen en el sistema durante su operación normal siendo ondas senoidales a la frecuencia de 60 ciclos por segundo

**Sobretensiones.**-Se pueden mencionar:

**Las sobretensiones** temporales a la frecuencia del sistema.

**Las sobretensiones** de maniobra.

Los esfuerzos de origen externo son **las sobretensiones originadas** por las **descargas atmosféricas.**

Los equipos sometidos a los esfuerzos eléctricos mencionados deben soportarlos de acuerdo con las Normas de Seguridad que se apliquen. Lo anterior define a las "TENSIONES RESISTENTES

**Coordinación de aislamiento.**

Conjunto de las disposiciones tomadas para que los materiales eléctricos de una misma instalación tengan un margen de de seguridad apropiado respecto de las sobretensiones. En la práctica, se basa en la **correlación necesaria de los dispositivos de protección entre la rigidez (o resistencia) dieléctrica del equipo eléctrico, las sobretensiones correspondientes y las características de los dispositivos de protección.**

.....

**Tensión nominal de un Sistema Trifásico.**

Es la tensión eficaz entre fases con que se designa el sistema y a la que están referidas ciertas características de operación del mismo.-  
Estableciendo los siguientes términos:

**Tensión máxima de un Sistema Trifásico.**

.....

**Tensión máxima de diseño del equipo ( $V_m$ ).**

**Aislamiento externo.**

**Aislamiento interno.**

**Aislamiento externo tipo interior.**

**Aislamiento externo tipo exterior.**

**Aislamiento autorecuperable.**

**Aislamiento no autorecuperable.**

**Sistema con neutro aislado.**

**Sistema con neutro conectado a tierra.**

.....  
Sobretensión por maniobra. La onda normalizada es de 250/2500  $\mu$  s

Sobretensión por rayo. La onda normalizada es de 1.2/50  $\mu$  s.

Sobretensión Temporal.

### **Criterios para la determinación de las distancias dieléctricas en aire.**

El concepto de distancia dieléctrica en aire es general y desde el punto de vista del diseño parte de la relación entre la tensión crítica de flameo por rayo (TCF) o por maniobra (TCM) y el nivel básico de aislamiento al impulso por rayo (NBAI) o por maniobra (NBAM).

## CAPITULO III

### METODOS DE CONEXIÓN A TIERRA EN EL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA Y SERVICIOS DE COMUNICACIÓN

Proporciona recomendaciones para la conexión a tierra, como uno de los medios para salvaguardar a las **personas que trabajan** en estas instalaciones y evitar **daños públicos**. Cubriendo los **métodos de aterrizaje** para el suministro de energía eléctrica y para conductores de comunicación y equipos.

Sistemas de corriente alterna que deben ser aterrizados.

1. - PARA 750 VOLTS Y MENOS.

2.- 750 VOLTS Y SUPERIORES.

CONDUCTORES ATERRIZADOS SEPARADOS.  
CABLES, MENSAJEROS Y GUIAS.

Cercas.

Las conexiones a tierra deberán realizarse ya sea a través del sistema de tierras de los equipos que resguarden o en tierras separadas.

- Deberán aterrizarse a ambos lados de los accesos u otras aperturas.
- Las puertas deberán conectarse al conductor de tierra o a la cerca.
- Los puentes de conexión que se entierran deberán instalarse a través de la puerta u otras aberturas de la cerca.

CONDUCTORES Y MEDIOS DE CONEXIÓN PARA LA TIERRA.

Ampacidad .- es la corriente que el conductor puede llevar sin derretir o afectar las características de diseño del conductor.

Se pueden considerar los siguientes sistemas de tierra:

- . Conductores con un simple sistema de conexión a tierra.
- . Un grupo de conductores para sistemas de corriente alterna.
- . Conductores para transformadores de instrumentos.
- . Conductores para apartarrayos.
- . Conductores para equipos, cables mensajeros y guías.
- . Aterrizaje de cercas o bardas.

. Conexiones para resguardos de equipos.

**ELECTRODOS.-** Se pueden tener los siguientes tipos:

- . Tuberías metálicas.
- . Barras de acero de cimentaciones.
- . Barras fabricadas especialmente para este uso.
- . Cables enterrados o placas.
- . Métodos de conexión de electrodos:
  - Por medio de conectores o soldados.
  - Por medio de tornillos de bronce.
  - Por conexión a las estructuras metálicas.
  - Puntos de conexión a las tuberías de agua.

**RESISTENCIA DE LOS CONDUCTORES DE TIERRA.**

La resistencia de los conductores de tierra o de los sistemas de tierra se encuentran normalizados para los servicios de baja tensión. Para los servicios de alta tensión deberán ser calculados

## **SISTEMAS DE TIERRA.**

Ing. Silvano Juan Pérez.  
Junio de 1995.

### **OBJETIVO.**

Los sistemas de tierra se requieren para los siguientes fines:

Proveer un medio seguro para proteger al personal en la proximidad de sistemas o equipos eléctricos conectados a tierra, de los peligros de una descarga eléctrica bajo condiciones de falla.

Proteger a los equipos evitando que se exceda de sus límites de operación.

Proteger las instalaciones incluyendo los edificios de las descargas atmosféricas.

### **Componentes de un Sistema de Tierras.**

En general un sistema de tierras tiene los siguientes componentes:

- . Conductores.
- . Electrodo o Varilla de Tierra
- . Conectores o Juntas.

Respecto a los conductores la norma oficial mexicana NOM-001SEMP-1994 relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica dá las siguientes definiciones:

**Conductor de puesta de tierra de pararrayos.**- Es el conductor que proporciona una trayectoria a tierra de las descargas atmosféricas.

**Conductor de puesta a tierra de partes metálicas no conductores de corriente eléctrica.**- Es el conductor que se usa para conectar a tierra en el punto requerido las cubiertas metálicas de los equipos, las canalizaciones metálicas y otras partes metálicas que pudieran transportar corrientes indeseables a través de ellas. Se le llama comunmente "Tierra física".

**Conductor puesto a tierra del sistema.**- Es el conductor de un circuito o sistema que intencionalmente se conecta a tierra, tal como es el uso del conductor neutro.

**Conductor del electrodo de puesta a tierra.**- Conductor usado para conectar el electrodo de puesta a tierra a los conductores de puesta a tierra del equipo o al conductor puesto a tierra del sistema, a través de un puente de unión.

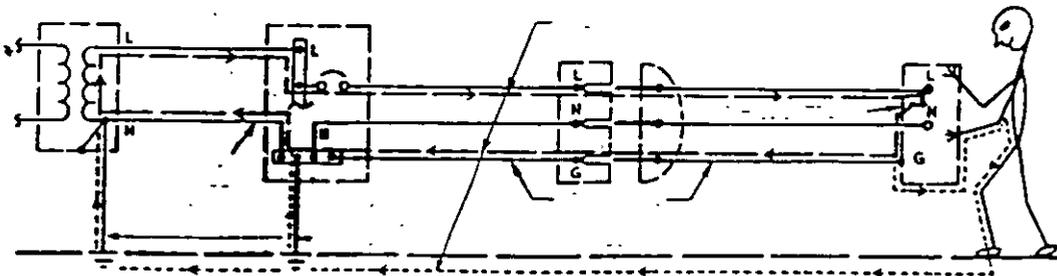
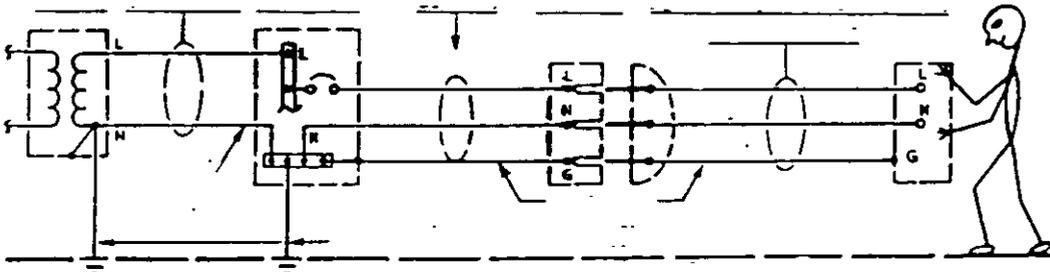
**Conductor neutro.-** Conductor del sistema o circuito que está puesto a tierra intencionalmente. Véase nota 10 de las tablas 310-16 a 310-19.

**Electrodos o varilla de puesta a tierra y conectores o juntas:** Estas partes del sistema de tierra son las que se introducen o se tienden bajo la superficie del suelo a fin de disminuir la resistencia eléctrica de la tierra, asimismo para disminuir y distribuir la corriente de falla, evitando los peligros para el personal que se encuentre en su cercanía durante una falla.

Para bajas tensiones y poca capacidad interruptiva, generalmente se usan varillas de copper-eld.

Para sistemas de tensiones superiores a 1000 volts y capacidades interruptivas altas, se utilizan mallas construídas con cables de cobre instaladas abajo de la superficie del suelo cuyo estudio se tratará posteriormente.

#### UTILIZACION DE LOS SISTEMAS DE TIERRA.



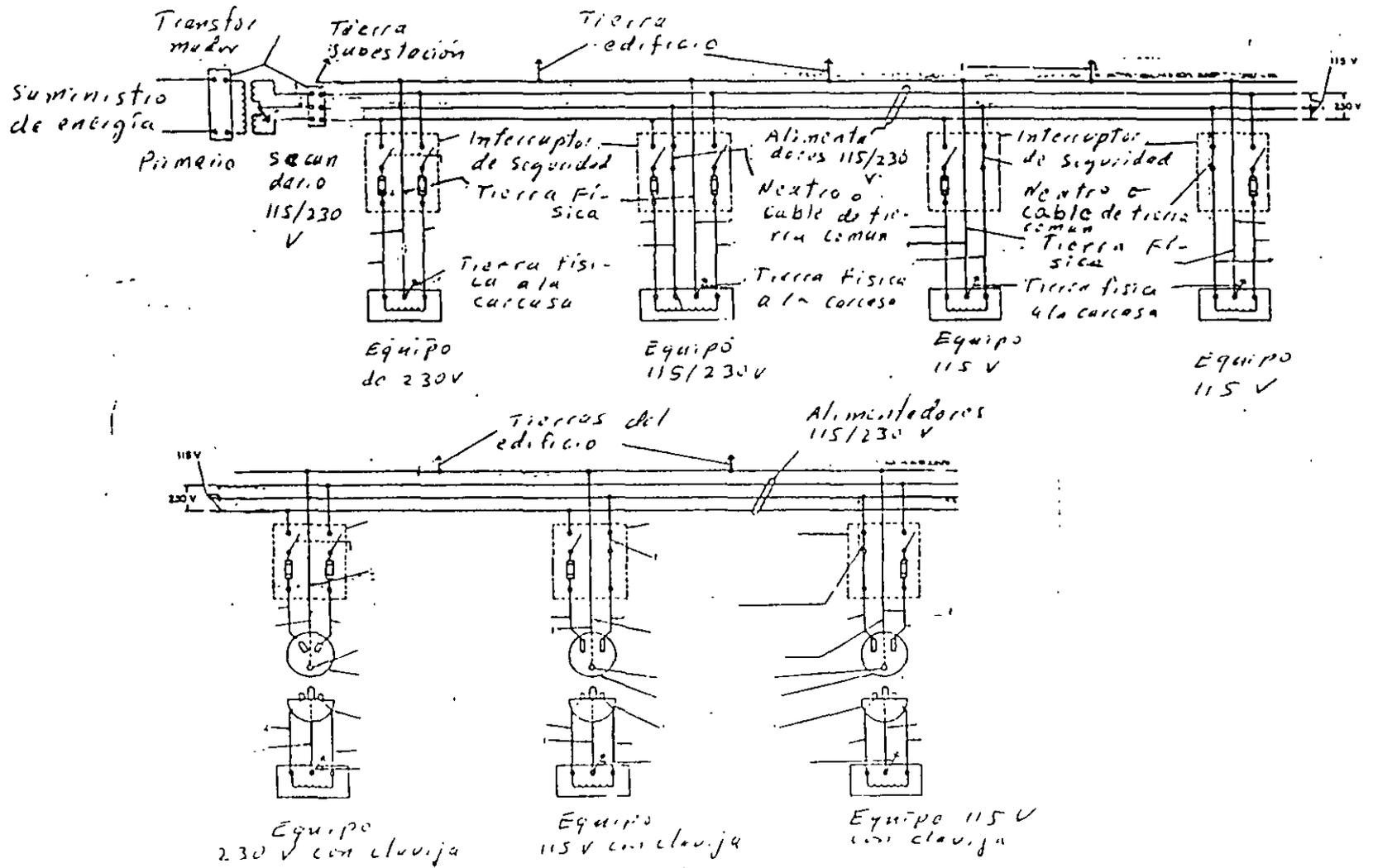


FIG 1

## CAPITULO IV

### REGLAS PARA LA INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES PARA SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD Y EQUIPOS.

El propósito de esta parte es salvaguardar en forma práctica a las personas durante la instalación, **operación y mantenimiento** de las subestaciones eléctricas y sus equipos asociados. Esta parte cubre lo correspondiente a los **conductores de suministro, los equipos y los arreglos de las estructuras asociadas** en las estaciones de suministro de electricidad y que son accesibles solamente para **personal calificado**.

#### REQUERIMIENTOS GENERALES.

Resguardos de los equipos.

Areas de Seguridad.

#### CUARTOS Y ESPACIOS.

Construcción.- Deben ser de características no inflamables.

Uso.- Deben estar libres de materiales combustibles, basura y gases, se deben considerar exclusivamente materiales de mantenimiento.

Ventilación.- Humedad y atmósfera.-.

#### ILUMINACION.

Debe considerarse para condiciones normales, y de emergencia.

#### PISOS ABIERTOS, PASADISOS Y ESCALERAS.

Pisos.- Estos deben ser con características seguras para caminar.

Pasadizos.- Los pasadizos incluyendo los caminos a las escaleras deben ser sin obstrucciones.

Pasamanos.- Todos los espacios abiertos sin protección y cuando tienen andadores construidos a mas de 300 milímetros deben proveerse de pasamanos.

Salidas.- Las salidas de emergencia deben estar sin obstrucciones, en condiciones de mayor seguridad y deben existir dos salidas, cuando se prevé problemas de obstrucción en una de ella.

Puertas de emergencia.- Las puertas de emergencia deben ser de tipo abatible.

Equipos de extinción de fuego.- Los extinguidores de fuego aprobados deben instalarse convenientemente localizados y marcados.

#### INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO.

Deben considerarse: Inspecciones, equipos de servicio, equipos de emergencia.

#### BARRERAS PARA TERMINALES DE FLECHAS, POLEAS, BANDAS Y PARTES MOVILES ESPORADICAS.

Todas estas partes deberán contar con barreras de guarda.

Tierras de protección.

Todos los equipos eléctricos tienen partes metálicas que no conducen corriente, tales como carcasas de generadores, tableros, tanques de transformadores o interruptores y palancas con tierras efectivas o aislados físicamente. **Todas las guardas metálicas, incluyendo rieles, bardas, deben ser aterrizados efectivamente.**

#### Métodos de aterrizaje.

Colocación de tierra a los equipos durante el mantenimiento.

Los equipos eléctricos y conductores operando a más de 600 volts entre conductores, y en donde ocasionalmente deberá trabajarse mientras este aislado de la fuente de energía eléctrica por un interruptor de aislamiento solamente, deberá proveerse con algún medio de aterrizaje, tal como interruptor, conectores o un medio rápido para conectar un conductor a una tierra portable.

#### GUARDA EN PARTES VIVAS.

Las guardas deberán instalarse alrededor de partes vivas que operen arriba de 150 volts a tierra

.....

#### ESPACIOS DE TRABAJO ALREDEDOR DE LOS EQUIPOS ELECTRICOS.

Espacios de trabajo para voltajes de 600 volts y menos.

Deben haber accesos y espacios de trabajo suficientes para dar mantenimiento al equipo eléctrico y permitir rápida operación segura y mantenimiento de tales equipos

## **ESPACIOS DE TRABAJO PARA VOLTAJES SUPERIORES A 600 VOLTS.**

Las normas "NESC" proporcionan dimensiones recomendables de seguridad, de acuerdo a los voltajes, y condiciones ambientales principalmente.

## **LOCALES CLASIFICADOS**

Las instalaciones eléctricas en áreas clasificadas tienen requerimientos establecidos por el Código Nacional Eléctrico (NEC) (NFPA 70-1993.).

En nuestro país la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999. - Proporciona disposiciones para las diferentes áreas clasificadas en sus artículos:

Artículo 500. - Areas peligrosas (clasificadas).

Artículo 501. - Areas clase I.

Artículo 502. - Areas clase II.

Artículo 503. - Areas clase III.

Artículo 504. - Sistemas intrínsecamente seguros.

Artículo 505. - Areas clase I, zonas 0,1 y 2.

Artículo 510. - Areas peligrosas (clasificadas)- específicas.

Artículo 511. - Talleres de servicio, de reparación y estacionamientos para vehículos automotores.

Artículo 513. - Hangares de aviación.

Artículo 514. - Surtidores (dispensarios) y estaciones de servicio y autoconsumo.

Artículo 515. - Plantas de almacenamiento.

Artículo 516. - Procesos de acabado.

**EQUIPOS ROTATORIOS.** Debe tener los siguientes equipos de seguridad:

Dispositivos de control de velocidad y paro.

Dispositivos de paro manual.

Limite de velocidad para motores.-

## **BATERIAS.**

**Localización.-** Los espacios de estos equipos deben ser cerrados o en áreas accesibles solamente para personal calificado. Los espacios pueden estar dentro de algún cuarto o un local con protección cercada que proteja contra un contacto probable o inadvertido con las partes energizadas.

**Ventilación.-** Debe considerar la ventilación del área ya sea en forma natural o artificial para limitar la acumulación de hidrógeno y evitar una mezcla explosiva. Una falla de la ventilación debe considerar la limitación de la acumulación de hidrógeno y mezcla explosiva.

**Bastidores.-** Se refiere a soportes para las celdas o depósitos, deben ser firmemente anclados y de preferencia en el piso, no es recomendable que se peguen a la pared y al piso y deben ser de metal debidamente aterrizados.

**Pisos para las baterías.-** Estos deberán ser resistentes a los ácidos, o ser pintados con pinturas resistentes a los ácidos.

**Iluminación.-** La iluminación debe estar protegida de daños físicos, los receptáculos y los interruptores deben ser localizados fuera de las áreas de baterías.

**Servicios.-** En las áreas para las baterías debe proveerse de protección para la vista y ropa especial para el mantenimiento y la instalación, que consiste en lo siguiente: protecciones para la vista (goggles), guantes resistentes al ácido, delantales también conocidos como mandiles protectores, zapatos de hule, agua o agentes neutralizadores para los ojos y la piel.

**SEÑALIZACIONES DE SEGURIDAD DENTRO Y FUERA DE LA SALA DE BATERIAS Y EN LA PROXIMIDAD DE LA SALA O DEL AREA PROHIBIENDO FUMAR, ENCENDER ALGO O ACERCAR COSAS FLAMABLES.**

**LOCALIZACION Y ARREGLO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y REGULADORES.**

**Instalaciones exteriores.**

Estos equipos se deben instalar de tal forma que todas sus partes energizadas queden resguardadas para evitar un probable o inadvertido contacto, **debiendo ser esto de acuerdo con la regla correspondiente, las carcasas deben ser aterrizadas.**

La instalación de los transformadores que usen algún líquido aislante debe considerar los cuidados **para reducir el peligro de fuego por medio de espacios y barreras resistentes al fuego y sistemas de extinción correspondientes así como camas de absorción y confinamiento de líquido en caso de ruptura del tanque.**

Instalaciones interiores.

Los transformadores o reguladores de tipo seco o conteniendo líquidos o gases no inflamables pueden instalarse en los edificios.

#### PROTECCION CONTRA CORTO CIRCUITO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA.

Estos equipos deben tener equipos dispositivos de desconexión automáticos contra corto circuito y las protecciones que fijen la normas

#### CONDUCTORES.

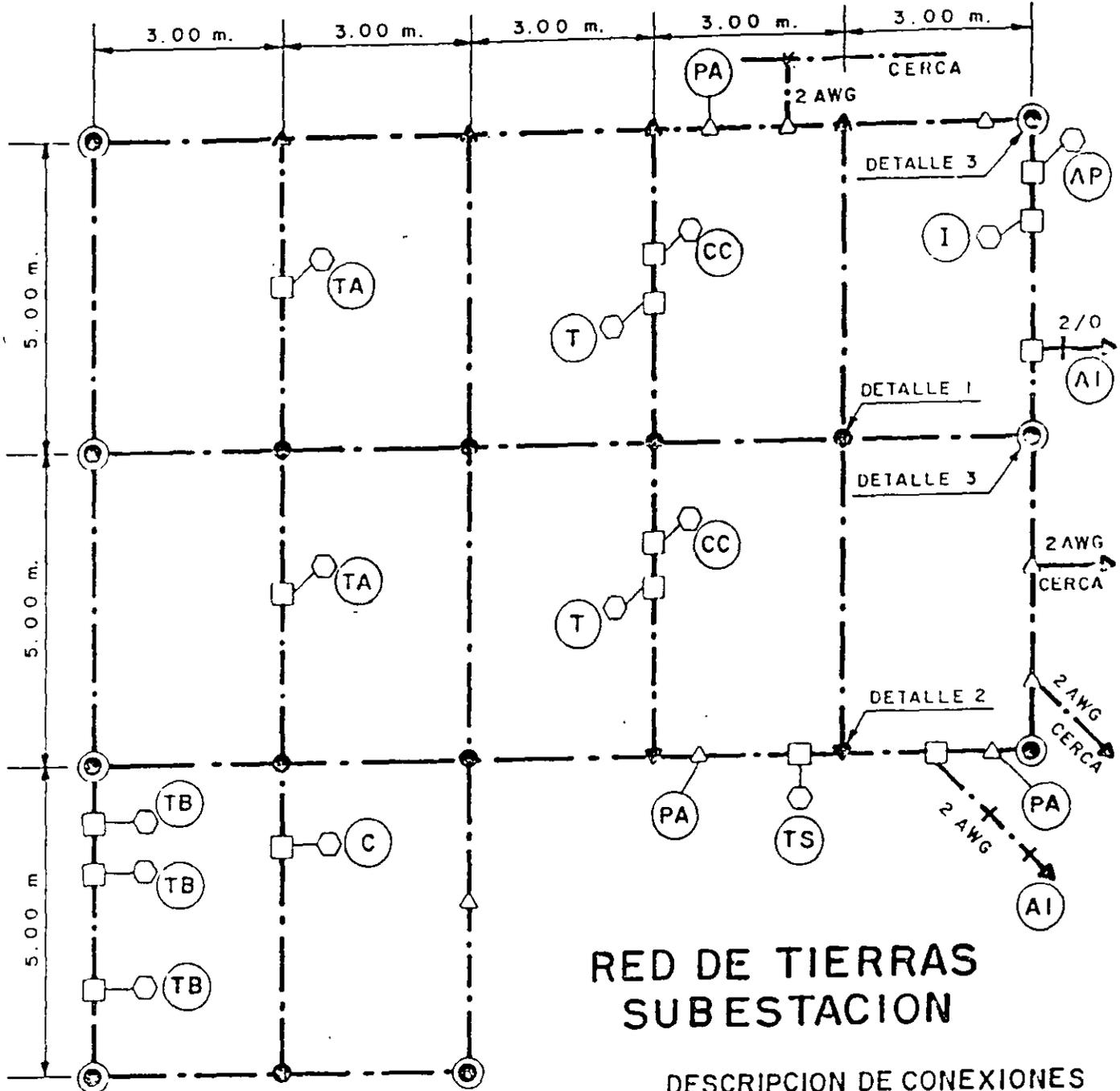
Los conductores deben ser adecuados para la localización, uso y voltaje; así mismo deberán tener la ampacidad adecuada para su aplicación.

#### PROTECCION ELECTRICA.

Protección de sobre corriente. Los conductores y el aislamiento deben estar protegidos contra un excesivo calentamiento diseñando en el sistema dispositivos de disparo, alarma o indicación contra sobrecorriente.

#### INTERRUPTORES, RESTAURADORES, DESCONECTORES Y FUSIBLES.

Todos estos equipos deben instalarse para ser accesibles solamente a personal calificado. Asimismo deben tener su capacidad para el voltaje nominal y las corrientes continuas y momentáneas y la capacidad para interrumpir las corrientes de falla,



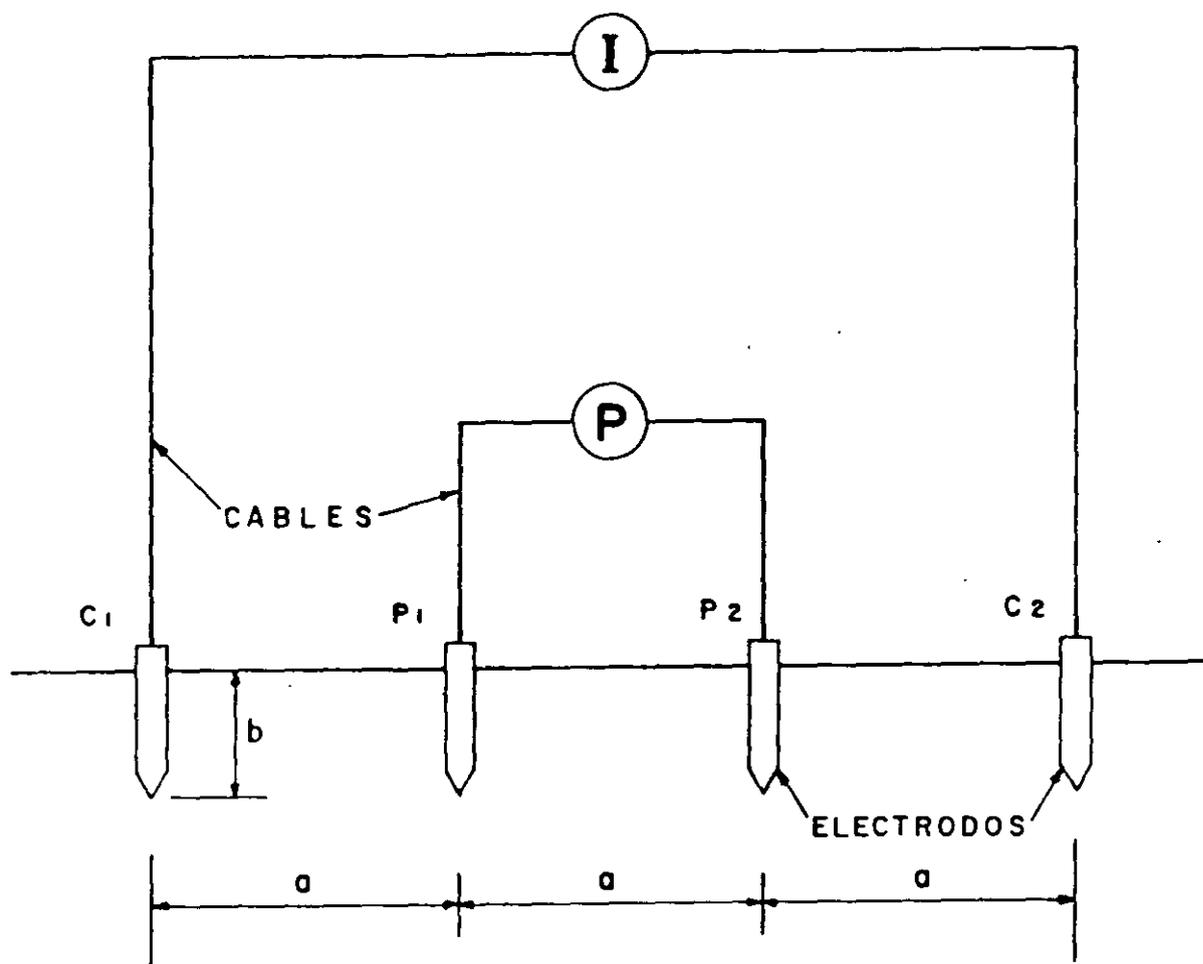
## RED DE TIERRAS SUBESTACION

### DESCRIPCION DE CONEXIONES

SIMBOLO	CALIBRE DEL CONDUCTOR	TIPO
▲	4/0 - 4/0	CABLE - CABLE
●	4/0 - 4/0	CABLE - CABLE
□	4/0 - 4/0	CABLE - CABLE
■	2/0 - 2/0	CABLE - CABLE
○	2/0	CABLE - ZAPATA
△	4/0 - 2	CABLE - CABLE
X	2	CABLE - TUBO
⊙	4/0 - 5/8"	CABLE - VARILLA
⊚	4/0 - 5/8"	CABLE - VARILLA

- AI- POSTE DE ALUMBRADO
- PA- PARARRAYOS
- T- TRANSFORMADOR
- TA- TABLERO DE ALTA TENSION
- TB- TABLERO DE BAJA TENSION
- AP- APARTARRAYOS
- TS- TRANSFORMADOR DE SERVICIOS
- CC- CORTO CIRCUITO FUSIBLE
- C- CONSOLA DE CONTROL

FIG. 8



## CONFIGURACION DEL METODO WENNER

**ELECTRODOS.** - Son normalmente varillas de copperweld de 16 mm (5/8 pulg) de diámetro y su longitud varía entre 100 y 75 cm

**CABLES.** - Son normalmente del No 14 AWG o mayor con aislamiento para 600V. Su longitud depende de los puntos C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> FIG. 1

# MEGGER DE EQUILIBRIO EN CERO

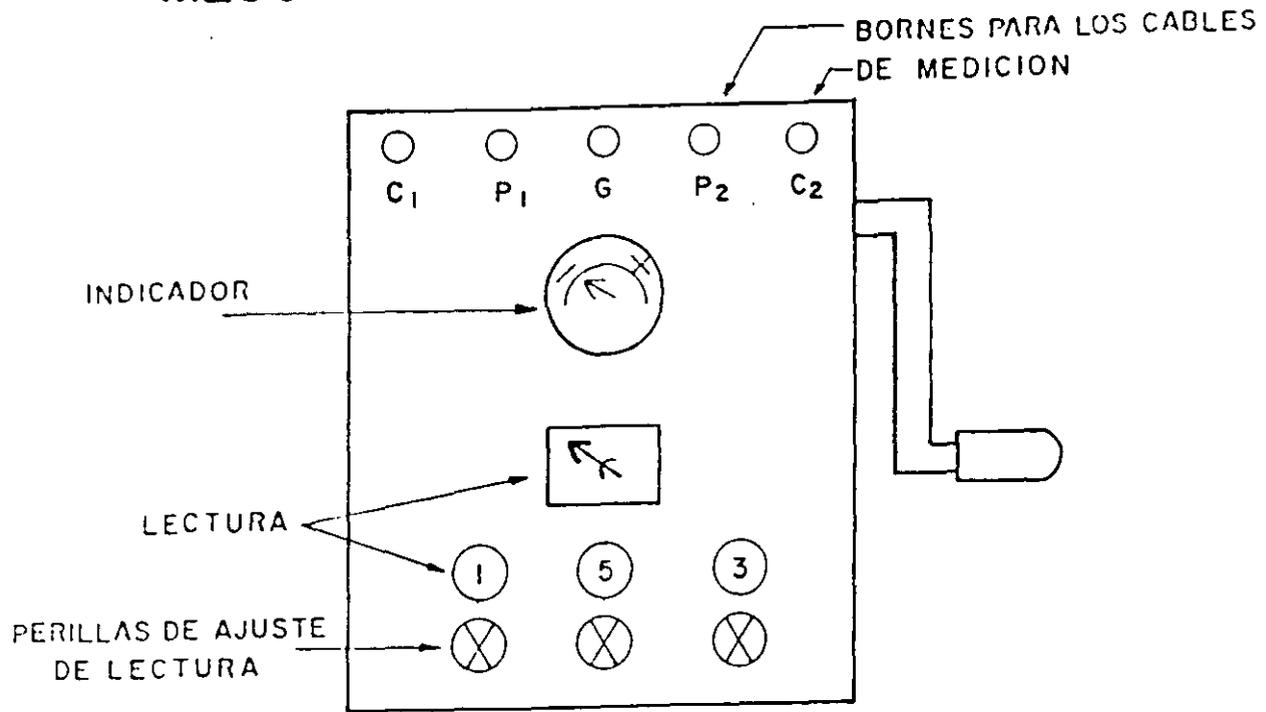


FIG. 2

# MEGGER DE LECTURA DIRECTA

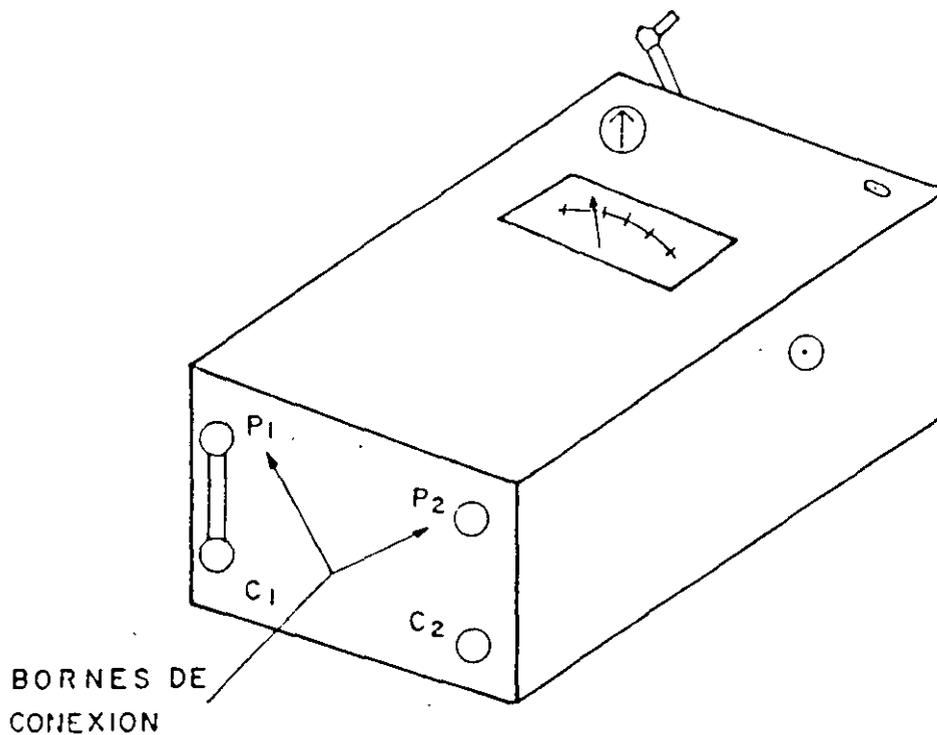


FIG. 3

## CAPITULO V

### REGLAS DE SEGURIDAD PARA INSTALACIONES Y MANTENIMIENTO DE LINEAS ELECTRICAS AEREAS Y DE COMUNICACIÓN.

El propósito de este capítulo es para salvaguardar a las personas durante la instalación, operación y mantenimiento de las líneas aéreas de suministro de energía eléctrica y líneas de comunicación, así como sus equipos asociados.

Cubre lo correspondiente a las líneas propiamente sus estructuras asociadas y la extensión de tales sistemas a los edificios. Las reglas incluyen las separaciones, los claros y los esfuerzos de construcción.

#### LINEAS ELECTRICAS AEREAS Y DE COMUNICACIÓN.

“NESC” proporciona sus recomendaciones de seguridad en los siguientes capítulos: REGLAS DE APLICACIÓN, INSPECCION Y PRUEBA DE LINEAS Y EQUIPO. LINEAS FUERA DE SERVICIO. CIRCUITOS DE TIERRA, ESTRUCTURAS DE SOPORTE Y EQUIPOS.

#### EQUIPOS ASOCIADOS:

Se consideran los siguientes:-GUIAS. MENSAJEROS MULTIPLES EN LA MISMA ESTRUCTURA. ARREGLO DE INTERRUPTORES. ESTRUCTURAS DE SOPORTES.

Tambien se consideran.-ACCESO A LAS ESTRUCTURAS. PODA DE ARBOLES. CRUCE DE LINEAS SOBRE VIAS Y LIMITACION DE ACCESO A VIAS DE ALTA VELOCIDAD. RELACION ENTRE VARIAS CLASES DE LINEAS Y EQUIPOS.

NIVELES RELATIVOS PARA CONDUCTORES DE SUMINISTRO DE ENERGIA Y CONDUCTORES DE COMUNICACIÓN.

.NIVELES RELATIVOS PARÁ LINEAS DE SUMINISTRO DE DIFERENTES VOLTAJES.

La Comisión Federal de Electricidad en sus normas de construcción y especificaciones de acometidas establece las características y condiciones

requeridas para las líneas en los distintos voltajes de distribución y transmisión. La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999. , establece disposiciones para estos sistemas en sus artículos: Artículo 921. - Puesta a tierra, artículo 922. - Línea aérea.

## PROTECCION DE LINEAS DE COMUNICACIÓN.

Para los aparatos de comunicación manejados por personas no calificadas deberán tener protecciones de acuerdo con las normas correspondientes, cuando están sujetos a descarga atmosférica, contacto con conductores que suministran energía arriba de 300 volts, transitorios que excedan de 300 volts y voltajes inducidos.

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999. "INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION)", establece disposiciones al respecto en: El capítulo 8 (4.8). - Sistema de comunicación.

Artículo 800. - Circuitos de comunicación.

Artículo 810. - Equipos de radio y televisión:

Artículo 820. - Antenas de televisión comunitarias y sistemas de distribución de radio.

.DE LA NORMA "NESC": Se establecen

CLAROS DE CABLES, CONDUCTORES Y EQUIPOS DE EDIFICIOS, PUENTES, RIELES, ALBERCAS Y OTRAS INSTALACIONES

**TABLA 1 - Niveles de aislamiento normalizados para equipo de la categoría "A"**

Tensión nominal del sistema  kV (eficaz)	Tensión máxima de diseño  kV (eficaz)	Nivel básico de aislamiento al impulso (NBAI) de fase a tierra <sup>6)</sup> kV (cresta)		Tensión resistente nominal a 60 Hz de fase a tierra  kV (eficaz)
		hasta 500 kVA	arriba de 500 kVA	
4.4 <sup>1)</sup>	4.4	60	75	19
6.9 <sup>1)</sup>	7.2	75	95	26
13.8 <sup>2)</sup>	15.5	95	110	34
24 <sup>2)</sup>	26.4	150 <sup>4)</sup>		50
34.5 <sup>2)</sup>	38	200 <sup>5)</sup>		70
52 <sup>3)</sup>	52	250		95

NOTAS

- 1) Tensiones congeladas según especificación CFE L0000-02
- 2) Tensiones normalizadas preferentes según especificación CFE L0000-02
- 3) Tensión no normalizada en la especificación CFE L0000-02.
- 4) Para sistemas de 3 fases 4 hilos (sistema multiterrizado) úsese 125 kV.
- 5) Para sistemas de 3 fases, 4 hilos (sistema multiterrizado) úsese 150 kV.
- 6) Para esta categoría los niveles básicos de aislamiento al impulso de fase a fase son los mismos que los niveles básicos de aislamiento al impulso de fase a tierra.

**TABLA 2 - Niveles de aislamiento normalizados para equipos de la categoría "B"**

Tensión nominal del sistema kV (eficaz)	Tensión máxima de diseño kV (eficaz)	Nivel básico de aislamiento al impulso (NBAI) de fase a tierra kV (cresta)	Nivel básico de aislamiento al impulso (NBAI) de fase a fase kV (cresta)	Tensión resistente nominal a 60 Hz de fase a tierra kV (eficaz)
69 <sup>1)</sup>	72.5	325 350	325 350	140
115 <sup>1)</sup>	123	450 550	450 550	185 230
138 <sup>2)</sup>	145	450 550 650	550 550 650	185 230 275
161 <sup>2)</sup>	170	550 650 750	550 650 750	230 275 325
230 <sup>1)</sup>	245	650 750 850 950 1050	750 850 950 1050 1125	275 325 360 395 460

**NOTAS**

1) Tensiones normalizadas preferentes según especificación CFE L0000-02.

2) Tensiones restringidas según especificación CFE L0000-02

**TABLA 3 - Niveles de aislamiento normalizados para equipos de la categoría "C"**

Tensión nominal del sistema kV (eficaz)	Tensión máxima de diseño kV (eficaz)	Nivel básico de aislamiento al impulso (NBAI) de fase a tierra kV (cresta)	Nivel básico de aislamiento por maniobra (NBAM) de fase a tierra kV (cresta)	Nivel básico de aislamiento por maniobra (NBAM) de fase a fase kV (cresta)
400 <sup>1)</sup>	420	1050 1175 1300 1425	950 1050	1425 1550
765 <sup>2)</sup>	800	1800 1950 2100 2400	1425 1550	2400 2550

NOTAS

- 1) Tensiones normalizadas preferentes según especificación CFE L0000-02.
- 2) Tensiones no normalizadas según especificación CFE L0000-02.

## **CAPITULO VI**

### **REGLAS DE SEGURIDAD PARA LA INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA Y LINEAS DE COMUNICACIÓN SUBTERRANEAS.**

El propósito de este código es salvaguardar a las personas durante la instalación, operación o mantenimiento de cables de suministro y comunicación en instalaciones subterráneas o enterradas; así como sus equipos asociados. Las reglas cubren también las estructuras asociadas y las extensiones de estos sistemas a los edificios.

#### **REQUERIMIENTOS GENERALES.**

Las personas responsables de los servicios para las instalaciones subterráneas deben ser aptas para indicar la localización de tales instalaciones.

“NESC”.- Dá recomendaciones relacionadas con.- INSPECCION Y PRUEBAS DE LINEAS Y EQUIPOS. SISTEMAS FUERA DE SERVICIO. ATERRIZAJE DE CIRCUITOS Y EQUIPOS.

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999.- De la misma manera proporciona sus reglamentos correspondientes.- Entre otros:

#### **LAS PARTES CONDUCTIVAS QUE DEBEN SER ATERRIZADAS.**

En los cables blindados, el blindaje debe ser aterrizado; así mismo las armaduras o gabinetes, lo mismo para los postes de iluminación tipo conductivo. Los ductos y las guardas de líneas encerradas también deben aterrizarse.

También se refiere a las normas de seguridad para: CIRCUITOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS. APARTARRAYOS.

#### **REQUERIMIENTOS PARA PROTECCION DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.**

Los aparatos de comunicación que son manejados por personas no calificadas, deben protegerse para los siguientes fenómenos: descargas

atmosféricas, contacto con conductores cuyo voltaje exceda de 300 volts, transitorios que se eleven a potenciales arriba de 300 volts, y voltajes inducidos en estado estable que puedan causar daños.

## CANALIZACIONES DE SISTEMAS BAJO TIERRA.

La Comisión Federal de Electricidad ha establecido sus normas para los bancos de ductos que se utilizan especificando, los tipos de bancos de acuerdo con la ubicación, ya sea en banquetta o en arroyo; entre otros ductos se pueden mencionar los tipos DCS.3-01, DCS.3-04 y DRS.3-14.

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999 INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION), en sus artículos 354,356 y 358 establece los requerimientos para estos tipos de instalaciones, en los siguientes artículos:

.....  
Artículo 354.- Canalizaciones bajo el piso.

Artículo 356.- Canalizaciones en pisos metálicos aislados.

Artículo 362.- Ductos metálicos y no metálicos con tapa.

## REGISTROS Y BOBEDAS.

La Comisión Federal de Electricidad dentro de sus especificaciones mencionadas da algunas características para estos registros.

## **PROTECCION DE EDIFICIOS CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS.**

### **PARARRAYOS.**

Los pararrayos se **utilizan** para proteger la vida humana y las propiedades contra las descargas atmosféricas. El principio fundamental consiste en hacer que la descarga se conduzca a la tierra sin causar daños.

El sistema de protección contra descargas atmosféricas, se **compone** fundamentalmente de 3 partes básicas:

El pararrayo propiamente que es una barra que se utiliza en los techos, a veces se utilizan cables de guarda, un sistema de tierras y los conductores que conectan el pararrayo con el sistema de tierras.

Principios de cálculo.

Para calcular la protección contra descargas atmosféricas se utiliza el **modelo** electromagnético que establece los siguientes principios:

Las nubes en su movimiento adquieren cargas electrostáticas que al acercarse en los puntos altos de la superficie terrestre se propagan a través de las trayectorias de menor resistencia. La descarga se realiza cuando el **gradiente de potencial** es mayor que la rigidez dieléctrica del espacio de aire donde se realiza la descarga, llamándose a la distancia correspondiente distancia crítica de arqueo.

En el momento de la descarga el modelo electromagnético define a la relación entre la **distancia crítica de arqueo** y la corriente que circula por medio de la fórmula:

$$r = 9.4 I^{2/3} \quad \text{donde}$$

$r$  = distancia crítica de arqueo (metros)

$I$  = la corriente de la descarga (kiloamperes)

De acuerdo con esta relación los valores de  $r_s$  dependen de los valores de  $I$  que puede presentarse con una determinada magnitud, frecuencia y ángulo de incidencia. Los resultados de las investigaciones de los valores de  $I$  se presentan de acuerdo con la probabilidad de ocurrencia (fig. 1) de donde se puede calcular esta distancia atendiendo a la probabilidad con que se quiera el cálculo.

En la fig. 2 se presenta la **influencia de la punta de la barra H**. La parábola  $hp$  divide el espacio en la zona II que es donde todo rayo que caiga es descargado en la terminal de la barra H; y la zona I que es donde todo rayo que caiga es atraído por la tierra. La curva  $pp$  es definida por la parábola.

**CENTRAL  
NUCLEOELECTRICA  
DE LAGUNA VERDE**



# DATOS TECNICOS

## 1.- REACTOR

Numero de unidades	2 x 854 MWe Netos
Tipo	De agua hirviendo (BWR)
Combustible	UO <sub>2</sub> enriquecido
Enriquecimiento alto	2.19% de U235 (en peso)
Enriquecimiento medio	1.76% de U235 (en peso)
Sin enriquecimiento	0.711% de U235 (en peso)
Numero de ensamblajes	444 con 62 barras de combustibles y 2 de agua por ensamble
Numero total de barras de combustible	27 528
Peso total de Uranio	81 285 Toneladas de uranio
Longitud activa del combustible	381 cm
Diámetro exterior de la barra	1.226 cm
Espesor del encamisado	0.0813 cm.
Diámetro exterior de la pastilla	1.041 cm
Material de encamisado	Zircaloy 2
Material del canal de combustible	Zircaloy 4
Material de las placas de sujeción	Acero inoxidable 304
Barras cruciformes de control de acero inoxidable llenas de carburo de boro	109
Sistema en reserva de control	Higuideo Pentaborato de Sodio
Presión de servicio	71.79 kg/cm <sup>2</sup>
Potencia térmica del reactor	1.931 MWt
Pérdidas en los sistemas	3.8 MWt
Potencia térmica al ciclo de la turbina	1.933 MWt
Flujo de vapor	3.774 Ton/h
Presión del vapor a la salida	68.2 kg/cm <sup>2</sup>
Humedad del vapor	0.3%
Entalpia	669.75 cal/gr
Bombas de recirculación	2
Potencia de cada bomba de recirculación	4 500 Caballos de potencia
Flujo de recirculación	9,600 Ton/h
Bombas de chorro de recirculación interior	20
Flujo de recirculación interior	27.950 Ton/h
Vasija	Acero al carbón revestido interiormente de acero austenítico

## 2.- TURBINA

Tipo	De flujo cuádruple impulso-reacción
De alta presión	1 turbina
Presión a la entrada	68.2 kg/cm <sup>2</sup>
Presión a la salida	13.7 kg/cm <sup>2</sup>
Presión en el primer paso	52.8 kg/cm <sup>2</sup>
Frecuencia de rotación	1 800 rpm
Temperatura del vapor a la entrada	283°C
No de extracciones	4
De baja presión	2 turbinas
Presión a la entrada	13.3 kg/cm <sup>2</sup>
Presión a la salida	710 mm de Hg
Temperatura del vapor a la entrada	267°C
No de extracciones	10

$H^2 - 2H y + x^2 = 0$  siendo  $x$  e  $y$  las variables que fijan los puntos de la curva y  $H$  valor definido por la barra.

La fig. 3 representa nuevamente la barra con su punta en  $H$ . El punto  $x, y$  representa un **punto de descarga** con la distancia crítica  $r_s$ .

La parábola  $H x$  representa la zona de protección de la barra  $H$  ya que todo rayo que caiga no atraviesa esta curva que es representada por la ecuación de la esfera

$$(x - X)^2 + (y - Y)^2 = r_s^2$$

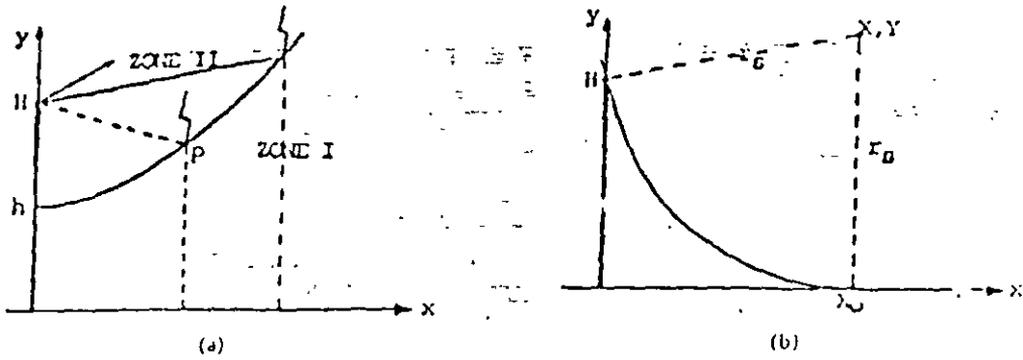


Fig. 1. Electrogeometric model applied to a vertical lightning rod.

$$H^2 - 2Hy + x^2 = 0$$

$$(x - X)^2 + (y - Y)^2 = r_D^2$$

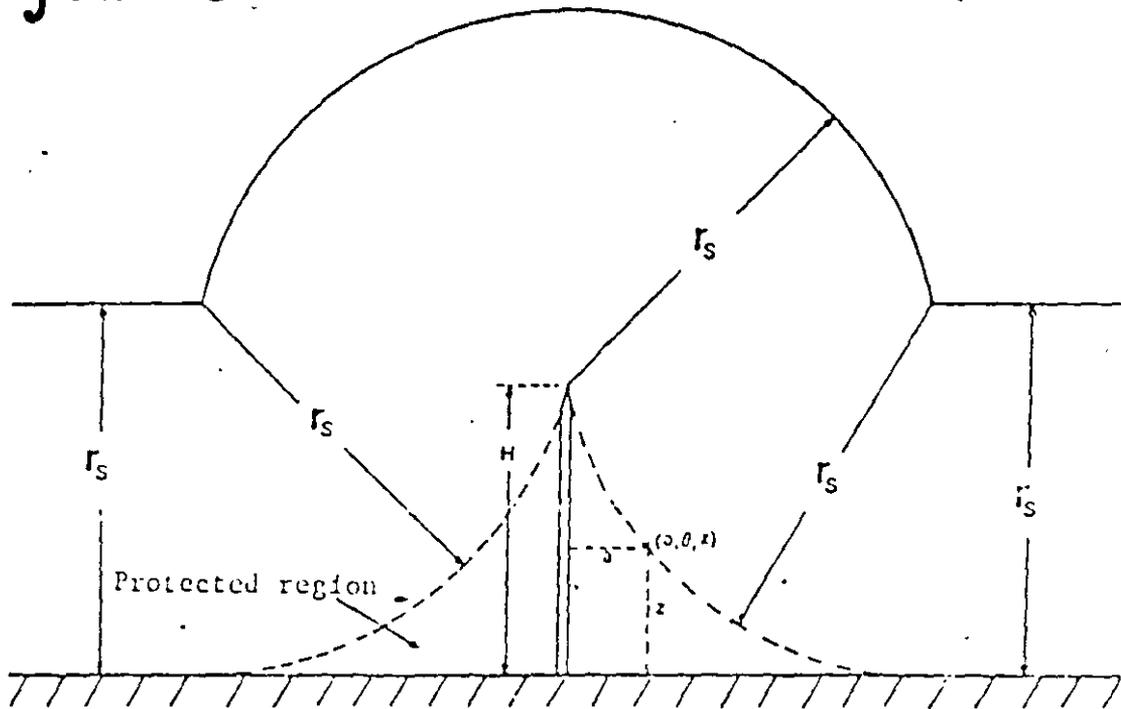


Fig. 2. Protective zone of a vertical lightning rod.

$$r_s = 9.4 I^{2/3}$$

$$r_s \text{ (m)}$$

$$I \text{ (kA)}$$

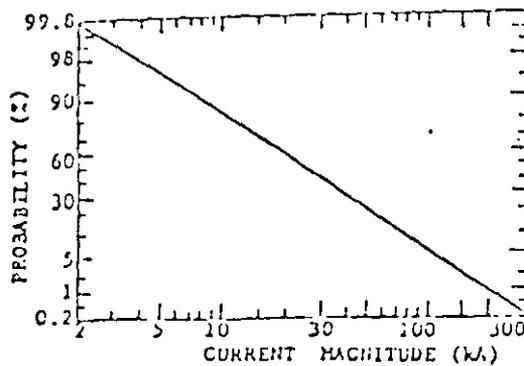
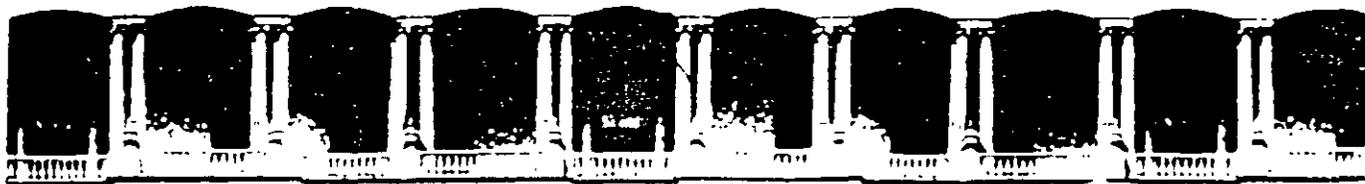


Fig. 9. Probability distribution of stroke current magnitudes



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

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO INTERNACIONAL EN RIESGO  
AMBIENTAL**

**MODULO II: CAUSAS DE RIESGOS INDUSTRIALES  
GRAVES**

**TEMA**

**ANEXO 1**

**EXPOSITOR: ING. MIGUEL ALONSO CASTILLO HOIL  
PALACIO DE MINERIA  
JUNIO DEL 2001**

### 3.- GENERADOR

Tipo	Cerrado con polos no salientes autoventilados
Capacidad máxima	675, MWe
Frecuencia	60 Hz
Voltaje	22 KV
Frecuencia de rotación	1 800 rpm
Corriente	19,703 A
Factor de potencia	0.9

### 4.- EXCITADOR

Tipo	Directamente acoplado sin escobillas
Capacidad	3 000 KW
Voltaje	525 V
Corriente	5 715 A

### 5.- CONDENSADOR

Tipo	De superficie de dos cuerpos con dos cajas en la entrada y dos en la salida
Capacidad	$1.072 \times 10^6$ Kcal/h
Numero de tubos	40 784
Superficie efectiva total	47,117 m <sup>2</sup>
Caudal de agua de mar para enfriamiento	28.2 m <sup>3</sup> /seg

### 6.- BOMBAS DE CONDENSADO

Tipo	Centrifugas verticales con difusor
Numero de bombas	3
Capacidad de diseño	352.5 l/seg
Carga total	120 m
Frecuencia de rotación	1 170 rpm
Temperatura de diseño en la succión	60° C

### 7.- BOMBAS DE REFUERZO DE CONDENSADO

Tipo	Centrifugas horizontales
Numero de bombas	3
Capacidad de diseño	353.5 l/seg
Carga total	311 m
Frecuencia de rotación	3 570 rpm
Temperatura de diseño en la succión	40° C

### 8.- BOMBAS DE ALIMENTACION AL REACTOR

Tipo	Turbo bombas centrifugas horizontales
Capacidad de diseño	685 l/seg
Carga total	598.3 m
Frecuencia de rotación	Variable (5 200 rpm, nominal)
Temperatura de diseño en la succión	188.9° C

### 9.- CALENTADORES DE AGUA DE ALIMENTACION AL REACTOR

Tipo	De dos trenes en paralelo
Numero de calentadores de baja presión	10
Presión de diseño	56 kg/cm <sup>2</sup>
Numero de calentadores de alta presión	2
Presión de diseño	161.7 kg/cm <sup>2</sup>

## CORTE DE LA UNIDAD I

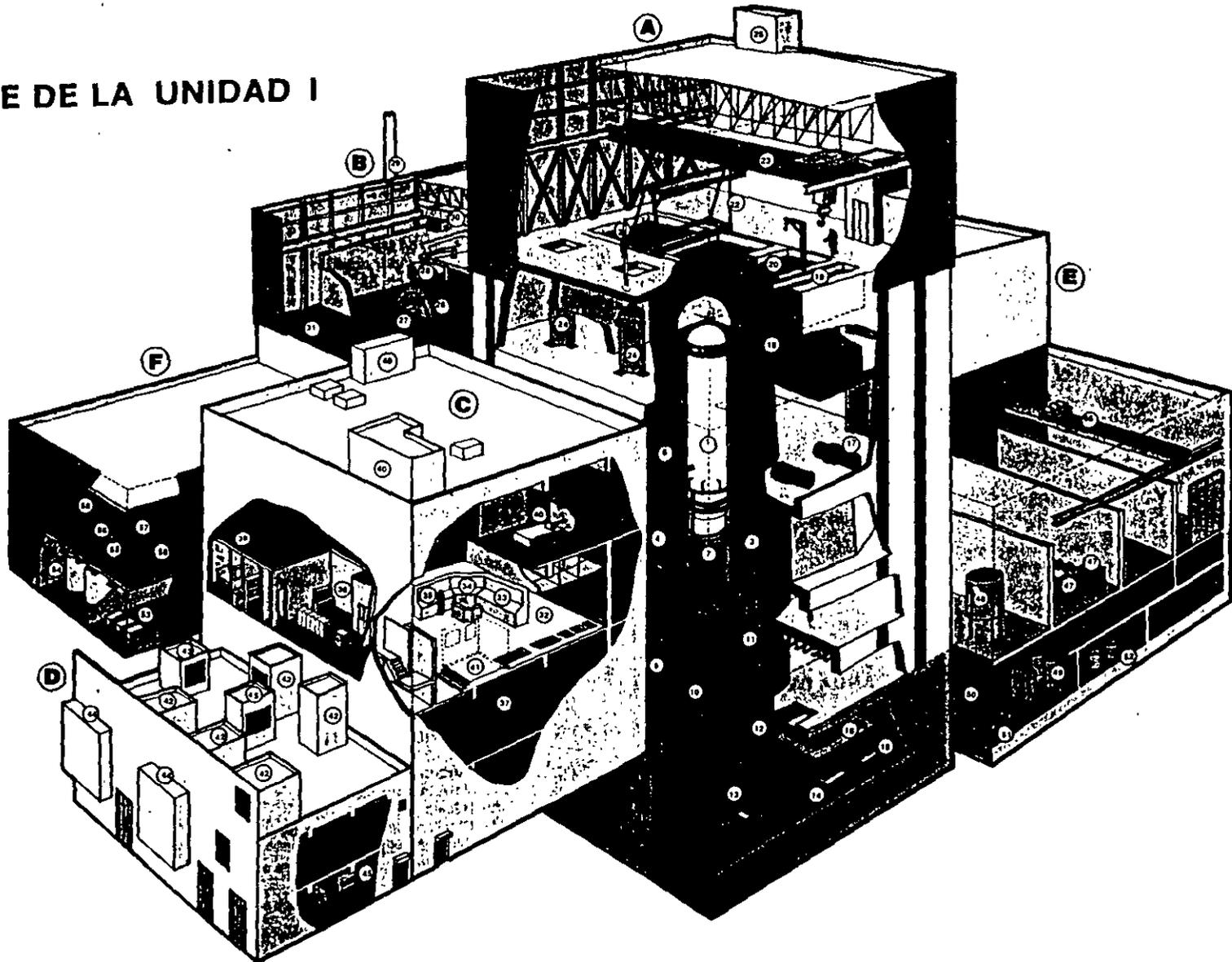
### A. EDIFICIO DEL REACTOR

- 1 - Vasija del reactor
- 2 - Muro de blindaje
- 3 - Contenedor primario
- 4 - Pozo seco
- 5 - Tuberías y bombas de recirculación (2)
- 6 - Tuberías de vapor (4)
- 7 - Tubos guía de las barras de control (109)
- 8 - Losa diafragma separación del pozo seco y el pozo húmedo
- 9 - Pozo húmedo
- 10 - Alberca de supresión de presión
- 11 - Tuberías de descarga de vapor (68)
- 12 - Descargas de las válvulas de alivio (10)
- 13 - Bomba de aspersión del núcleo a baja presión
- 14 - Bomba de carga del sistema de aspersión del núcleo a baja presión
- 15 - Bomba de carga del sistema de aspersión del núcleo a alta presión
- 16 - Unidad de aire acondicionado
- 17 - Cambiadores de calor del sistema cerrado para enfriamiento de componentes nucleares
- 18 - Almacén de combustible nuevo
- 19 - Alberca de almacenamiento de contenedores para transporte de combustible
- 20 - Alberca de combustible irradiado
- 21 - Alberca para almacenar el separador y secador de vapor durante el recambio de combustible
- 22 - Máquina de recambio de combustible
- 23 - Grúa del edificio del reactor
- 24 - Cambiadores de calor del sistema de remoción de calor residual
- 25 - Chimenea de salida de gases

### B.- EDIFICIO DEL TURBOGENERADOR

- 26 - Turbina de alta presión
- 27 - Válvula principal de paro
- 28 - Recalentadores de vapor
- 29 - Chimenea de la caldera auxiliar
- 30 - Grúa del edificio
- 31 - Pozo de salida y entrada de equipos

# CORTE DE LA UNIDAD I



## ENSAMBLES DE COMBUSTIBLE NUCLEAR BARRA DE CONTROL DE UN REACTOR DE AGUA HIRVIENTE (BWR)

### C.- EDIFICIO DE CONTROL

- 32.- Sala de control
- 33.- Tablero de control del turbogenerador
- 34.- Tablero de control del reactor
- 35.- Tablero de control de sistemas auxiliares
- 36.- Pantalla impresora de la computadora
- 37.- Cuarto de cableado
- 38.- Cuarto de computación
- 39.- Residencia para operadores
- 40.- Equipos de aire acondicionado
- 41.- Cuarto de observación para visitantes

### D.- EDIFICIO DE GENERADORES DIESEL

- 42.- Salidas de aire de los generadores
- 43.- Salidas de aire del sistema de aire acondicionado
- 44.- Entradas de aire a los generadores
- 45.- Generador diesel (3)

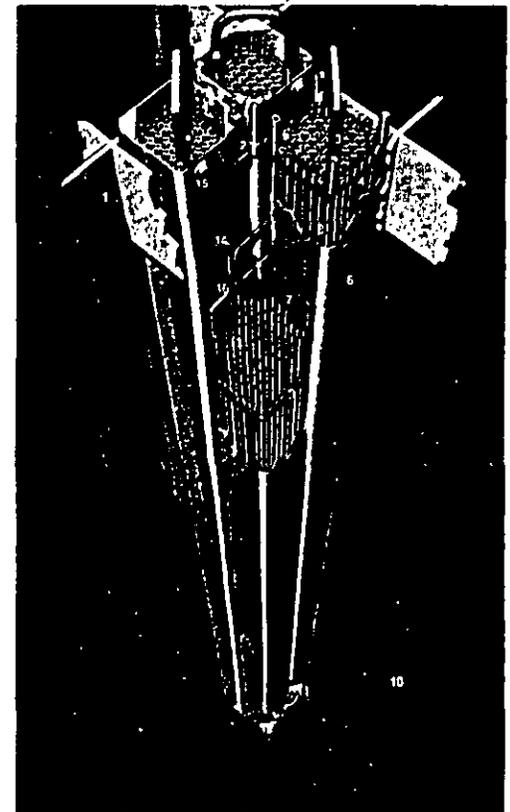
### E.- EDIFICIO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS RADIOACTIVOS

- 46.- Grúa del edificio
- 47.- Mezcladores evaporadores del sistema de desechos sólidos (2)
- 48.- Tanque de concentrados de los evaporadores (2)
- 49.- Adsorbentes de carbón activado (8)
- 50.- Bomba de glicol (4)
- 51.- Máquinas de refrigeración (2)
- 52.- Preenfriadores (4)

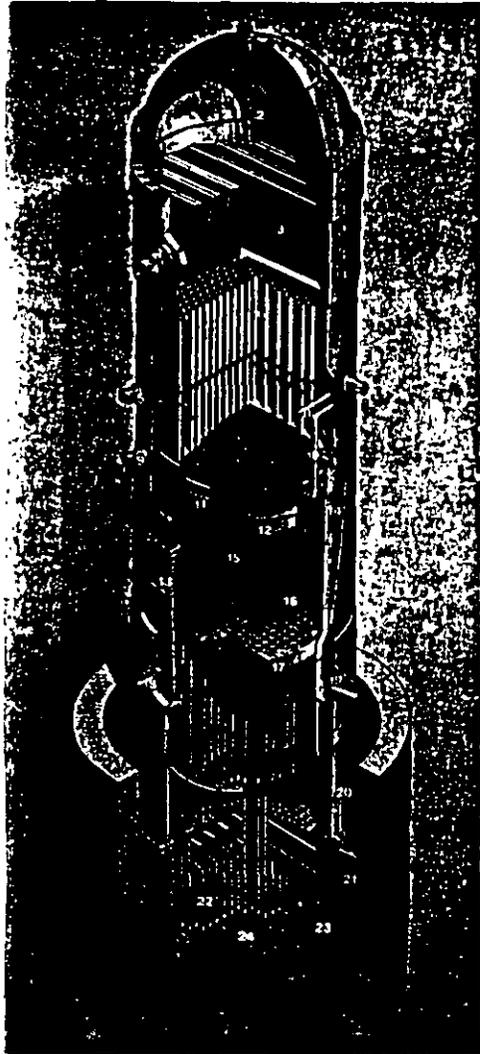
### F.- EDIFICIO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TALLER MECANICO

- 53.- Bombas de agua desmineralizada(3)
- 54.- Tanques de agua potable (2)
- 55.- Intercambiadores catiónicos (2)
- 56.- Lechos intercambiadores de iones (2)
- 57.- Intercambiador de iones
- 58.- Regenerador de agua caliente

- 1- Reja superior del núcleo
- 2- Sujetador del canal
- 3- Placa superior de amarre del ensamble
- 4- Resorte de expansión
- 5- Tuercas de mariposa
- 6- Canal
- 7- Barra de control
- 8- Barra de combustible
- 9- Espaciador de las barras de combustible
- 10- Placa del soporte del núcleo
- 11- Placa inferior de amarre del ensamble
- 12- Placa de soporte del ensamble
- 13- Pastillas de  $UO_2$
- 14- Tapón superior de la barra de combustible soldado herméticamente
- 15- Ensamblajes de combustible
- 16- Resorte interno para sujeción de las pastillas



## VASIJA DEL REACTOR DE AGUA HIRVIENTE (BWR)



- 1 - Rociador y ventila de la tapa de la vasija
- 2 - Orejas de levantamiento del secador de vapor
- 3 - Ensamble del secador de vapor
- 4 - Salida de vapor a la turbina
- 5 - Entrada de agua para aspersión del núcleo a alta presión
- 6 - Ensamble del separador de vapor
- 7 - Entrada de agua de alimentación del condensador
- 8 - Esprea de agua de alimentación del condensador
- 9 - Entrada de inyección de agua de enfriamiento a baja presión
- 10 - Tubería de aspersion del núcleo
- 11 - Esprea de aspersion del núcleo
- 12 - Reja superior del núcleo
- 13 - Ensamble de las bombas de tobera
- 14 - Coraza del núcleo
- 15 - Ensamble de combustible
- 16 - Barra de control
- 17 - Placa de soporte del núcleo
- 18 - Entrada del agua de recirculación a la bomba de tobera
- 19 - Salida del agua de recirculación
- 20 - Soporte de la vasija
- 21 - Muro de blindaje
- 22 - Mecanismos impulsores de las barras de control
- 23 - Tuberías hidráulicas de las barras de control
- 24 - Canales para instrumentación

**¿QUE ES LA ENERGIA  
NUCLEAR?**



# 1. ENERGIA NUCLEAR

Todos los cuerpos están formados por átomos

La parte más pequeña, que podemos ver al microscopio, de una sustancia cualquiera está formada por millones de pequeñas partículas que se llaman moléculas

Estas moléculas, a su vez, están formadas por uno o más átomos, y estos contienen partículas aún más pequeñas llamadas electrones, protones y neutrones

**Los átomos tienen núcleo y electrones**

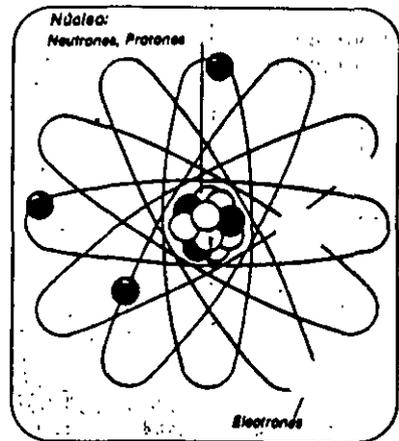
Los átomos se pueden imaginar como sistemas solares en miniatura. En su centro se encuentran los protones y los neutrones firmemente unidos formando el núcleo atómico.

Alrededor de este núcleo, como si fuesen pequeños planetas girando alrededor del Sol, se encuentran los electrones.

**Hay muchos átomos distintos**

No todos los átomos son iguales, como no son iguales las sustancias que resultan cuando se agrupan estos átomos.

Los elementos se diferencian por el número de protones que contienen en su núcleo. Así todos los átomos de azufre tienen en su núcleo 16 protones, los de cobre 29, los de oro 79, etc. Los átomos de un mismo elemento pueden ser diferentes entre sí por contener diferente número de neutrones en su núcleo. Estos átomos se denominan isótopos.



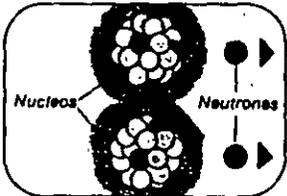
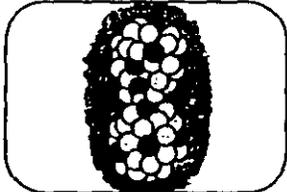
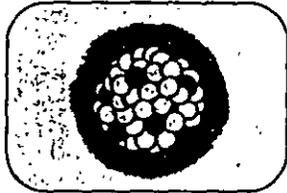
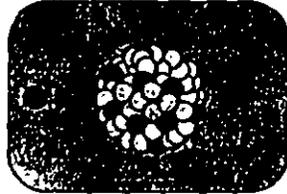
Electrones

## 2.- Los núcleos atómicos se pueden partir

Mediante métodos, generalmente complejos, podemos lograr que una partícula como el neutrón, choque contra el núcleo de un átomo. Al chocar contra él, el núcleo se excita debido a que su estructura se altera, pudiendo llegar esta excitación a partir el núcleo en dos núcleos más pequeños. Este proceso de división del núcleo se llama fisión.

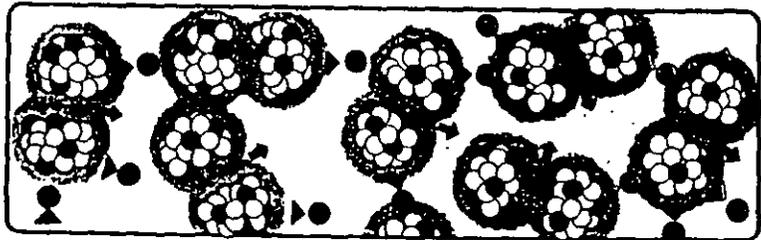
### Con ciertos núcleos se producen reacciones en cadena

Cuando ciertos núcleos, como los de los átomos del isótopo 235 del uranio, se fisionan, además de dividirse el núcleo en dos más pequeños aparecen otros neutrones libres. Si en las proximidades del núcleo hay más núcleos de uranio, estos neutrones libres producirán a su vez más fisiones, con lo que se volverán a generar nuevos neutrones que volverán a producir más fisiones. Así, en poco tiempo, el número de fisiones puede aumentar mucho, dando lugar a lo que se llama una reacción en cadena.



### De la fisión nuclear se obtiene energía

En cada una de las fisiones se produce una pequeña cantidad de energía en forma de calor; al producirse la reacción en cadena se suman las energías producidas en cada fisión y se puede obtener con este proceso una cantidad de energía considerable. Este es el origen de la energía nuclear.

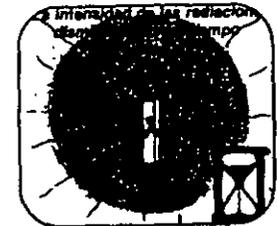


## 3.- Hay algunos núcleos que son radiactivos

Ciertos núcleos, pertenecientes sobre todo a isótopos no muy abundantes o creados artificialmente, son inestables y para alcanzar su estabilidad emiten radiaciones.

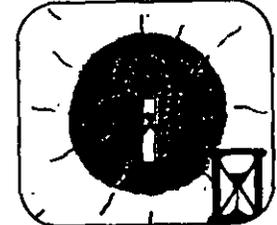
Estas radiaciones son de tres clases principales llamadas: alfa, beta y gama. La primera está formada por partículas pesadas y tiene carga eléctrica positiva; la segunda consiste en partículas ligeras cargadas negativamente y la tercera es electromagnética con una naturaleza similar a la de la luz.

Todos los seres pueden recibir una cierta dosis de radiación sin consecuencias. Sin embargo, si las dosis recibidas son muy altas, pueden producir enfermedades e incluso, con dosis elevadísimas, se puede llegar a producir la muerte.

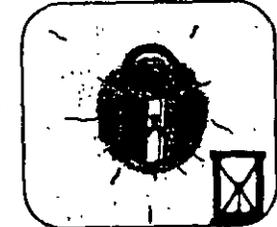


### Nos podemos proteger de las radiaciones

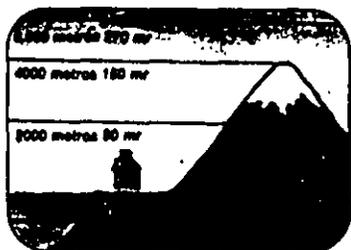
Los núcleos radiactivos pierden con el tiempo su actividad. Por otra parte, las radiaciones son absorbidas por la materia, incluso por el aire, y disminuyen según nos alejamos de las fuentes. Por sus propiedades, estas radiaciones se pueden eliminar con facilidad empleando blindajes adecuados que las absorben.



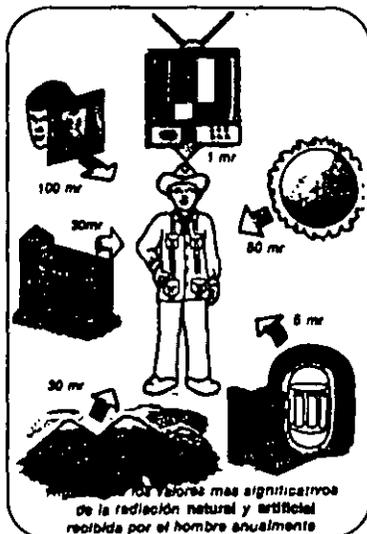
Las radiaciones gamma son las más penetrantes y para detenerlas se necesitan



#### 4.- El sol es la principal fuente de radiación natural



Las radiaciones que proceden del espacio exterior se llaman radiaciones cósmicas. La intensidad de las radiaciones cósmicas aumenta rápidamente con la altura sobre el nivel del mar. En la ciudad de México los habitantes reciben el triple de la radiación cósmica que reciben los habitantes del puerto de Veracruz.



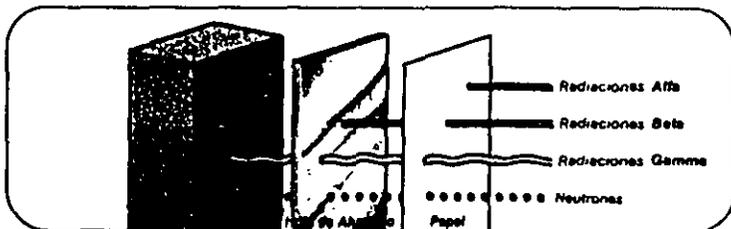
Los valores más significativos de la radiación natural y artificial recibida por el hombre anualmente

#### El hombre recibe muchas radiaciones

A lo largo del día el hombre recibe una considerable dosis de radiación, que proviene del Sol, de minerales que hay en la tierra, y hasta de las propias pantallas de televisión.

Las dosis de radiación se miden en una unidad llamada milirem (mr)

gruesas paredes de concreto o acero. Las radiaciones beta se detienen con una delgada lámina de metal (por ejemplo papel de aluminio). La radiación alfa se detiene con una simple hoja de papel; son tan poco penetrantes que no pueden atravesar la piel del hombre.



#### 5.- Los reactores utilizan combustible nuclear

Para el funcionamiento de la mayor parte de los reactores nucleares se utiliza un combustible llamado uranio enriquecido

Este se obtiene a partir de minerales de uranio existentes en muchos lugares del mundo

Al mineral se le somete a diferentes procesos para lograr que llegue a contener aproximadamente el 3% de núcleos de uranio 235, que son los que darán lugar a la reacción en cadena.

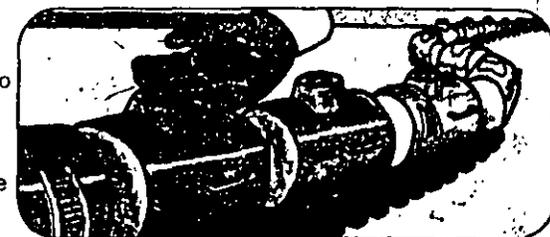
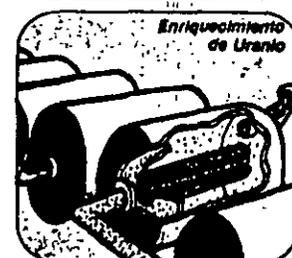
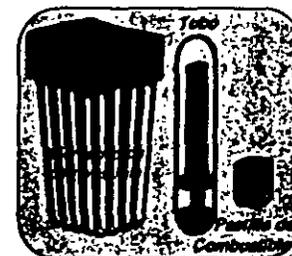
El combustible nuclear se prepara en forma de pastillas. Estas pastillas se colocan en unos tubos de un material inoxidable.

Los tubos se agrupan en haces que se llaman elementos combustibles. Estos elementos combustibles, se colocan en el núcleo del reactor.

Las centrales nucleoelectricas pueden ser más económicas que otras centrales térmicas.

Las centrales nucleoelectricas resultan muy rentables, ya que es muy poca la cantidad de combustible que necesitan, debido al elevado contenido energético del uranio enriquecido. Por ejemplo, una central nucleoelectrica necesita 27 toneladas de combustible, mientras que harían falta 3'950,000 toneladas de carbón, 10'540,000 barriles de combustible o 1,668 millones de metros cúbicos de gas para generar la misma cantidad de energía anualmente.

El poder energético de una pastilla de combustible cuyo peso sea de 10 gramos equivale al de 39 barriles de combustible.



## 6.- Las centrales nucleoelectricas producen electricidad igual que otras centrales termicas

Las centrales nucleoelectricas funcionan con el mismo principio que las centrales termicas convencionales: se utiliza calor para producir vapor. En las termicas convencionales el calor se obtiene de la combustion de carbon o de hidrocarburos: combustoleo y gas. En las nucleoelectricas el calor se obtiene de la fisión del uranio. En todos los casos, el "combustible" debe ser trasladado desde las minas, refinarias o centro de elaboracion hasta la central. Despues de utilizarse en las centrales nucleoelectricas, se envia el combustible a lugares donde se reprocessa para extraer los productos utiles; los productos radiactivos se separan para almacenarse en forma de productos quimicos insolubles. Tambien puede almacenarse indefinidamente mediante un encapsulado o en albercas. En las centrales convencionales a base de carbon, las cenizas deben enterrarse y en las de combustoleo o gas, los productos de combustion van a la atmosfera.

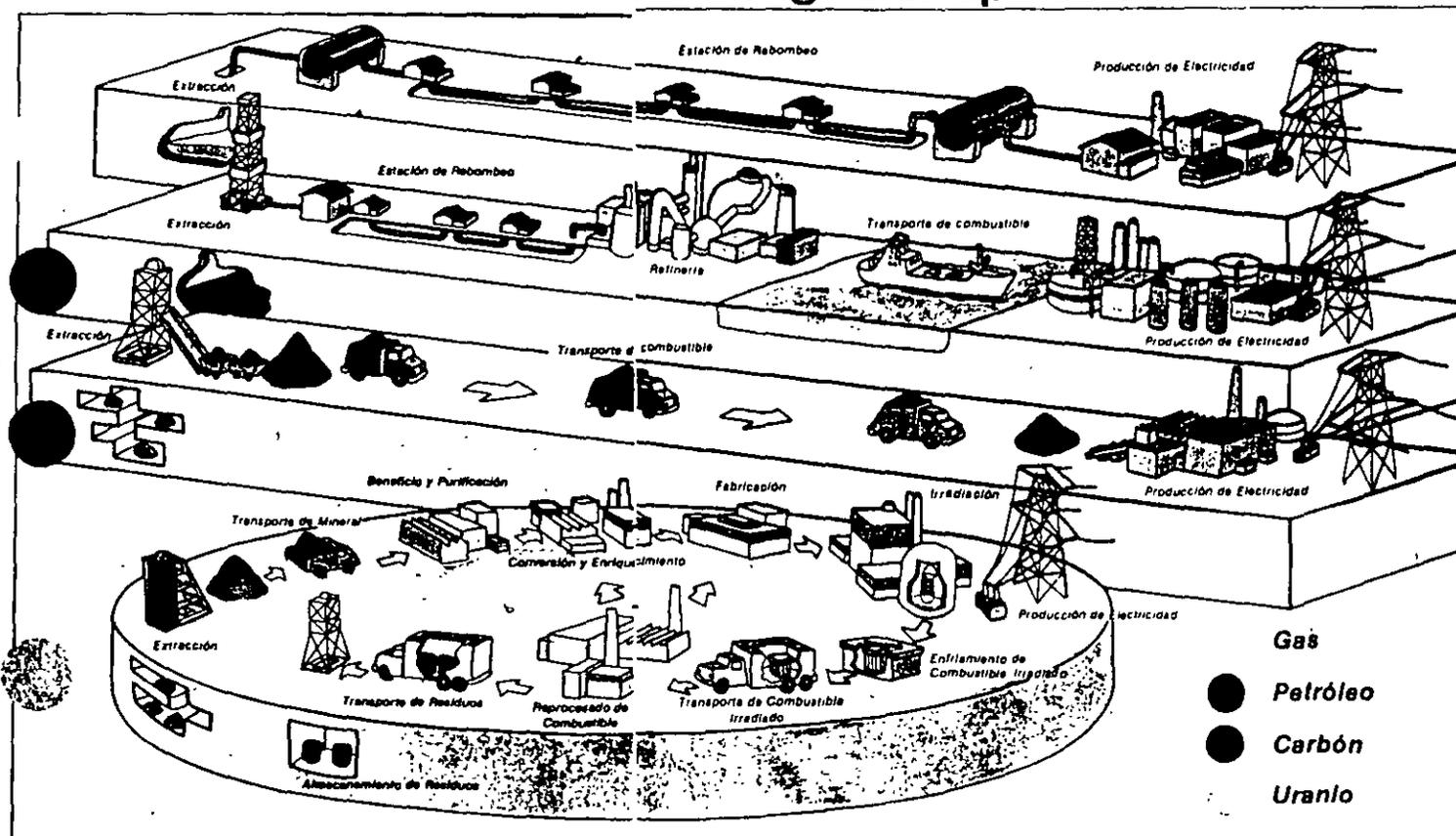
## En las centrales nucleoelectricas se aprovecha la energia producida en el reactor

La energia de las fisiones que ocurren en el interior del reactor, hace que se caliente el agua en la vasija. Esta agua, lo mismo que sucede en otras centrales termicas de carbon o combustoleo, se convierte en vapor para mover una turbina e impulsar al generador donde se produce electricidad.

## Los reactores nucleares

Para aprovechar y controlar la reaccion en cadena se emplea un sistema llamado reactor nuclear, que consiste de una vasija en cuyo interior se encuentra el material capaz de producir la reaccion en cadena, llamado combustible nuclear. Entre los elementos de combustible se pueden introducir barras de control, fabricadas de boro, material capaz de absorber a los neutrones libres. Al introducir más o menos estas barras entre los elementos de combustible, se puede controlar el número de fisiones que se producen.

## Ciclo de generacion electrica segun el tipo de combustible



## 7.- La radiactividad también ayuda al hombre

Si bien una dosis excesiva de radiación puede resultar peligrosa, se ha descubierto que, suministrándola en dosis adecuadas, la radiactividad puede curar enfermedades tan graves como algunos tipos de cáncer y detectar otros tipos de enfermedad, que antiguamente eran difíciles de diagnosticar.

Por eso en los modernos hospitales emplean con mucha frecuencia isótopos radiactivos

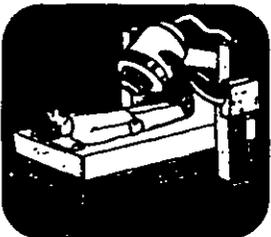
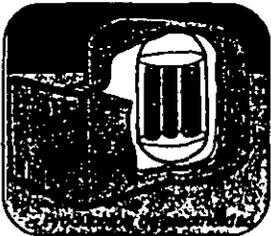
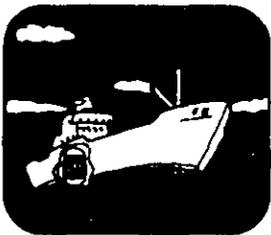
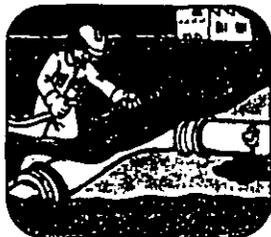
### La radiactividad puede tener muchos usos

Los isótopos radiactivos se utilizan muy a menudo en la industria, para inspeccionar soldaduras, o piezas de fundición, para detectar fugas de tuberías enterradas y muchas otras aplicaciones

Las aplicaciones médicas de los isótopos también prestan grandes servicios al hombre. Sirven normalmente para diagnosticar y localizar tumores. La principal aplicación médica es el tratamiento del cáncer. Las radiaciones se utilizan para destruir las células malignas.

Desde hace algunos años la radiactividad se viene utilizando para otros trabajos, además de los médicos. Así en la actualidad se emplea para modificar ciertas especies vegetales y conseguir de esta forma mejores cosechas. Se utiliza también en la conservación de alimentos, pues cuando se les irradia se destruyen los gérmenes que producen descomposición.

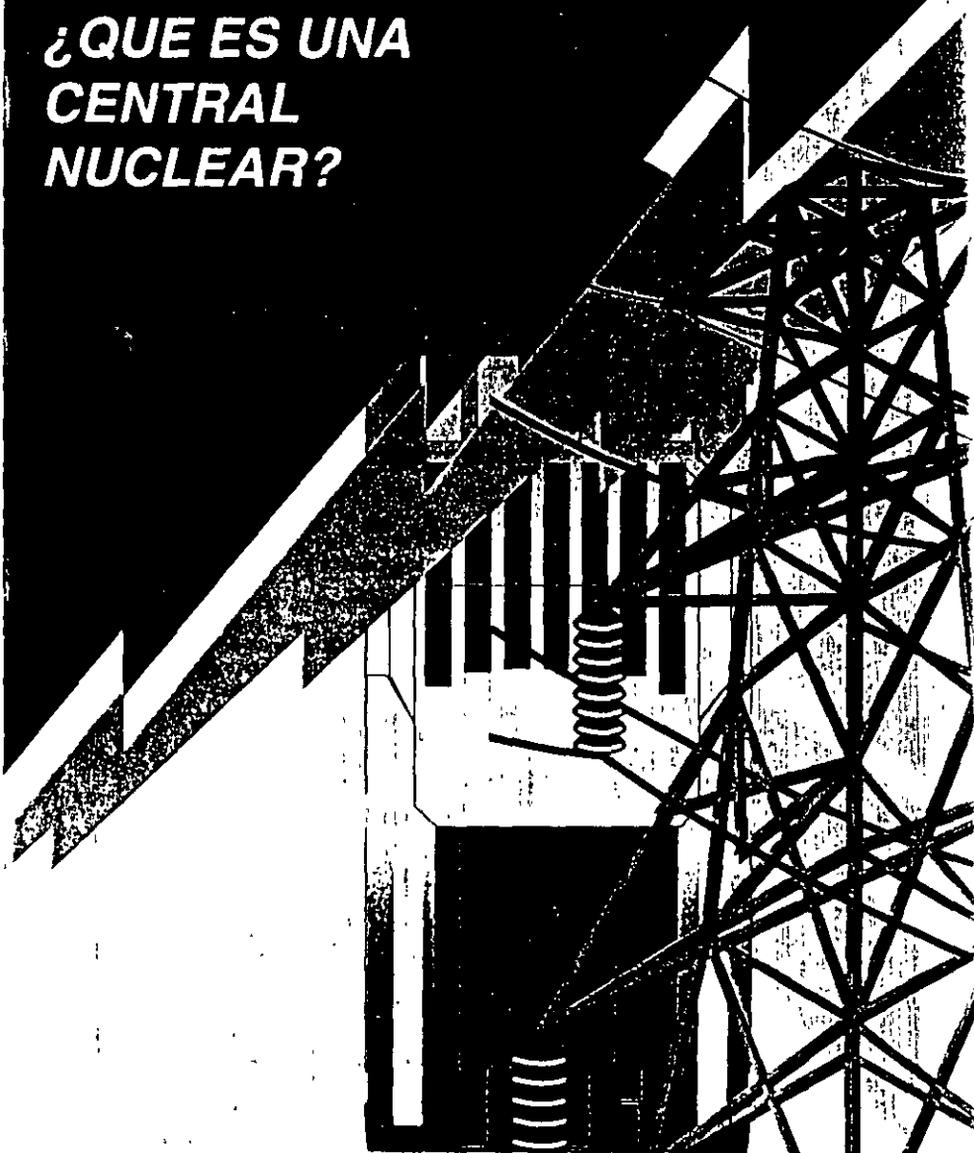
También los isótopos radiactivos se emplean frecuentemente en trabajos de investigación en diferentes ramas de la ciencia, como la historia, la arqueología, etc.





COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD  
CENTRAL NUCLEOELECTRICA DE LAGUNA VERDE  
ALTO LUCERO, VERACRUZ  
MEXICO

**¿QUE ES UNA  
CENTRAL  
NUCLEAR?**



# 1. ¿COMO FUNCIONA UNA CENTRAL NUCLEOELECTRICA?

Una nucleoelectrica es una central térmica de producción de electricidad. Su principio de funcionamiento es esencialmente el mismo que el de las plantas que funcionan con carbón, combustóleo o gas: la conversión de calor en energía eléctrica.

Esta conversión se realiza en tres etapas. En la primera, la energía del combustible se utiliza para producir vapor a elevada presión y temperatura. En la segunda etapa la energía del vapor se transforma en movimiento de una turbina. En la tercera, el giro del eje de la turbina se transmite a un generador, que produce energía eléctrica.

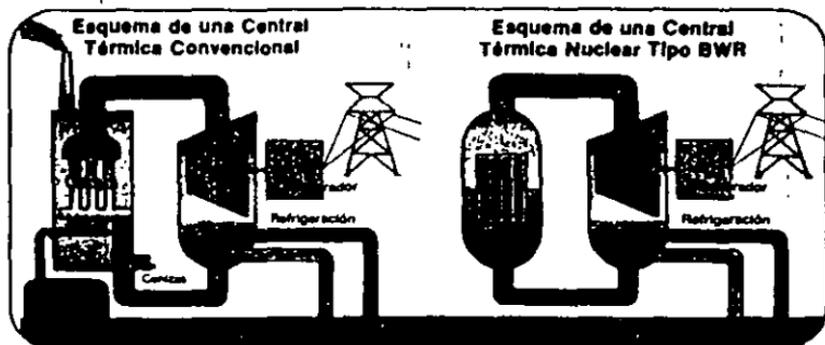
La transformación de energía térmica en otro tipo de energía tiene un rendimiento limitado por el Segundo Principio de la Termodinámica. Esto quiere decir que por cada unidad de energía producida por el combustible, sólo una tercera parte se convierte en trabajo mecánico y se ceden al medio ambiente las dos terceras partes restantes en forma de calor.

Las centrales nucleoelectricas se diferencian de las demás centrales térmicas sólomente en la primera etapa de conversión, es decir, en la forma de producir vapor.

En las centrales convencionales el vapor se produce en una caldera donde se quema de una forma continua carbón, combustóleo o gas natural. La caldera consta de los siguientes elementos:

- Un dispositivo de inyección de combustible (carbón pulverizado, combustóleo o gas)
- Un sistema de inyección de aire para que el combustible pueda quemarse.
- Un sistema de eliminación de los gases producidos en la combustión (chimenea)
- Un mecanismo de eliminación de cenizas cuando la central funciona con carbón
- Unos tubos por los que circula agua que al calentarse con el fuego de la caldera se convierte en vapor.

Las centrales nucleoelectricas tienen un reactor nuclear, que equivale a la caldera de las centrales convencionales. El reactor no tiene sistemas de inyección continua de combustible y aire, ni en él se necesita un dispositivo de eliminación continua de residuos sólidos. Tampoco se producen gases de combustión. Su estructura se explica a continuación.



## 2.- ¿Como es un reactor nuclear?

Un reactor nuclear consta de tres elementos esenciales: el combustible, el moderador y el fluido refrigerante.

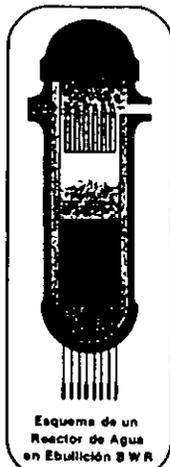
### El combustible nuclear

En las centrales nucleoelectricas el calor se obtiene a partir de la fisión del uranio, sin que se produzca combustión. Sin embargo, por analogía con las centrales térmicas convencionales, se le denomina combustible nuclear.

El uranio se utiliza en su forma natural que contiene 0.7% de uranio 235 o bien en forma de uranio enriquecido, al que artificialmente se eleva la concentración de uranio 235, hasta un 3 o 4%.

El uranio natural se coloca en los reactores en forma de uranio metálico o de óxido de uranio ( $UO_2$ ), usándose en barras compactas o tubos de pocos centímetros de diámetro y varios de longitud.

El uranio enriquecido se utiliza en forma de óxido de uranio ( $UO_2$ ), con el que se fabrican pequeñas pastillas cilíndricas, normalmente de poco más de un centímetro de diámetro y longitud



Para contener en el combustible los productos formados en la fisión, las pastillas se encapsulan en un tubo perfectamente hermético, que además lo protege de la corrosión y la erosión del fluido refrigerante. El tubo es de aleaciones especiales de Circonio.

### El moderador

Contrariamente a lo que puede sugerir su nombre, el moderador no mitiga la reacción de fisión sino que la hace posible.

Para que el choque de un neutrón con un núcleo de uranio 235 pueda producir una

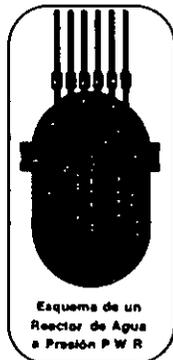
fisión, es preciso que la velocidad del neutrón sea del orden de 2 km. por segundo. Cuando el neutrón sale de un núcleo fisionado, lleva una velocidad de 20,000 km por segundo y es necesario frenarlo. Esta es la función del moderador frenar neutrones sin absorberlos. Para que pueda hacerlo con eficacia, el moderador debe reunir ciertas condiciones: que tenga un peso atómico ligero, que no absorba neutrones y que tenga una elevada densidad atómica.

Los moderadores más utilizados son el grafito, el agua ordinaria, el agua pesada y algunos líquidos orgánicos.

### El fluido refrigerante

El fluido refrigerante tiene en los reactores nucleares la misma función que el agua que circula por una caldera convencional evacuar el calor producido por el combustible, para producir vapor.

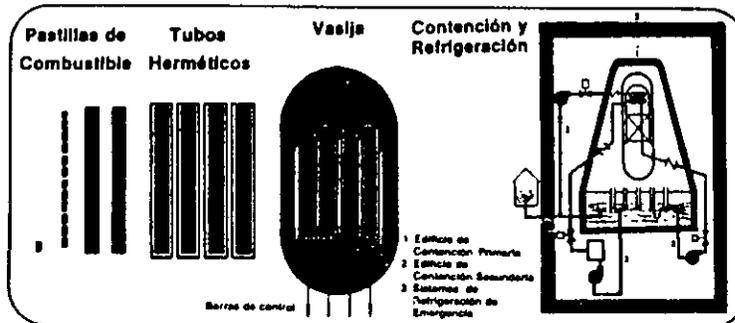
El fluido refrigerante circula entre las barras de combustible impulsado por una bomba. Debe reunir una serie de condiciones para que pueda cumplir su función en forma satisfactoria: no capturar neutrones, tener un elevado calor específico y no ser corrosivo para los tubos y demás elementos del reactor



Además del agua ordinaria en los reactores a base de uranio enriquecido, los fluidos refrigerantes más comunes son: el anhídrido carbónico y el agua pesada en los reactores de uranio natural, y el sodio en los reactores rápidos

El fluido refrigerante, tras circular alrededor de las barras de combustible, con lo que se calienta, es conducido a un intercambiador en el que cede el calor extraído del reactor a otro circuito de agua, donde se produce el vapor. En los reactores del tipo de agua en ebullición (BWR), el vapor se produce directamente en el reactor.

## 3.- Dispositivos de seguridad



Las centrales nucleoelectricas tienen una serie de dispositivos de seguridad destinados a mantener bajo control la reacción de fisión en cadena y evitar la salida de radiaciones al exterior en caso de accidente.

El primer dispositivo lo constituyen las barras de control. Se trata de unas varillas construidas con un material muy absorbedor de neutrones. Al introducirse entre las barras de combustible capturan neutrones y disminuyen con ello el número de fisiones en el combustible, frenando la reacción. Cuando es necesario detener la fisión rápidamente, las barras de control se insertan en el reactor a gran velocidad, con lo cual la reacción cesa de inmediato.

Para prevenir la posible falta de refrigeración del combustible, función que realiza normalmente el fluido refrigerante, se dispone en los reactores nucleares de sistemas de refrigeración de emergencia; entran en funcionamiento cuando se detectan indicios de falta de refrigeración del combustible.

Finalmente el material radiactivo en el combustible está aislado del ambiente exterior por una serie de barreras que son

- La propia pastilla de combustible
- Los tubos que encapsulan las pastillas de combustible
- La vasija del reactor: un recipiente que encierra el combustible y el moderador, construido en acero especial. Sus paredes tienen 14 cm de espesor
- El edificio de contención primaria es un edificio estanco que rodea la vasija del reactor y el circuito de refrigeración, construido en concreto fuertemente armado con acero. Sus paredes tienen 1.5 m. de espesor. Por dentro se recubre con chapa de acero de 0.95 cm. de espesor soldada herméticamente para conseguir la estanqueidad.
- El edificio de contención secundaria, que rodea la contención primaria y a todos los equipos relacionados con la operación segura del reactor. Cuenta con un sistema de aire acondicionado que mantiene una presión negativa en su interior e impide la salida del material a la atmósfera.

Los edificios de contención se diseñan para soportar sismos y huracanes de muy alta intensidad, sin que pierdan su estanqueidad.

## 4.- Producción de energía mecánica

El vapor producido en el reactor nuclear se canaliza hacia una turbina donde la energía contenida en el vapor se convierte en energía mecánica de rotación

Por las leyes de la termodinámica, el rendimiento de la transformación de energía térmica en eléctrica es del orden de 33%. Ello quiere decir que por cada 3 kWh de energía contenida en el vapor sólo se obtiene 1 kWh de energía eléctrica, debiéndose ceder al medio ambiente en forma de calor a baja temperatura los otros 2 kWh.

### Refrigeración

Para hacer posible el ciclo termodinámico se necesita una fuente caliente y una fría. Esta última es el condensador, que consiste en una serie de tubos en cuyo interior circula el agua de enfriamiento. El vapor proveniente de la zona de baja presión de la turbina pasa por fuera de los tubos y se condensa

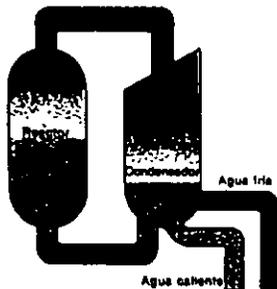
El agua de refrigeración así calentada puede devolverse directamente al medio de donde se extrajo. Se dice entonces que la central funciona en circuito abierto

Otras veces el agua caliente se hace pasar previamente por una torre de enfriamiento donde una parte se evapora enfriando al resto. Una vez enfriada, el agua se recircula al condensador. Se dice entonces que la central funciona en circuito cerrado

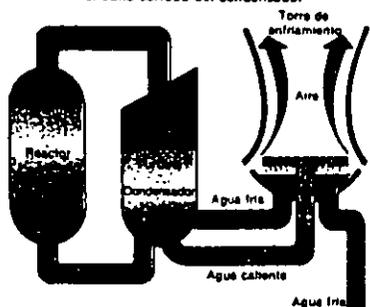
Una central nuclear de 1.000 MW de potencia, que funciona en circuito abierto necesita un caudal de agua de refrigeración de unos 45 m<sup>3</sup>/seg. Si funcionase en circuito cerrado, el caudal necesario sería de unos 3 m<sup>3</sup>/seg., que se emplean en reponer el agua evaporada (0.5 m<sup>3</sup>/seg.) y las purgas necesarias del circuito para evitar la concentración de sales en él (2.5 m<sup>3</sup>/seg.)

Hemos visto que por el rendimiento del proceso de transformación de energía térmica en mecánica es necesario eliminar una gran cantidad de calor. Esto no es una característica específica de las centrales nucleares, sino de todas las centrales térmicas, si bien es verdad que las segundas tienen rendimientos algo mayores en la transformación (de hasta un 40%)

Esquema de una Central con refrigeración en circuito abierto del condensador



Esquema de una Central con refrigeración en circuito cerrado del condensador

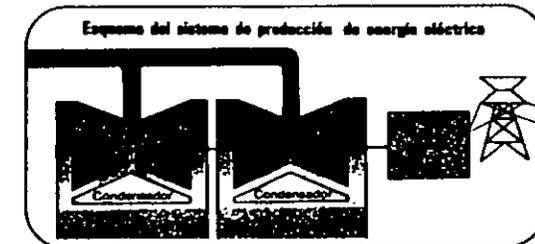


## 5.- Producción de energía eléctrica

La rotación de la turbina provocada por el vapor se transmite a un generador, el cual consiste de conductores eléctricos que giran en un campo magnético, produciendo electricidad. Esquemáticamente un generador podría ser un cable en forma de U que girase entre los polos de un imán; el giro produce electricidad.

La energía eléctrica producida pasa a la subestación donde se eleva su tensión para disminuir las pérdidas por calentamiento en las líneas de transmisión, ya que la potencia es el producto del voltaje por la corriente y las pérdidas de transmisión son proporcionales al cuadrado de la corriente.

Mediante las líneas de transmisión, la energía se integra al sistema que la hace llegar a los usuarios.



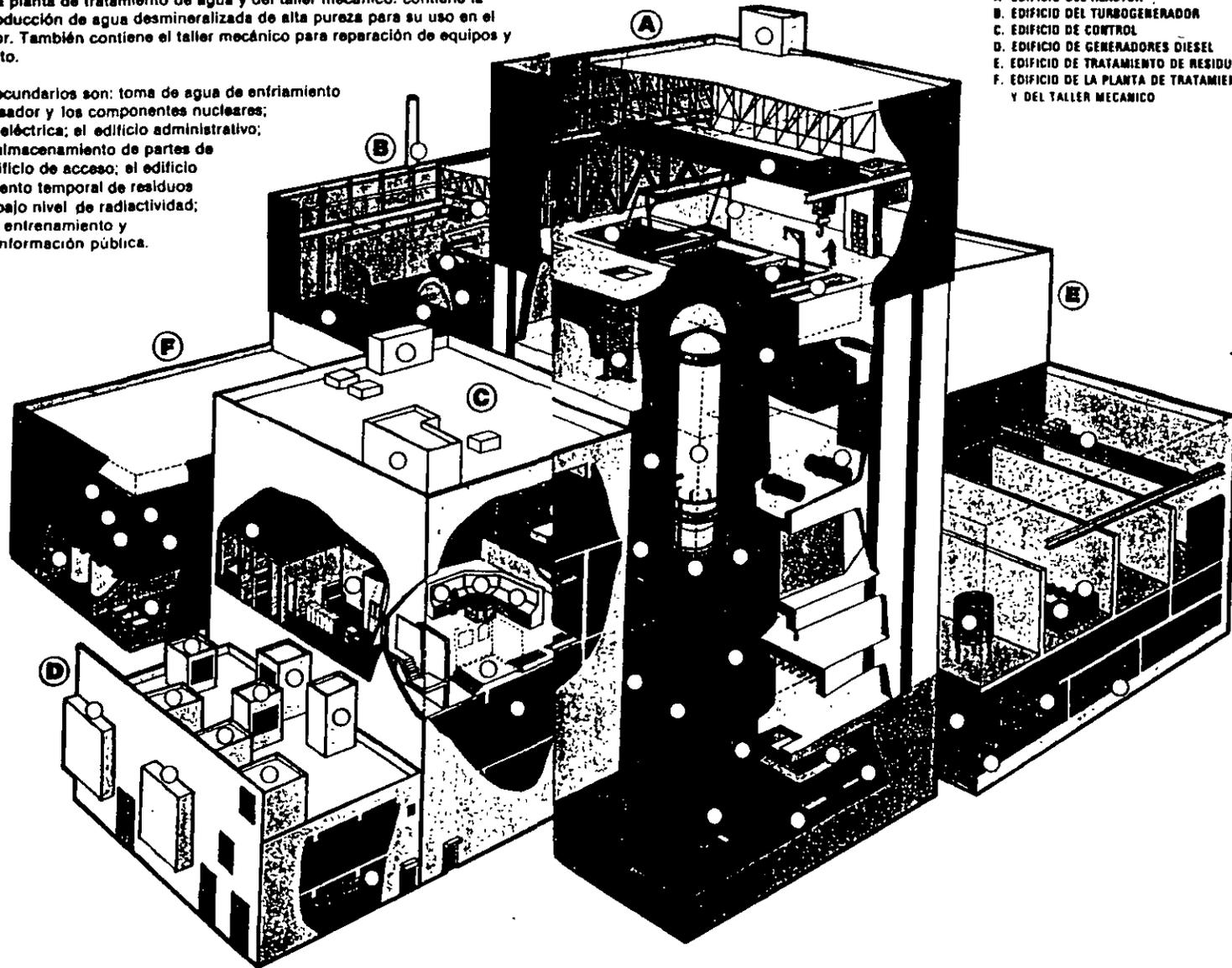
## 6.- Configuración de una central nucleoelectrónica

Una central nucleoelectrónica está constituida básicamente por seis edificios principales y otros secundarios. Los seis edificios principales son:

- Edificio del reactor: alberga en su interior al reactor nuclear, sus sistemas auxiliares y los dispositivos de seguridad, la plataforma de recambio de combustible y la alberca de almacenamiento de combustible irradiado.
- Edificio del turbogenerador: aloja a las turbinas de alta y baja presión, el generador eléctrico y su excitador, el condensador, los precalentadores de agua de alimentación y los recalentadores de vapor.
- Edificio de control: en su interior están el cuano de control y la computadora de procesos, cuano de cables, los sistemas de aire acondicionado, el banco de baterías, los laboratorios radioquímicos y el acceso de personal al edificio del reactor.
- Edificio de generadores diesel: aloja los tres generadores diesel que se utilizan para el suministro de energía eléctrica a los sistemas de refrigeración de emergencia.
- Edificio de tratamiento de residuos radiactivos: aloja los sistemas de tratamiento de residuos sólidos, líquidos y gaseosos de mediano y bajo nivel de radiactividad.

● Edificio de la planta de tratamiento de agua y del taller mecánico: contiene la planta de producción de agua desmineralizada de alta pureza para su uso en el ciclo de vapor. También contiene el taller mecánico para reparación de equipos y mantenimiento.

Los edificios secundarios son: toma de agua de enfriamiento para el condensador y los componentes nucleares; la subestación eléctrica; el edificio administrativo; el edificio de almacenamiento de partes de repuesto; el edificio de acceso; el edificio de almacenamiento temporal de residuos de mediano y bajo nivel de radiactividad; y el edificio de entrenamiento y del centro de información pública.



- A. EDIFICIO DEL REACTOR
- B. EDIFICIO DEL TURBOGENERADOR
- C. EDIFICIO DE CONTROL
- D. EDIFICIO DE GENERADORES DIESEL
- E. EDIFICIO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS RADIACTIVOS
- F. EDIFICIO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA Y DEL TALLER MECANICO

Central nucleoelectrónica de Laguna Verde, Ver.

## 7.- Tipos de centrales nucleoelectricas

Las centrales nucleoelectricas pueden ser de varios tipos, dependiendo de las caracteristicas del reactor. Es decir, de las caracteristicas del combustible, moderador y fluido refrigerante que utilizan.

Comercialmente, los tres tipos de centrales más comunes son:

- De uranio enriquecido como combustible y agua a presión como moderador y refrigerante. Se llaman centrales de agua a presión (PWR), y diciembre de 1996 habian 249 unidades en operación con un total de 218,886 MW.

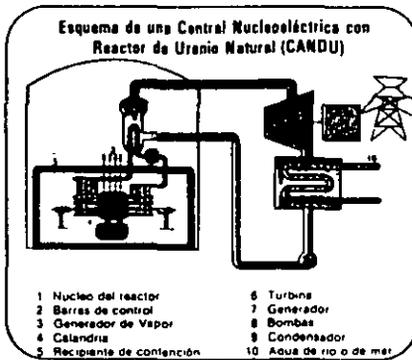
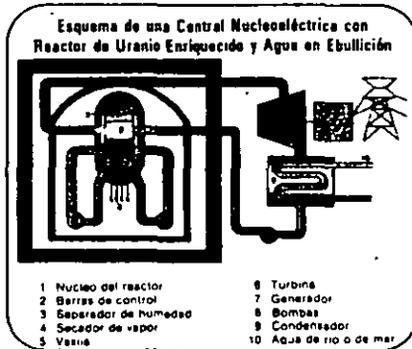
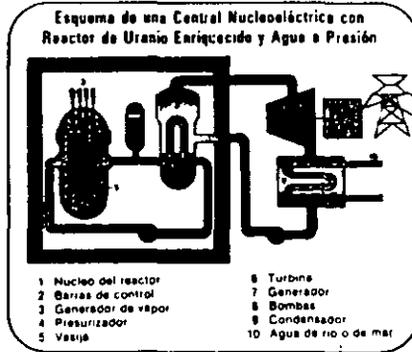
- De uranio enriquecido como combustible y agua ordinaria en ebullición como moderador y refrigerante. Se llaman centrales de agua en ebullición (BWR), y a diciembre de 1996 habian 94 unidades en operación, con un total de 77,585 MW.

- De uranio natural como combustible y agua pesada como moderador y fluido refrigerante (CANDU), a diciembre de 1996 habian 35 unidades en operación con un total de 18,671 MW.

La central nucleoelectrica Laguna Verde es del tipo BWR.

Existen en el mundo otros tipos de centrales, menos comunes que las anteriores. Entre ellas destacan las centrales equipadas con reactores rápidos.

En estos reactores no existe moderador porque se necesitan neutrones de alta energia para las reacciones que en ellos tienen lugar. Utilizan una mezcla de uranio y plutonio como combustible, rodeados de uranio natural donde, además de producir calor, el isótopo 238 del uranio se convierte en plutonio 239, que es fisiónable. El fluido refrigerante es sodio fundido.





**COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD**  
**CENTRAL NUCLEOELECTRICA DE LAGUNA VERDE**  
**ALTO LUCERO, VERACRUZ**  
**MEXICO**

**¿QUE ES EL CICLO  
DEL COMBUSTIBLE  
NUCLEAR?**



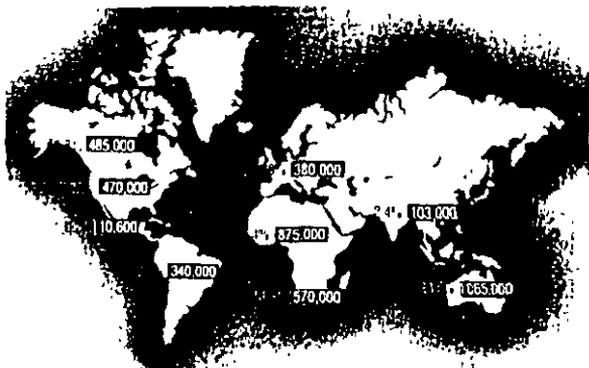
# 1.- Abundancia de combustibles nucleares

En los ciclos de combustible de los reactores nucleares de fisión, los isótopos que se usan como materiales fisiles o combustibles son principalmente el uranio 235, el plutonio 239 y, en menor grado, el uranio 233

El uranio 235 es el único isótopo fisil que existe en la naturaleza y se encuentra en una proporción de 0.7% en el uranio natural, el resto es uranio 238, que es un material fértil para la cría del plutonio 239. El material fisil es el que se fisiona con neutrones térmicos en el reactor, con lo cual se produce energía, y el fértil es el que, al irradiarse con neutrones, produce algún material fisil, en lo que se conoce como una reacción de cría. El 100% del torio que existe en la naturaleza es torio 232, que es un material fértil para la cría del uranio 233

El uranio es un elemento relativamente abundante en la naturaleza, y existe en 2 a 4 partes por millón en la corteza terrestre. Su abundancia es similar a la del arsénico o la plata y es 800 veces más abundante que el oro. El agua de mar contiene del orden de 3 partes por billón, y con ello es una reserva potencial de 4 mil millones de toneladas.

En la minería del uranio se le explotó al principio con leyes de 0.2%, aunque ahora se explota en una gran variedad de depósitos, desde 0.02% hasta 40% o más.



Como puede verse en el planisferio, las reservas de uranio mundiales razonablemente seguras y las adicionales estimadas, con un costo de extracción y de elaboración hasta de 110 dólares por kilogramo de  $U_3O_8$ , se calculan, excluyendo la URSS, China y los demás países socialistas, en 4.3 millones de toneladas de  $U_3O_8$ .

De éstas, unas 10,600 toneladas se encuentran en México, cantidad suficiente para las recargas de la central Laguna Verde durante toda su vida, con un excedente de 30%. Además, se estiman reservas de alrededor de 150,000 toneladas de  $U_3O_8$  asociadas a la roca fosfórica de Baja California, cuya recuperación está condicionada a la capacidad futura de producción de ácido fosfórico en el país.

## DISTRIBUCION DE LAS RESERVAS DE URANIO EN EL MUNDO OCCIDENTAL

PAIS	RESERVAS (toneladas de $U_3O_8$ )
Canadá	485,000
Estados Unidos de América	470,000
México	10,600
América del Sur	340,000
Europa	380,000
Sudáfrica	570,000
Resto de África	875,000
Australia	1,065,000
Asia	103,000
<b>TOTAL</b>	<b>4,298,600</b>

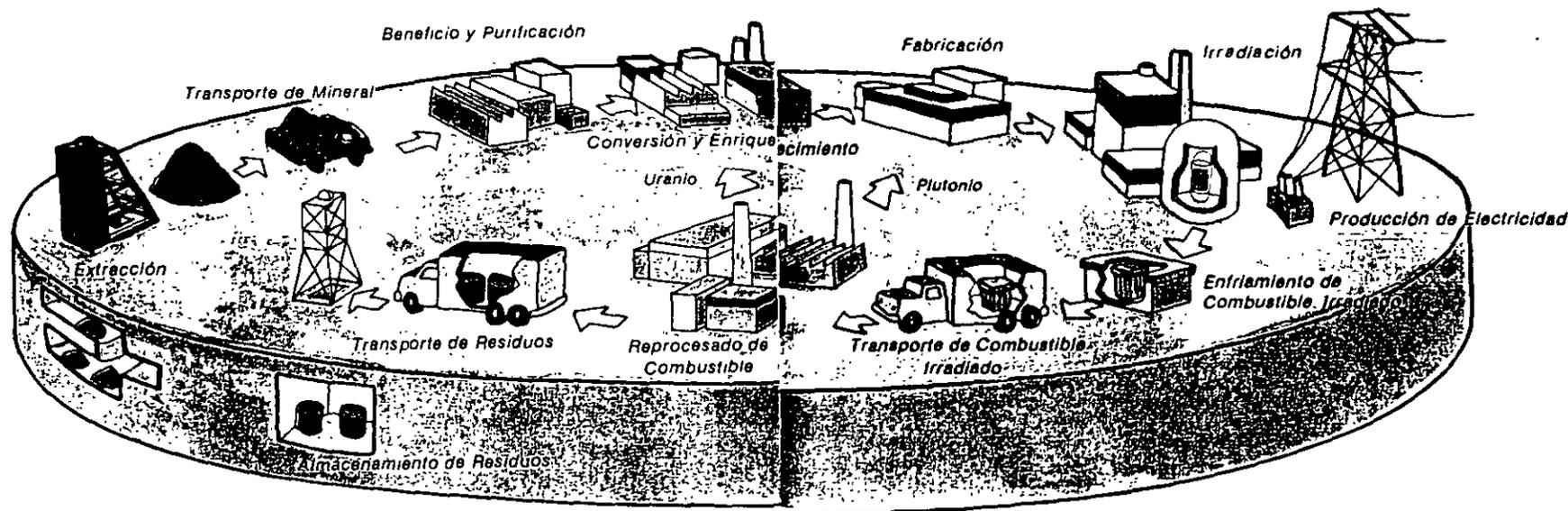
## 2.- Ciclo del combustible nuclear

El ciclo del combustible nuclear es el conjunto de operaciones necesarias para procesar y fabricar el combustible nuclear, utilizarlo en el reactor, así como recuperar materiales fíisiles del combustible irradiado. El ciclo incluye la fabricación del combustible nuevo para ser reciclado en los reactores, y el depósito temporal o definitivo de los residuos radiactivos.

El ciclo del combustible se inicia en la exploración y explotación del mineral; esta última puede realizarse en minas a cielo abierto o subterráneas. Una vez extraído, el mineral se beneficia y refina, hasta convertirlo en un concentrado.

Este polvo se prensa en forma de pastillas cilíndricas que se insertan en tubos herméticos de zircaloy, que es una aleación a base de circonio, y se agrupan en ensambles o elementos combustibles.

Una vez terminados de fabricar los ensambles de combustible, se empaican y se envían para su carga e irradiación en el reactor, donde producen energía. Después de su irradiación, cuando su reactividad se ha agotado, el combustible tiene que descargarse y almacenarse en la alberca de combustible irradiado para que su radiactividad decaiga y pueda ser transportado, ya sea a la planta de reprocesamiento o alguna otra instalación para su almacenamiento temporal o definitivo. Este transporte de combustible irradiado debe hacerse en contenedores blindados especiales, que garanticen el confinamiento del material bajo las condiciones más severas posibles.



Para los reactores que utilizan uranio enriquecido, el concentrado debe transformarse en hexafluoruro de uranio, que es el producto gaseoso que sirve de material de alimentación a las plantas de enriquecimiento. Las plantas de conversión utilizan procesos de fluorinación con este objeto.

En las plantas de enriquecimiento se hace una separación isotópica del uranio 235 y el uranio 238, que contiene el uranio natural. Esta separación tiene como objetivo incrementar de 0.7% a 2 ó 3% la concentración del uranio 235 en el hexafluoruro de uranio alimentado a la planta.

El proceso de fabricación de los elementos combustibles se inicia con la conversión química del hexafluoruro de uranio enriquecido en dióxido de uranio en polvo.

El combustible se almacena en la planta de reprocesamiento hasta que se procese. El reprocesamiento implica la preparación mecánica del combustible y su dilución en ácido nítrico, seguida de procesos de extracción por solventes, que separan el uranio y el plutonio de los productos de fisión.

El uranio y el plutonio pueden reciclarse dentro de los mismos reactores térmicos, pero también el plutonio puede almacenarse para ser utilizado como combustible en los reactores rápidos o de cría.

Los productos de fisión constituyen un residuo radiactivo de alto nivel, que puede ser vitrificado y confinado en una estructura geológica profunda estable, fuera de todo contacto con la biósfera.

### 3.- Beneficio y purificación del mineral

La primera fase de las operaciones del ciclo de combustible hasta la inserción de los elementos combustibles en el núcleo del reactor, se denomina fase de preirradiación e incluye la minería y el beneficio del mineral, su conversión a hexafluoruro de uranio, su enriquecimiento y la fabricación de los elementos combustibles.

Al contrario de lo que sucede con los hidrocarburos cuyos múltiples usos son bien conocidos, el uranio y el torio, que son los energéticos primarios que consumen los reactores, no tienen otro uso masivo fuera de la generación de energía. En la actualidad, la capacidad anual de producción de uranio en el mundo, excluyendo a los países socialistas, es de 57,000 toneladas de  $U_3O_8$ , con la cual se pueden abastecer las necesidades de poco más de 300 reactores moderados y enfriados con agua, cuya potencia eléctrica neta sea de 1,000 MW cada uno.

El mineral de uranio se convierte en concentrado de uranio en la planta de beneficio. En esta planta, que generalmente se instala en las cercanías de las minas, se lixivia el mineral y los licores de lixiviación se purifican por intercambio iónico o extracción por solventes, para recuperar finalmente el concentrado, que puede ser un diuranato de sodio o amonio y tiene una pureza del orden de 85% en  $U_3O_8$ . La forma en que el uranio se adquiere en el mercado mundial es este concentrado.

En el contexto energético mundial el uranio está destinado a desempeñar un papel relevante en la satisfacción de la demanda energética del siglo XXI pues, con las reservas existentes, se pueden producir 123 billones de kilowathoras en plantas de la misma generación que la central Laguna Verde; cantidad de energía que se produciría con 211,500 millones de barriles de combustible, es decir, un porcentaje importante de las reservas mundiales probadas de hidrocarburos



Mina de uranio a cielo abierto



Extracción de uranio de una mina subterránea.



Explotación en una mina de uranio a cielo abierto

### 4.- Conversión y enriquecimiento

En la actualidad el uranio se enriquece comercialmente por los procesos de difusión o centrifugación gaseosa, por lo que es indispensable utilizar el hexafluoruro de uranio,  $UF_6$ , que es el único compuesto estable del uranio que es volátil a temperatura ambiente

El uranio natural se envía en forma de diuranato de amonio o de sodio a las plantas industriales de conversión, donde inicialmente se convierte en  $UO_2$  para luego ser hidrofiorinado y transformado en  $UF_4$ , que finalmente se hace reaccionar con flúor gaseoso para producir  $UF_6$ .

Este compuesto reacciona fácilmente con agua y materiales orgánicos, por lo que se envía a las plantas de enriquecimiento en cilindros de acero diseñados para evitar el contacto con aire húmedo.

Actualmente, la capacidad mundial de conversión a  $UF_6$ , excluyendo a los países socialistas, es de 52,000 toneladas de uranio anuales

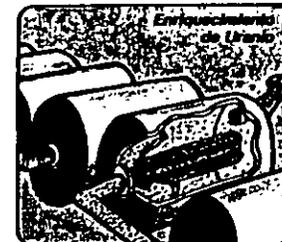
La separación isotópica del  $UF_6$  por difusión gaseosa consiste en bombear este compuesto del uranio a través de una membrana porosa que favorece la difusión selectiva del uranio 235 sobre la del uranio 238

El otro proceso, de separación isotópica del  $UF_6$  por centrifugación gaseosa, consiste en bombear este compuesto del uranio a un cilindro que gira a muy altas velocidades periféricas, del orden de 400 metros por segundo, donde se empobrece en uranio 235 la fracción que se desplaza a la periferia del cilindro por la aceleración centrífuga que sufre el gas, enriqueciéndose por lo tanto la fracción que permanece cerca del eje.

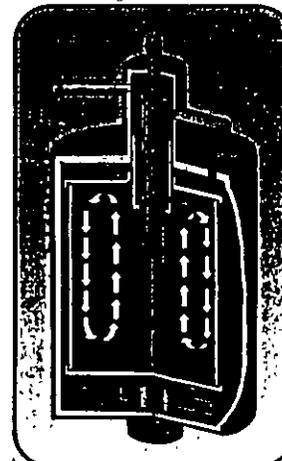
Actualmente, la capacidad instalada en el mundo occidental para enriquecer uranio es de 34,000 toneladas anuales de trabajo separativo. Adicionalmente, la Unión Soviética tiene una capacidad disponible para exportación que se estima en 3,000 toneladas; los Estados Unidos tienen instalada una capacidad adicional de 7,700 toneladas anuales, que permanece ociosa

Como la oferta es muy superior a la demanda, hay una fuerte competencia en el mercado internacional, por lo que los precios de la unidad de trabajo separativo se reducen cada vez más

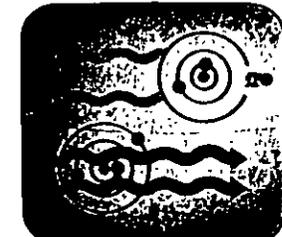
En diversos países del mundo se está investigando un nuevo proceso para la separación isotópica del uranio por medio de lasers. La técnica consiste en irradiar vapores de uranio metálico o hexafluoruro de uranio con radiación laser de una frecuencia determinada, que excita tan selectivamente los átomos de uranio 235, que pueden ser separados electromagnéticamente del uranio 238 en un solo paso. Este hecho implica que se puede construir una instalación de enriquecimiento de uranio por laser con menos inversión de capital y con muy reducidos consumos de energía por unidad de trabajo separativo.



Enriquecimiento por difusión gaseosa



Enriquecimiento por centrifugación gaseosa



Enriquecimiento por laser

## 5.- Fabricación de elementos combustibles

El proceso de fabricación de los elementos combustibles se inicia con la conversión química del hexafluoruro de uranio enriquecido en dióxido de uranio en polvo. Este polvo se prensa para darle forma de pastillas a las cuales se les dan diversos tratamientos térmicos y metalúrgicos.

Las pastillas cilíndricas tienen aproximadamente un centímetro de largo por un centímetro de diámetro. El núcleo de un reactor como el de Laguna Verde contiene más de diez millones de pastillas de dióxido de uranio enriquecido.

El proceso de fabricación continúa con la carga de estas pastillas en tubos de zircaloy previamente cortados y sellados por la parte inferior. Estos tubos son soldados y se someten a un gran número de pruebas de control de calidad.

Antes de que se les cargue con las pastillas, los tubos se someten a un proceso de degasado a alta temperatura que elimina el aire y la humedad. Una vez cargados los tubos con las pastillas y sellados, se inspeccionan por un método de mapeo para la radiación gama, con lo que se asegura que han sido cargados correctamente. Finalmente, después de verificar la calidad de cada elemento combustible, se les arma manualmente para formar el ensamble.

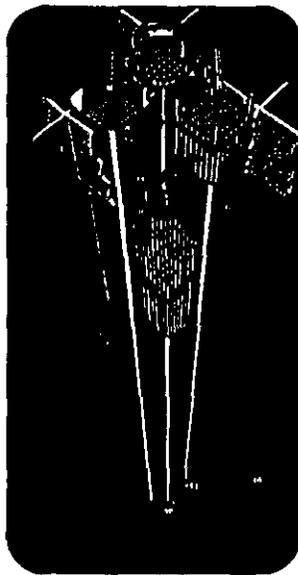
Los elementos combustibles se arman sobre un soporte inferior que tiene una abertura para dirigir el flujo del enfriador a través de ellos. En la parte superior del ensamble de combustible se tiene un asa que sirve para transportarlo con la grúa de carga del reactor y tiene un número de identificación que indica su posición relativa en el núcleo. Los ensambles de combustible terminados se empaquetan y se envían al sitio, donde serán cargados en el núcleo del reactor.

En la actualidad, fuera de la EX-URSS, China y demás países socialistas, hay una capacidad de fabricación de 9,000 toneladas de uranio anuales, para combustible de reactores que usan agua como moderador y refrigerante.

Cabe señalar que todas las operaciones de fabricación de combustible no implican problemas serios de protección radiológica para los operadores de la planta, porque el uranio antes de irradiarse en el reactor tiene muy bajo nivel de radiactividad.



Pastillas y barras de combustible.



El ensamble de combustible terminado.

## 6.- Irradiación del combustible

El núcleo del reactor, que está formado por los ensambles de combustible y las barras de control cruciformes, se encuentra contenido en la vasija.

En el núcleo inicial de cada reactor de la central Laguna Verde hay 444 ensambles de combustible, que contienen 81 toneladas de uranio, cuya forma química es dióxido de uranio enriquecido al 1.87% de uranio 235 en promedio. También hay 109 barras cruciformes de control, hechas de carburo de boro encapsulado en tubos y placas de acero inoxidable.

En el corte transversal del núcleo se puede observar la distribución de las barras de control y los 3 tipos de ensambles de combustible de la carga inicial.

El núcleo inicial de cada reactor se diseñó para poder operar 413 días a plena potencia, al término de los cuales, la reactividad del núcleo llega a cero, con las 109 barras de control totalmente extraídas. Así, no es posible seguir operando el reactor si no se efectúa un recambio parcial de combustible que restituya la necesaria reactividad positiva en exceso.

Casi siempre, los ensambles que se reemplazan son los que han agotado más su contenido de uranio 235. El número y enriquecimiento de los nuevos ensambles de combustible que se introducen al reactor dependen de la energía que se quiera generar durante los siguientes ciclos de irradiación, así como de la frecuencia con que se quieran realizar los recambios. Al 70% de factor de capacidad, en un ciclo anual de recambio, es necesario reemplazar 96 ensambles con otros tantos cuyo enriquecimiento sea de 2.71% en uranio 235.

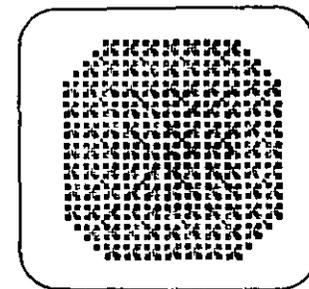
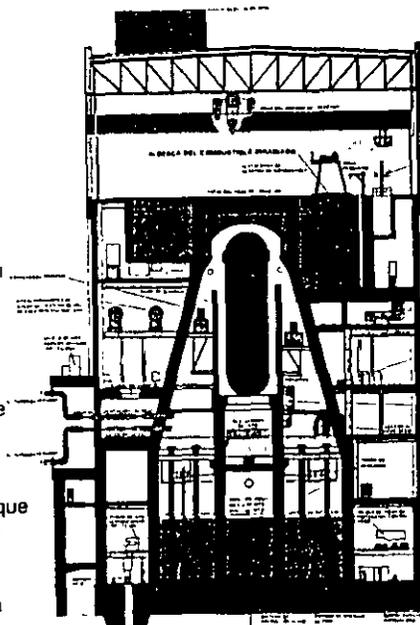


DIAGRAMA DE LA CARGA INICIAL DE COMBUSTIBLE

- 109 barras de control
- 96 ensambles de combustible enriquecido al 2.71% U235
- 96 ensambles de combustible enriquecido al 1.87% U235
- 280 ensambles de agua enriquecido al 1.7-1.9% U235



Corte del edificio del reactor donde se muestra la alberca de almacenamiento de combustible irradiado

## 7.- Final del ciclo del combustible

Cuando los 96 ensambles de combustible de cada recarga anual de equilibrio se extraen del reactor, después de que en promedio se irradiaron durante 4 6 años, han alcanzado un quemado de 28 200 megawatts - día por tonelada

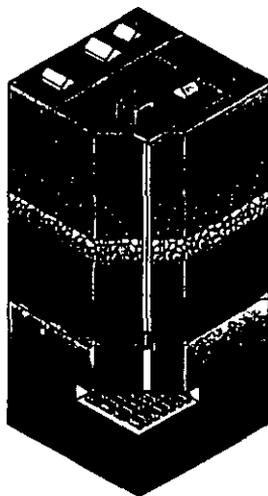
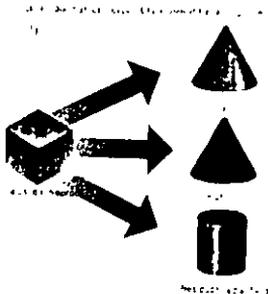
Al momento que se para el reactor para la descarga del combustible irradiado, cada ensamble produce 270 kW de calor residual debido al decaimiento radiactivo de los productos de la fisión, después de un día se reduce a 21 kW, al cabo de un mes de 7 kW y un año después a sólo 0 94 kW

Para disipar el calor residual, el combustible se almacenara inicialmente en albercas que tienen capacidad para 1242 ensambles cada una, ubicadas en el piso de recarga de los edificios de los reactores, donde las condiciones de contención, extracción de calor y vigilancia radiológica son tales que no representan ningún riesgo para los operadores de la central, ni para el medio ambiente.

Al término de los primeros 10 años de almacenamiento la potencia de los ensambles baja a 0 14 kW y al cabo de 100 años se reduce a sólo 0 018 kW. Después del periodo inicial de almacenamiento se puede decidir por adoptar alguna de las opciones técnicas siguientes.

- Considerar al combustible irradiado como un residuo radiactivo de alto nivel y, después de acondicionarlo y encapsularlo en contenedores herméticos inoxidables, evacuarlo por tiempo indefinido en formaciones geológicas profundas estables, fuera de todo contacto con la biósfera
- Almacenar el combustible irradiado por periodos mas largos, de 30 a 50 años, ya sea en albercas o en almacenes de la central, o fuera de ella en un almacen regional a donde se enviaria el combustible irradiado de varias centrales nucleoelectricas. Posteriormente, podria decidirse si se le trata como un residuo radiactivo de alto nivel y se confina en forma definitiva, como en la opción anterior, o se reprocessa, como en la opción que se describe enseguida.
- Reprocessar de inmediato o en forma diferida el combustible irradiado, para separar los productos de la fisión y recuperar el uranio y el plutonio residuales. Estos se pueden usar como materia prima para la fabricación de nuevo combustible de recarga de la propia central Laguna Verde o, el plutonio, como combustible en los reactores de cría del programa nucleoelectrico futuro. Esta alternativa tiene la ventaja que los residuos radiactivos de alto nivel disminuyen su volumen hasta por un factor de 5

La técnica mas comun para el tratamiento de los residuos de alto nivel provenientes de la etapa de reprocessamiento, es confinarlos en vidrios de borosilicatos, cuya tasa de lixiviación es muy pequeña. Después se encapsulan en contenedores herméticos de acero inoxidable, que se depositan a gran profundidad en formaciones geológicas estables, fuera de todo contacto con la biósfera



TIPO DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE IRRADIADO



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD  
CENTRAL NUCLEOELECTRICA DE LAGUNA VERDE  
ALTOHUILARTE, VERACRUZ  
MEXICO

**¿QUE ES LA CENTRAL  
NUCLEOELECTRICA  
DE LAGUNA VERDE?**





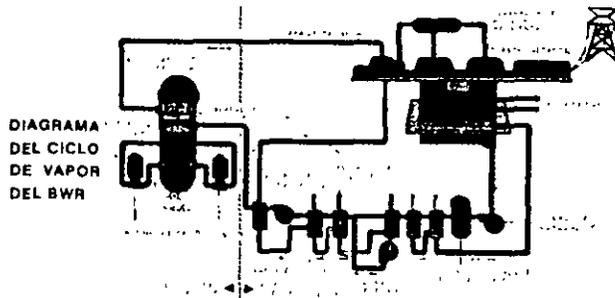
### 3.- CICLO TERMODINAMICO

En los reactores de Laguna Verde el fluido refrigerante es agua desmineralizada que pasa por el núcleo del reactor a alta presión y hierve al extraer el calor que se produce por la fisión nuclear en el combustible. El vapor humedo que tiene una calidad del 14%, se separa del agua, se seca dentro de la misma vasija del reactor hasta alcanzar una calidad de 99.7% y se envía directamente para mover la turbina, cuya rotación se transmite al generador.

Al salir de la turbina, el vapor de baja presión pasa a la caja del condensador, que opera al vacío donde se enfría con agua de mar y se convierte nuevamente en líquido. El caudal de 30 m<sup>3</sup>/seg de agua de mar que fluye en circuito abierto por los tubos del condensador a presión atmosférica no entra en contacto con el vapor ni con el líquido condensado.

Antes de precalentar y bombear a la vasija del reactor el líquido condensado, para cerrar así el ciclo termodinámico se circula por resinas de intercambio iónico donde se le quitan impurezas.

El agua que se separa del vapor dentro de la vasija regresa a la parte inferior de la misma para inducir, junto con el agua que vuelve del condensador, el flujo del refrigerante a través del núcleo del reactor.



### 4.- REACTOR NUCLEAR

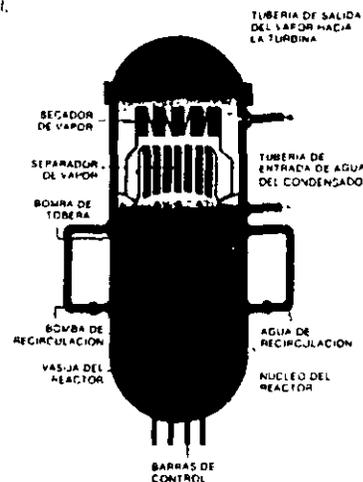
Los principales componentes del reactor nuclear son: El núcleo, el separador de vapor, el secador de vapor y las bombas de tobera, los cuales se encuentran contenidos dentro de la vasija del reactor, esta última es de acero de baja aleación con un espesor de 14 centímetros, y recubierta internamente con acero inoxidable.

Fuera de la vasija, pero formando parte del reactor nuclear, se encuentran los mecanismos impulsores de las barras de control, así como las tuberías y bombas de recirculación.

Las principales conexiones a la vasija son: Las tuberías que llevan el vapor a la turbina, las tuberías de recirculación, las penetraciones de los mecanismos impulsores de las barras de control, y las tuberías de alimentación de agua del condensador.

Hay otras conexiones que no se muestran en el diagrama como: las tuberías de entrada de agua para aspersión del núcleo, las tuberías de inyección de agua a baja presión y de remoción de calor residual, los canales para instrumentación nuclear, la tubería del líquido de control para el apagado de emergencia, y la tubería de venteo de vapor.

DIAGRAMA DE LA VASIJAS DEL REACTOR



### 5.- NUCLEO DEL REACTOR

El núcleo del reactor consiste en 444 ensamblajes de combustible, montados en una placa de soporte, que contienen 81 toneladas de uranio (UO<sub>2</sub>) enriquecido al 1.87% de U235 en promedio, así como de 109 barras cruciformes de control que contienen carburo de boro encapsulado en tubos y placas de acero inoxidable. En el núcleo se produce la reacción en cadena que genera la energía de fisión, que es extraída por el fluido refrigerante para producir el vapor.

En el corte transversal del núcleo se puede observar la distribución de las barras de control y los 3 tipos de ensamblaje de combustible de la carga inicial.

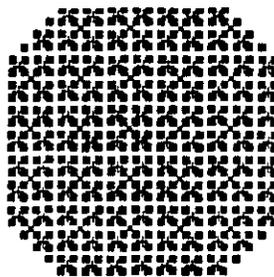


DIAGRAMA DE LA CARGA INICIAL DE COMBUSTIBLE

- + 109 barras de control
- 68 ensamblajes de uranio natural (0.711% U235)
- 96 ensamblajes de medio enriquecimiento (1.76% U235)
- 280 ensamblajes de alto enriquecimiento (2.19% U235)

Anualmente se introducirán 96 ensamblajes al 2.72% de U235 en promedio para reemplazar otros tantos cuyo enriquecimiento ha disminuido debido a las fisiones del U235 para producir energía. Estas son las recargas de combustible que permiten al reactor seguir operando.

## 6.- SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE LOS PRODUCTOS DE FISION

La operación del reactor implica la creación de productos de fision altamente radiactivos. Estos se deben conservar debidamente confinados tanto en operación normal como en caso de accidente, para evitar la irradiación del personal de operación y los impactos y daños al medio ambiente y a la población en general.

La forma de lograr este confinamiento consiste en utilizar en el diseño y la construcción de la planta el sistema de múltiples barreras de contención.

En cada unidad de Laguna Verde se tienen 5 barreras, a saber:

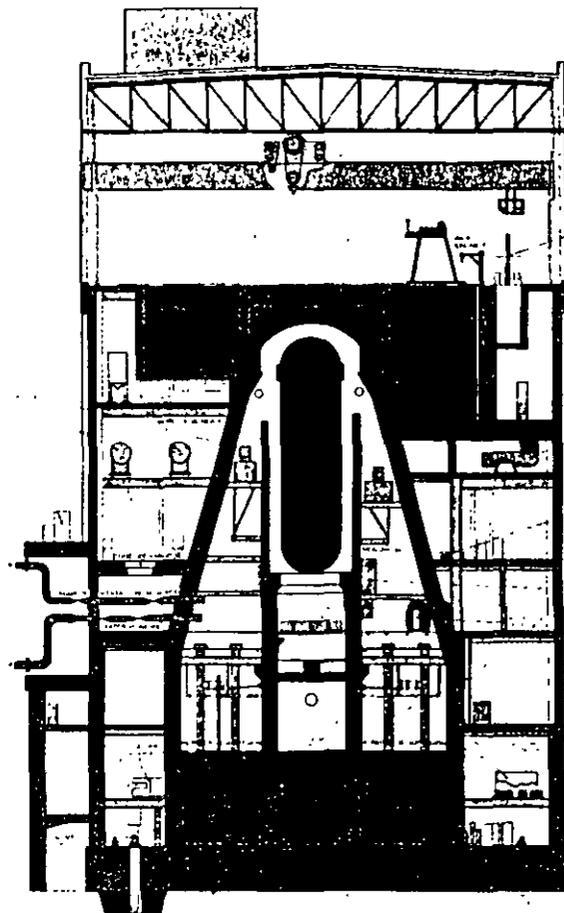
- Las pastillas de combustible
- Los tubos herméticos de zircaloy
- La vasija del reactor y el circuito cerrado de refrigerante de alta presión
- El contenedor primario, que es un edificio cilíndrico cónico con paredes de concreto de 1.5 metros de espesor fuertemente reforzadas con acero, recubierto interiormente con una placa de acero de 0.95 centímetros de espesor que está soldada herméticamente, en el fondo del contenedor primario hay una alberca de supresión de presión que contiene un volumen de 3.000 metros cúbicos de agua
- El contenedor secundario, que es el edificio mismo del reactor y que se mantiene a menor presión que la atmosférica para que no haya fugas al exterior.

Además existe un área de exclusión de personal no autorizado, que mide 680 metros de radio alrededor del edificio del reactor, en cuya frontera una persona sin protección no recibirá una dosis mayor de 25 rem a cuerpo total en 2 horas, en caso de que sucediera el accidente base del diseño de la planta.

CORTE DE LA VASIJAS DEL REACTOR



CORTE DEL EDIFICIO DEL REACTOR



- |  |   |   |
|--|---|---|
| 1 - Rotador y ventila de la tapa de la vasija                | 8 - Esprea de agua de alimentación del condensador              | 16 - Barra de control                                       |
| 2 - Orejas de levantamiento del secador de vapor             | 9 - Entrada de inyección de agua de enfriamiento a baja presión | 17 - Placa de soporte del núcleo                            |
| 3 - Ensamble del secador de vapor                            | 10 - Tubería de aspersión del núcleo                            | 18 - Entrada del agua de recirculación a la bomba de lobera |
| 4 - Salida de vapor a la turbina                             | 11 - Esprea de aspersión del núcleo                             | 19 - Salida del agua de recirculación                       |
| 5 - Entrada de agua para aspersión del núcleo a alta presión | 12 - Reja superior del núcleo                                   | 20 - Soporte de la vasija                                   |
| 6 - Ensamble del separador de vapor                          | 13 - Ensamble de las bombas de lobera                           | 21 - Muro de blindaje                                       |
| 7 - Entrada de agua de alimentación del condensador          | 14 - Coraza del núcleo  | 22 - Mecanismos impulsores de las barras de control         |
|  | 15 - Ensamble de combustible                                    | 23 - Tuberías hidráulicas de las barras de control          |
|  |   | 24 - Canales para instrumentación                           |

## 7.- ENSAMBLES DE COMBUSTIBLE Y BARRAS DE CONTROL

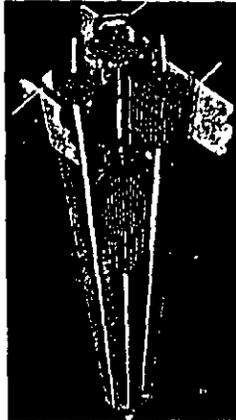
El combustible está constituido por pequeñas pastillas cilíndricas de  $UO_2$  sinterizado, de un centímetro de diámetro por uno de altura, que están herméticamente encapsuladas en tubos de zircaloy de 4 metros de longitud, para formar las barras de combustible.

Los ensambles de combustibles constan de un arreglo de  $8 \times 8$  barras de las cuales sólo 62 contienen uranio y las otras 2 son huecas por las cuales fluye refrigerante.

Los ensambles de combustible están rodeados de un canal de sección cuadrada, también de zircaloy, por donde fluye el refrigerante.

Para cada grupo de 4 ensambles hay una barra cruciforme de control que regula la reacción en cadena y se introduce mediante los mecanismos impulsores desde la parte interior del núcleo como se muestra en el diagrama.

CORTE DEL ENSAMBLE DE COMBUSTIBLE



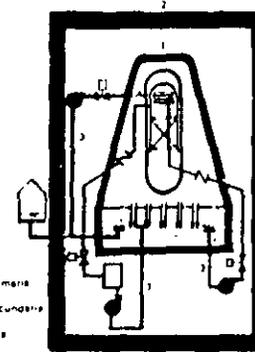
- 1 Reja superior del núcleo
- 2 Sujetador del canal
- 3 Placa superior de amarre del ensamble
- 4 Resorte de expansión
- 5 Tuercas de mariposa
- 6 Canal
- 7 Barra de control
- 8 Barra de combustible
- 9 Espaciador de barras de combustible
- 10 Placa de soporte del núcleo
- 11 Placa inferior del amarre del ensamble
- 12 Placa de soporte del ensamble
- 13 Pastillas de  $UO_2$
- 14 Tapon superior de la barra de combustible soldado herméticamente
- 15 - Espaciador entre canales
- 16 - Resorte interno para sujeción de las pastillas

## 8.- SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO DE EMERGENCIA DEL NUCLEO DEL REACTOR

En caso de una pérdida anormal de líquido en el circuito del fluido refrigerante, el enfriamiento de emergencia del núcleo se garantiza mediante la operación de 4 sistemas redundantes que son:

- Sistema de despresurización automática (ADS) que descarga el vapor de la vasija a la alberca de supresión.
- Sistema de enfriamiento de alta presión (HPCS) que inicia la aspersión del núcleo del reactor mientras se despresuriza rápidamente la vasija.
- Sistema de enfriamiento de baja presión (LPCS) que entra en operación cuando ya se despresurizó la vasija.
- Sistema de inyección de refrigerante a baja presión (LPCI). Este sistema es el mismo que el de remoción de calor residual (RHR) pero en caso de emergencia sirve para el suministro de refrigerante al núcleo del reactor cuando la vasija ya se despresurizó manteniéndolo inundado por el lapso necesario.

ESQUEMAS DE LOS SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO DE EMERGENCIA Y DE CONTENCIÓN



- 1 Edificio de Contención Primaria
- 2 Edificio de Contención Secundaria
- 3 Sistema de Refrigeración de Emergencia

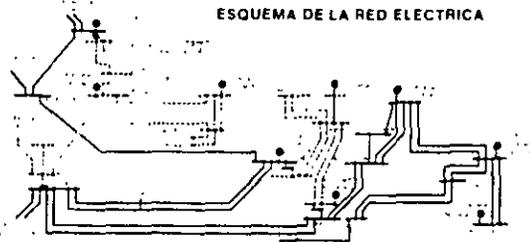
Las bombas que operan estos sistemas están respaldadas por 3 generadores diesel de emergencia que entran en operación a plena carga en 13 segundos en caso de falta de suministro de energía eléctrica externa e interna.

ESQUEMA DE LA RED ELECTRICA

## 9.- INTERCONEXION A LA RED ELECTRICA DEL SISTEMA ORIENTAL

La interconexión de la subestación de la central Laguna Verde a la red eléctrica nacional se hace mediante dos líneas de transmisión de 230 kV a la subestación Veracruz II, así como 3 líneas de transmisión de 400 kV, dos de ellas a la subestación Puebla II y la tercera a la subestación Poza Rica II.

- GENERADOR
- SISTEMA 230 KV
- SISTEMA 400 KV
- INTERCONEXION CON OTROS SISTEMAS
- CENTRAL NUCLEO ELECTRICA LAGUNA VERDE





**COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD**  
CENTRAL NUCLEOELECTRICA DE LAGUNA VERDE  
ALTO LUCERO, VERACRUZ  
MEXICO

# **SITUACION MUNDIAL DE LA NUCLEOELECTRICIDAD**



# 1. En 1954 entró en operación el primer reactor para producir electricidad, en la URSS

Los primeros diseños de reactores nucleares datan de 1942 cuando Enrico Fermi construyó el primero en la Universidad de Chicago, que tuvo su primera reacción en cadena en diciembre de ese año. Los diferentes tipos de reactores nucleoelectrónicos comerciales actuales, como los de agua a presión, los de agua en ebullición, los de grafito, los de sodio, etc., fueron concebidos desde esa época.

El primer reactor nucleoelectrónico, el APS-1, entró en operación en octubre de 1954 en Obninsk, cerca de Kaluga, en la Unión Soviética. Este es un reactor de 5 megawatts de potencia, con grafito como moderador y agua como refrigerante y uranio enriquecido al 5% como combustible. Es el prototipo de los reactores RBMK, como el de Chernobyl.

En los Estados Unidos, el primer reactor experimental tipo BWR es el de Shippingport que culmina en 1957 con el reactor comercial Dresden 1, un BWR/1 con 192 megawatts de potencia, que es el antecedente de los BWR/5 de Laguna Verde. Los reactores de agua en ebullición, usan agua como moderador y como refrigerante, y el combustible que contienen es uranio enriquecido al 2.5%.

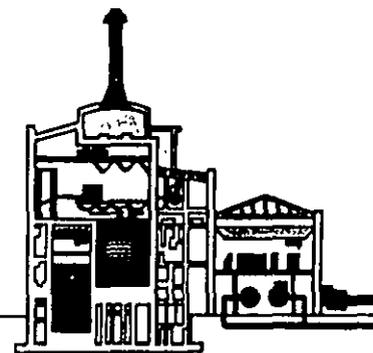
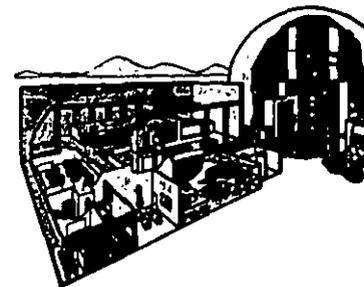
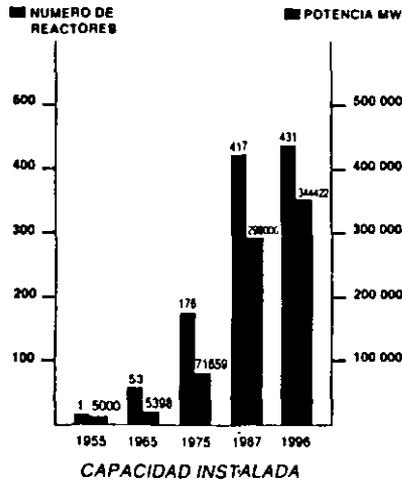


DIAGRAMA DEL PROTOTIPO DEL REACTOR RBMK QUE OPERA EN LA URSS DESDE 1954



CORTE DEL REACTOR DRESDEN I TIPO BWR QUE OPERÓ EN LOS ESTADOS UNIDOS DE 1960 A 1984

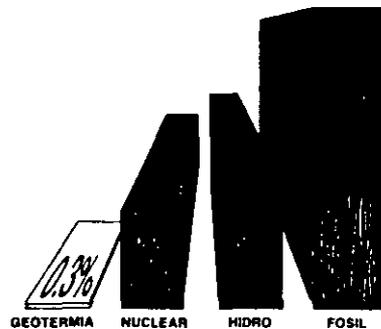
## 2. En diciembre de 1996 operaban 431 reactores nucleoelectrónicos en el mundo.



La contribución de la tecnología nuclear para satisfacer la demanda de energía a nivel mundial se ha incrementado fuertemente desde 1954 hasta la fecha. A pesar de que la energía nucleoelectrónica es relativamente nueva, ya tiene casi el mismo nivel de producción que la electricidad obtenida por plantas hidráulicas a nivel mundial. En 1996 la nucleoelectricidad representó poco más del 17% del total generado en todo el mundo, mientras que la hidroelectricidad contribuyó con el 18%. Casi todo el 65% restante se produjo con combustibles fósiles, ya que la geotermia sólo contribuyó con poco menos del 0.3%.

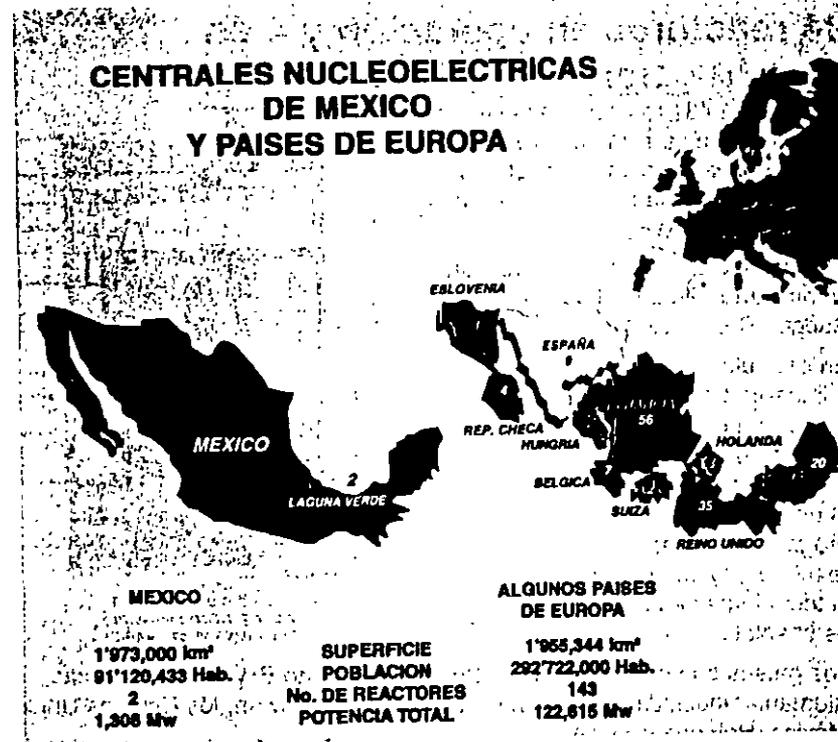
En 1995 nada más operaba el reactor soviético de Obninsk con una capacidad instalada de sólo 5 megawatts. En 1965 el número había aumentado a 53 reactores con un total de 5 mil 398 megawatts y en 1975 ya estaban en operación 176 unidades que aportaban una capacidad instalada de 71 mil 659 megawatts.

A diciembre de 1996 se encontraban en operación 431 reactores nucleoelectrónicos en 34 países del mundo.



CONTRIBUCION DE LOS DIFERENTES MEDIOS DE GENERACION ELECTRICA A NIVEL MUNDIAL

Como ejemplo del desarrollo de la energía nuclear podemos citar que de los 431 reactores nucleoelectrónicos en operación a diciembre de 1996 aproximadamente la tercera parte están localizados en Europa Occidental y en un lapso de 30 años se han convertido en la columna vertebral de los sistemas de suministro de energía eléctrica en ese continente. Algunos países de esta región cubren más del 30% de su demanda de electricidad por medios nucleares, llegando este valor en ocasiones a superar el 50%.



### 3. En diciembre de 1996 estaban en construcción 39 reactores nucleoelectrónicos en el mundo

NUMERO DE REACTORES EN EL MUNDO EN DICIEMBRE DE 1996



- 431 ■ Reactores en operación
- 39 ■ Reactores en construcción
- 94 ▨ Reactores tipo BWR en operación
- 4 □ Reactores tipo BWR en construcción

Además de los 431 reactores que se encontraban en operación en diciembre de 1996, había en construcción otros 39 en 14 países del mundo, que aumentarán en 32 mil 594 megawatts la capacidad instalada de origen nuclear en el mundo.

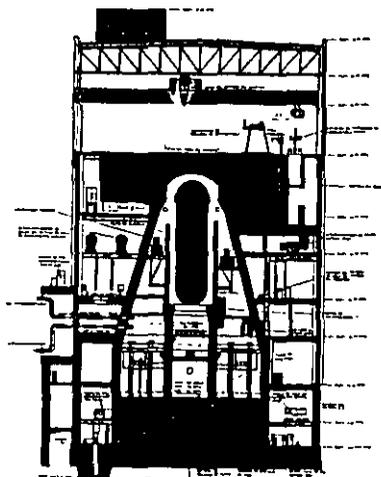
### 94 reactores en operación y 4 en construcción son del tipo BWR.

Del total de 431 reactores en el mundo 94 de los que ya están en operación y 4 de los que ya están en construcción corresponden a la tecnología de agua en ebullición (BWR).

Además de los Estados Unidos, son suministradores de la tecnología BWR; Suecia, República Alemana y Japón.

En este último país, la más grande compañía eléctrica privada del mundo ha escogido el mismo tipo de edificio de contención que los de Laguna Verde (MARK-II) como el estándar para el desarrollo de su programa nuclear con este tipo de reactores, lo que demuestra que la tecnología de nuestra central no es obsoleta.

Los países que construyen y operan reactores tipo BWR son: Finlandia, Alemania, India, Japón, España, Suecia, Suiza, Taiwán, los Estados Unidos, México, Holanda y Rusia.



EDIFICIO DEL REACTOR Y CONTENEDOR PRIMARIO DE LAGUNA VERDE, MARK II

### 4. Hasta 1996 los reactores nucleoelectrónicos han acumulado una experiencia conjunta de 5,300 años-reactor

La fuerte infraestructura nuclear para la generación de electricidad que se ha desarrollado en algunos países, se debe al hecho de que las centrales nucleoelectrónicas no sólo son rentables, sino que también son confiables, seguras y limpias

En los más de 40 años de funcionamiento de reactores nucleoelectrónicos en el mundo, las 431 unidades en operación y 66 mas que ya han dejado de prestar servicio, han acumulado una experiencia conjunta de 5,300 años-reactor, es decir, poco más de 12 años en promedio cada uno. En ese lapso han obtenido un excelente récord de seguridad

La distribución geográfica de la experiencia acumulada hasta 1996 se detalla como sigue:

PAIS	REACTORES			MWs TOTALES
	OPERACION	FUERA DE SERVICIO	CONSTRUCCION	
ALEMANIA	20	9		22017
ARGENTINA	2		1	1627
ARMENIA	1			376
BELGICA	7			5631
BRASIL	1		1	1671
BULGARIA	6			3538
CANADA	21	2		14907
CHINA	3			2167
ESLOVENIA	1			632
ESPAÑA	9	1		7124
ESTADOS UNIDOS	109	18	1	99949
FEDERACION RUSA	29	11	4	23218
FINLANDIA	4			2310
FRANCIA	56	10	4	64303
HOLANDA	2			504
HUNGRIA	4			1729
INDIA	10		4	2503
IRAN			2	2146
JAPON	51		3	43650
KAZAKHSTAN	1			70
LITUANIA	2			2370
MEXICO	2			1308
PAKISTAN	1		1	425
REINO UNIDO	35	8		12908
REPUBLICA CHECA	4		2	3472
REP. DE COREA	11		5	12990
REP. ESLOVACA	4	1	4	3184
RUMANIA			2	1300
SUDAFRICA	2			1842
SUECIA	12			10002
SUIZA	5			3050
UCRANIA	16	2	5	18379
<b>TOTAL</b>	<b>431</b>	<b>62</b>	<b>39</b>	<b>371508</b>

## 5. Francia es el país más nuclearizado del mundo

Francia posee el programa nucleoelectrico más completo del mundo y en 1996, generó el 76.1% de su electricidad por este medio.

Sin embargo, en el año 2000 habrá llegado al 80% de generación de medios nucleares y no considera conveniente ir más lejos, a fin de no depender excesivamente de una sola fuente energética.

En diciembre de 1996, Francia, que tiene un área de 547 mil km<sup>2</sup> y una población de 58 109 000 millones de habitantes, contaba con 56 unidades nucleares en operación y 4 más en construcción, que representan una capacidad conjunta de 64,303 megawatts.

El área y la población de Francia, son muy similares al área y población de la entidades federativas aledañas a Laguna Verde: Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Oaxaca, Estado de México, Distrito federal, Morelos, San Luis Potosí, Querétaro, Guerrero, Tamaulipas, Guanajuato y Michoacán, que suman 560 mil 800 km<sup>2</sup> y 53 438 826 habitantes respectivamente.

Francia tiene la electricidad más barata de Europa y la exporta en cantidades crecientes a los países vecinos. Su generación con carbón es 50% más cara y con petróleo es entre el 200% y 300% más cara que la nuclear. Su energía nucleoelectrica compite con la generada en termoeléctricas que queman combustóleo cuyo precio sea de 3 dólares por barril.

## 6. En 1957 se fundó el Organismo Internacional de Energía Atómica, dependiente de la ONU

Por una decisión de la Asamblea General de las Naciones Unidas, el 29 de julio de 1957 se creó el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), con sede en Viena, Austria. Aunque autónomo, el OIEA es, desde el punto de vista administrativo, uno de los miembros del régimen común de la ONU y presenta informes sobre su labor a la Asamblea General y a otros órganos de la ONU. Sus empleados son funcionarios públicos internacionales.

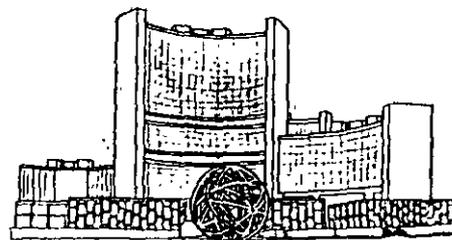
El OIEA tiene como principales objetivos acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero, y asegurarse de que la asistencia que preste, o la que se preste a petición suya, o bajo su dirección o control no sea utilizada con fines militares.

Por consiguiente, como una parte de sus tareas, el OIEA asesora a los gobiernos acerca de sus programas nucleares, prepara estudios de mercados para plantas y equipos nucleares y actúa como intermediario en el suministro de materiales nucleares, a la vez que asesora sobre la protección física de tales materiales y les aplica salvaguardias para garantizar que se utilicen sólo con fines pacíficos.

También organiza conferencias, programas de asistencia técnica y cursos de capacitación; publica libros y establece normas de seguridad para todo género de actividades nucleares.

Al OIEA lo rigen una Conferencia General, integrada por representantes de sus 112 Estados miembros, y una Junta de Gobernadores integrada por 35 miembros, que es su principal órgano rector.

La Secretaría del OIEA tiene a su frente un Director General y cuenta con unos 1800 funcionarios contratados en más de 74 Estados miembros, y distribuidos en 5 Departamentos, encabezados por Directores Generales Adjuntos de: Energía y Seguridad Nucleares; Salvaguardias; Investigación e Isótopos; Cooperación Técnica y Publicaciones; y Administración.



EDIFICIOS DE LA SEDE DEL OIEA EN VIENA, AUSTRIA





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

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO INTERNACIONAL EN RIESGO  
AMBIENTAL**

**MODULO II: CAUSAS DE RIESGOS INDUSTRIALES  
GRAVES**

**TEMA**

**ANEXO 2**

**EXPOSITOR: ING. MIGUEL ALONSO CASTILLO HOIL  
PALACIO DE MINERIA  
JUNIO DEL 2001**

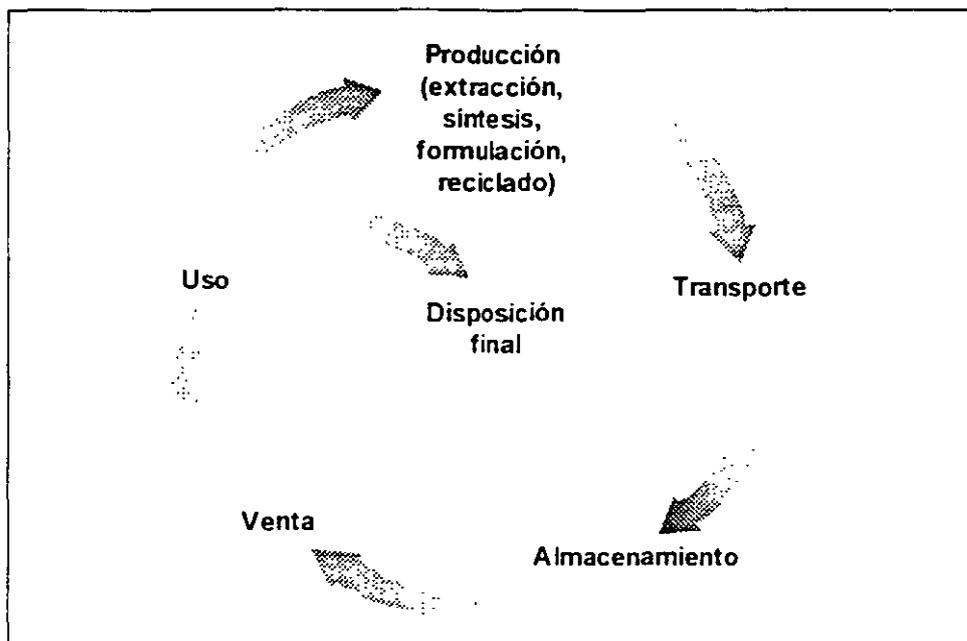
## ***Fundamentación***

Las sustancias químicas que se encuentran en el comercio en México contribuyen de manera significativa al desarrollo del país en la medida que son la base de una gran variedad de procesos productivos, permiten el combate a las plagas, satisfacen necesidades domésticas, hacen posible la fabricación de una gran variedad de bienes y son empleadas en multitud de aplicaciones, todo lo cual se traduce en negocios, empleos, ingresos y bienestar social.

Sin embargo, la producción/extracción, transformación, importación, almacenamiento, transporte, comercialización, aplicación y disposición final de algunas de estas sustancias, si están dotadas de propiedades peligrosas, pueden tener consecuencias adversas para la salud y el ambiente, si su manejo se realiza de manera irracional y en condiciones que conllevan exposiciones excesivas a ellas.

Por lo anterior, se debe promover su manejo seguro en todas las fases de su ciclo de vida, (figura 1) así como en todos los ámbitos incluyendo el hogar, los lugares de trabajo, los comercios y en todo sitio en el cual pueda tener lugar la exposición a tales sustancias, a la vez que se requiere limitar su liberación al ambiente a través de las emisiones al aire, descargas al agua o de la generación de residuos que las contengan

**Figura 1. Gestión de las sustancias químicas a lo largo de su ciclo de vida**



La responsabilidad del manejo seguro de las sustancias químicas peligrosas corresponde a todos los individuos que conforman la sociedad, en la medida en que todos se benefician directa o indirectamente de ellas (cuadro 1.1).

**Cuadro 1.1. ¿Quiénes son responsables del manejo seguro de las sustancias químicas?**

- Productores
- Importadores
- Comercializadores
- Empresas de servicios
- Trabajadores involucrados en su manejo
- Consumidores
- Autoridades gubernamentales con competencia en la materia

## 1. UNIVERSO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS A EVALUAR

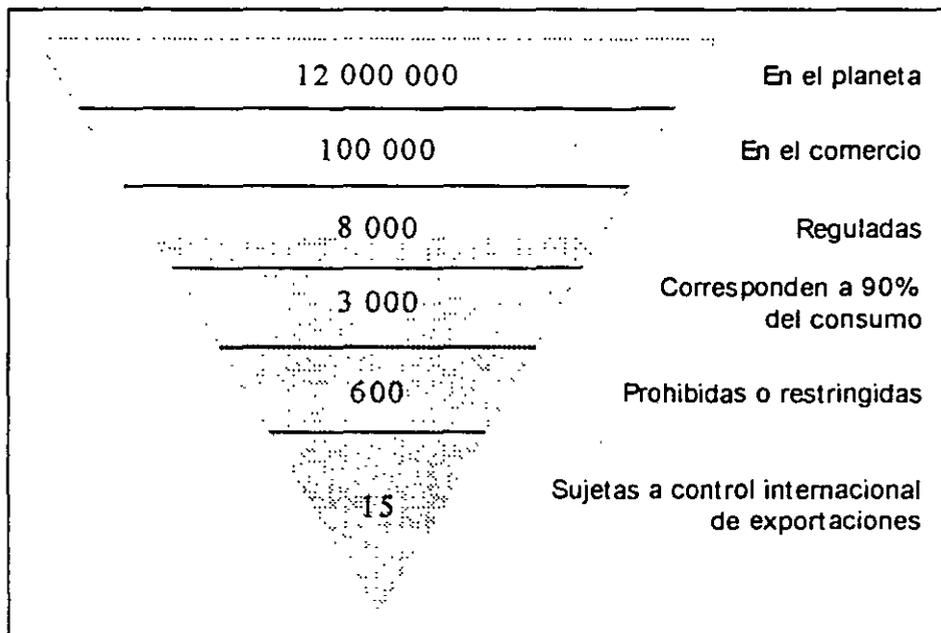
Para tener una idea de la magnitud del universo de las sustancias químicas y definir criterios para enfocar la atención en las más relevantes para la sociedad desde la

perspectiva de la prevención y control de riesgos, conviene señalar que se han identificado alrededor de 12 millones de sustancias en el planeta y que se encuentran en el comercio mundial más de cien mil, de las cuales menos de tres mil se producen en volúmenes superiores a mil toneladas, pero ellas representan alrededor del 90 por ciento del total que se comercia.

A pesar de que se han regulado alrededor de ocho mil en lo que se refiere a su etiquetado, con base en algunas propiedades que las hacen peligrosas, no se han realizado estudios sistemáticos de su peligrosidad para la salud humana y los ecosistemas sino para un número limitado de ellas. Por ejemplo, sólo alrededor del 8 por ciento de las sustancias de *alto volumen de producción* cuentan con el *mínimo conjunto de datos*, para evaluar su peligrosidad.

La Organización de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), ha elaborado una lista consolidada de cerca de 600 sustancias que han sido *prohibidas, severamente restringidas, no autorizadas por los gobiernos o retiradas del comercio*, de las cuales, únicamente unas 15 *prohibidas o restringidas* son objeto de control internacional de exportaciones e importaciones, a través del *Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo* -PIC por sus siglas en inglés-

## Cuadro 1 Universo de sustancias químicas



### Reforma a la Directriz de Consejo 67/548/EEC Comunidad Económica Europea

El 10 de septiembre de 1987 se presentó a la Comunidad Económica Europea esta reforma a la Directriz de Consejo 67/548/EEC.

#### Antecedentes

El uso de productos químicos ha traído grandes consecuencias adversas. Durante los últimos veinte años ha habido una tendencia a legislar para limitar los riesgos. La Comunidad Económica Europea comprende 12 Estados miembros, donde ha sido necesario armonizar la legislación para evitar el caos en el comercio que resultaría si cada país adoptara su propia legislación. La Comunidad Económica Europea adoptó una primera iniciativa (67/548/EEC) el 27 de junio 1967, para homogeneizar las leyes, reglamentos y disposiciones administrativas de los países miembros relativos a la clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.

Actualmente la Legislación se compone de 13 textos separados. Las reformas se dividen en 3 grupos.

El objetivo de la Directriz es homogeneizar las leyes y prácticas de los Estados miembros en materia de: Notificación de sustancias químicas y sobre la clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas al ambiente y al hombre. El anexo I de la Directriz enlista las sustancias para las que se ha adoptado un etiquetado uniforme en la Comunidad.

### *Notificación*

Se debe realizar la notificación por lo menos 45 días antes de poner en el mercado una sustancia química nueva, mediante la información de resultados de las pruebas solicitadas por las autoridades nacionales si ésta lo juzga pertinente, puede solicitar pruebas adicionales; para evaluar el riesgo que pueda presentar una sustancia.

### *Clasificación*

La Directriz considera 14 categorías de clasificación de las sustancias peligrosas, con base a sus propiedades físico-químicas y toxicológicas.

#### *Propiedades físico-químicas:*

- explosivas
- oxidantes
- extremadamente inflamables
- altamente inflamables
- inflamables

#### *Propiedades toxicológicas*

- muy tóxicas
- tóxicas
- dañinas
- corrosivas
- irritantes
- peligrosas para el ambiente
- carcinogénicas
- teratogénicas
- mutagénicas

### *Etiquetado*

Hay símbolos para cada una de estas categorías que pueden aparecer sobre las etiquetas que deben de mostrar:

- nombre de la sustancia
- símbolo e indicación del peligro

- frases indicando naturaleza del riesgo (frases-R) .
- frases indicando consejos de seguridad (frases-S)
- nombre y dirección del fabricante, distribuidor e importador

### **Envasado**

Se establecen los requisitos para el envasado de las sustancias peligrosas

### *Circulación libre de las sustancias dentro de la Comunidad.*

Los países miembros, no pueden prohibir, restringir o impedir el acceso al mercado de las sustancias peligrosas siempre y cuando cumplan con los requisitos de la Directriz relativos a la notificación, clasificación, etiquetado y envasado. Sin embargo *cuando un país miembro tiene evidencia de que alguna sustancia peligrosa constituye un riesgo para el hombre y el ambiente puede prohibir temporalmente la venta o sujetarla a condiciones especiales.*

### **Estatus legal de la Directriz**

Todas las Directrices se vinculan legalmente a decisiones que se dirigen a los países miembros y no a individuos o industrias. Dichos países integran las Directrices en su Legislación Nacional.

### **Texto de la legislación.**

Este texto está publicado en 2 volúmenes; el que aquí se cita muestra el texto de la Directriz 67/548/EEC como se reformó el uno de septiembre de 1987. El volumen 2 comprende la Directriz en varias lenguas.

### **Vigencia de la legislación.**

La Directriz 67/548/EEC entró en operación el uno de enero de 1972 en 6 países-miembros (Bélgica, Francia, Italia, Luxemburgo, Alemania y Países Bajos). Para el resto de países excepto Irlanda entró en vigencia el uno de enero de 1983, el uno de enero de 1981 para Grecia y el uno de enero de 1986 para España y Portugal.

Sin embargo la Directriz del Consejo (79/831/EEC) introdujo una reforma para la notificación de sustancias químicas nuevas que entró en vigencia el 18 de diciembre de 1981 en los 10 países-miembros. Se incluyen los anexos del Volumen II.

## **Naciones Unidas**

Las Naciones Unidas ha publicado una *Lista Consolidada de Sustancias Prohibidas, Retiradas del Comercio, Severamente Restringidas o No Aprobadas por los Gobiernos*, que incluye a la fecha cerca de 600 productos. Dicha lista comprende, entre otros, información resumida de las razones por las cuales cada país optó por alguna de esas medidas, y su análisis permite identificar que no hay consenso por ahora más que en un número limitado de decisiones.

Para ayudar a las autoridades gubernamentales a fundamentar su decisión sobre los productos químicos, diversas agencias nacionales e internacionales publican de manera regular perfiles toxicológicos o documentos sobre criterios de salud ambiental, relacionados con la peligrosidad de dichos productos.

En tanto que varios países industrializados, han establecido inventarios de emisiones tóxicas, y bases de datos al respecto, las cuales también sirven de apoyo para identificar problemas críticos y orientar sus acciones reglamentarias y de control sobre sustancias tóxicas.

Teniendo como base todos los aspectos antes señalados, se han establecido a nivel internacional diversos procedimientos para intercambiar información relativa a los productos químicos tóxicos, los cuales se aplican principalmente en el caso de las exportaciones, de manera que los países importadores tengan la opción de conocer y, en su caso aceptar o rechazar el ingreso en su territorio de productos peligrosos. Entre ellos se encuentra el "*Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo*" (CFP), para el intercambio de información sobre productos objeto de comercio internacional (Directrices de Londres del PNUMA) y para la distribución y utilización de plaguicidas (FAO).

### **IMPLICACIONES PARA LOS PAÍSES INDUSTRIALIZADOS**

El que los países más industrializados del mundo se encuentren ya integrados en organismos internacionales como la OCDE, les está permitiendo no tan solo instrumentar los procedimientos de intercambio de información sobre productos químicos a los que se hace referencia en este inciso, sino como ya se dijo, también trabajan conjuntamente para seguir generando información sobre sus peligros y alternativas para contender con ellos. Persiguiéndose en todo ello, la adopción de un enfoque, metodologías y reglamentaciones armonizados.

Por lo anterior, la División de Sustancias Químicas de la OCDE cuenta con un sistema de información que reúne datos sobre las reglamentaciones de todos sus países miembros, los

estudios de evaluación de riesgos que éstos realizan, e información disponible sobre los productos químicos existentes en el comercio incluidos en su lista prioritaria; información que comparte con el *Registro Internacional de Productos Químicos Potencialmente Tóxicos* (RIPQPT) del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Sin embargo, no ha establecido aún una lista consolidada de productos químicos sobre los cuales basar la aplicación del procedimiento de CFP, lo cual es una de las prioridades asentadas en la Agenda 21.

#### **PAPEL DE LOS ORGANISMOS INTERNACIONALES**

Es el RIPQPT del PNUMA, el organismo responsable de promover la instrumentación del procedimiento de CFP en todos los países, razón por la que ha establecido un programa a través del cual pondrá a disposición de ellos bases de datos sobre la toxicidad y las reglamentaciones sobre productos químicos a nivel internacional, y destinado a desarrollar talleres de capacitación para facilitar la implantación del procedimiento.

El PNUMA, junto con otras organizaciones involucradas en actividades relacionadas con esta materia, como la FAO, la OIT, y el GATT, son invitados a promover el establecimiento de convenios internacionales jurídicamente vinculantes, para involucrar a todos los países en el establecimiento del procedimiento de consentimiento fundamentado previo.

## **2. SUSTANCIAS PELIGROSAS QUE HACEN A LAS ACTIVIDADES RIESGOSAS**

La cantidad y las características físicas y químicas de las sustancias involucradas en una actividad industrial o de servicios (en proyecto o en operación), así como en un transporte, constituyen los factores de mayor importancia para definir su grado de riesgo. Es por ello, que se han constituido listados de sustancias peligrosas reguladas (principalmente tóxicas o explosivas e inflamables, definidas en el cuadro 1), para las cuales se han fijado *cantidades de reporte o de control*.

## Cuadro 2 DEFINICIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS, INFLAMABLES Y EXPLOSIVAS.

1. **Sustancias de toxicidad aguda:** Una sustancia es considerada como un tóxico agudo de acuerdo a que: su concentración capaz de producir la muerte de la mitad o el 50 por ciento (CL50) de los animales expuestos vía inhalación durante ocho horas sea de 0.5 mg/l de aire; o bien que su dosis dérmica que provoca la muerte del 50 por ciento (DL50) de los animales expuestos sea de 50 mg/kg de peso corporal; o que su dosis oral (DL50) sea equivalente a 25 mg/kg de peso corporal. En ausencia de estos valores, se utilizan las concentraciones o dosis más bajas que son letales para cualquier animal de prueba
2. **Sustancias inflamables:** Son aquellas capaces de formar una mezcla, con el aire, en concentraciones tales que las haga formar una flama espontáneamente o por la acción de una chispa. La concentración de dicha mezcla se considera equivalente al límite inferior de inflamabilidad. Dichas sustancias son consideradas como inflamables si poseen un punto de inflamación menor a 60 °C, una presión de vapor absoluta que no exceda de 2.81 Kg/cm<sup>2</sup> y temperatura de ebullición de 37.8 °C. Un líquido inflamable es definido por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) como aquel líquido con un punto de flasheo por debajo de los 37.8 °C. La misma NFPA establece las siguientes subclasificaciones para estos líquidos:
  - Clase 1A : son aquellos que tienen puntos de flasheo por debajo de los 22.8 °C y que tienen un punto de ebullición por debajo de 37.8 °C.
  - Clase 1B : son aquellos que tienen puntos de flasheo por debajo de los 22.8 °C y cuyo punto de ebullición es o se encuentra por arriba de 37.8 °C.
  - Clase II: son aquellos que tienen puntos de flasheo de 0 por arriba de los 37.8 °C y debajo de los 60 °C.
  - Clase III: líquidos subdivididos en 2 subclases:
  - Clase IIIA : todos aquellos que tienen puntos de flasheo de 0 por arriba de 60 °C y por debajo de 93.3 °C.
  - Clase IIIB : todos aquellos que tienen puntos de flasheo de 0 por arriba de 93.3 °C.
3. **Sustancias explosivas:** Son aquellas que producen una expansión repentina, por turbulencia, originada por la ignición de cierto volumen de vapor inflamable, acompañada por ruido, junto con fuerzas físicas violentas capaces de dañar seriamente las estructuras por la expansión rápida de los gases.

En México, para calcular las cantidades de reporte o de control, se tomó como referencia una distancia de 100 metros, en torno a las fuentes emisoras; dentro de la cual para el caso de sustancias tóxicas, se alcanzaran valores de concentraciones iguales al IDLH (ver explicación de este valor en los anexos); en el caso de sustancias inflamables, se produjeran niveles de radiación térmica iguales a  $5 \text{ kw/m}^2$  y para las sustancias explosivas, se presentaran ondas de sobrepresión de 0.5 psi.

El criterio de distanciamiento de 100 metros se adoptó considerando que al desprenderse un gas o evaporarse una sustancia líquida tóxica o inflamable, se formara una nube con forma elíptica, que por la acción del viento, llevara a dicha sustancia a concentrarse en el extremo de la elipse (concentración IDLH para sustancias tóxicas y/o la concentración equivalente al Límite Inferior de Explosividad, LIE, para sustancias inflamables). Para ello, se tomaron en cuenta las consideraciones señaladas en la Guía de Acciones de Emergencia para selección de materiales peligrosos, publicada en 1978 por el Departamento de Transporte (DOT) de Estados Unidos.

Es importante hacer notar que en cada país la inclusión de una sustancia en los listados a los que se hace referencia, debe además tomar en cuenta otros factores, empezando por verificar que exista o se utilice en el país; así como la frecuencia en que se haya visto involucrada en accidentes y la gravedad de las repercusiones de los mismos.

En el caso de los Estados Unidos de América, el listado de sustancias reguladas por la Sección 112 (r) de la Ley del Aire Limpio comprende 77 sustancias tóxicas, 63 inflamables y las explosivas listadas por el Departamento del Transporte; por su parte el listado de la Directiva del Consejo de la Unión Europea promulgada en 1982 reúne 180 sustancias tóxicas, inflamables y explosivas. En Canadá, se han establecido tres listados de sustancias peligrosas; la lista 1, es una lista corta que incluye a las sustancias de alta prioridad comúnmente encontradas en el país en fuentes fijas y en el transporte en cantidades por arriba de los umbrales considerados en las cantidades de reporte, por lo cual existe una alta probabilidad de que causen muertes al ocurrir un accidente. La lista 2, es una lista más larga, e incluye a las mismas sustancias de la lista 1 manejadas en cantidades inferiores, así como otras que en caso de liberación súbita pudieran causar fatalidades, y la lista 3 comprende otras sustancias peligrosas frecuentemente encontradas en Canadá pero en cantidades mucho menores y que tienen poca probabilidad de verse involucradas en accidentes graves.

Cabe destacar que también existen variaciones en la forma en que se fija la cantidad de reporte o de control de una sustancia peligrosa de un país a otro, que dependen de la forma en que se concibe la distancia que separa a las unidades que la contienen en la misma o en distintas áreas de una misma instalación, como se indica a continuación.

En el caso de la legislación de Estados Unidos, se considera que en una fuente fija se encuentra una cantidad de reporte o de control, cuando la cantidad total de la sustancia regulada contenida en un proceso es superior al umbral o límite establecido.

Mientras que por proceso se entiende cualquier actividad que involucra a la sustancia regulada y que incluye cualquier uso, almacenamiento, manufactura, manejo o movilización de la misma, o combinaciones de estas actividades. También se considera como un proceso unitario a varios recipientes físicamente interconectados o a varios recipientes cercanos conteniendo la sustancia regulada, que en el caso de un accidente pueden verse involucrados en la liberación de la misma.

A su vez, se define por fuente fija, cualquier edificio, estructura, equipo, instalación o actividades fijas emisoras de sustancias reguladas, que pertenecen a una misma empresa, y que están localizadas en una o más propiedades contiguas, controladas por un mismo operador, y a partir de las cuales puede producirse la liberación accidental de dichas sustancias.

En dicho país, la lista de sustancias reguladas está basada en la toxicidad aguda, historia de accidentes y volatilidad. Los valores de las cantidades de control o umbrales (TQ) de las sustancias tóxicas, están comprendidos entre 500 y 20 mil libras, mientras que para las sustancias inflamables se fija un TQ de 10 mil libras y para las explosivas de cinco mil. En el caso de la Directiva del Consejo de la Unión Europea (82/501/CEE), las cantidades de reporte o de control, se refieren a cada instalación o conjunto de instalaciones del mismo fabricante cuando la distancia entre las mismas no es suficiente para evitar, en circunstancias previsibles, un aumento de los riesgos de accidentes graves. O bien, se refieren a cada conjunto de instalaciones de un mismo fabricante cuando la distancia que las separa sea inferior a aproximadamente 500 metros.

En México, de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, publicada en 1988, la clasificación de las actividades riesgosas se sustentó en el uso de sustancias peligrosas en cantidades que ameritaran su control (llamadas cantidades de reporte). De ahí que se elaboraran y publicaran en el Diario Oficial de la Federación, listados de sustancias tóxicas (el 28 de marzo de 1990) e inflamables y explosivas (el 4 de mayo de 1992), y sus cantidades de reporte.

Para determinar las cantidades umbrales o límites; denominadas cantidades de reporte de las sustancias identificadas como tóxicas, la concentración máxima fue comparada con los niveles máximos permitidos (dosis) que aseguren el bienestar y salud del ser humano. Con base en la aplicación de modelos matemáticos, se simuló la dispersión de una nube de gas o vapor, emitida accidentalmente, mediante lo cual se determinó la concentración máxima de cada sustancia que se podría alcanzar a una cierta distancia a partir de la fuente, en condiciones meteorológicas estables.

Las sustancias incluidas en los listados, se seleccionaron a partir de diversas listas tales como: el listado de sustancias identificadas por la Agencia Ambiental de los Estados Unidos de América como agudamente tóxicas; listados de sustancias consideradas por la Ley General de Salud, de la Secretaría de Salud; listado de sustancias que requieren permiso para su importación a territorio nacional; así como sustancias para las cuales se han fijado límites de exposición a nivel ocupacional por la Secretaría de Trabajo y Previsión Social.

Después de establecer una comparación entre los listados anteriores, se decidió la inclusión de todas las sustancias que:

- tienen un IDLH menor de 10 mg/m<sup>3</sup>,
- se producen, manejan o transportan en México en grandes volúmenes (aunque no sean tóxico-agudas, porque en caso de liberarse podrían presentar problemas serios al considerarse su concentración en el ambiente),
- se encuentren en cantidades tales que de producirse una liberación, ya sea por fuga o derrame de las mismas, provocaría la formación de nubes inflamables cuya concentración sería semejante a la de su límite inferior de inflamabilidad, en un área determinada por una franja de 100 m de longitud en torno a las instalaciones o medio de transporte dados,
- generen ondas de sobre presión de 1 lb/pulg.<sup>2</sup> en una franja similar a la anterior en el caso de formación de nubes explosivas.

En total se reunieron en los dos listados 481 sustancias (233 tóxicas y 248 inflamables y explosivas). Está previsto, siguiendo el ejemplo de los países que han revisado y adecuado sus listados conforme a la experiencia y al avance en el conocimiento, someter a revisión los listados actuales para su adecuación. En particular, porque se ha identificado que en ellos se han incluido las diversas especies químicas que se

encuentran en un mismo producto comercial, como es el caso del propano, butano, 1-buteno, 2-buteno, 2-butino, 2-metil-propeno, propileno y propino, contenidos en el gas LP y que no requerirían ser considerados por separado. Lo mismo ocurre con la gasolina, sobre la cual se detallan 38 especies; o bien, con otras sustancias que cuentan con diversos isómeros. Lo cual hace innecesariamente largos los listados y no contribuye a disminuir los riesgos en su manejo. En el anexo de este documento se comparan las sustancias y sus cantidades de reporte listadas en México, con las de otros países.

Es importante tener presente que para decidir como clasificar las actividades altamente riesgosas en México, no se creyó conveniente simplemente adoptar alguna de las clasificaciones de otro país, ya que nuestra realidad puede ser totalmente distinta, el grado de conciencia y capacidad de manejar los materiales peligrosos puede diferir y la vulnerabilidad de las poblaciones vecinas a las actividades riesgosas puede ser más alto.

### **3. Clasificación de las actividades riesgosas**

Las empresas que manejan las sustancias peligrosas en las cantidades y condiciones que pueden conllevar el riesgo de que se produzca un accidente mayor, suelen clasificarse en distintos niveles de riesgo siguiendo criterios que permiten determinar su vulnerabilidad interna y la de las poblaciones circundantes. De la forma en que se les clasifique de acuerdo con su nivel de riesgo, depende el tipo de estudio de riesgo que se les requiera.

**Criterios para definir el nivel de riesgo:** Con base en lo antes expuesto, en México se han definido los criterios que aparecen resumidos a continuación, a fin de clasificar a las empresas de acuerdo con su nivel de riesgo (cuadro 3).

#### **Cuadro 3 CRITERIOS PARA DEFINIR EL NIVEL DE RIESGO DE LAS EMPRESAS**

- |   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Por ubicación:<ul style="list-style-type: none"><li>• Clasificación de la zona y uso del suelo colindante.</li><li>• Superficie de la empresa.</li><li>• Condiciones externas a la empresa.</li></ul></li><li>2. Por proceso:<ul style="list-style-type: none"><li>• Riesgo por manejo de sustancias peligrosas.</li><li>• Capacidad almacenada o de manejo.</li><li>• Propiedades físicas y químicas de las sustancias.</li><li>• Disposición de las sustancias peligrosas.</li><li>• Tipo de procesos o modalidades energéticas.</li></ul></li></ol> |
|---|

El riesgo por ubicación está relacionado con el tipo de zona en la que se planea desarrollar un proyecto industrial, comercial o de servicios, o donde se encuentre operando una instalación riesgosa.

Para la definición del riesgo por ubicación, se toma en consideración el hecho de que la vulnerabilidad varía dependiendo de que la zona colindante sea industrial, comercial, de recreación, habitacional, etc., así como de acuerdo con la densidad poblacional y con el hecho de que las actividades que se realicen en esa zona ocurran intramuros o al exterior de los inmuebles.

También, se toma en consideración si las empresas cuentan con una superficie en torno a ellas y de su propiedad que pueda funcionar como zona de amortiguamiento, así como las condiciones externas a las instalaciones, tales como vialidad, infraestructura de servicios de emergencia, disponibilidad de agua, y otros factores que contribuyen a agravar los problemas ocasionados por los accidentes o a atenuar sus efectos.

Por su parte, los riesgos por proceso, están relacionados con toda una serie de variables que pueden favorecer que ocurran accidentes o que, por el contrario, contribuyen a prevenirlos o a controlarlos oportuna y adecuadamente. En particular, se consideran los volúmenes y peligrosidad de las sustancias que se manejan y las condiciones de seguridad en las que se realiza su manejo.

Como se indica en el cuadro 4, de acuerdo con la categoría de riesgo se requieren diferentes modalidades de evaluación de riesgo.

**Cuadro 4 MODALIDADES DE ESTUDIOS DE RIESGO APLICABLES A LAS ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS DE ACUERDO CON SU NIVEL DE COMPLEJIDAD.**

Nivel de complejidad	Descripción de las características de riesgo de cada nivel	Modalidad de estudio de riesgo solicitado
I	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realizan operaciones de mezclado, filtración o almacenamiento, o la combinación de ellas.</li> <li>• El almacenamiento ocurre a condiciones atmosféricas.</li> <li>• No se realizan reacciones químicas en las áreas de producción, intercambio de calor, manejo de presiones diferentes a la atmosférica y temperaturas mayores a la del ambiente.</li> <li>• El uso de suelo es industrial, rural o agrícola</li> </ul>	Análisis Preliminar de Riesgo

Nivel de complejidad	Descripción de las características de riesgo de cada nivel	Modalidad de estudio de riesgo solicitado
II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se trata de complejos químicos o petroquímicos con 2 o más plantas.</li> <li>• Se produce uno de los siguientes materiales: ácido fluorhídrico, ácido clorhídrico, óxido de etileno, butadieno, cloruro de vinilo o propileno.</li> <li>• El establecimiento ha sufrido accidentes mayores (que han trascendido a la opinión pública).</li> <li>• Cuando se trate de una actividad que está interconectada con otra actividad altamente riesgosa ubicada en predio colindante, a través de tuberías en las que se maneje alguno de los materiales reportados en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas.</li> </ul>	Análisis de Riesgo
III	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tipo de operación que se realiza es destilación o refrigeración o extracción con solventes o absorción.</li> <li>• El almacenamiento es en tanques presurizados.</li> <li>• Existe reacción química, intercambio de calor y/o energía, presiones mayores o menores a la atmosférica o temperaturas mayores a la del ambiente.</li> <li>• El uso de suelo es habitacional, mixto o es zona de reserva ecológica.</li> <li>• La zona es susceptible a sismos, hundimientos o fenómenos hidrológicos y metereológicos.</li> </ul>	Análisis Detallado de Riesgo.
Específico de ductos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitud igual o mayor de 1 km.</li> <li>• Diámetro igual o mayor de 10.2 cm (4 plg.).</li> <li>• La presión igual o mayor de 10 kgf/cm<sup>2</sup> antes de la caseta de regulación.</li> <li>• En su trayectoria cruza con zonas habitacionales o áreas naturales protegidas.</li> <li>• Independientemente de las condiciones anteriores, el ducto transporta ácido fluorhídrico, cloruro de hidrógeno, ácido cianhídrico, cloro, amoniaco, óxido de etileno, butadieno, cloruro de etileno o propileno</li> </ul>	Estudio del Riesgo de Ductos

Uno de los criterios que se siguen para la estimación de lo que se considera como los riesgos socialmente aceptables, parte de la base de que el riesgo de una actividad peligrosa para un miembro de la comunidad no debe ser significativo en comparación con otros riesgos que enfrenta en su vida cotidiana.

En este contexto se define como:

**Riesgo individual:** a la probabilidad por año de que una persona desprotegida, localizada en una posición específica respecto de una fuente de riesgo, pueda verse afectada por las consecuencias no deseadas de un evento.

**Riesgo público:** a la relación entre el número de personas que mueren en un accidente (N) y la probabilidad (F) de que ese número sea excedido. El empleo de este concepto permite tomar en cuenta el tamaño de un grupo de personas que pueden ser simultáneamente víctimas en un accidente.

Así pues, el concepto de aceptabilidad de los riesgos se basa en la premisa de que los riesgos que se evalúan no deben aumentar de manera significativa los riesgos que los individuos corren en su vida diaria. De ahí que, por lo general, se acepte un aumento de 1% sobre el riesgo individual de muerte, como el criterio para fijar el nivel inaceptable de riesgo, en tanto que se estima el riesgo aceptable utilizando un factor de 10 o 100 por abajo de los riesgos inaceptables.

Es en el área que separa uno y otro tipo de riesgo, que se establecen las medidas de control para reducir los riesgos; de manera que, la adopción de todas las medidas de control razonablemente aplicables, puede transformar esa área intermedia en una zona donde los riesgos sean aceptables.

Con el propósito de ilustrar la aplicación práctica de estos conceptos, para guiar la toma de decisiones respecto de los usos del suelo alrededor de las industrias de alto riesgo, se utilizará un enfoque propuesto en Canadá.

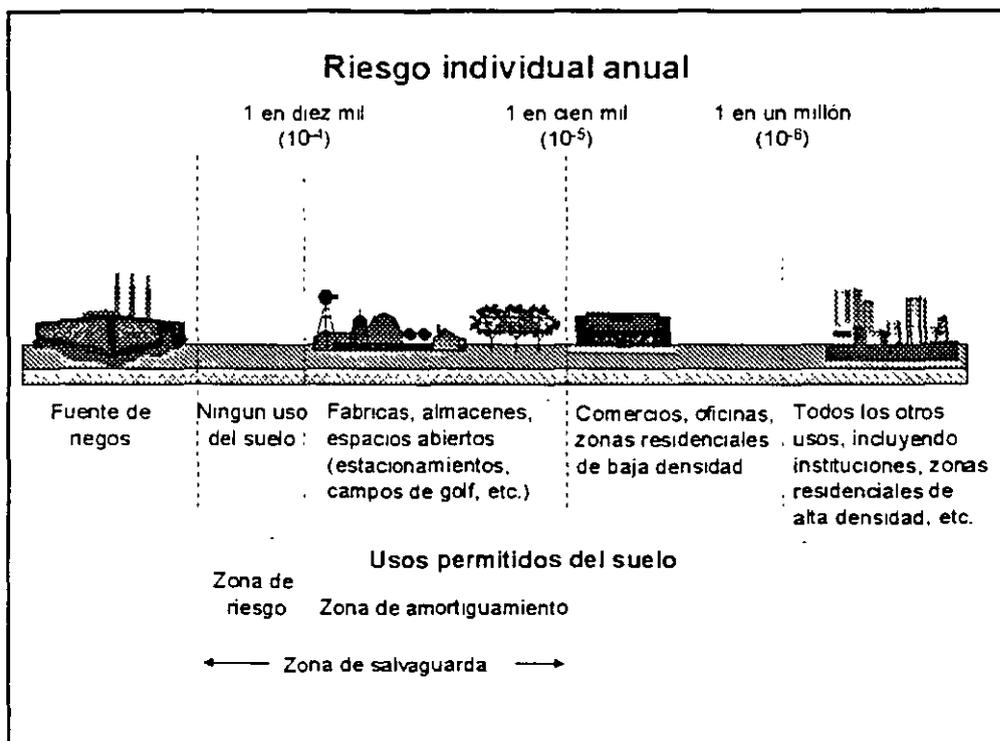
En la figura 1 se indica que un riesgo de muerte anual de 1 en 10,000 ( $10^{-4}$ ) derivado de la presencia de una instalación, es considerado como inaceptable por el público general y el área en torno de la empresa caracterizada por tal nivel de riesgo se denomina zona de riesgo.

A su vez, un riesgo de muerte de 1 en 100,000 ( $10^{-5}$ ), permite fijar los límites de lo que se llama la zona de amortiguamiento, en la cual sólo se permiten usos del suelo para actividades que no impliquen la presencia de un número importante de personas.

Por último, un riesgo de muerte de 1 en un 1,000,000 ( $10^{-6}$ ), es considerado despreciable, y el uso del suelo más allá de ese límite no tiene ninguna restricción derivada de la

presencia de la empresa riesgosa; en tanto que entre ese límite y el anterior se autorizan sólo usos comerciales o zonas residenciales de baja densidad poblacional.

**Figura 1 NIVELES DE ACEPTABILIDAD DE LOS RIESGOS**



Fuente: Major Industrial Council of Canada. Hazardous substances risk assessment: a mini-guide for municipalities and industry, 1994.

### **3. Administración y reducción de los riesgos**

De manera general, puede decirse que la prevención de accidentes y administración de los riesgos comprende tres fases:

1. la identificación de los riesgos,
2. la evaluación cuantitativa de los riesgos y
3. la toma de decisiones para su reducción y control.

Con base en estos datos, en su propia experiencia y en consideraciones técnicas, económicas y, en algunos casos políticas, los tomadores de decisiones juzgan si es pertinente o no autorizar una actividad altamente riesgosa.

La suma de las actividades desarrolladas para caracterizar una instalación de alto riesgo, identificando los factores internos y externos que pueden condicionar los riesgos de accidente y amplificar sus consecuencias, tiene como objetivos:

- juzgar su seguridad;
- estimar la probabilidad de que ocurran accidentes;
- informar y consultar al público al respecto; y
- determinar las medidas de control de riesgos, en caso necesario;

Todo lo anterior constituye lo que se conoce como proceso de manejo o administración de los riesgos.

A través de este proceso, se espera poder responder a preguntas tales como:

¿Qué puede fallar en una empresa y provocar un accidente?

¿Qué tan frecuentemente pueden ocurrir las fallas?

¿Cuáles pueden ser las consecuencias de los posibles accidentes?

¿Qué factores pueden aumentar o disminuir los daños de un accidente?

¿De qué magnitud son los riesgos?

¿Son aceptables los riesgos?

¿Se requiere hacer algo para prevenirlos o controlarlos?

¿Qué tanto hay que reducir el riesgo?

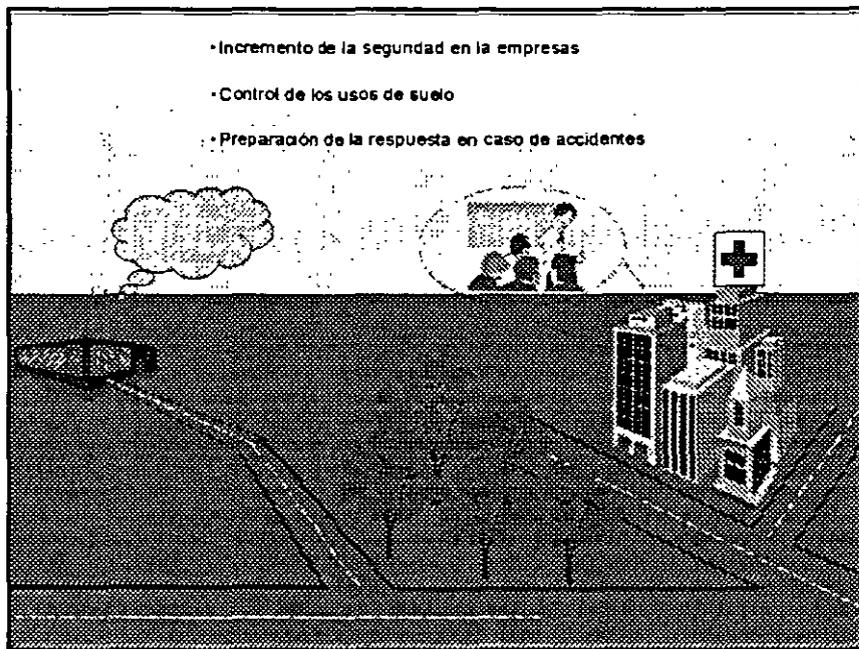
¿Qué tipo de medidas corresponde usar para controlar diferentes niveles de riesgo?

¿Cómo puede la población en riesgo proteger su salud?

¿Cómo puede la comunidad tomar parte en el proceso de manejo de riesgos?

Como se indica en la figura 2, se han identificado tres estrategias centrales para prevenir accidentes y reducir sus riesgos en caso de que ocurran

## Figura 2 ESTRATEGIAS PARA PREVENIR ACCIDENTES QUÍMICOS Y REDUCIR SUS RIESGOS



**Incremento de la seguridad en las empresas:** En primer término, es indispensable lograr el manejo seguro de las sustancias peligrosas en los procesos que tienen lugar en las industrias, comercios y servicios; lo cual implica medidas tecnológicas tales como cambios de diseño, reducción de inventarios de materiales peligrosos y aislamiento de áreas riesgosas, desarrollo de medidas administrativas, tales como inspección, mantenimiento, capacitación y buenas prácticas de trabajo.

Este mismo concepto aplica al transporte de materiales peligrosos, en cuyo caso hay que centrar los esfuerzos en las medidas de seguridad que aplican a los vehículos y a su mantenimiento continuo, a las condiciones en las que se transporta la carga, a la capacitación y protección de los operarios, a los equipos para atender contingencias, a la información sobre lo que se transporta, al estado de las vías de comunicación y a las condiciones, lugares y horarios de circulación permitidos.

**Control de los usos del suelo:** En segundo término, pero no menos importante, es el control de los usos del suelo, para evitar que se produzcan densos asentamientos

humanos en la vecindad de actividades riesgosas o se instalen cercanas unas a otras, empresas que realicen actividades incompatibles que pueden verse involucradas en un accidente provocando una reacción en cadena.

Esta es una de las áreas más complejas, en la medida que involucra a otras autoridades distintas a las ambientales, que son las que establecen los planes de desarrollo regional y urbano, y autorizan los usos del suelo. Por lo cual es indispensable vincular las distintas políticas, planes y programas y mantenerse firme en las decisiones tomadas para no cambiar los usos del suelo en zonas de alto riesgo, en las que se han previsto o establecido zonas intermedias de salvaguarda. En el caso de empresas nuevas de alto riesgo, es recomendable que adquieran suficiente terreno para contar dentro de la superficie de su propiedad, con una zona de amortiguamiento. Esto mismo se recomienda a los nuevos parques industriales que deben prever contar con estas zonas de amortiguamiento para impedir que se creen densos asentamientos a su alrededor.

**Preparación de la respuesta en caso de accidente:** Finalmente, el tercer aspecto de gran importancia, es la preparación de la respuesta en caso de que ocurra un accidente, lo cual requiere que las municipalidades conozcan bien que actividades de alto riesgo se realizan en sus localidades, para determinar qué infraestructura será necesaria para mitigar las consecuencias de accidentes de alto riesgo ambiental que ocurran en dichas instalaciones o transportes (equipos de emergencia, servicios médicos, materiales y reactivos, personal entrenado, etc.).

Aunado a lo cual, es preciso establecer los mecanismos de coordinación entre todos los actores que intervienen en la respuesta, los cuales tienen que estar informados acerca de los riesgos a enfrentar y deben conocer la conducta que deben de seguir para proteger su salud y mitigar las consecuencias de los accidentes. Por la complejidad de los mecanismos de respuesta, se recomienda la realización de simulacros para ponerlos a prueba y hacer, en su caso, los ajustes necesarios a los procedimientos respectivos.

#### ***4. Clasificación de las industrias por índice de siniestralidad***

##### **Instituto Mexicano del Seguro Social**

El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), estableció un Reglamento para la clasificación de empresas y determinación del grado de riesgo del Seguro de Riesgos del Trabajo (SRT). En dicho Reglamento se especifican las cuotas que deben pagar los

patrones conforme a la clase y grado de riesgo de sus empresas: Cabe resaltar que el riesgo al que se hace referencia se determina no como un evento probabilístico, si no en base al número real de trabajadores que adquieren enfermedades por las condiciones en las que trabajan o que tienen accidentes laborales de todo tipo anualmente.

Para efecto de la clasificación de las empresas, el Artículo 3 del citado Reglamento, establece cinco clases en las que se agrupan las diversas actividades y ramas industriales en razón al riesgo al que están expuestos los trabajadores. Las clases de riesgos, que incluyen una gama de ellos no sólo los químicos, van de la menor (I) a la mayor (V), y las actividades industriales asociadas con la producción, extracción y manejo de las diversas sustancias químicas, se agrupan por lo general en las clases III y IV, como lo indica el cuadro 5.

**Cuadro 5 ACTIVIDADES INDUSTRIALES QUE INVOLUCRAN SUSTANCIAS QUÍMICAS Y CLASES DE RIESGO A LAS QUE CORRESPONDEN**

Actividad industrial	Clase de riesgo
Fabricación de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resinas sintéticas y plastificantes; pinturas, barnices, lacas, tintas, pegamentos e impermeabilizantes; aguarrás, brea y colofonia; cerillos y fósforos.</li> </ul> Otros productos de las industrias químicas conexas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• No tóxico ni cáustico; tóxico o cáustico.</li> </ul>	III
Extracción de petróleo crudo y gas natural; refinación del petróleo crudo y petroquímica básica. Fabricación de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustancias químicas industriales básicas; fertilizantes y plaguicidas; explosivos y fuegos artificiales.</li> </ul>	IV

Fuente: Jefatura de Servicios de Salud en el Trabajo IMSS, 1994, en: Serie Monografías No 5 *Prevención y Preparación de la Respuesta en Caso de Accidentes Químicos en México y en el Mundo*. INE, Sedesol. 1994

**Cuadro 6 FALLAS FRECUENTEMENTE OBSERVADAS EN 2 950 EMPRESAS VISITADAS EN 1993.**

<b>Fallas observadas</b>	<b>Por ciento de empresas</b>
Manejo, transporte y almacenamiento de materiales	83.80
Prevención y control de incendios	69.32
Comunicación de riesgos a los trabajadores	55.67
Prevención de accidentes en general	44.68
Instalaciones eléctricas	41.51
Organización para la prevención de riesgos	26.96
Mantenimiento de equipo	24.08
Señalamientos, avisos de seguridad	22.32
Registro de accidentes y enfermedades de trabajo	20.89
Servicios de seguridad e higiene	15.94
Procedimientos para prevención de accidentes	14.45
Manejo de sustancias corrosivas, irritantes y tóxicas	13.49
Manejo de explosivos	5.78

La información contenida en el cuadro 6 es crucial para identificar las oportunidades de prevenir riesgos, mediante el desarrollo de medidas correctivas que atiendan cada uno de los problemas identificados. Ello plantea, también la necesidad de establecer un perfil de seguridad por empresa, que muestre su tendencia y si están siendo efectivas las medidas correctivas.

### **Compañías aseguradoras**

Existen básicamente dos modalidades de seguros de responsabilidad civil (RC) por daños causados al ambiente, la salud o en bienes materiales, la primera se refiere a los impactos que se derivan de un evento súbito, y se relaciona con los costos de la remediación e indemnizaciones; la segunda cubre los problemas que resultan de procesos de contaminación paulatina.

La falta de información estadística de calidad, aunada a la falta de conocimientos acerca de la industria de alto riesgo en México, han hecho que las compañías aseguradoras establezcan altas primas a los seguros y que el mercado mexicano de seguros de responsabilidad civil por contaminación esté poco desarrollado.

La Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros, publicó en 1983 el Reglamento, Estadísticas y Tarifas para el Ramo de Incendios, del cual se desprenden una serie de consideraciones y lineamientos de acción para los vendedores y ajustadores de seguros. Con base en datos estadísticos sobre incendios, explosiones, terremotos y erupciones volcánicas, así como en el número de pólizas vendidas en el monto de los pagos que se

han realizado, como consecuencia de la remediación de los daños cubiertos en las citadas pólizas, desarrolló un índice de siniestralidad, el cual señala la relación entre el porcentaje de siniestralidad y el importe de las primas devengadas por concepto de seguros, tal como aparece referido en el cuadro 7.

**Cuadro 7 INDICE DE SINIESTRALIDAD DE LA ASOCIACIÓN MEXICANA DE INSTITUCIONES DE SEGUROS.**

Tipo de Riesgo	No. de siniestros ocurridos	Índice de Siniestralidad
<b>Riesgos Sencillos</b>		
• Incendio	1670	60.97
• Explosión	37	39.93
• Derrame de equipos	4	6.14
<b>Riesgos Industriales</b>		
• Incendio	829	34.97
• Explosión	53	18.43
• Derrame de equipos	37	31.45
<b>Riesgos de Algodones</b>		
• Incendio	120	90.95
<b>Riesgos Petroleros</b>		
• Incendio	30	853.31

En el cuadros 7, aparecen índices superiores a 100%, lo que significa que en esos casos se conjugaron al menos dos factores, el hecho de que el giro sea de muy alto riesgo, y el relacionado al reducido número de pólizas vendidas y al alto costo de remediación e indemnización en los eventos catastróficos que se hayan presentado. Por lo anterior el citado índice debe ser considerando sólo como un indicador de los riesgos de ocurrencia de los eventos catastróficos, correspondiendo el mayor índice a los giros industriales de más alto riesgo. Es importante señalar tres elementos a considerar en la interpretación de éstos indicadores; primero, la información analizada corresponde sólo a 90% de las compañías de seguros; segundo, lamentablemente no todas las empresas de alto riesgo están aseguradas y tercero, la antigüedad de la información.

Los índices de siniestralidad de las compañías aseguradoras, corresponden a giros industriales en general, sin embargo, distan mucho de reflejar la situación específica de cada empresa de un giro dado en relación a sus sistemas de prevención y control de accidentes, sobre todo que involucren sustancias químicas. Sin embargo, se considera que el aseguramiento de una empresa debería ser el resultado de una evaluación técnica por expertos en riesgo ambiental, de la que se desprenda la determinación de la

probabilidad de ocurrencia de un evento catastrófico y la magnitud de los impactos causados al ambiente, la salud o los bienes materiales. De acuerdo con la misma Asociación, los índices de siniestralidad por explosión e incendio para diversos giros industriales se muestran en los cuadros 8 y 9.

**Cuadro 8 INDICES DE SINIESTRALIDAD POR EXPLOSIÓN E INCENDIO.**

Fracción	Índice de Siniestralidad	
	Explosión	Incendio
501 Aceites Vegetales Fabricación	---	314.37
502 Aceites Vegetales Extracción	79.00	34.36
504 Plantas Hidrogenadoras de Aceite	29.11	---
515 Molienda de Alfalfa	---	55.45
516-518 Beneficio de Algodón	632.36	4,181.12
520 Fábrica de Alimentos para Aves	---	13.83
527 Fábrica de Asbesto Cemento	---	1,527.63
529 Aserraderos	---	589.97
534 Fábricas de Automóviles	1.60	875.08
558 Beneficio Cacahuete	---	1,402.89
559-560 Beneficio de Café	7.04	113.31
581 Cartuchos de Armas	608.26	9,584.61
610 Concreto Asfáltico	1,306.00	---
618 Curtidurías	23.15	---
634 Fábrica de Esmaltes	251.24	---
639 Fábrica de Líquido para Frenos	1,195.00	---
655 Trituración de Granos	---	302.52
659 Aprovechamiento de Guayule	---	8,660.94
666 Fábrica de Vidrio	41.77	---
670 Fábrica de Hule	15.78	---
673 Molienda de Hueso	---	708.69
675 Fabricación de Jabón	48.86	708.69
686 Fabricación de Insecticida	---	166.39
687 Fábrica de Lápices	---	919.14
697 Fábrica de Loza	3.34	---
701 Fábrica de Artículos de Madera	306.21	---
716 Productos Metálicos	113.52	64.30
736 Aprovechamiento de Paja	---	1,559.00
740 Papel y Cartón	176.80	---
752 Películas de Cine	0.05	160.00
759 Harina de Pescado	---	306.75
771 Artículos de Plástico	---	57.75
774 Productos Químicos	Varias clases	290.10
781 Rastros	---	281.60
783 Refrigeración con Equipo de Amoniaco	---	10.98
785 y 799 Ropa y Textiles	10.49	40.26
831 Fábrica de Vidrio.	---	235.06

**Cuadro 9 INDICE DE SINIESTRALIDAD POR GIRO INDUSTRIAL**

No.	Giros industriales	Indice de Siniestralidad	Materiales		
			Inflamable	Explosivos	Tóxicos
321	Fabricación de productos de hule	IV	B	B	A
322	Fabricación de materiales y artículos de plásticos	III	M	B	M
332	Fabricación de vidrio y productos de vidrio	III	B	B	A
335	Fabricación de productos de arcilla para la construcción.	IV	B	B	A
336	Fabricación de cemento, cal y yeso.	IV	B	B	M
335	Fabricación de otros productos de minerales no metálicos	V	B	M	
341	Industrias básicas del hierro y del acero	V	M	M	A
342	Industrias básicas de metales no ferrosos		A	A	A
381	Fabricación y ensamble de automóviles, autobuses, camiones y sus partes.	III	A	M	M
337	Fabricación de productos de asbesto con otros materiales.	V	B	M	A
202	Beneficio de cereales y otros granos, y fabricación de productos de molino	III	M	A	B
204	Matanza de ganado y preparación, conservación y empaqueo de carnes	IV	M	M	M
206	Fabricación y tratamiento de productos básicos	III	B	B	M
208	Fabricación de productos de base de harina de trigo.	III	B	B	B
211	Elaboración de bebidas alcohólicas	III	A	A	M
212	Elaboración de malta y cerveza	IV	M	A	M
213	Elaboración de refrescos y bebidas no alcohólicas	IV	B	B	B
231	Preparación, hilado, tejido y acabado de textiles de fibras blandas	III	A	A	M

No.	Giros industriales	Índice de Siniestralidad	Materiales		
			Inflamable	Explosivos	Tóxicos
234	Preparación, hilado, tejido y acabado de textiles de fibras duras.	III	M	M	M
253	Industrias del cuero, (curtiembres)	IV	A	A	A
281	Fabricación de pasta de celulosa, papel y cartón	IV			
282	Fabricación de productos a base de papel, cartón y pasta de celulosa	III	A	B	B
301	Fabricación de sustancias químicas e industriales básicas	IV	A	A	A
302	Fabricación de fertilizantes y plaguicidas	IV	A	A	A
303	Fabricación de resinas sintéticas	IV	A	A	A
304	Fabricación de pinturas, lacas y similares	III	A	A	A
305	Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos	III	M	M	A
307	Fabricación de jabones, detergentes	III	M	M	M
309	Fabricación de aceites y grasas no vegetales y animales para uso industrial.	IV	M	B	B
311	Refinación de petróleo crudo y sus derivados y petroquímica básica	V	A	A	A
313	Fabricación de derivados de carbón mineral y mezclas asfálticas	IV	B	B	M

A = Alto

M = Mediano

B = Bajo

##### 5. Sustancias involucradas frecuentemente en accidentes

Con base en información proporcionada por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), se han identificado las sustancias involucradas con mayor frecuencia en accidentes en la República Mexicana entre 1990 y 1995. Estas 28 sustancias participaron en 68.5% de los accidentes ocurridos tanto en el transporte como en instalaciones, tal como se desglosa en el cuadro 10.

**Cuadro 10 LISTA DE SUSTANCIAS PRESENTES CON MAYOR FRECUENCIA EN ACCIDENTES DURANTE EL PERIODO DE JUNIO DE 1990 A DICIEMBRE DE 1995.**

	Número CAS	Nombre común	No. de Accidentes
1	68476-85-7	Gas LP	178
2	7664-41-7	Amoniaco	105
3	8006-61-9	Gasolina	104
4	----	Diesel	36
5	7647-01-0	Ácido clorhídrico <sup>1</sup>	27
6	----	Combustóleo	25
7	----	Gas natural	20
8	7664-93-9	Ácido sulfúrico	19
9	7782-50-5	Cloro	19
10	1310-73-2	Hidróxido de sodio <sup>3</sup>	10
11	7664-38-2	Ácido fosfórico	8
12	50-00-0	Formaldehído	8
13	67-56-1	Alcohol metílico <sup>2</sup>	6
14	75-01-4	Cloruro de vinilo	6
15	100-42-5	Monómero de estireno	6
16	107-13-1	Acrilonitrilo	5
17	140-88-5	Acrilato de etilo	4
18	71-43-2	Benceno	4
19	7727-37-9	Nitrógeno	4
20	75-21-8	Óxido de etileno	4
21	108-88-3	Tolueno	4
22	67-64-1	Acetona	3
23	7697-37-2	Ácido nítrico	3
24	108-95-2	Fenol	3
25	1333-74-0	Hidrógeno	3
26	74-86-2	Acetileno	2
27	74-87-3	Cloruro de metilo	2
28	75-08-1	Etil mercaptano	2

<sup>1</sup> Incluye el ácido clorhídrico de distintas calidades como el munático.

<sup>2</sup> Incluye el metanol de baja calidad

<sup>3</sup> Incluye a la sosa cáustica

Los daños materiales, el número de lesionados y de muertes que se registraron en accidentes del transporte de las sustancias de alto riesgo en 1996, representan cuantiosas pérdidas humanas y materiales. Como se muestra en el cuadro 6, en 1996 perecieron debido a accidentes en el transporte de las sustancias de alto riesgo 27 personas y ello representó en pérdidas materiales una cuantiosa suma. Mientras que en el manejo de las sustancias de alto riesgo, la Secretaría de Salud reportó el fallecimiento de 12 individuos, como se muestra el cuadro 12.

**Cuadro 11 CONSECUENCIAS DE LOS ACCIDENTES DE LAS SUSTANCIAS DE ALTO RIESGO EN EL TRANSPORTE DE MATERIALES.**

Total	Lesionados	Muertos	Daños materiales [pesos]
28 Sustancias de alto riesgo	44	27	10,819,150

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transporte. 1996.

**Cuadro 12 CONSECUENCIAS DE LOS ACCIDENTES EN EL MANEJO DE LAS SUSTANCIAS DE ALTO RIESGO.**

Total	Muertos	Intoxicados	Lesionados	Evacuados
28 Sustancias de alto riesgo	12	155	109	4,252

Fuente: Secretaría de Salud. 1996.

**6. Características de peligrosidad de las sustancias involucradas en accidentes**

Las sustancias tóxicas involucradas en los accidentes citados aparecen en el cuadro 13 clasificadas de acuerdo con las propiedades de: corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad e inflamabilidad (características CRETI).

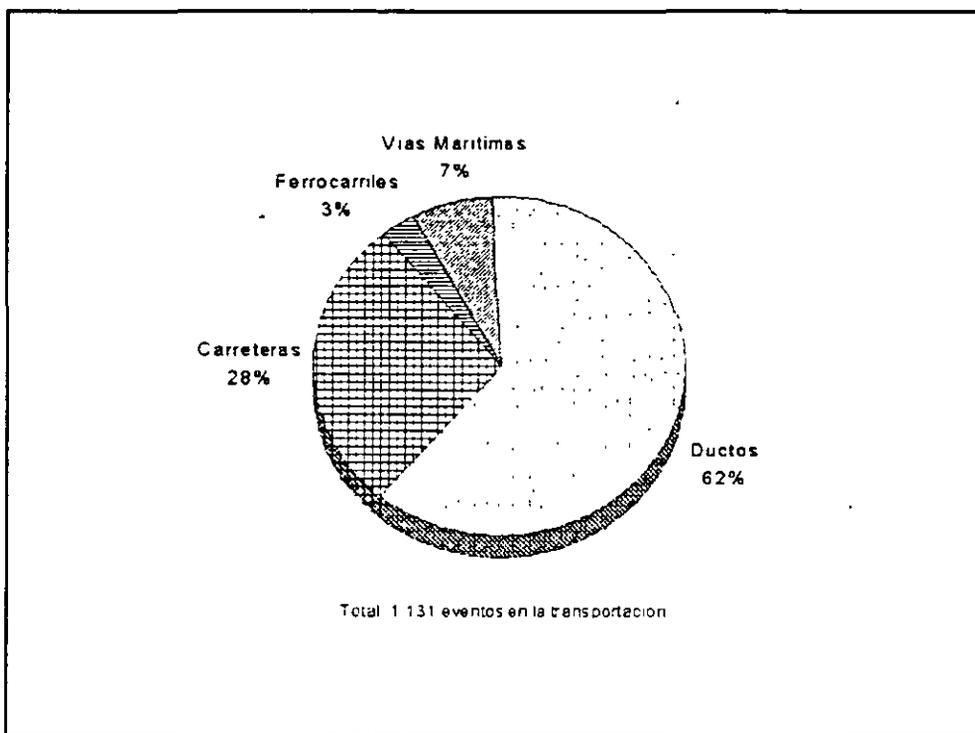
**Cuadro 13 CARACTERÍSTICAS DE LAS SUSTANCIAS DE ALTO RIESGO**

CAS	Nombre común	C	R	E	T	I
7647-01-0	Acido clorhídrico					
7664-38-2	Acido fosfórico					
7697-37-2	Acido nítrico					
7664-93-9	Acido sulfúrico					
74-86-2	Acetileno					
67-64-1	Acetona					
140-88-5	Acrilato de etilo					
107-13-1	Acrilonitrilo					
67-56-1	Alcohol metílico					
7664-41-7	Amoniaco					
71-43-2	Benceno					
7782-50-5	Cloro					
74-87-3	Cloruro de metilo					
75-01-4	Cloruro de vinilo					



Nota: Los números que están en los paréntesis corresponden a los artículos de las respectivas Leyes y Reglamentos

<b>LGEEPA:</b>	Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
<b>LGS:</b>	Ley General de Salud
<b>RLGSMCSAEP</b>	Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de
<b>S:</b>	Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios
<b>RFSHMAT:</b>	Reglamento Federal de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente en el Trabajo
<b>LSS:</b>	Ley del Seguro Social
<b>RCEDGRSRT:</b>	Reglamento para la Clasificación de Empresas y Determinación del Grado de Riesgo del Seguro de Riesgos en Trabajo.
<b>RGN:</b>	Reglamento de Gas Natural
<b>LGAH:</b>	Ley General de Asentamientos Humanos
<b>LFAFE:</b>	Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos
<b>RTTMRP:</b>	Reglamento de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos



Fuente Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Informe Trianual 1995-1997

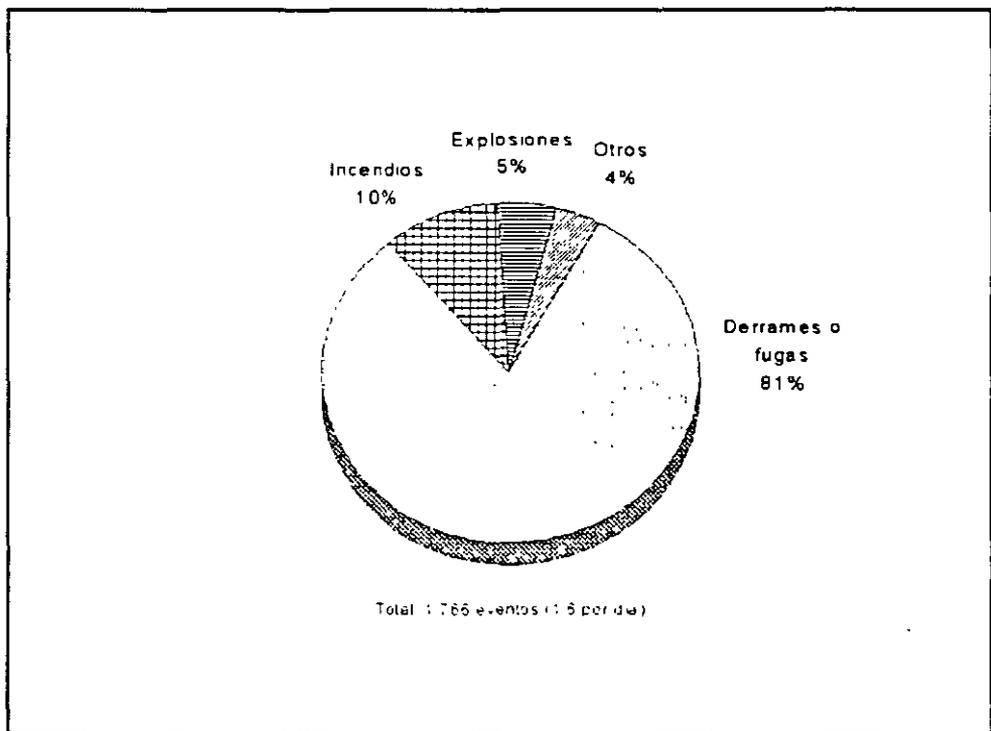
Sobresalen entre los tipos de emergencias ambientales, las relacionadas con las fugas y derrames, así como con incendios (figura 15), en los cuales las principales sustancias involucradas corresponden a:

- Hidrocarburos (petróleo crudo, diesel, combustóleo, gasolina, gas natural y gas L.P.).
- Amoniaco.

- Ácido sulfúrico,
- Asfalto,
- Ácido clorhídrico,
- Cloro,
- Mezclas de disolventes y aceites gastados.

La gasolina, ácido sulfúrico y el amoníaco, predominan en los accidentes ocurridos en la región norte del país.

### Cuadro 15 TIPOS DE EMERGENCIAS AMBIENTALES.



Fuente. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Informe Trianual 1995-1997

## **Hoja de seguridad de un material peligroso**

**Código del producto: 45330**

**Nombre del producto: Lorsban\* 3% G (Insecticida granulado)**

### **1. COMPOSICION**

**Ingrediente Activo:**

*O, O-Dietil O-(3,5,6-Tricloro-2-Piridinil) Fosforotioato* 3 %  
(Clorpirifos). CAS No. 002921-88-2

**Inertes:**

*Arena de río y colorante* 97 %

### **2. PROPIEDADES FISICAS**

*Punto de ebullición:* No aplica

*Presión de vapor:* No aplica

*Densidad de vapor:* No aplica

*Solubilidad de agua:* No aplica

*Densidad aparente:* 0.9 - 1.1 gr/cm<sup>3</sup>.

### **3. DATOS DE FUEGO Y EXPLOSION**

*Punto de ignición:* No aplicable

*Límites de flamabilidad:* No aplicable

**Medios de extinción:**

*Si el producto está expuesto a fuego utilizar espuma, CO<sub>2</sub> ó polvo químico seco. Evitar utilizar agua, ya que ésta podría incrementar la contaminación.*

**Peligros de fuego y explosión**

*Gases tóxicos e imitantes pueden formarse a temperaturas superiores a 160°C.*

**Equipo de Extinción de fuego:**

*Utilizar equipo de aire autónomo de presión positiva.*

### **4. DATOS DE REACTIVIDAD**

**Estabilidad:**

*Evitar calentar a temperaturas mayores a 50°C. El producto se descompone exotérmicamente a 130°C, ocasionando incrementos de temperaturas y descomposición violenta.*

***Incompatibilidad (Materiales específicos a evitar):***

*El Lorsban\* 3 % G puede ser inactivado por ciertos fertilizantes que contengan azufre y por sustancias fuertemente alcalinas.*

***Productos peligrosos de la descomposición:***

*Bajo condiciones de fuego se pueden formar: Acido Clorhídrico, Oxidos de Nitrógeno, Sulfuro de Etilo, Dietil Sulfuro y Monóxido de Carbono.*

***Polimerización peligrosa:***

*No ocurre.*

## **5. INFORMACION SOBRE MEDIO AMBIENTE**

***En caso de fugas o derrames:***

*Para pequeños derrames, recoger el material utilizando una escoba para esta operación*

*Para derrames grandes, construir un dique en el área, eliminar fuentes de ignición y consultar al fabricante.*

***Método de disposición:***

*No contaminar comida, medicamentos o agua por la disposición o almacenamiento. Los residuos de Plaguicidas son tóxicos. El manejo inapropiado de los desechos es una violación a la Ley, si los desechos no pueden ser tratados de acuerdo a las instrucciones de la etiqueta, contactar a la Agencia local de Protección al Medio Ambiente.*

## **6. INFORMACION SOBRE RIESGOS A LA SALUD**

***Ojos:***

*Puede causar dolor y moderada irritación temporal en los ojos, y ligera irritación a la córnea.*

***Contacto con la piel:***

*Prolongadas o repetidas exposiciones pueden causar irritación a la piel. **Absorción a través de la piel:***

*Prolongadas exposiciones generalmente no resultan en absorción de producto en cantidades que sean peligrosas. La DL50 (Dosis Letal) por absorción a través de la piel en conejos para el Clorpinfos es mayor a 1000 mg/kg.*

**Ingestión:**

La toxicidad oral es moderada, la DL50 oral de Clorpirifos para ratas hembras es de 470 mg/kg. y para ratas macho es de 135 mg/kg. Pequeñas cantidades que sean ingeridas incidentalmente durante una operación normal no deben causar daños, pero la ingestión de grandes cantidades del producto pueden causar lesiones serias o incluso la muerte.

**Inhalación:**

Exposición excesiva al producto puede causar inhibición de la Colinesterasa. La CL50 (Concentración Letal) de Clorpirifos para ratas es 2.5-3.5 mg/lit para un período de exposición de 4 horas. Exposición excesiva incrementa irritabilidad al miocardio.

**Efectos sistémicos:**

Excesiva exposición puede causar inhibición de la Colinesterasa, dolor de cabeza, diarrea, salivación, visión nublada, dilatación de las pupilas y convulsiones.

**Información sobre cáncer:**

El ingrediente activo no causó cáncer en los estudios realizados en animales.

**Teratogenicidad:**

El ingrediente activo no causó defectos de nacimiento en los estudios de laboratorio realizados con animales.

**Efectos de reproducción:**

Clorpirifos no interfiere en la fertilidad, de acuerdo a los estudios de reproducción realizados con animales de laboratorio.

**7. PRIMEROS AUXILIOS****Ojos:**

Lavar con agua a corriente por lo menos durante 15 minutos. Consultar a su médico.

**Piel:**

Inmediatamente lavar la piel con jabón y agua. Quitar inmediatamente la ropa y zapatos contaminados. Recibir atención médica si persiste la irritación.

**Ingestión:**

No inducir al vómito. Llamar a un médico o trasladar al paciente a un hospital.

**Inhalación:**

Remover al paciente a un área ventilada, si no respira dar respiración de boca a boca. Si la respiración es difícil, oxígeno debe ser administrado por personal calificado.

**Nota al médico:**

Clorpirifos es un inhibidor de la Colinesterasa. Tratar la sintomatología. El antídoto preferible es la Atropina, pero debe ser inyectada únicamente. Debido a que se absorbe rápidamente por los pulmones, efectos sistémicos pueden presentarse, la decisión de si inducir o no al vómito deberá ser tomada únicamente por el médico. El tratamiento deberá ser basado de acuerdo al juicio del médico y de acuerdo a las reacciones del paciente.

**8. PRECAUCIONES ESPECIALES DE MANEJO****Límites de exposición:**

La concentración máxima permitida en el ambiente (TLV) es de 0.2 mg/m<sup>3</sup> para el Clorpirifos.

**Ventilación:**

Las concentraciones de gases en el ambiente deberán ser mantenidas por debajo de los límites de exposición.

**Protección respiratoria:**

Los niveles de concentración del material en el aire, deberán ser mantenidos, por debajo de los límites de exposición permitidos. Cuando se requiera protección respiratoria para algunas operaciones, se deberá usar un respirador aprobado, con cartucho para polvos y vapores orgánicos.

**Protección a la piel:**

Utilizar ropa impermeable a este producto. La selección de materiales específicos, tales como: guantes, zapatos, overoll, etc. dependerá de la operación a realizar. Se recomienda tener una regadera de seguridad, cerca del área de trabajo.

**Protección a los ojos:**

Utilizar lentes de seguridad. Para operaciones, donde existe un contacto probable con los ojos. se recomienda utilizar goggles para productos químicos. Si durante la operación se sienten malestares por los vapores, se recomienda utilizar respirador de cara completa. Dependiendo del grado de exposición del personal, programar el monitoreo de nivel de colinesterasa en sangre.

## **9. INFORMACION ADICIONAL.**

### ***Precauciones especiales a tomar durante el manejo y almacenaje:***

*Leer la etiqueta. Mantener lejos del alcance de los niños. Evitar la ingestión. Evitar contacto con ojos, piel y ropa. Evitar respirar los vapores. Mantener lejos del calor, chispas o flamas abiertas. Manejar el producto concentrado en áreas ventiladas. Lavarse vigorosamente después de manejar el producto. Mantener lavaojos y regaderas de emergencia cerca del área de trabajo. Mantener el producto lejos de alimentos, semillas y fuentes de agua, tales como: ríos, lagos, etc. Almacenar el producto en sus recipiente original en un lugar fresco, evitar contacto con rayos solares.*

*Si tiene alguna duda consultar a algún experto.*

## **Concentraciones IDLH**

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos, en su documento intitulado ***NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards***, de junio 1994, menciona que los criterios y fuentes originales de información para sustentar la determinación de las concentraciones IDLH, aparecen descritos en la publicación ***“Documentation for Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations”*** (concentraciones inmediatamente peligrosas para la vida o la salud)(NTIS Publication No. PB-94-196-195047).

La definición de la IDLH que se gestó durante el programa de Standards Completion, estuvo basada en la definición estipulada en el Código Federal de Regulaciones (30CFR 11.3(T)), por la Administración de Seguridad y Salud en las Minas (MSHA por sus siglas en inglés), con el propósito de asegurar que un trabajador pudiera escapar sin daño o efectos irreversibles a la salud de una exposición IDLH, en el caso de una falla de su equipo de protección respiratoria.

La IDLH fue considerada como la concentración máxima arriba de la cual sólo podría permitirse la exposición a ella con un equipo de respiración altamente confiable que provea la máxima protección a un trabajador.

Al determinar esa concentración, también se consideró la posibilidad de ocurrencia de irritación severa de los ojos o de las vías respiratorias y otros efectos deletéreos tales como desorientación o descoordinación, que pudieran evitar al trabajador escapar del área de riesgo.

Como un margen de seguridad, los valores IDLH se basaron en efectos que pudieran ocurrir como consecuencia de una exposición de 30 minutos; lo cual no implica que se considere que los trabajadores deben permanecer expuestos más del tiempo necesario; de hecho se indica que se deben realizar todos los esfuerzos necesarios para que los trabajadores salgan inmediatamente de un área en la que puede producirse una exposición de esta índole.

***En este contexto la definición del NIOSH respecto de una exposición IDLH es la siguiente:***

***IDLH: Exposición a una concentración de contaminantes del aire que representa una amenaza, porque puede causar la muerte o efectos adversos permanentes inmediatos o de manifestación diferida, o porque impide escapar de tal ambiente.***

Atmósferas IDLH: Un sitio es considerado IDLH cuando:

- Es una atmósfera que se conoce o sospecha tiene concentraciones por encima del nivel IDLH;
- Es un espacio confinado que contiene menos de la cantidad normal de 20.9% de oxígeno, a menos de que la fuente de reducción del oxígeno se entienda y controle;
- El contenido de oxígeno está por debajo de 12.5% (95 mm Hg pp O<sub>2</sub>) a la presión atmosférica del nivel del mar: o
- Contiene una presión atmosférica total menor a 450 mm Hg (8.6 psi), equivalente a 4270 metros de altitud o cualquier combinación de un porcentaje reducido de oxígeno o de presión disminuida que conduce a una presión parcial de oxígeno menor a 95 mm Hg.

El NIOSH ha sometido a evaluación los distintos usos de las IDLHs y está determinando la validez de los criterios originales para establecer estos valores, lo cual puede significar la revisión de los valores IDLH para alrededor de 300 sustancias.

## Directorio de páginas de internet que cubren áreas relevantes a la evaluación de riesgos químicos ambientales

Nombre	Dirección	Institución responsable	Tópicos relevantes
The International Programme on Chemical Safety (IPCS)	<a href="http://www.who.ch/programmes/pcs/pcs_home.htm">http://www.who.ch/programmes/pcs/pcs_home.htm</a>	OMS	Evaluación de riesgos químicos
UNEP International Register of Potentially Toxic Chemicals (IRPTC)	<a href="Http://irptc.unep.ch/irptc">Http://irptc.unep.ch/irptc</a>	PNUMA	Información toxicológica, legislación, base de datos sobre sustancias químicas
Prior Informed Consent (PIC) and the London Guidelines	<a href="Http://irptc.unep.ch/pic">Http://irptc.unep.ch/pic</a>	PNUMA	Importación-exportación de sustancias prohibidas
Persistent Organic Pollutants (POPs)	<a href="http://irptc.unep.ch/pops">http://irptc.unep.ch/pops</a>	PNUMA	Contaminantes orgánicos persistentes, compuestos organoclorados
Pollutant Release and Transfer Register (PRTR)	<a href="http://irptc.unep.ch/prtr">http://irptc.unep.ch/prtr</a>	PNUMA	Registro de emisiones y transferencia de contaminantes
Trade and Environment	<a href="http://unep.ch/trade.html">http://unep.ch/trade.html</a>	PNUMA	Textos monográficos sobre comercio y ambiente
Basel Convention on Transboundary Movements of Hazardous Wastes	<a href="Http://www.unep.ch/sbc.html">Http://www.unep.ch/sbc.html</a>	PNUMA	Convención de Basilea sobre residuos peligrosos
Food and Agricultural Organization (FAO)	<a href="http://www.fao.org">http://www.fao.org</a>	FAO	Código de Conducta sobre plaguicidas
International Labour Office (ILO-CIS)	<a href="http://turva.me.tut.fi/cis/home.html">http://turva.me.tut.fi/cis/home.html</a>	OIT	Seguridad química, Salud ocupacional, Hojas Técnicas
The Global Information Network on Chemical Safety (GINC)	<a href="http://www.nihs.go.jp/GINC">http://www.nihs.go.jp/GINC</a>	PNUMA, OIT, OCDE, NIHS (Japon)	Red para el uso seguro de sustancias químicas
Environmental Chemicals Data and Information Network (ECDIN)	<a href="http://rea.ei.jrc.it">http://rea.ei.jrc.it</a>	Joint Research Centre (JRC) of The Commission of European Communities	Base de datos sobre sustancias, Regulación, Legislación, etiquetado y empaque
OECD's Work on Environmental Health and Safety	<a href="http://www.oecd.org/env">http://www.oecd.org/env</a>	OECD	Accidentes Químicos, plaguicidas, Lineamientos de prueba buenas prácticas de laboratorio
Agency for Toxic Substances and Disease Registry's Hazardous Substance Release/Health Effect Database	<a href="http://atsdr1.atsdr.cdc.gov/8080/hazdat.htm">http://atsdr1.atsdr.cdc.gov/8080/hazdat.htm</a>	Agency for Toxic Substances and Disease Registry	Sustancias Peligrosas, rutas de exposición, lista de sustancias prioritarias, biomarcadores, efectos a la salud y el ambiente
NIOSH databases	<a href="http://www.cdc.gov/niosh/database.html">http://www.cdc.gov/niosh/database.html</a>	The National Institute for Occupational Safety and Health	Información toxicológica, Métodos Analíticos, Salud Ocupacional
Portfolio-Chemical Safety	<a href="http://www-portfolio.stanford.edu/nofom/100369/5">http://www-portfolio.stanford.edu/nofom/100369/5</a>	Stanford University	Seguridad Química, Información Toxicológica, Almacenamiento
Carcinogenic Potency Database Project (CPDB)	<a href="http://potency.berkeley.edu/cpdb.html">http://potency.berkeley.edu/cpdb.html</a>	National Cancer Institute/National Toxicology Program (EUA)	Resultados de pruebas en animales de laboratorio, Carcinogenicidad
Canadian Centre for Occupational Health and Safety (CCOHS)	<a href="http://www.ccohs.ca">http://www.ccohs.ca</a>	Canadian Centre for Occupational Health and Safety (CCOHS)	Salud ocupacional, Seguridad química, Legislación, Información Toxicológica

Nombre	Dirección	Institución responsable	Tópicos relevantes
Chemical Safety	<a href="http://www.portal.com/~austin/chemsafe/ems.html">http://www.portal.com/~austin/chemsafe/ems.html</a>	Austin University	Software para manejo de información
Hazardous Chemical Database	<a href="http://odin.chemistry.uakron.edu/erd/">http://odin.chemistry.uakron.edu/erd/</a>	Akron University	Perfiles toxicológicos sobre sustancias químicas
Chemical Abstract Service	<a href="http://info.cas.org/">http://info.cas.org/</a>	CAS	Perfiles sobre sustancias químicas
Safety Information Resources on the Internet	<a href="gopher://SIRI.UVM.EDU/">gopher://SIRI.UVM.EDU/</a> <a href="http://hazard.com/">http://hazard.com/</a>	Vermont Library	Información sobre hojas técnicas disponibles en internet
The Society of Environmental Toxicology and Chemistry Europe	<a href="http://www.setac.org">http://www.setac.org</a>	The Society of Environmental Toxicology and Chemistry Europe (SETAC)	Evaluación de riesgo. Información toxicológica
EXTOXNET, Extension Toxicology Network	<a href="Http://ace.orst.edu/info/extoxnet/">Http://ace.orst.edu/info/extoxnet/</a>	InfoBase	Plaguicidas, Información toxicológica
Chemicals in the Environment OPPT Chemical Fact Sheets	<a href="http://www.epa.gov/docs/chemfact/">http://www.epa.gov/docs/chemfact/</a>	Office of Pollution Prevention and Toxics, EPA	Hojas de datos, destino ambiental de las sustancias, efectos en la salud y el ambiente
Pesticide Action Network North America (PANNA)	<a href="Http://www.panna.org/panna/">Http://www.panna.org/panna/</a>	Pesticide Action Network North America (PANNA)	Plaguicidas, directorio grupos ambientalistas
Health, Safety and the Environment from the Royal Society of Chemistry	<a href="http://chemistry.rsc.org/rsc/safety.htm">http://chemistry.rsc.org/rsc/safety.htm</a>	The Royal Society of Chemistry	Industria química, Laboratorios, Toxicidad de las sustancias, Impacto ambiental, Seguridad Química, Hojas de seguridad
EcoNet's Toxics, Hazards & Wastes Resources	<a href="Http://www.econet.apc.org/toxic/">Http://www.econet.apc.org/toxic/</a>	EcoNet	Información sobre sustancias y residuos peligrosos
National Toxicology Program, USA	<a href="Http://ntp-server.niehs.nih.gov/">Http://ntp-server.niehs.nih.gov/</a>	National Toxicology Program, (NTP)	Investigación toxicológica
Poisons Information Database, National University of Singapore	<a href="http://hp.nus.sg/PID/">http://hp.nus.sg/PID/</a>	National University of Singapore	Toxicología clínica, Antivenenos, toxinas naturales
Material Safety Data Sheets at Enviro-Net.com	<a href="http://www.enviro-net.com/">http://www.enviro-net.com/</a>	Enviro-Net	Hojas de seguridad
MSDS(Material Safety Data Sheets) at Oxford University	<a href="http://physchem.ox.ac.uk/">http://physchem.ox.ac.uk/</a>	Oxford University	Hojas de seguridad
MSDS(Material Safety Data Sheets) at University of Utah	<a href="Gopher://atlas.chem.utah.edu/toxicon/">Gopher://atlas.chem.utah.edu/toxicon/</a>	University of Utah	Hojas de seguridad
Toxicon Medical Toxicology Consortium	<a href="Http://toxicon.uh.uic.edu/toxicon/">Http://toxicon.uh.uic.edu/toxicon/</a>	University of Illinois	Toxicología, Antídotos, Toxinas
Tri-Service Toxicology Consortium	<a href="Http://excalibur.wpafb.af.mil/">Http://excalibur.wpafb.af.mil/</a>	Naval Medical Research Institute, Air Force Armstrong Laboratory, US Army	Efectos en salud humana
Medical Management Guidelines for Acute Chemical Exposures: Patient Information (FAQs)	<a href="http://atsdr1.atsdr.cdc.gov:8080/mmg.html">http://atsdr1.atsdr.cdc.gov:8080/mmg.html</a>	Agency for Toxic Substances Disease Registry	Toxicología clínica, Exposiciones agudas, Seguridad química

Nombre	Dirección	Institución responsable	Tópicos relevantes
Environmental Health Perspectives	<a href="http://ehpnet1.niehs.nih.gov">Http://ehpnet1.niehs.nih.gov</a>	The National Institute of Environmental Health Sciences	Texto completo de la revista EHP
Hazardous Substance Research Centres	<a href="http://eoeml-www.gtri.gatech.edu/home/hsrc/">http://eoeml-www.gtri.gatech.edu/home/hsrc/</a>	Hazardous Substance Research Centres	Bioremediación, Incineración
Guía de la Industria Química	<a href="http://www.cosmos.com.mx">http://www.cosmos.com.mx</a>	Publicaciones Cosmos	Productos Químicos en México



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

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO INTERNACIONAL EN RIESGO  
AMBIENTAL**

**MODULO II: CAUSAS DE RIESGOS INDUSTRIALES  
GRAVES**

**TEMA**

**UNIVERSO DE SUBSTANCIAS QUIMICAS**

**EXPOSITOR: BIO. GABRIELA MA. T. CEDILLO PONCE  
PALACIO DE MINERIA  
JUNIO DEL 2001**

# **RIESGOS QUIMICOS**

**BIOL. GABRIELA MA. T. CEDILLO  
PONCE**

**Egresada de la UNAM**

**Consultor Independiente**

**Perito en Riesgo Ambiental**

**Experiencia en la elaboración de Estudios de riesgo, impacto y auditorias ambientales a instalaciones de PEMEX, Empresas quimicas, Recubrimientos metálicos, pinturas, etc.**

# Universo de sustancias químicas

12 000 000	En el planeta
100 000	En el comercio
8 000	Reguladas
3 000	Corresponden a 90% del consumo
600	Prohibidas o restringidas
15	Sujetas a control internacional de exportaciones

Para tener una idea de la magnitud del universo de las sustancias químicas y definir criterios para enfocar la atención en las más relevantes para la sociedad desde la perspectiva de la prevención y control de riesgos, conviene señalar que se han identificado alrededor de **12 millones de sustancias en el planeta** y que se encuentran en el comercio mundial más de **cien mil**, de las cuales **menos de tres mil** se producen en volúmenes superiores a mil toneladas, pero ellas representan alrededor del 90 por ciento del total que se comercian.

A pesar de que se han **regulado alrededor de ocho mil** en lo que se refiere a su etiquetado, con base en algunas propiedades que las hacen peligrosas, no se han realizado estudios sistemáticos de su peligrosidad para la salud humana y los ecosistemas sino para un número limitado de ellas. Por ejemplo, sólo alrededor del 8 por ciento de las sustancias de **alto volumen de producción** cuentan con el **mínimo conjunto de datos**, para evaluar su peligrosidad.

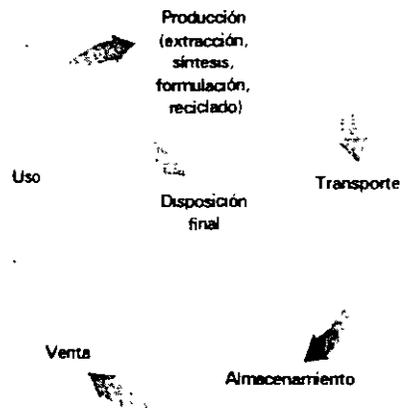
La Organización de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), ha elaborado una lista consolidada de cerca de 600 sustancias que han sido **prohibidas, severamente restringidas, no autorizadas por los gobiernos o retiradas del comercio**, de las cuales, únicamente unas 15 **prohibidas o restringidas** son objeto de control internacional de exportaciones e importaciones, a través del **Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo** -PIC por sus siglas en inglés-

## Gestión de las sustancias químicas a lo largo de su ciclo de vida

La producción/extracción, transformación, importación, almacenamiento, transporte, comercialización, aplicación y disposición final de algunas de estas sustancias, si están dotadas de propiedades peligrosas, pueden tener consecuencias adversas para la salud y el ambiente, si su manejo se realiza de manera irracional y en condiciones que conllevan exposiciones excesivas a ellas.

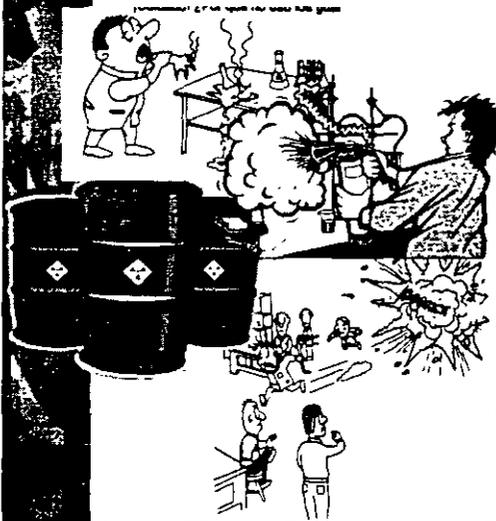
# Gestión de las sustancias químicas a lo largo de su ciclo de vida

Se debe  
promover su  
manejo  
seguro en  
todas las  
fases de su  
ciclo de vida



# Definición de Materiales peligrosos

(Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente - LGEEPA)



Substancias, compuestos, residuos o mezclas de ellos que, independientemente de su estado físico, representen un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características

**corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas o inflamables**

***La peligrosidad de las sustancias químicas constituye una propiedad inherente o intrínseca que las puede hacer corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas o inflamables.***

## Propiedades físicas y químicas

Propiedades	Ejemplos de Implicaciones
Solubilidad en agua > 500 mg/l	Peligro de movilización en suelos, contaminación de acuíferos y acumulación en ecosistemas acuáticos.
Presión de vapor > 10 <sup>-3</sup> mm de mercurio	Peligro de volatilización y difusión atmosférica.
Persistencia mayor a seis meses reteniendo sus características físicas, químicas y toxicológicas	Peligro de acumulación en los diferentes medios ambientales y de bioacumulación.
Coefficiente de reparto octanol/agua (Log K <sub>ow</sub> ) > 1	Peligro de absorción a través de membranas celulares y acumulación en tejido adiposo

Aunados a los elementos de información antes mencionados, quienes están interesados en determinar la peligrosidad y los riesgos de las sustancias químicas deben conocer cuáles son las propiedades físicas y químicas de las sustancias que pueden favorecer su movilización desde las fuentes que las generan hacia los posibles receptores, así como las que influyen en la posibilidad de que puedan ingresar al organismo humano o a los organismos acuáticos y terrestres.

## DEFINICIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS, INFLAMABLES Y EXPLOSIVAS.

**Sustancias de toxicidad aguda:** Una sustancia es considerada como un tóxico agudo de acuerdo a que: su concentración capaz de producir la muerte de la mitad o el 50 por ciento (CL50) de los animales expuestos vía inhalación durante ocho horas sea de 0.5 mg/l de aire; o bien que su dosis dérmica que provoca la muerte del 50 por ciento (DL50) de los animales expuestos sea de 50 mg/kg de peso corporal; o que su dosis oral (DL50) sea equivalente a 25 mg/kg de peso corporal. En ausencia de estos valores, se utilizan las concentraciones o dosis más bajas que son letales para cualquier animal de prueba

**DEFINICIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS, INFLAMABLES Y  
EXPLOSIVAS.**

**Sustancias inflamables:** Punto de inflamación menor a 60 °C, una presión vapor absoluta que no exceda de 2.81 Kg/cm<sup>2</sup> y temperatura de ebullición de 37.8 °C. Un líquido inflamable es definido por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) como aquel líquido con un punto de flasheo por debajo de los 37.8 °C. La misma NFPA establece las siguientes subclasificaciones para estos líquidos:

Clase 1A : puntos de flasheo por debajo de los 22.8 °C y que tienen un punto de ebullición por debajo de 37.8 °C; Clase 1B : puntos de flasheo por debajo de los 22.8 °C y cuyo punto de ebullición es o se encuentra por arriba de 37.8 °C.

Clase II: puntos de flasheo de 0 por arriba de los 37.8 °C y debajo de los 60 °C.

Clase III: líquidos subdivididos en 2 subclases: Clase IIIA : puntos de flasheo de 60 o por arriba de 60 °C y por debajo de 93.3 °C.; Clase IIIB : todos aquellos que tienen puntos de flasheo de 0 por arriba de 93.3 °C.

Son aquellas capaces de formar una mezcla, con el aire, en concentraciones tales que las haga formar una flama espontáneamente o por la acción de una chispa. La concentración de dicha mezcla se considera equivalente al límite inferior de inflamabilidad.

**DEFINICIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS,  
INFLAMABLES Y EXPLOSIVAS.**

**Sustancias explosivas:** Son aquellas que producen una expansión repentina, por turbulencia, originada por la ignición de cierto volumen de vapor inflamable, acompañada por ruido, junto con fuerzas físicas violentas capaces de dañar seriamente las estructuras por la expansión rápida de los gases.

## CARACTERÍSTICAS DE LAS SUSTANCIAS DE ALTO RIESGO

CAS	Nombre comun	C	R	E	T	I
76-47-01-0	Acido clorhidrico					
7664-38-2	Acido fosforico					
7697-37-2	Acido nitrico					
7664-93-9	Acido sulfurico					
74-86-2	Acetileno					
67-64-1	Acetona					
140-88-5	Acrilato de etilo					
107-13-1	Acronitrilo					
67-56-1	Alcohol metilico					
7664-41-7	Amoniaco					
71-43-2	Benceno					
7782-50-5	Cloro					
74-87-3	Cloruro de metilo					
75-01-4	Cloruro de vinilo					
75-08-1	Etil mercaptano					
108-95-2	Fenol					
50-00-0	Formaldehido					

## Riesgos graves



Las explosiones, los incendios y la fuga o derrame de sustancias tóxicas,

Se pueden dar en empresas industriales, comerciales y de servicios, así como en las distintas modalidades de transporte de materiales peligrosos, que implican, por lo general, el escape de dichos materiales de un recipiente, acompañado en el caso de sustancias volátiles, de su evaporación y dispersión en el ambiente.

## Los riesgos pueden disminuir o amplificarse

Esto esta en función de las condiciones que prevalezcan alrededor de las actividades riesgosas, entre las que destacan:

la vulnerabilidad del medio,

la densidad poblacional,

la distancia de las poblaciones respecto de las empresas de alto riesgo o las vías de transporte de materiales peligrosos,

la infraestructura de la que se disponga para mitigar el impacto de los accidentes,

el conocimiento y preparación de la población para comportarse de manera adecuada para proteger su salud en caso de accidentes.

## Variables y factores que dependen los accidentes

Variables básicas:

1. presión,
2. temperatura y
3. volumen de las diversas sustancias peligrosas involucradas en la actividad.

A lo cual se suman otros factores tales como:

características del proceso o forma de transporte, diseño de los componentes (por ejemplo cisternas de almacenamiento, vehículos, ductos, etc.), condiciones de operación, mantenimiento y vigilancia de equipos, sistemas de seguridad, capacitación de los trabajadores.

## ***Definición de accidentes de alto riesgo ambiental***

***Una explosión, incendio, fuga o derrame súbito que resulte de un proceso en el curso de las actividades de cualquier establecimiento, así como en ductos y en transportes, en los que intervengan una o varias sustancias peligrosas y que suponga un peligro grave (de manifestación inmediata o retardada, reversible o irreversible) para la población, sus bienes, el ambiente y los ecosistemas.***

## DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE ACCIDENTES MAYORES

1. Cualquier liberación de una sustancia peligrosa, en la que la cantidad total liberada sea mayor a la que se haya fijado como umbral o límite (*cantidad de reporte o de control*).
2. Cualquier fuego mayor que de lugar a la elevación de radiación térmica en el lugar o límite de la planta, que exceda de  $5 \text{ kw/m}^2$  por varios segundos.
3. Cualquier explosión de vapor o gas que pueda ocasionar ondas de sobrepresión iguales o mayores de  $1 \text{ lb/pulg}^2$ .

## DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE ACCIDENTES MAYORES

Cualquier explosión de una sustancia reactiva o explosiva que pueda afectar a edificios o plantas, en la vecindad inmediata, tanto como para dañarlos o volverlos inoperantes por un tiempo.

Cualquier liberación de sustancias tóxicas, en la que la cantidad liberada pueda ser suficiente para alcanzar una concentración igual o por arriba del nivel que representa un peligro inmediato para la vida o la salud humana (IDLH por sus siglas en inglés), en áreas aledañas a la fuente emisora.

En el caso del transporte, se considera como un accidente, el que involucre la fuga o derrame de cantidades considerables de materiales o residuos peligrosos que pueden causar la afectación severa de la salud de la población y/o del ambiente.

En la Unión Europea, 90 % de los accidentes en empresas que realizan actividades altamente riesgosas, han sido ocasionados por

**fallas en la administración de las instalaciones y por errores humanos**



- la **cantidad** de la sustancia que entra en contacto con los posibles receptores o de la dosis que alcanza dentro de ellos,
- del **tiempo** que dure este contacto y
- de la **frecuencia** con la que se repita.

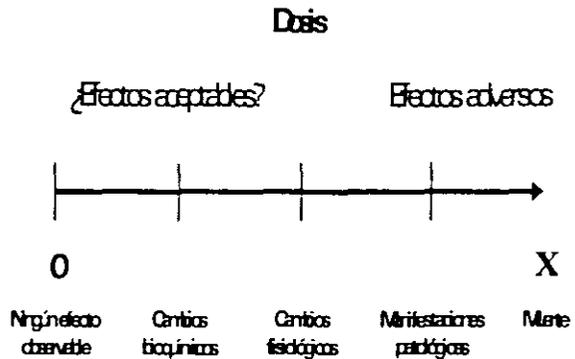
A pesar de que una sustancia química posea propiedades que la hacen peligrosa, no necesariamente puede ocasionar efectos adversos en la salud humana, en los organismos acuáticos y terrestres o en los bienes si no se dan las condiciones de exposición necesarias para que pueda ejercer efectos adversos, esta exposición depende de



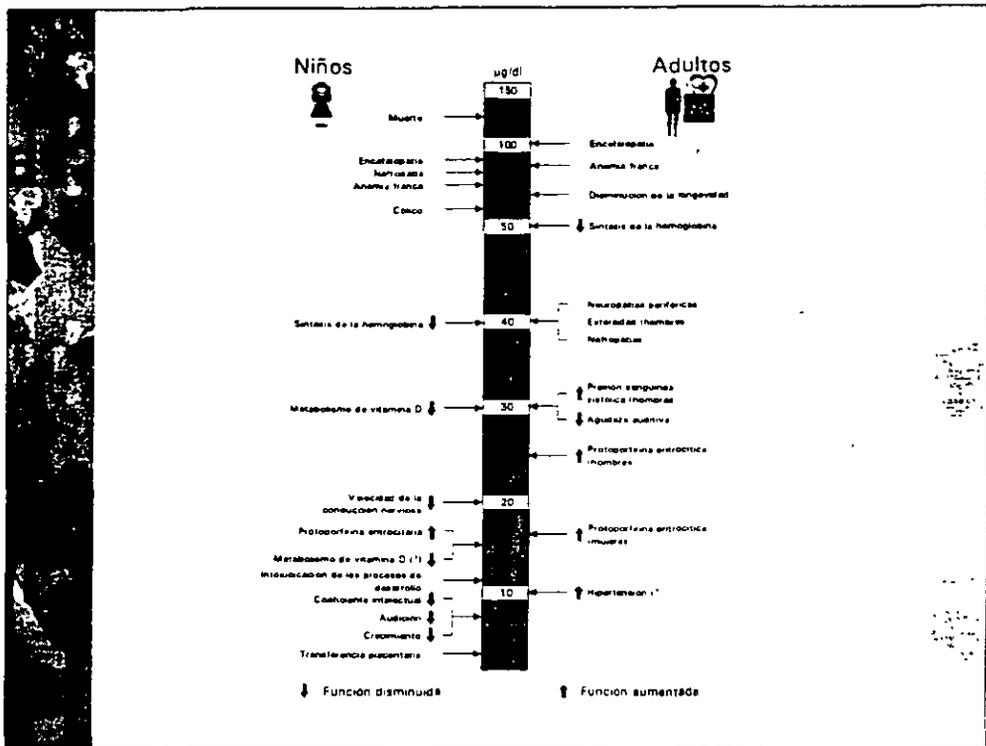
*el riesgo de las sustancias peligrosas esta en función de la exposición a ellas, es decir, depende de la forma en que se manejen, por lo tanto puede ser prevenido o reducido.*

# Gradiente de Toxicidad

*fundamental  
conocer no tan sólo  
las propiedades que  
hacen peligrosa a  
una sustancia, sino  
las dosis a las  
cuales puede  
causar efectos  
diversos, para  
establecer medidas  
que limiten la  
exposición y con  
ello prevenir o  
reducir sus riesgos.*



Para ilustrar lo antes expuesto, se puede citar el caso del plomo, que en una cierta dosis interfiere con la fijación del hierro en la hemoglobina (cambio bioquímico), al elevar la dosis produce anemia (cambio fisiológico) y de seguir incrementándose la exposición puede causar nefropatía o encefalopatía (manifestaciones patológicas), finalmente, si se aumenta más la dosis puede provocar la muerte



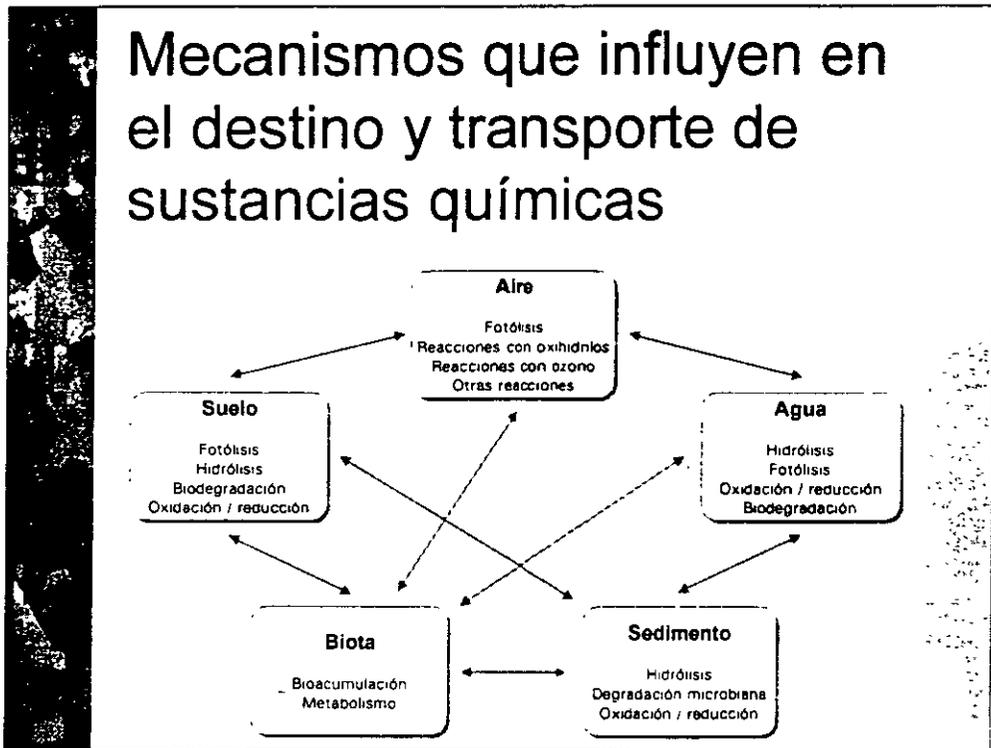
los niños pueden ser más sensibles a sus efectos tóxicos, por ello, al establecer límites máximos de exposición, se busca siempre proteger en primer término a los individuos más sensibles, porque protegiéndolos a ellos se protege además a los más resistentes.

## Potencia

Agente químico	Dosis letal media (DL <sub>50</sub> ) para ratas (mg/kg)
Cianuro	3
Acetato de fenil	30
mercurio	46
Dieldrin	50
Pentaclorofenol	113
DDT	1 780
Naftaleno	5 000
Tolueno	

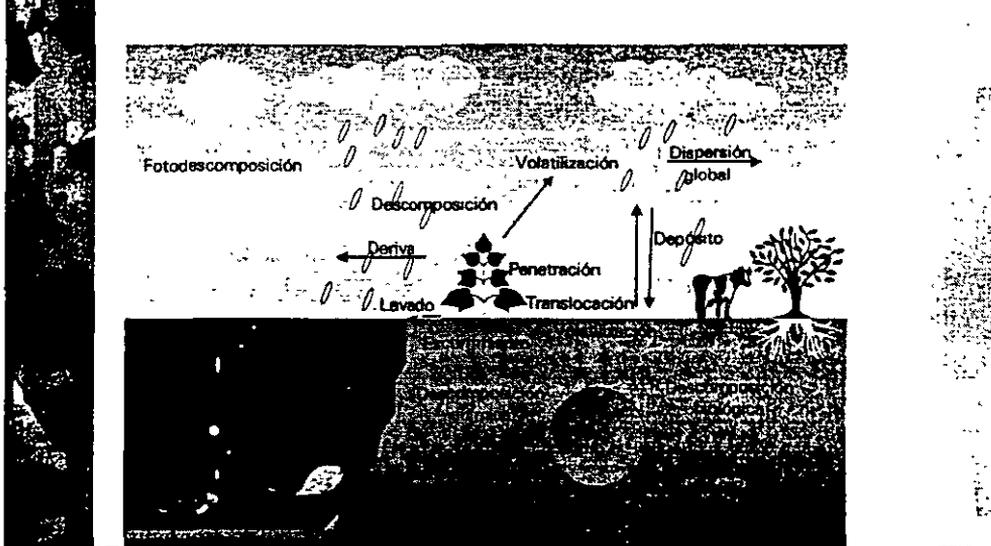
Otro aspecto que se debe tener presente al tratar de determinar la peligrosidad de una sustancia química es su **potencia**, ya que se sabe que dos sustancias que producen el mismo tipo de efecto, pueden variar en la concentración o dosis necesaria para producirlo, siendo más potente aquella que requiere de una dosis menor y que por lo tanto necesita de medidas de control más rigurosas

# Mecanismos que influyen en el destino y transporte de sustancias químicas



Entre los procesos que más influyen sobre el destino y transporte de las sustancias químicas en el ambiente y que pueden incrementar o disminuir la posibilidad de exposición a ellas y por lo tanto incidir en sus riesgos, se encuentran su adsorción a las partículas del suelo y sedimentos que impide su movilización, así como su degradación química, microbiológica o por la acción de los rayos solares

# Destino y transporte de las sustancias en el ambiente



Así por ejemplo, la capacidad toxicológica de las sustancias puede reducirse o eliminarse al romperse los enlaces de las moléculas por la acción de la luz (fotólisis), descomponerse por la acción del agua (hidrólisis y transformarse por la acción del oxígeno (oxidación), entre y otros mecanismos.

## SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE EMERGENCIAS (SAE)

Es un conjunto de sub-sistema que nos ayudan a preparar situaciones potenciales de riesgo y emergencia, definiendo de antemano el procedimiento para responder a tales situaciones de forma capacitada, así como para prevenir, minimizar y mitigar los impactos ambientales que puedan estar asociados con dichas situaciones de riesgo, emergencia y los riesgos a la población

Con base en lo anterior, para el desarrollo del sistema, se requiere contemplar cada uno de los sub-programas que contempla un SAE, de tal manera que se obtengan inicialmente los elementos necesarios para sustentar al Sistema en su conjunto

# SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE EMERGENCIAS (SAE)

## OBJETIVO

El objeto de este SAE es preparar situaciones potenciales que se puedan dar de riesgo y emergencia,

Definiendo de antemano el procedimiento para responder a tales situaciones de forma capacitada,

Para prevenir, minimizar y mitigar los impactos ambientales que puedan estar asociados con dichas situaciones de riesgo, emergencia y los riesgos a la población



El SAE es un instrumento de planeación que se circunscribe a un ámbito de dependencia, entidad, institución u organismos pertenecientes a los sectores público, privado y social y se implementa en cada uno de los inmuebles correspondientes, con el fin de establecer las acciones preventivas y de auxilio destinadas a salvaguardar la integridad física de los empleados y de las personas que concurren en ellos, así como de proteger a las instalaciones, bienes e información vital ante la ocurrencia de una calamidad.

Con el establecimiento del SAE se busca identificar a los grupos participantes y la forma en que contribuirán a la puesta en marcha del Sistema. Formular parámetros de evaluación; reducir la incertidumbre en el proceso de la toma de decisiones.

Establecer las acciones y de auxilio destinadas a salvaguardar la integridad física de los trabajadores y de las personas que concurren en ellos.

## SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE EMERGENCIAS (SAE)

Un Sistema de Atención a Emergencias contribuye a dar respuesta precisas sobre las acciones a desarrollar en las diferentes etapas de un desastre

Antes

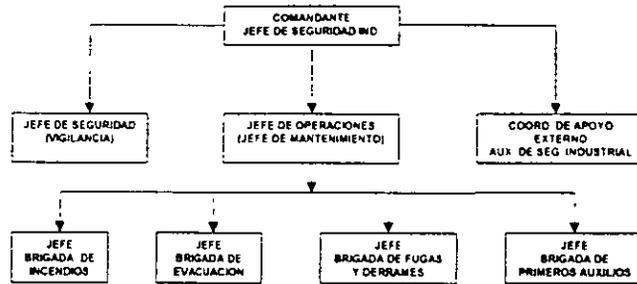
Durante

Después

ya que se aborda este problema como un todo y sin incluir temas que no se encuentren vinculados, con el propósito central de la atención adecuada a la emergencia.

# SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE EMERGENCIAS (SAE)

ORGANIGRAMA DE ATENCIÓN A EMERGENCIAS, ACCIDENTES Y DESASTRES





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

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

**CURSOS ABIERTOS**

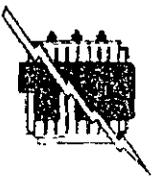
**DIPLOMADO INTERNACIONAL EN RIESGO  
AMBIENTAL**

**MODULO II: CAUSAS DE RIESGOS INDUSTRIALES  
GRAVES**

**TEMA**

**BIFENILOS POLICLORADOS ( BPC's )**

**EXPOSITOR: ING. CECILIA RAMIREZ CAZARES  
PALACIO DE MINERIA  
JUNIO DEL 2001**



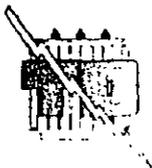
## BIFENILOS POLICLORADOS (BPC's)

**MÉTODO: A.S.T.M. D 4059-96**  
**EQUIPO: CROMATOGRAFO DE GASES**

**Las regulaciones ambientales (LGEEPA) especifican que los aparatos eléctricos y los líquidos aislantes que contengan Bifenilos Policlorados sean manejados y dispuestos mediante procedimientos específicos determinados por el contenido de estos contaminantes (PROY-NOM-133-ECOL-1999).**



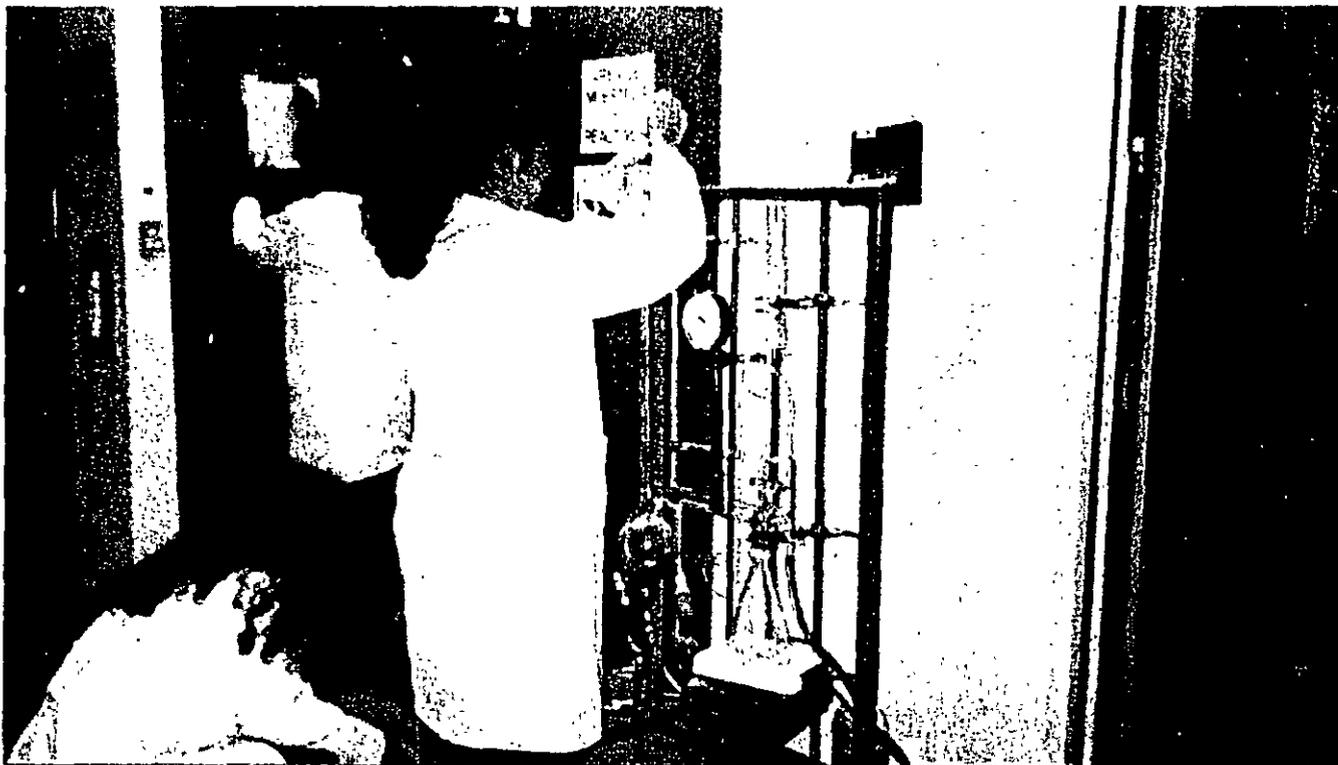
## TOGAS

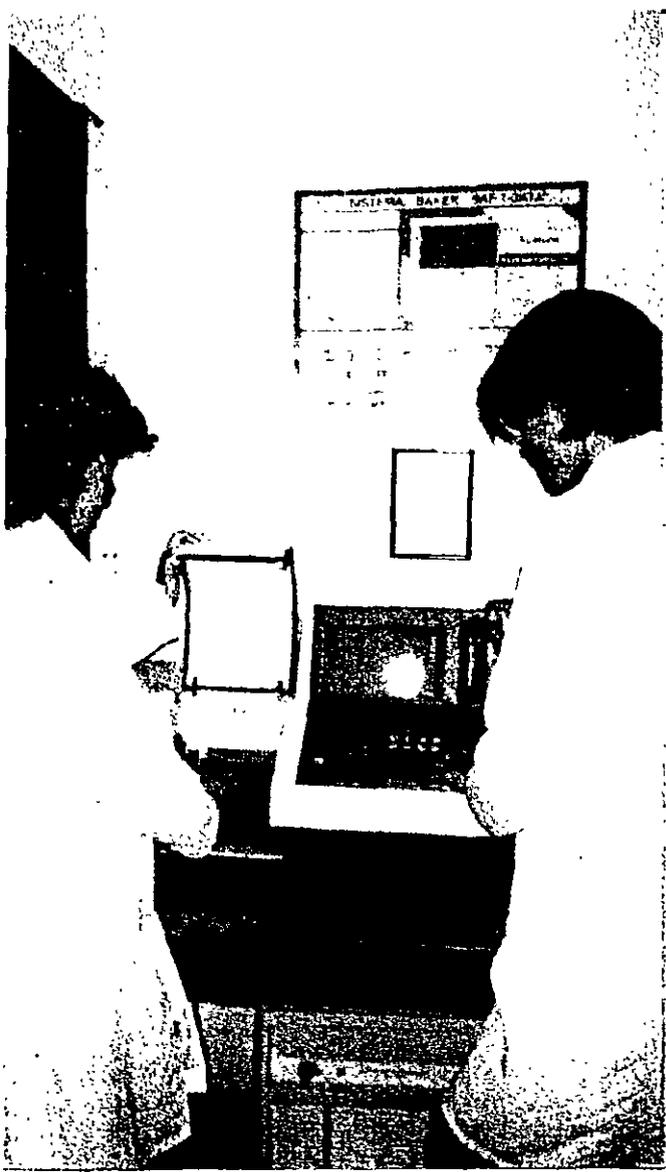
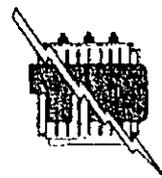


**MÉTODO: A.S.T.M. D 3612-96**

**EQUIPO: CROMATOGRAFO DE GASES**

**Detecta los gases disueltos en el aceite. En la operación normal o anormal del transformador se producen gases de diversas clases, algunos de ellos muy peligrosos por ser explosivos.**

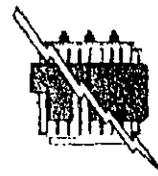




## **INHIBIDORES**

**MÉTODO: NMX-J-123-82/APENDICE B  
A.S.T.M. D 2668-96  
EQUIPO: ESPECTROFOTOMETRO DE  
INFRARROJO/ATR**

**Cuando se terminan los inhibidores naturales en el aceite,  
se acelera su proceso de oxidación y se forman lodos.**



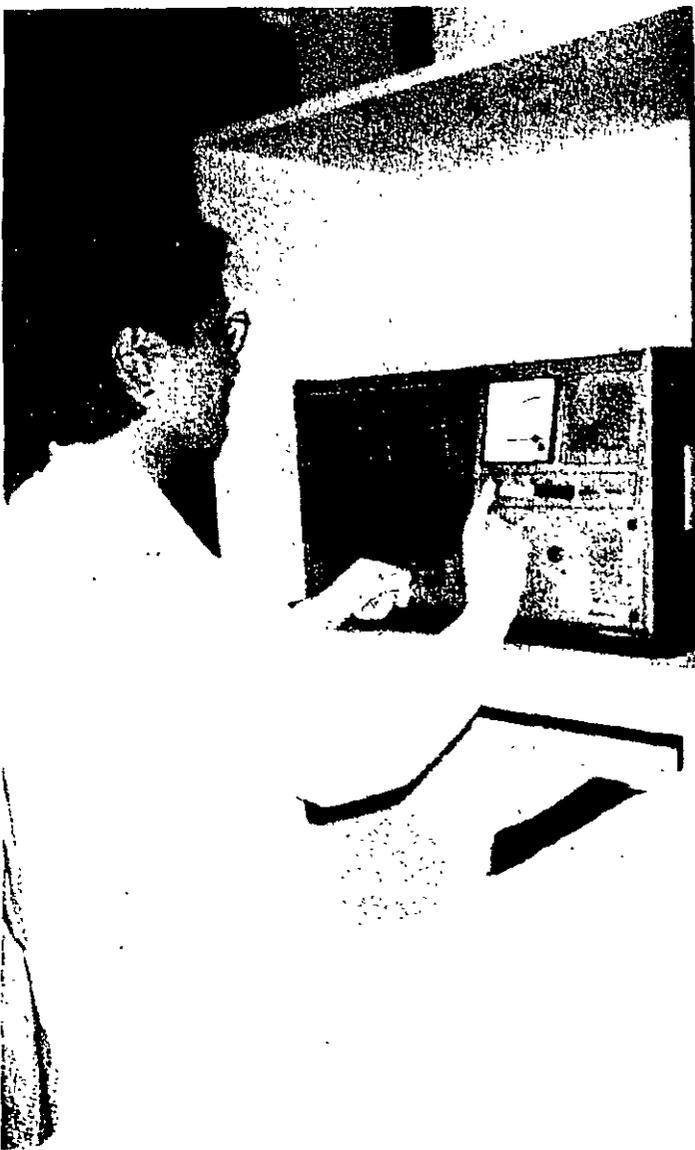
## **RIGIDEZ DIELECTRICA**

**MÉTODO: NMX-J-123 INCISO 6.16**

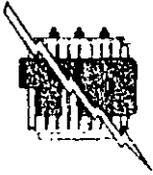
**A.S.T.M. D 877-95**

**EQUIPO: BALTEAU**

**El voltaje de ruptura dieléctrica de un líquido aislante es importante como una medida de su habilidad para soportar el esfuerzo eléctrico sin falla.**



## FACTOR DE POTENCIA 25 °C 100 °C



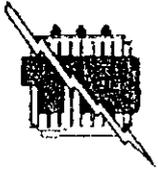
**MÉTODO: NMX J 123 INCISO 6.15**

**A.S.T.M. D 924-92**

**EQUIPO: MEDIDOR MARCA BIDDLE MODELO 670025**

**Mide las pérdidas dieléctricas en un aceite, y por lo tanto la cantidad de energía disipada como calor.**



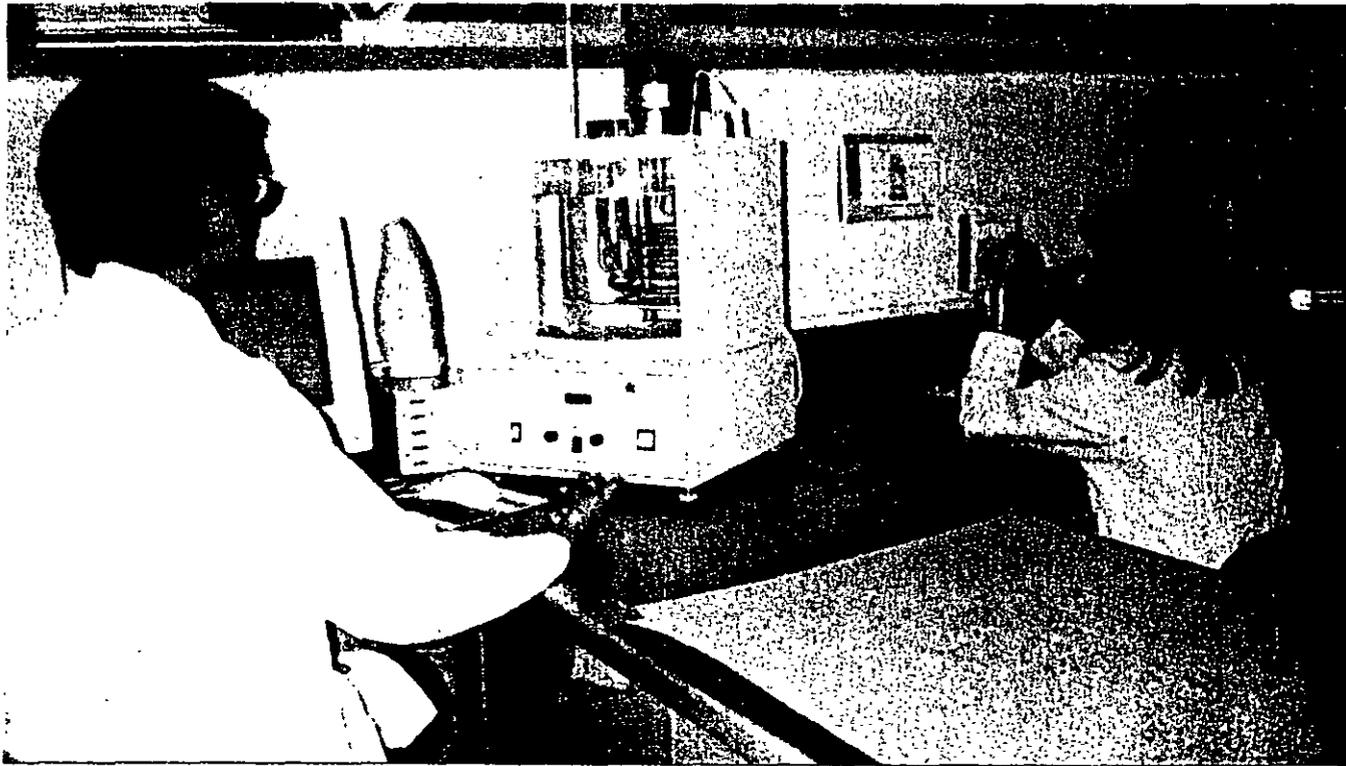


## VISCOSIDAD CINEMATICA

**MÉTODO:** NMX-J-123-1982/6.6 A.S.T.M. D 445-96

**EQUIPO:** VISCOSIMETRO CANNON-KOEHLER

**La correcta operación del equipo depende de la viscosidad apropiada del líquido usado. La viscosidad de muchos aceites es importante para la estimación de las condiciones óptimas de almacenaje, manejo y operación.**



## TENSIÓN INTERFACIAL



**MÉTODO: NMX-J-123-1982/6.5 A.S.T.M. D 2285-90**

**EQUIPO: TENSIOMETRO DE GOTA**

**Las mediciones de Tensión Interfacial en aceites dieléctricos aislantes proporcionan un medio significativo y sensitivo para detectar pequeñas cantidades de contaminantes polares solubles y productos de oxidación.**



## NÚMERO DE NEUTRALIZACIÓN

MÉTODO: NMX-J-123-1982/6.14 A.S.T.M. D 974-95

EQUIPO: MICROBURETA

Un bajo contenido de ácido total de un aceite aislante es necesario para minimizar corrosión de metal y conducción eléctrica, así como para aumentar al máximo la vida del sistema de aislamiento.



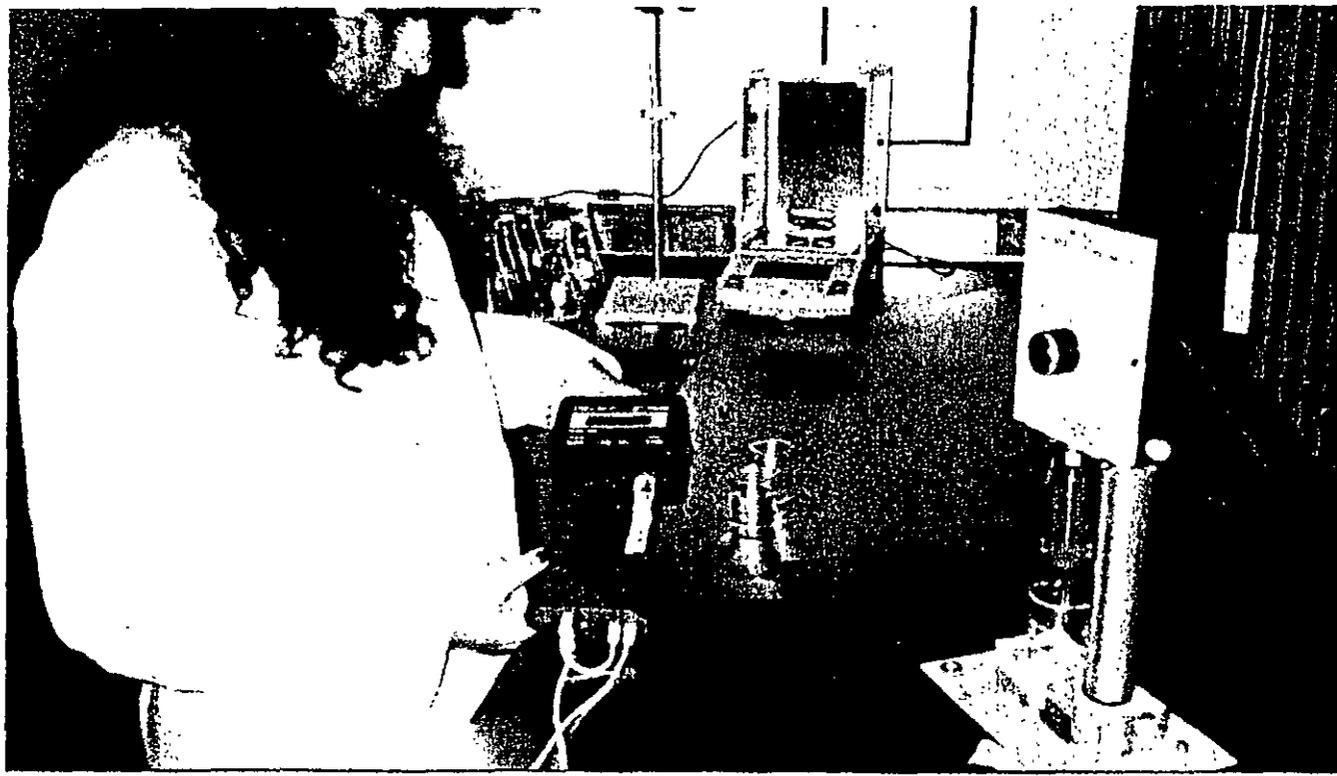


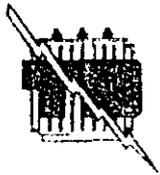
## DENSIDAD RELATIVA @ 20/4 °C

**MÉTODO:** NMX-J-123-1982/6.2 A.S.T.M. D 1298-90

**EQUIPO:** DENSIOMETRO ANTON PAAR DMA 3000

**Indica la calidad del básico, ya que el nafténico tiene valores alrededor de 0,88 y el parafínico entre 0,84 y 0,86**





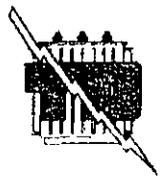
## CONTENIDO DE HUMEDAD

**MÉTODO: NMX-J-123-1982/6.11 A.S.T.M. D 1533-96**

**EQUIPO: COULÓMETRO KARL FISHER 737**

**Un bajo contenido de agua en aceites aislantes es necesario para lograr resistencia eléctrica adecuada, para aumentar al máximo la vida de sistema de aislamiento y para minimizar la corrosión de metal.**





## COLOR

**MÉTODO:** NMX-J-123-1982/6.1 A.S.T.M. D 1500-96

**EQUIPO:** COLORÍMETRO PRECISIÓN 10AZ-10

**Un incremento en el número de color indica deterioro o contaminación del aceite aislante.**



## **PROCEDIMIENTO PARA MUESTREO CON BALAS.**

- A) Se limpia la bala previamente con aceite de transformador limpio, para eliminar residuos de muestreos anteriores, y remover partículas extrañas que impidan la operación correcta de las válvulas de precisión de la bala.
- B) Para tomar las muestras en una línea o equipo presurizado, se remueve el tapón de la válvula de muestreo del equipo bajo prueba, se colocan las reducciones y se conecta un tramo de manguera de plástico transparente lo más corta posible. Se abre la válvula y se hace fluir suficiente aceite a través de la manguera con el fin de desalojar los residuos atrapados en el cuerpo de la válvula y la tubería.
- C) Se conecta el extremo libre de la manguera a la válvula de muestreo de la bala (lo más cercana a la válvula del equipo).
- D) Manteniendo la bala en posición vertical, se abre la válvula de purga de esta que es la más lejana al punto de muestreo, y en la cual se ha colocado también un tramo de manguera de plástico transparente que permite desalojar el aceite que sale del transformador a un recipiente de desechos.
- E) Se abre la válvula de muestreo de la bala. Se abre la válvula del equipo o línea que contiene el aceite por muestrear.
- F) Se deja fluir aceite a través de la bala inclinándola ligeramente hacia adelante, atrás, derecha e izquierda, para desalojar el aire del cuerpo del cilindro hasta comprobar que de la manguera de purga no salen burbujas. Posteriormente se purga durante un minuto.
- G) Se cierra la válvula de purga de la bala.
- H) Se cierra la válvula de muestreo de la bala.
- I) Se cierra la válvula del equipo donde se toma la muestra.
- J) Se desconecta la bala del equipo cerciorándose de que no haya fugas en las válvulas.
- K) Se agita la bala y no se debe escuchar ningún movimiento de aceite dentro de ella. En caso contrario se reconecta y se vuelve a muestrear hasta que quede completamente lleno de aceite.
- L) El transporte de éstos recipientes llenos se debe hacer preferentemente en posición horizontal.

### **NOTAS:**

Se aconseja no utilizar estopas o materiales que dejen pelusa en la limpieza de las válvulas de muestreo.

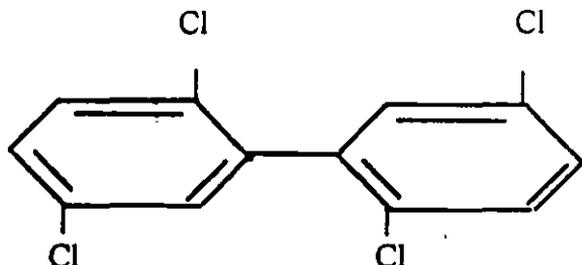
# BIFENILOS POLICLORADOS (BPC)

## COMPOSICION QUIMICA

- Cloro.
- Carbono.
- Hidrogeno.

## PROPIEDADES

- No se disuelven en agua.
- Solubles en solventes orgánicos, aceites y grasa.
- Estabilidad química.
- Resistentes al calor y a la oxidación.
- La presencia de cloro les confiere una excelente resistencia a la inflamabilidad



<i>AROCLOR</i>	<i>CONTENIDO DE CLORO %</i>
1221	18.8
1232	31.8
1242	41.4
1248	48.6
1254	54.4
1260	61

## HISTORIA

- 1930 comercialización de bifeniilos policlorados como dieléctricos para capacitores y transformadores (askareles)
- BPC temperaturas superiores a 350 °C dioxinas y benzofurano.
- Instrucciones del fabricantes :  
No manipular los BPC en caliente en lugares poco ventilados .  
Evitar el vertido de los desechos
- 1966 publicaciones científicas peligrosidad de los BPC por su acumulación en el ambiente y se presencia en algunos animales silvestres.

- En 1970 la Agencia de Protección al Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA) inició estudios para establecer reglamentaciones obligatorias para controlar el uso, mantenimiento, manejo, almacenamiento y disposición final del BPC.
- Posteriormente, en 1979 se prohibió la manufactura del fluido y por lo tanto, se dejaron de producir transformadores nuevos con askarel.
- Años setenta numerosos países comenzaron a aplicar acuerdos voluntarios relacionados con el uso de BPC y promulgaron legislaciones para restringir su fabricación y controlar sus desechos.

El empleo de BPC en la industria eléctrica ligado a tres ventajas fundamentales:

- La permitividad (propiedad eléctrica asociada a la acumulación de carga en capacitores) era más elevada que la del aceite mineral.
- Resistencia al fuego.
- Estabilidad química.

La aplicación y uso de los BPC se expandió a diferentes sectores de la industria:

- Capacitores, incluyendo blastos para lámparas fluorescentes.
- Transformadores en aceite.
- Plastificantes en resinas dieléctricas y en hules.
- Papel copia sin carbón.
- Fluidos hidráulicos.
- Aceites lubricantes y de corte.
- Líquido para transferencia de calor.
- Pigmentos para pinturas.
- Selladores.
- Adhesivos.
- Tintas de impresión
- Ceras para pisos.
- Agentes desengrasantes.

Actualmente en países desarrollados estas aplicaciones están reguladas o prohibidas.

### CARACTERISTICAS COMERCIALES.

1254} → porcentaje de Cloro



número de átomos de carbono en la molécula

<i>Nombre Comercial</i>	<i>Compañía Manufacturera</i>	<i>País</i>
Clophen	Bayer	Alemania Occ.
Fenclor	Caffaro	Italia
Arcolor o Arcolor B	Monsanto	Reino Unido y EU
Pyrocolor	P.R. Mallory	Europa
Pyralene	Prodelec	Francia
Delor	Chemco	China
Sovol, Sovotol, Soviol	Sovol	Rusia
Askarel	-----	EU
Inerteen	Westinhouse	Canadá y EU
Pyranol	General Electric	Canadá y EU
Santothren	Mitsubishi	Japón
Eucarel	Electrical U.	EU
Hyvol	Aerovox	EU

### **CONSECUENCIA AMBIENTALES Y EFECTOS EN LA SALUD.**

- Gran producción de BPC en el mundo e inadecuado control, propagación en el ambiente, contaminando el agua, la atmósfera y el suelo
- Se encuentran en áreas tan remotas como el ártico y en los tejidos grasos de algunas especies de animales como las aves y peces.

**PLACTON → PECES → PAJAROS → HOMBRE**

Yusho Japón en 1968.

- Cloracné.
- Pigmentación café en las uñas.
- Urticaria.
- Entumecimiento de extremidades y fiebre.
- Treinta y seis niños sufrieron el síndrome de BPC fetal

El aceite contenía aproximadamente

- 1000 ppm de BPC
- 5 ppm de benzofuranos
- 1000 ppm de dioxinas.

5 de febrero de 1981 en Binghamton, E.U.

- Derrame de 180 galones de BPC.
- Aproximadamente 400 personas expuestas.
- No se han detectado efectos nocivos en su salud.
- Muestras de aire dioxinas y benzofuranos debajo de lo niveles considerados como peligrosos para los seres humanos.

## CLASIFICACION

La EPA clasifica a los BPC de acuerdo a su concentración así:

- BPC puro cualquier líquido o sólido que contenga 500 ppm o más de BPC.
- Equipo contaminado con BPC, 50 ppm o más, pero menos de 500 ppm.
- Sólido o líquido con menos de 50 ppm no-BPC.

## MEXICO

Propuesta para eliminar el problema de los BPC en México.

- Elaborar un inventario preciso de la existencia de BPC concentrado en operación y de desecho a nivel nacional.
- Prohibir el uso de cualquier equipo fabricado con BPC durante el periodo de desincorporación y disposición final.
- Definir un programa calendarizado al año 2001 para disponer o eliminar todos los residuos existentes y los que se generaron durante la desincorporación de los equipos.

En cuanto al equipo eléctrico contaminado con BPC:

- Dejarlos en operación normal hasta que alcancen su tiempo de vida útil o bien, hasta el momento que requieran mantenimiento o sustitución por falla
- En el momento que requiera reparación o disposición se debe determinar el contenido de BPC deberán eliminarse o reclasificarse por medio de procesos autorizados por normatividad ambiental.

FACTOR AMBIENTAL	LIMITE MAXIMO	
	BPC	PCDD y PCDF TOTALES
Aire	0.5 mg/m <sup>3</sup>	0.005 µg/m <sup>3</sup>
Agua	5.0 mg/l	0.005 µg/l
Suelos y Sólidos	2.0 mg/Kg	0.001 mg/Kg

BPC = Bifenilos Policlorados.

PCDD y PCDF totales = Policlorodibenzo dioxinas y policloro dibenzofuranos

## BIFENILOS POLICLORADOS EN MEXICO

Su *persistencia*, propiedad que representa una ventaja económica como producto, constituye una desventaja y un riesgo desde la perspectiva ambiental: su *bioacumulación* y *biomagnificación* a través de la cadena trófica, ya que se trata de sustancias que atraviesan fácilmente las membranas celulares y se acumulan en el tejido graso. Lo cual, aunado a su movilización a grandes distancias, ha dado lugar a que se prohíba su producción, importación y uso en múltiples países.

En México no ha habido producción de bifenilos policlorados (BPC), mientras que a nivel mundial se estima que entre 1929 y 1977 se produjeron 1.2 millones de toneladas, principalmente en Estados Unidos, Alemania del Este, y en menor grado en Japón, Francia, Reino Unido, la antigua República de Checoslovaquia, Italia y España. La mayoría de los BPC que actualmente se encuentran en México fueron importados de dos plantas de Estados Unidos que cerraron en 1970 y en 1977. Cantidades menores fueron importadas en la década de los 80 de Europa y Japón. Actualmente no se cuenta con información detallada acerca de la localización y volúmenes de residuos que haya podido generar el empleo en México de los BPC importados, que se calcula alcanzaron unas 20 mil toneladas.

Los BPC empleados por las principales empresas paraestatales equivalen a alrededor de 6 544 toneladas, aunque se considera que la cifra puede llegar a 10 mil toneladas. Su distribución en la Comisión Federal de Electricidad, en la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, en Pemex y en el Sistema de Transporte Colectivo Metro, es resumida a continuación:

Hasta el momento, no hay capacidad instalada para el tratamiento y disposición final de los BPC, por lo que se tienen que exportar para este fin, lo cual está previsto en la legislación ambiental. En 1996, se exportaron para su disposición final a Finlandia e Inglaterra 1 528 toneladas y en la actualidad, en el marco del *Plan de Acción Regional sobre bifenilos policlorados*, se está tramitando la posibilidad de su envío a Estados Unidos.

En mayo de 1995, fue autorizada por el Instituto Nacional de Ecología (INE), una unidad móvil para el tratamiento de BPC por dechloración y en 1996 una unidad móvil para la descontaminación *in situ* de equipos y materiales, entre otros.

En 1997 se autorizaron, vía Manifiesto de Impacto Ambiental, la instalación de una planta para el tratamiento de BPC mediante el proceso de dechloración y a una empresa para la instalación de un incinerador móvil para la destrucción de BPC (a esta empresa se le autorizó llevar a cabo el protocolo de pruebas para dicha actividad). A la fecha existen seis empresas autorizadas para el manejo *in situ* de BPC para su exportación posterior destrucción por incineración.

Un caso de tráfico ilícito de residuos peligrosos que involucró a BPC, ocurrió en el pasado con la implicación de tres compañías estadounidenses sobre las que se ejerció acción legal por el envío a Mazapil, Zacatecas de 1 409 barriles conteniendo estos residuos.

**Estimación de bifenilos policlorados en uso en empresas paraestatales**

DEPENDENCIA	CANTIDAD DE BPC (TONELADAS MÉTRICAS)
Comision Federal de Electricidad	2 058
Luz y Fuerza del Centro	2 551
Petróleos Mexicanos	647
Metro	537
Ferrocarriles	351
Otros	400
Total	6 544

**Contenido de bifenilos policlorados en organismos de sistemas costeros de México**

UBICACION	CONCENTRACIONES DE BPC (PPM)	REFERENCIA
Laguna Pueblo Viejo, Veracruz	75	Rosales y cols., 1979
L. Tampamachoco, Veracruz	20	Rosales y cols., 1979
Laguna Alvarado, Veracruz	72	Rosales y cols., 1979
Laguna del Carmen, Tabasco	90	Rosales y cols., 1979
Laguna de Terminos, Campeche	94	Rosales y cols., 1979

## •Exportaciones de BPC (toneladas)

DESTINO	1995	1996 (JUNIO)	TOTAL
FINLANDIA (EKOKEM)	1,255.60	94.32	1,349.92
INGLATERRA (RECHEM)	199.95	0.00	199.95
INGLATERRA (CLEANAWAY)	0.00	119.41	119.41
ESTADOS UNIDOS (PORT ARTHUR)	0.00	20.00	20.00
TOTAL	1,455.55	233.73	1,689.28

### MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN DEL AMBIENTE

• Medidas para la protección del ambiente a través del control de los residuos peligrosos	(BPC) C(87)1 (FINAL)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prohibir la manufactura, importación, exportación y venta de BPC's, así como de los productos, artículos o equipo que los contengan, salvo algunas excepciones</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de los usos actuales, del transporte y almacenamiento de BPC's, y la aceleración de los pasos tendientes a sustituirlos, particularmente en los casos en los que pueda ocurrir su derrame</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer un control de los productos, artículos o equipo contaminado con BPC's, para reducir la contaminación de tales materiales a niveles que no pongan en peligro la salud y el ambiente</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratar y disponer adecuadamente (por incineración a alta temperatura o un método efectivo comparable) los desechos sólidos y líquidos que contengan niveles de BPC's superiores a 100 ppm, así como los equipos que los hayan contenido y no hayan sido limpiados apropiadamente</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prohibir la dilución deliberada de residuos que contengan BPC's</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer la infraestructura para tratar y disponer adecuadamente los BPC's</li> </ul>

*P E L I G R O*

*C O N T I E N E*

***B P C***

*(BIFENILOS POLICLORADOS)*

SUSTANCIA TÓXICA

REQUIERE MANEJO ESPECIAL

EN CASO DE ACCIDENTE O DERRAME, REPORTARLO A:

PROTECCIÓN CIVIL

**TEL:**

PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE

**TEL.**

NOMBRE DE LA EMPRESA (GENERADOR)

**TEL.**

## **METODO PARA LA DETERMINACION DE BPC**

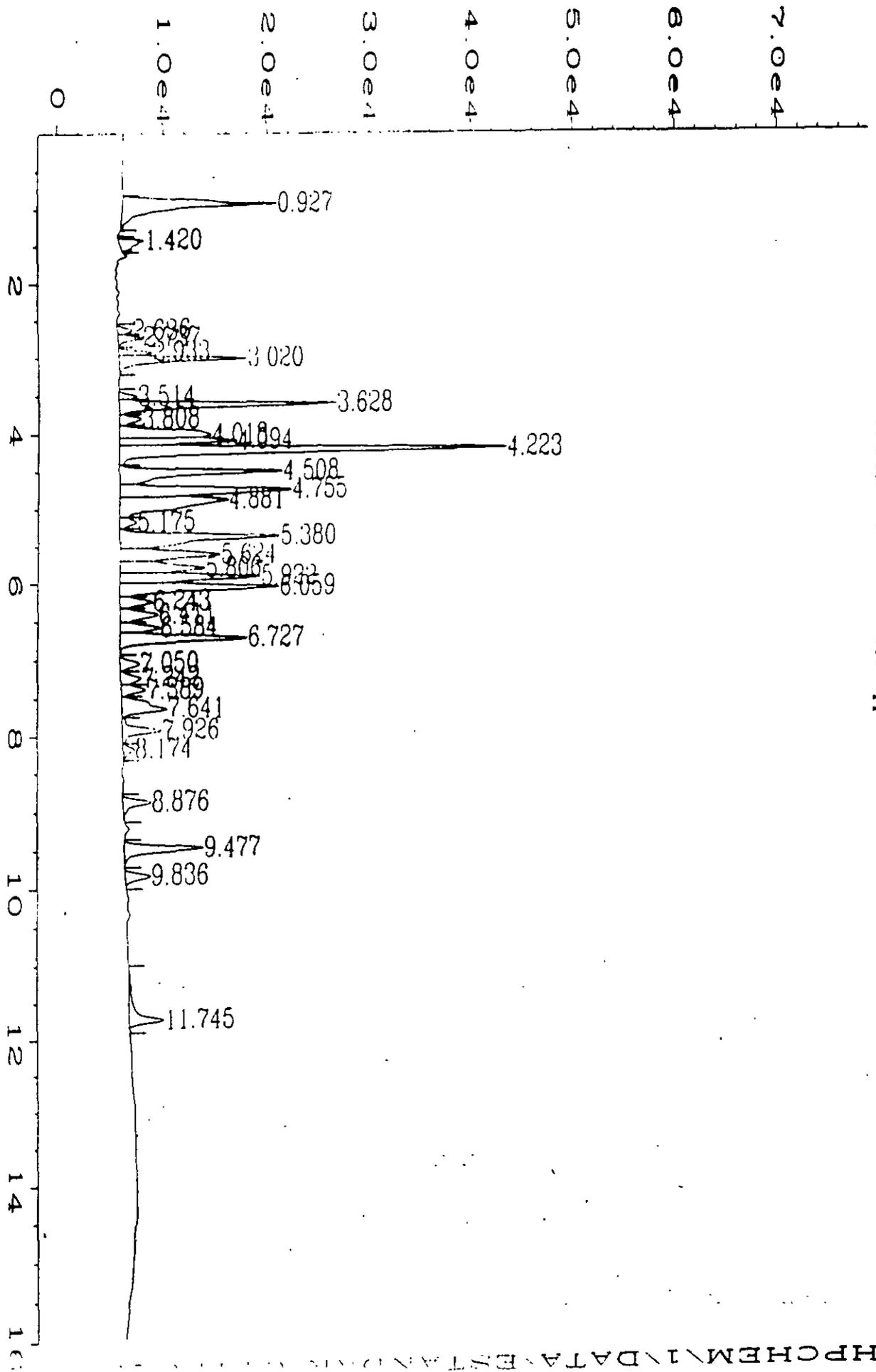
Método ASTM D4059-96 "Método de prueba estandar para determinar Bifenilos Policlorados en Líquidos Aislantes por Cromatografía de Gases".

### **EQUIPIOS Y REACTIVOS:**

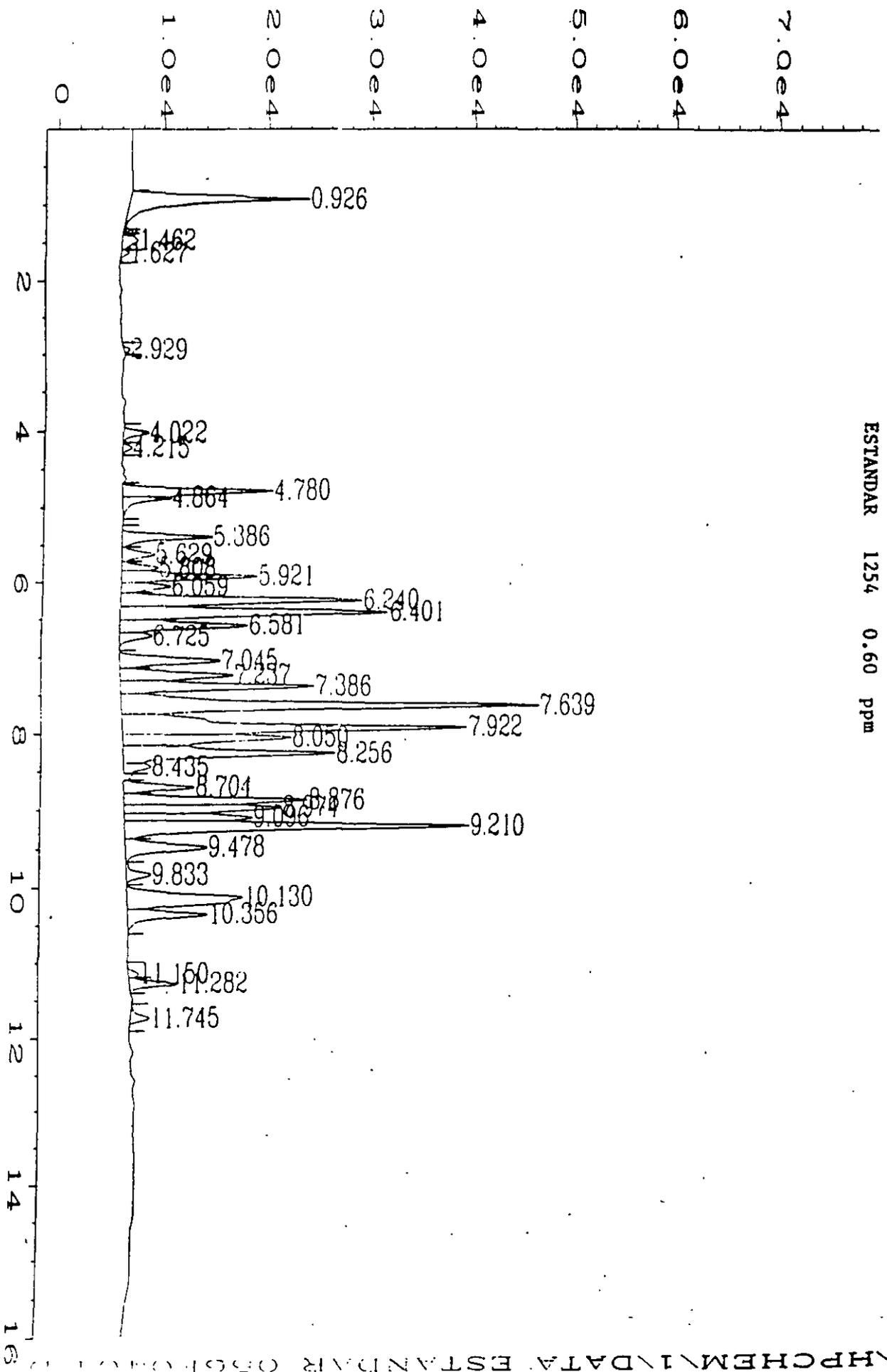
- Cromatografo de Gases.
- Detector de captura de electrones.
- Aceite nuevo libre de BPC.
- Acido Sulfúrico.
- Isoctano.
- Florisil.
- Estandares de aroclors 1242, 1254 y 1260.

### **PROCEDIMIENTO.**

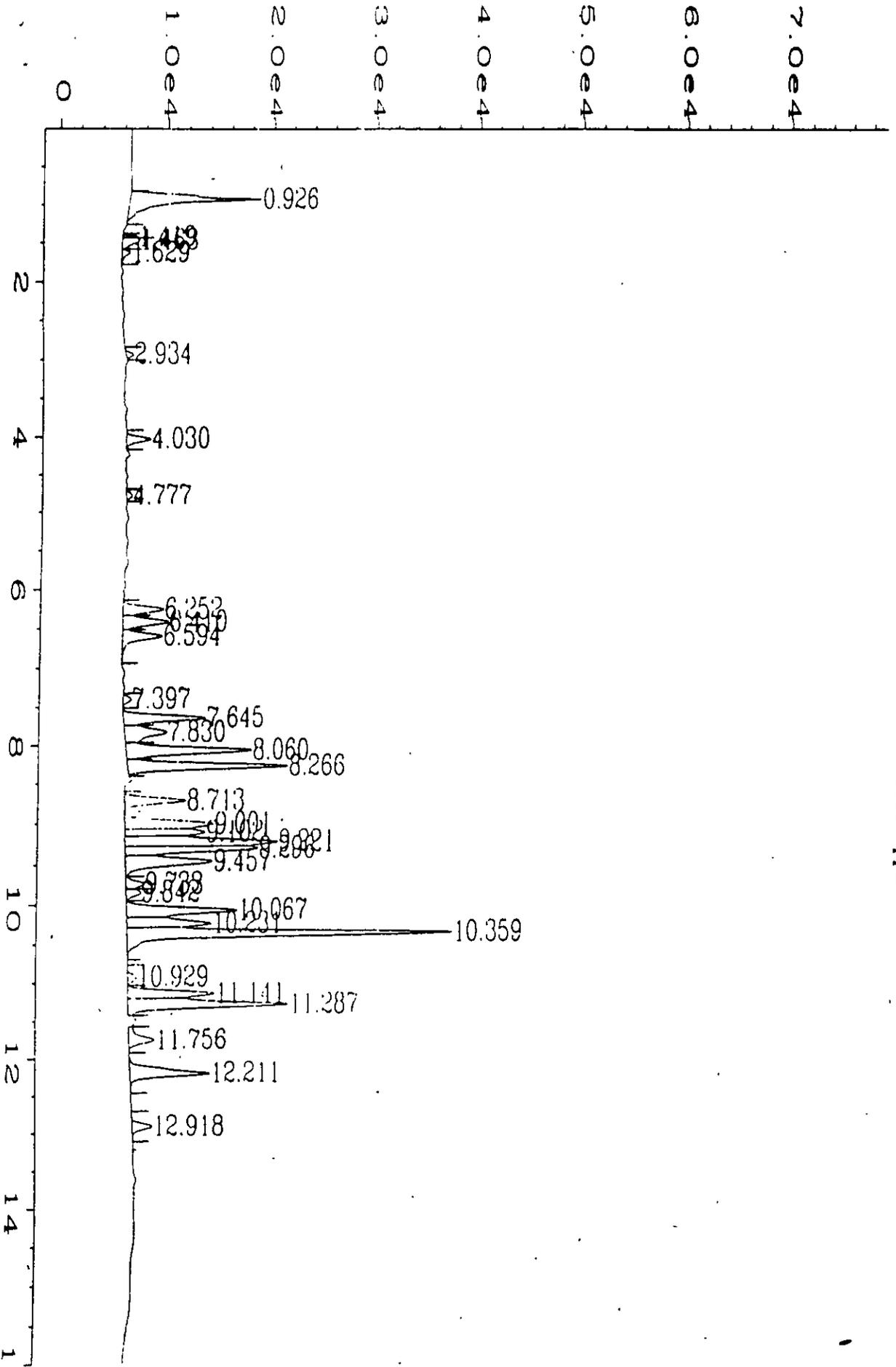
- Preparar estándares de diferentes concentraciones de 1242, 1254 y 1260 .
- Inyectar los estándares en el cromatografo.
- Obtener una curva de calibración
- 0.1 gramos del aceite problema aforar a 5 ml con Isoctano.
- Eliminar las interferencias se aplican los siguientes procedimientos  
    Florisil.  
    Acido Sulfúrico.
- Inyectar la muestra en el cromatografo.
- Analiza comatograma.
- Cuantificar el contenido de BPC .



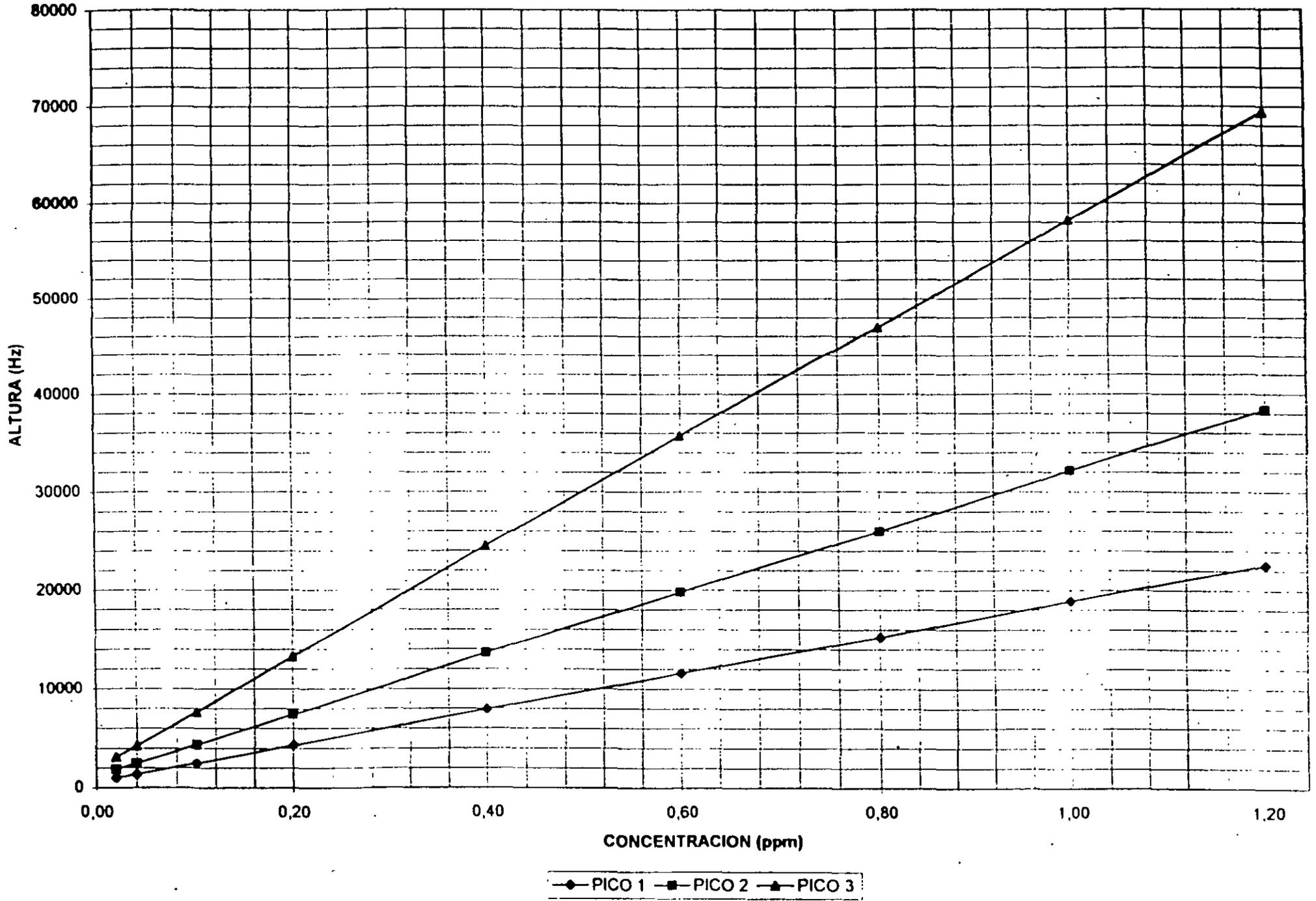
ESTANDAR 1242 0.8 ppm



ESTANDAR 1254 0.60 ppm



ESTANDAR 1242



## ALOJAMIENTO DE BIFENILOS POLICLORADOS (BPC's)

NO DE AUTORIZACION	EMPRESA	DOMICILIO	ESTADO	MUNICIPIO	CAPACIDAD	UNIDAD
15-104B-PS-1-23-96	ABB SISTEMAS, S.A. DE C.V.	HENRY FORD No. 4, ESQUINA VIA GUSTAVO BAZ FRACC INDUSTRIAL SAN NICOLAS, C.P. 45030, TEL. 5328-1400	MEXICO	TLALNEPANTLA		
9-3-PS-VI-12-94	CHEMEL S.A. DE C.V.	INSURGENTES SUR, No. 1480 12 PISO, COL. INSURGENTES MEXCOAC, C.P. 65230	DF			
9-3-PS-VI-11-94	ECOLOGIA LABORATORIOS Y CONSULTORES DE MEXICO S.A. DE C.V.	DIVISION DEL NORTE No. 126, COL. DEL VALLE, C.P. 03100	DF			
9-11B-PS-1-12-96	RESIDUOS INDUSTRIALES MULTIQUM, S.A. DE C.V.	INGENIEROS MILITARES No. 105, COL. LOMAS DE SOTELO, C.P. 11200	DF			
17-16-PS-IV-07-97	SEM TREDI, S.A. DE C.V.	BODEGA DE CIDROS No. 46-204, COL. LOMAS DE LAS LOMAS, TEL. 570-5300	DF			

## TRATAMIENTO DE ACEITES Y MATERIALES CONTAMINADOS CON BIFENILOS POLICLORADOS

NO DE AUTORIZACION	EMPRESA	DOMICILIO	ESTADO	MUNICIPIO	CAPACIDAD	UNIDAD
15-104B-PS-V-13-97	ADHESIVOS Y PRODUCTOS QUIMICOS INDUSTRIALES S.A. DE C.V.	CRUCERO DE SAN RAFAEL S/N COL. SAN RAFAEL P. 54120, TEL. 310-2701	MEXICO	TLALNEPANTLA	3000	TONDA
11-05-PS-V-02-95	DIAFOR DE MEXICO, S.A. DE C.V.	CALLE SAN ESQUINA LIBRAMIENTO NORTE FRACCIONAMIENTO INDUSTRIAL JULIN DE OBREGON	GUANAJUATO	LEON		
9-13-PS-V-20-96	GRUPO PERFOTEC, S.A. DE C.V.	MANUEL M. FLORES No. 35, COL. SANTIAGO SAPOTITLAN, C.P. 11300	DF	TLAHUAC		
9-13-PS-V-01-97	GRUPO PERFOTEC, S.A. DE C.V.	MANUEL M. FLORES No. 35, COL. SANTIAGO SAPOTITLAN, C.P. 11300	DF	TLAHUAC		
15-104B-PS-V-02-2000	RESIDUOS INDUSTRIALES MULTIQUM, S.A. DE C.V.	JAV. LACARD CARDENAS No. 240, PTE. D-1, C.P. 66201, GARZA GARCIA, N.L. TEL. (5) 122 2175	NUEVO LEON	GARZA GARCIA	8500	TONAÑO
15-104B-PS-V-10-2000	QUIMICA WIMEL, S.A. DE C.V.	TEXAMADURHTS S/N COL. AMPLIACION SANTA CATARINA, C.P. 11300, TEL. 5343640	MEXICO	VALLE DE CHALCO	400	TONAÑO
15-14-PS-V-29-2000	S.D. MYERS DE MEXICO, S.A. DE C.V.	BENITO JUAREZ No. 102 COL. SAN LUCAS TEPETLALCO, C.P. 54050, TEL. 53-61-77-79, 53-61-76-65, 53-62-09-70	MEXICO	TLALNEPANTLA	1200	TONAÑO
15-14-PS-V-13-95	S.D. MYERS DE MEXICO, S.A. DE C.V.	BENITO JUAREZ No. 102, COL. SAN LUCAS TEPETLALCO, C.P. 54050, TEL. 53-61-77-79, 53-61-76-68	MEXICO	TLALNEPANTLA		

## TRATAMIENTO DE RESIDUOS "IN-SITU"

NO DE AUTORIZACION	EMPRESA	DOMICILIO	ESTADO	MUNICIPIO	CAPACIDAD	UNIDAD
9-11-PS-V-09-94	ALL WASTE SERVICIOS INDUSTRIALES DE CONTROL ECOLOGICO, S.A. DE C.V.	EDGAR ALLAN POE No 85 COL POLANCO, TEL 236-2482, 236-2463, FAX 231-4919	DF	MIGUEL HIDALGO	36000	TON/AÑO
9-93-PS-V-17-94	ALTEC SISTEMA, S.A. DE C.V.	PATRICIO SANC No 211, COL DEL VALLE, C.P. 03100, TEL 5523-3443	DF	BENITO JUAREZ	224,475	M3
9-39-PS-V-01-93	CONSORCIO GHES INDUSTRIAL S.A. DE C.V.	CALLE DEL VALLE No 371 COL AMPLIACION MAGISTERIO, TEL 31-2394, 31-2305	COAHUILA	SALTILLO	4800	TON/AÑO
19-6-PS-V-36-99	CONSTRUCCIONES Y ARRENDAMIENTOS INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.	AV ALVARO OBREGON No. EXT. 2, COL HIPODROMO, LOCALIDAD DE MADERO, C.P. 89560 TEL 216-20-26, FAX 216-16-91, CORREO ELECTRONICO lcasacv@prodigy.net.mx	TAMAULIPAS	MADERO	120,000	TON/AÑO
9-1-PS-V-05-94	CONSTRUCTORA DE ABRIL S.A. DE C.V.	FRANCIA No 171 COL FLORIDA, TEL 699-3353, 662-0002, 662-5131	DF	ALVARO OBREGON	39600	TON/AÑO
1-10-4-PS-V-10-94	CONSTRUCTORA AMERICANA CONTINENTAL S.A. DE C.V.	VIVEROS DE ASIS No 30-B, COL VIVEROS LA ROMA, TEL 361-3654, 361-3923	MEXICO	TLALNEPANTLA	20000	TON/AÑO
9-1-PS-V-04-94	CONSTRUCTORA Y ARRENDADORA GANDARA S.A. DE C.V.	FRANCIA No 171 COL FLORIDA, TEL 699-3353, 662-0002, 662-5131	DF	ALVARO OBREGON	39600	TON/AÑO
19-33-PS-IV-13-99	CONSTRUCTORA Y PERFORADORA ACTECA, S.A. DE C.V.	RIO VERDE No 109 COL MIRAVALLE, C.P. 64600 TEL (01-81)378-23-04 y 378-0440	NUEVO LEON	MONTERREY	48000	TON/AÑO
9-65-PS-V-15-94	CONSULTORES AMBIENTALES ESPECIALIZADOS S.A. DE C.V.	INSURGENTES SUR No 299 P.B. COL HIPODROMO CONDESA, C.P. 06700	DF			
9-68-PS-V-14-94	CONSULTORES AMBIENTALES ESPECIALIZADOS S.A. DE C.V.	INSURGENTES SUR No 299 P.B. COL HIPODROMO CONDESA, C.P. 06700	DF			
9-6D-PS-V-17-99	CONTROL Y EQUILIBRIO ECOLOGICO S.A. DE C.V.	AV PASEO DE LA REFORMA, No 199 PISO 14, COL CUAUHTEMOC, C.P. 06400, TEL 5541-1655	DF		36000	TON/AÑO
1-1B-PS-V-03-99	ECOLÓGICA DEL CENTRO, S.A. DE C.V.	EMILIANO ZAPATA No 32, BARRIO DE SAN MARCOS, C.P. 20070 TEL (01-491)6-70-60	AGUASCALIENTES	AGUASCALIENTES		

19-39-PS-V-11-2000	ECIMEX-IBR S.A DE C.V	AV REVOLUCION No 3000, PISO 2, DEEP 2, C.P. 6400, TEL (61369) 4235	NUEVO LEON	MONTERREY		
29-38A-PS-V-12-99	EXPORTADORA E IMPORTADORA ROSMOR S.A DE CV	AV HIDALGO 4410 DEEP 405, COL SIERRA MORENA, C.P. 89210, TEL (12) 15 2593	TAMAULIPAS	TAMPICO		
9-1-PS-V-03-94	GEO PETROL S.A DE CV	TENNESSEE No 17 COL NAPOLES, C.P. 03810, TEL 082-5474 650-2329, 602-5299	DF	BENITO JUAREZ	4330	TONAÑO
9-6B-PS-V-02-99	GRUPO ECOLOGICO MAYA, S.A DE CV	BALDERAS No 32-204 COL CENTRO, C.P. 06090, TEL 5-512-9402	DF			
30-39-PS-V-06-2000	GRUPO URBIS S.A DE CV	AV FLORES MAGON No 522, COL BENITO JUAREZ NORTE, C.P. 96576, TEL/FAX (019) 214-9506 Y 214-0906	VERACRUZ	COATZACOALCOS		
5-1-PS-V-03-94	HABILITACION PETROLERA INTEGRAL S.A DE C.V	FRANCIA No 171 COL FLORIDA, TEL 689-3153, 662-0002, 662-5131	DF	ALVARO OBREGON	39600	TONAÑO
26-30B-GM-VIII-00-2000	HOSPITAL INFANTIL DEL ESTADO DE SONORA (SSA)	REFORMA No 355 NORTE, COL LEY 57, C.P. 83100	SONORA	HERMOSILLO		
27-4AB-PS-V-06-99	INGENIERIA AMBIENTAL MECANICA S.A DE C.V	QUERETARO No 229-202 COL ROMA, C.P. 06700, TEL 564-06-87	DF		230150	TONAÑO
6-1-PS-V-06-94	INGENIERIA Y BALDERAS S.A DE C.V	FRANCIA No 171, COL FLORIDA, TEL 689-3153, 662-0002, 662-5131	DF	ALVARO OBREGON	39600	TONAÑO
11-01B-GM-VIII-09-2000	INSTITUTO DE SALUD DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES (ISSA)	MARCEL DE JESUS No 1001 FRACC. LAS ARDOLEDAN, C.P. 20000	AGUASCALIENTES	AGUASCALIENTES		
9-6-PS-V-10-94	INTERNATIONAL ENVIRO SERVICE S.A DE CV	MARLON FRENKIN No 5 PISO 2 COL CUAUHTEMOC, C.P. 06500, TEL 370-0600	DF	CUAUHTEMOC	42000	TONAÑO
30-39-PS-V-01-94	LEMARCO INDUSTRIAL S.A DE CV	AV UNIVERSIDAD VERACRUZANA KM. 47 FRACC. RANCHO ALEGRE II, TEL 27-3131	VERACRUZ	COATEACOALCOS	42600	TONAÑO
27-4AB-PS-V-07-99	LOUISIANA REMEDIATION COMPANY DE MEXICO S DE RL PRO CV	CIRCUITO PLANETARIO No 118400 COL TABASCO NO 6, TEL (95) 512-212	TABASCO	VILLAHERMOSA		
9-7B-PS-V-12-94	OPERADORA INTERGRUPO S.A DE CV	PONIENTE III, No 360 2 COL NUEVA VALLEJO, C.P. 07750, TEL 587 54 91	DF	S A MADERO	120000	TONAÑO

27-4AB-PS-V-5-99	PRAMIS INGENIERIA AMBIENTAL S DE RL	ANDRÉS SÁNCHEZ MAGALLANES No 1105, FRACC ARBOLEDAS, C P 36079, COL CENTRO, TEL (93) 144760	TABASCO	VILLAHERMOSA	107.00	TONIÑO
25-3A-PS-V-07-99	PRESEION Y VACIO S A DEC V	KM 17.5 CARR TAMPICO-MANTE, COL MONTEALTO, C P 29663	TAMAULIPAS	ALTAMIRA	120000	TONIÑO
11-07B-GMA-V-03-99	QUIMICOS Y DERIVADOS S A DE C V	CARRETERA PANAMERICANA KM 314 C P 36730, TEL (01-464)513-63, FAX (01-464)892-41	GUANAJUATO	SALAMANCA		
9-11B-PS-V-09-99	RESIDUOS INDUSTRIALES MULTIQUM S A DE C V	AV INGENIEROS MILITARES No 105 PRIMER PISO, COL LOMAS DE SOTELO, TEL 5-590-08-05	DF	CUAJIMALPA		
27-4AB-PS-V-03-99	SAINTE MARTIN CONSTRUCCIONES S A DEC V	AV MARIO BROWN PERALTA No 221, COL ATASTA DE SERRA, TEL (93) 512-252	TABASCO	VILLAHERMOSA		
19-39B-PS-V-45-99	SALUD ECOLOGICA S A DEC V	DEL BOSQUE 3235 COL CUMBREC 2DO SECTOR, C P 64610, TEL (6)300-1390	NUEVO LEÓN	MONTERREY	500.000	TONIÑO
9-05-PS-V-10-99	SAYE S A DEC V	PASEO DE LA REFORMA No 2977 COL EL MOLINO, C P 05310 TEL 5-626-5409	DF	CUAJIMALPA		
11-104B-PS-V-02-99	SERVICIOS DE PROTECCION ECOLOGICA S A DE C V	TENAYUCA No 64, FRACC INDUSTRIAL SAN NICOLAS, C P 54030, TEL 390-12-43	MEXICO	TLALNEPANTLA		
9-14-PS-V-09-2000	SERVICIOS ECOLOGICOS INTEGRALES S A DEC V	SAN JUAN BOSCO No 73-E, SAN LORENDO HUIPULCO, C P 14370, TEL 5673-7866 FAX 5666-2232	TLALPAN			
4-3-PS-V-01-94	FUMINISTROS INDUSTRIALES CARRIALES S A DEC V	CALLE B No 46 COL FATIMA, TEL (01 938)22-568	CAMPETHE	CD DEL CARMEN	42000	TONIÑO
20-32-PS-V-01-94	TECNOLOGIA ESPECIALIZADA DE CONTROL AMBIENTAL S A DEC V	ALVARO OBRELLON No 103, COL ORIENTE, DESPACHO 604 CONA, CENTRO, TEL (01-1212)4566-127972, FAX (01-1212)9154	TAMAULIPAS	TAMPICO	42000	TONIÑO
4-4B-PS-V-10-99	TRADEBE MEXICANA S A DE C V	AV COYOACAN No 1525, COL DEL VALLE	DF			



SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA  
 INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA  
 DIRECCIÓN GENERAL DE MATERIALES, RESIDUOS Y ACTIVIDADES RIESGOSAS  
 AVISO DE INSCRIPCIÓN COMO GENERADOR DE BIFENILOS POLICLORADOS BPC'S

1. En caso de no tener asignado un Número de Registro Ambiental, deberá presentar la Hoja General de Registro, que contiene los datos generales de la empresa.
2. Ubicación de los BPC's almacenados \_\_\_\_\_
3. Ubicación de los equipos con BPC's \_\_\_\_\_

	4. BPC'S en almacén					5. Equipos con BPC's en operación				
	Pzas.	Litros	ppm	ton	Total (ton)	Pzas.	Litros	ppm	ton	Total (ton)
Líquidos										
Aceites contaminados										
Transformadores										
Capacitores										
Balastras										
Tierra contaminada										
Material o equipo contaminado										
Otros*										

\*Describir otros: \_\_\_\_\_

6. En caso de conocer o poder identificar en su equipo el nombre comercial de los bifenilos policlorados en su poder, marcar con una X en el siguiente listado, el nombre que corresponda

Apirol	Aroclor	Asbestol	Askarel
Clophen	Clorinol	Diaclor	DK
Dykanol	Elemex	Eucarel	Fenclor
Hyvol	Inerteen	Kanechlor	Montar
No Flamol	Pennoclor	Pyranol	SaTkuhl
Santotherm	Sorol	Therminol	Otros**

\*\*Describir otros: \_\_\_\_\_

Para cualquier aclaración, duda y/o comentario con respecto a este trámite, sírvase llamar al sistema de Atención Telefónica a la Ciudadanía (SACTEL) a los teléfonos 5480 2000 en el D.F. y su área metropolitana, del interior de la República sin costo para el usuario al 01800 001400 o desde Estados Unidos y Canadá al 1888 594 3372 o directamente al Instituto Nacional de Ecología a los teléfonos 5624-3442 o 5624-3495.







**DATOS DE REGISTRO**

<b>1) NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA QUE SOLICITA EL TRÁMITE<sup>1</sup></b>		<b>RFC</b>						
<b>2) NÚMERO DE REGISTRO DEL SIEM*</b>	<b>3) CÁMARA A LA QUE PERTENECE, NÚMERO DE REGISTRO Y FECHA*</b>							
<b>4) ACTIVIDAD PRODUCTIVA PRINCIPAL DEL ESTABLECIMIENTO<sup>2</sup></b>		<b>CLAVE CMAP</b>	<b>CÓDIGO AMBIENTAL (CA)<sup>3</sup></b>					
<b>5) DOMICILIO DEL ESTABLECIMIENTO</b> Parque o Puerto Industrial ( ) Especifique cual: _____ Centro Poblado ( ) Calle: _____ No. Exterior y No. Interior o No. de Manzana y Lote: _____ Colonia: _____ Localidad (excepto D.F.): _____ Código Postal: _____ Municipio o Delegación: _____ Entidad Federativa: _____ Teléfonos: _____ Fax: _____ Correo Electrónico: _____								
<b>6) DOMICILIO PARA OÍR Y RECIBIR NOTIFICACIONES (En caso de ser distinto al del establecimiento)</b> Calle: _____ No. Exterior y No. Interior o No. de Manzana y Lote _____ Colonia: _____ Municipio o Delegación: _____ Código Postal: _____ Entidad Federativa: _____ Teléfonos: _____ Fax: _____ Correo Electrónico: _____								
<b>7) FECHA DE INICIO DE OPERACIÓN: <sup>1</sup></b> Día <input type="text"/> <input type="text"/> Mes <input type="text"/> <input type="text"/> Año <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>								
<b>8) NÚMERO DE TRABAJADORES EQUIVALENTE<sup>4</sup>*</b> Empleados: _____ Obreros: _____ Total: _____		<b>9) TOTAL DE HORAS SEMANALES TRABAJADAS EN PLANTA*:</b> _____						
<b>10) NÚMERO DE TRABAJADORES PROMEDIO, POR DÍA Y POR TURNO LABORADO* (Considerar un turno por cada horario diferente. No deje espacios vacíos. Si no hay información, anote NA / no aplica)</b>								
<b>Turnos</b>		<b>Número de trabajadores promedio</b>						
No.	Horario	L	M	M	J	V	S	D
1								
2								
3								
<b>11) ¿ES MAQUILADORA DE RÉGIMEN DE IMPORTACIÓN TEMPORAL?* Si ( ) No ( )</b>		<b>12) ¿PERTENECE A UNA CORPORACIÓN?* Si ( ) No ( )</b> Indique cual: _____						
<b>13) PARTICIPACIÓN DE CAPITAL*:</b> Sólo nacional ( ) Mayoría nacional ( ) Mayoría extranjero ( ) Sólo extranjero ( )								
<b>14) NÚMERO DE EMPLEOS INDIRECTOS A GENERAR*:</b> _____		<b>15) INVERSIÓN ESTIMADA (M.N.):*</b> _____						
<b>16) NOMBRE DEL GESTOR O PROMOVENTE (Anexar carta poder en hoja membretada del establecimiento industrial y firmada por su representante legal)</b>			<b>RFC</b>					

<sup>1</sup> Anexar fotostática.

<sup>2</sup> Esta sección será llenada por la SEMARNAP. Presente copia fotostática simple del documento probatorio, por ejemplo, licencia estatal o municipal, documento de radicación de impuestos, alta en secretarías de estado, licencia de uso de suelo

<sup>3</sup> Esta sección será llenada por la SEMARNAP.

<sup>4</sup> Es el número que resulta de dividir entre 2000 el total de horas trabajadas anualmente, considerando por separado empleados y obreros, para luego sumar el total

\* Esta información es opcional para el particular

\*\* En caso de presentar Estudio de Riesgo deberá anexarse una hoja membretada, elaborada por la empresa encargada de la elaboración del estudio. En la cual se deberá señalar el nombre de la misma, su domicilio, el nombre del responsable de la elaboración del estudio, su puesto y firma.



# Standard Test Method for Analysis of Polychlorinated Biphenyls in Insulating Liquids by Gas Chromatography<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation D 4059; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

## 1. Scope

1.1 This test method describes a quantitative determination of the concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in electrical insulating liquids by gas chromatography. It also applies to the determination of PCB present in mixtures known as askarels, used as electrical insulating liquids.

1.2 The PCB mixtures known as Aroclors<sup>2</sup> were used in the formulation of the PCB-containing askarels manufactured in the United States. This test method may be applied to the determination of PCBs in insulating liquids contaminated by either individual Aroclors or mixtures of Aroclors. This technique may not be applicable to the determination of PCBs from other sources of contamination.

1.3 The precision and bias of this test method have been established only for PCB concentrations in electrical insulating mineral oils and silicones. The use of this test method has been demonstrated for all insulating fluids. Some insulating liquids, such as halogenated hydrocarbons, interfere with the detection of PCBs and cannot be tested without pretreatment.

1.4 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

## 2. Referenced Documents

### 2.1 ASTM Standards:

- D 923 Test Method for Sampling Electrical Insulating Liquids<sup>3</sup>
- D 2233 Specification for Chlorinated Aromatic Hydrocarbons (Askarels) for Capacitors<sup>3</sup>
- D 2283 Specification for Chlorinated Aromatic Hydrocarbons (Askarels) for Transformers<sup>3</sup>
- D 3534 Test Method for Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in Water<sup>4</sup>
- E 260 Practice for Packed Column Gas Chromatography<sup>5</sup>
- E 355 Practice for Gas Chromatography Terms and Relationships<sup>5</sup>

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of Committee D-27 on Electrical Insulating Liquids and Gases and is the direct responsibility of Subcommittee D27.03 on Analytical Tests.

This edition approved March 10, 1996. Published May 1996. Originally published as a proposal. Last previous edition D 4059 - 95.

<sup>2</sup> Registered trademark of Monsanto Co.  
<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 10.03  
<sup>4</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 11.02.  
<sup>5</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

## 3. Symbols

- 3.1 The following symbols are used in this test method:
- $C$  —concentration of PCB (ppm by weight) in the insulating test specimen.
  - $C_i$  —concentration of PCB (ppm by weight) found for the peak,  $i$ , in the chromatogram of the insulating liquid test specimen.
  - $d$  —density of the test specimen at 25°C, g/mL.
  - $f_i$  —relative content of the PCB species associated with each individual peak,  $i$ , in the chromatogram of the standard Aroclor solution, %.
  - $M$  —total amount of PCB in the standard test specimen injected into the chromatograph, g.
  - $M_i$  —amount of PCB represented by peak,  $i$ , in the chromatogram of the standard Aroclor test specimen, g.
  - $R_i^s$  —response of the detector to PCB components with relative retention time,  $i$ , in the chromatograms of the standard,  $s$ , solutions. response may be expressed as peak height, peak area, or integrator counts.
  - $R_i^u$  —response of the detector to PCB components with relative retention time,  $i$ , in the chromatogram of an unknown test specimen, may be expressed as peak height, peak area, or integrator counts.
  - $R_p^s$  —response of the detector to PCB components in the largest or most cleanly separated peaks,  $p$ , in chromatograms of standard solutions; may be expressed as peak height, peak area, or integrator counts.
  - $R_p^u$  —response of the detector to PCB components in the largest or most cleanly separated peaks,  $p$ , in the chromatogram of an unknown test specimen contaminated by a single Aroclor; may be expressed in peak height, peak area, or integrator counts.
  - $v^s$  —volume of the standard test specimen injected into the chromatograph,  $\mu\text{L}$ .
  - $v^u$  —volume of the unknown test specimen injected into the chromatograph,  $\mu\text{L}$ .
  - $V$  —original volume of the test specimen to be analyzed,  $\mu\text{L}$ .
  - $V^s$  —total volume of the diluted standard, mL.
  - $V^u$  —total volume of the test specimen to be analyzed,  $\mu\text{L}$ .
  - $W^u$  —weight of the test specimen to be analyzed, g.
  - $W^s$  —weight of the initial standard Aroclor test specimen, g.

## 4. Summary of Test Method

4.1 The test specimen is diluted with a suitable solvent. The resulting solution is treated by a procedure to remove interfering substances after which a small portion of the resulting solution is injected into a gas chromatographic column. The components are separated as they pass through the column with carrier gas and their presence in the effluent

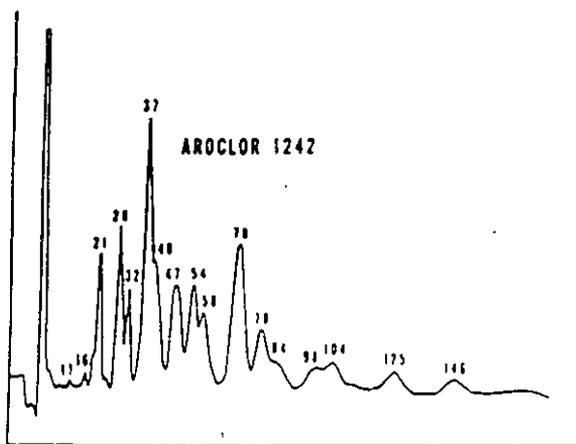


FIG. 1 Column: 3 % OV-1, Carrier Gas: Nitrogen at 60 mL/min, Column Temperature: 170°C, Detector: Electron Capture<sup>7</sup>

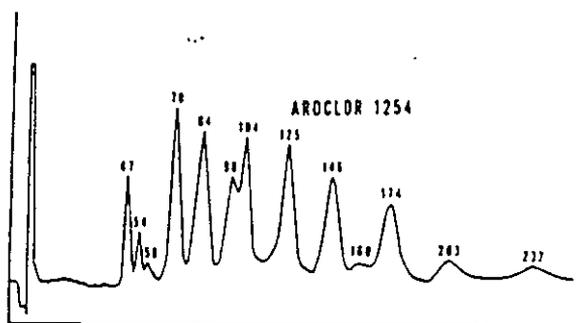


FIG. 2 Column: 3 % OV-1, Carrier Gas: Nitrogen at 60 mL/min, Column Temperature: 170°C, Detector: Electron Capture<sup>7</sup>

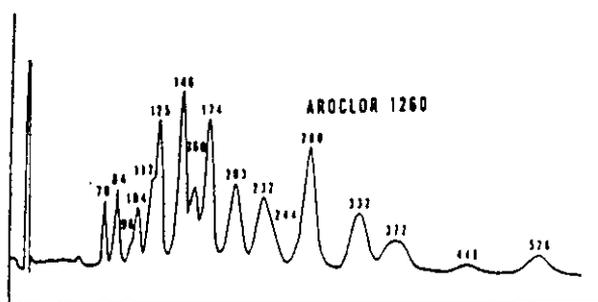


FIG. 3 Column: 3 % OV-1, Carrier Gas: Nitrogen at 60 mL/min, Column Temperature: 170°C, Detector: Electron Capture<sup>7</sup>

is measured by an electron capture (EC) detector and recorded as a chromatogram. The test method is made quantitative by comparing the sample chromatogram with a chromatogram of a known quantity of one or more standard Aroclors, obtained under the same analytical conditions.

## 5. Significance and Use

5.1 United States governmental regulations mandate that electrical apparatus and electrical insulating fluids containing PCB be handled and disposed of through specific procedures. The procedure to be used for a particular apparatus or quantity of insulating fluid is determined by the PCB content of the fluid. The results of this analytical technique can be useful in selecting the appropriate handling and disposal procedure.

5.2 Quantification in this technique requires a peak-by-peak comparison of the chromatogram of an unknown specimen with that of standard Aroclor test specimens obtained under identical conditions. The amount of PCB producing each peak in the standard chromatogram shall be known independently.

5.3 The technique described is based on data for standard chromatograms of Aroclors 1242, 1254, and 1260 obtained using specific chromatographic column packing materials and operating conditions.<sup>6</sup> Relevant chromatograms are reproduced in Figs. 1, 2, and 3, for isothermal packed columns and in Figs. X4.1 through X4.3) for temperature programmed mega-bore capillary columns. Each peak is identified by its retention time relative to that of a standard. The types and amounts of PCB associated with each peak have been determined by mass spectroscopy and are given in Tables 1, 2, and 3.<sup>6</sup> Other chromatographic operating conditions, and in particular, other column packing materials, may give different separations. The data given in the tables should not be used if chromatograms of the standards differ significantly from those shown in the figures. The peaks in such standard chromatograms shall be independently identified and quantified.

5.4 Different isomers of PCB with the same number of chlorine substituents can cause substantially different responses from EC detectors. Mixtures of PCB containing the same amount of PCB, but with a different ratio of isomers, can give quite different chromatograms. This technique is effective only when the standard PCB mixtures and those found in the unknown test specimen are closely related. Aroclors 1242, 1254, and 1260 are adequate standards because they have been found to be the most common PCB contaminant in electrical insulating oils.

## 6. Interferences

6.1 Electron capture detectors respond to other chlorine containing compounds and to certain other electrophilic materials containing elements such as other halogens, nitrogen, oxygen, and sulfur. These materials may give peaks with retention times comparable to those of PCBs. Most common interferences will be removed by the simple pre-analysis treatment steps detailed within this test method. The chromatogram of each analyzed test specimen should be carefully compared with those of the standards. The results of an analysis are suspect if major extraneous or unusually large individual peaks are found.

6.1.1 Data acquisition and treatment by electronic integrators or other instrumental means easily permits the unrecognized inclusion of interferences in the quantification of results. Visual examination of chromatograms by those skilled in the method should be made to obtain maximum accuracy.

6.2 The sensitivity of EC detectors is reduced by mineral oils. The same amount of oil must pass through the detector in both calibration and analysis to ensure a meaningful comparison for quantification. Sample, standard dilutions,

<sup>6</sup> Webb, R. G., and McCall, A. C. *Journal of Chromatographic Science*, Vol 11, 1973, p. 366

<sup>7</sup> Reproduced from the *Journal of Chromatographic Science* by permission of Preston Publications, Inc.

TABLE 1 Composition of Aroclor 1242<sup>a</sup>

RT <sup>a</sup>	Mean Weight, %	Relative Standard Deviation <sup>b</sup>	Number of Chlorines <sup>c</sup>
11	1.1	35.7	1
16	2.9	4.2	2
21	11.3	3.0	2
28	11.0	5.0	2
			3 } 25 %
			3 } 75 %
32	6.1	4.7	3
37	11.5	5.7	3
40	11.1	6.2	3
47	8.8	4.3	4
54	6.8	2.9	3
			4 } 33 %
			4 } 67 %
58	5.6	3.3	4
70	10.3	2.8	4
			4 } 90 %
			5 } 10 %
78	3.6	4.2	4
84	2.7	9.7	5
98	1.5	9.4	5
104	2.3	16.4	5
125	1.6	20.4	5
			5 } 85 %
			6 } 15 %
146	1.0	19.9	5
			5 } 75 %
			6 } 25 %
Total	98.5		

<sup>a</sup> Retention time relative to *p,p'*-DDE = 100. Measured from first appearance of solvent.

<sup>b</sup> Standard deviation of six results as a percentage of the mean of the results (*sic* coefficient of variation).

<sup>c</sup> From GC-MS data. Peaks containing mixtures of isomers of different chlorine numbers are bracketed.

TABLE 2 Composition of Aroclor 1254<sup>a</sup>

RRT <sup>a</sup>	Mean Weight, %	Relative Standard Deviation <sup>b</sup>	Number of Chlorines <sup>c</sup>
47	6.2	3.7	4
54	2.9	2.6	4
58	1.4	2.8	4
70	13.2	2.7	4
			4 } 25 %
			5 } 75 %
84	17.3	1.9	5
98	7.5	5.3	5
104	13.6	3.8	5
125	15.0	2.4	5
			5 } 70 %
			6 } 30 %
146	10.4	2.7	5
			5 } 30 %
			6 } 70 %
160	1.3	8.4	6
174	8.4	5.5	6
203	1.8	18.6	6
232	1.0	26.1	7
Total	100.0		

<sup>a</sup> Retention time relative to *p,p'*-DDE = 100. Measured from first appearance of solvent.

<sup>b</sup> Standard deviation of six results as a percent of the mean of the results (*sic* coefficient of variation).

<sup>c</sup> From GC-MS data. Peaks containing mixtures of isomers are bracketed.

and injection volumes should be carefully chosen in this test method to match the interference of the oil.

6.2.1 The sensitivity of EC detectors is not significantly affected by silicone liquids. Evaluate the need for matrix matching within your analytical scheme before proceeding. Mineral oil should be absent from standards and dilution solvents used in the analysis of silicone test specimens.

6.3 Residual oxygen in the carrier gas may react with components of test specimens to give oxidation products to

TABLE 3 Composition of Aroclor 1260<sup>a</sup>

RRT <sup>a</sup>	Mean Weight %	Relative Standard Deviation <sup>b</sup>	Number of Chlorines <sup>c</sup>
70	2.7	6.3	5
84	4.7	1.6	5
98	3.8	3.5	5
104			5 } <sup>d</sup>
			5 } 80 %
			6 } 40 %
117	3.3	6.7	6
125	12.3	3.3	5
			5 } 15 %
			6 } 85 %
146	14.1	3.6	6
160	4.9	2.2	6
			6 } 50 %
			7 } 50 %
174	12.4	2.7	6
203	9.3	4.0	6
			6 } 10 %
			7 } 90 %
			7 } <sup>e</sup>
			6 } 10 %
			7 } 90 %
232			7
244	9.8	3.4	6
			7
280	11.0	2.4	8
332	4.2	5.0	8
372	4.0	8.6	8
448	0.6	25.3	8
528	1.5	10.2	8
Total	98.6		

<sup>a</sup> Retention time relative to *p,p'*-DDE = 100. Measured from first appearance of solvent. Overlapping peaks that are quantitated as one peak are bracketed.

<sup>b</sup> Standard deviation of six results as a mean of the results (*sic* coefficient of variation).

<sup>c</sup> From GC-MS data. Peaks containing mixtures of isomers of different chlorine numbers are bracketed.

<sup>d</sup> Composition determined at the center of peak 104.

<sup>e</sup> Composition determined at the center of peak 232.

which EC detectors will respond. Take care to ensure the purity of the carrier gas.

6.3.1 The use of an oxygen scrubber and a moisture trap on both the carrier gas and the detector makeup gas is recommended to extend the useful column and detector life.

6.4 Trichlorobenzenes (TCBs) are often present with PCBs in insulating oils and will generate a response in the EC detector. These appear earlier than the first chlorinated biphenyl peak (*i* = 11) in most cases and should be neglected in this analysis. Unusually high concentrations of TCBs may be present occasionally and may obscure the lower molecular weight PCB peaks.

6.5 Components of high-molecular weight mineral oils may have longer than normal retention on the chromatography column, resulting in "ghost" peaks or excessive tailing. These conditions interfere with the data system's ability to accurately quantify material at levels approaching the method detection limit. Inject reagent grade solvent blanks until the chromatogram's baseline returns to normal before continuing with the analysis.

## 7. Apparatus

### 7.1 Instruments:

7.1.1 *Gas Chromatograph*, equipped with oven temperature control reproducible to 1°C and with heated injection port.

7.1.2 *Means to Record the Chromatogram*, such as a pen recorder, preferably coupled to a digital integrator to determine peak areas. An automatic sample injector may be used.

7.1.3 *Injector*, stainless steel construction, equipped with

suitable adapters to permit use of direct column injection, packed column injection, or split/splitless capillary injection. All metal surfaces shall be lined with glass.

7.1.3.1 **Mega-bore capillary columns** may be effectively utilized on a packed column injector by replacing the standard glass liner with a tapered capillary liner. While capillary conversion kits are commercially available, this specialized hardware will not routinely be necessary when working with mega-bore columns.

7.1.4 **Detector**—High-temperature  $^{63}\text{Ni}$  electron capture detector with sufficient sensitivity to allow 50 % full-scale recorder deflection with a sample containing 0.6 ng or less of phosphorothioic acid *o*-(2-chloro-4-nitrophenyl) *o,o*-dimethylester ("dicapthon"). The detector must be operated within its linear response range and the detector noise level should be less than 2 % of full scale.

NOTE 1—Other detectors may be used. Refer to Appendix X1.

7.2 **Column**, made of glass or fused silica, packed with appropriate materials. A precolumn may be used to extend the analytical column's useful life.

7.2.1 A 1.83-m (6-ft) long, 6.35-mm (0.25-in.) outside diameter, 2 to 4-mm (0.08 to 0.16 in.) inside diameter glass column packed with 3 % OV1<sup>8</sup> on 80/100 mesh Chromosorb<sup>9</sup> has been found useful. Other column lengths may be used, provided they give adequate separation of the PCB components. Packings OV101<sup>8</sup> and DC200<sup>10</sup> on Chromosorb WAW<sup>9</sup> also give separations with which the data in Tables 1, 2, and 3 may be used.

7.2.2 A fused silica wide-bore capillary column such as a 15-m mega-bore (0.53-mm ID) column having a 1.5- $\mu\text{m}$  film of polydimethylsiloxane has been shown to approximate a packed column system and generate chromatograms with similar separations thus allowing the use of the Webb & McCall calibration data.<sup>6</sup>

7.3 **Volumetric Flasks and Pipettes**, appropriate for making dilutions.

7.4 **Precision Syringe**, glass, graduated to 0.1  $\mu\text{L}$ .

7.5 **Vials**, glass, with PTFE-lined aluminum caps.

7.6 **Analytical Balance or Hydrometer**, capable of measuring densities of approximately 0.9 g/mL.

## 8. Chromatograph Operation Conditions

8.1 **General**—The characteristics of individual chromatographs and columns differ. Particular operating conditions should be chosen so as to give the separations shown in Figs. 1, 2, and 3 for Aroclors 1242, 1254, and 1260. Retention times of the peaks should be determined relative to 1,1' bis (4-chlorophenyl) ethane (*p,p'*-DDE) to identify the individual peaks with those shown in the chromatograms and listed in the tables. General ranges of temperatures and flow rate with which satisfactory separations have been obtained are listed.

8.2 **Column Temperature**—Isothermal temperatures between 165 and 200°C have been found suitable when using packed column (see Fig. 1). Temperature programming of megabore columns over the range of 165 to 300°C has been

found to enhance resolution and decrease the analytical run time, while generating a chromatogram suitable for use with the packed column GC/MS data<sup>6</sup> (see Appendix X4).

NOTE 2—Typical chromatographic conditions for a temperature programmed mega-bore capillary column are included in Appendix X4 with the sample chromatograms.

8.3 **Detector Temperature**—Control the detector isothermally above the maximum oven analysis temperature. A suitable temperature is typically between 280 and 400°C. Follow instrument manufacturer's instructions to prevent exceeding the maximum allowable temperature for the radioactive foil.

8.4 **Injection Port Temperature**—Maintain the injection port isothermally above a minimum of 250°C.

8.5 **Carrier Gas**—Ultrahigh purity 5 % methane-95 % argon mixture (P-5) or nitrogen shall be utilized for packed column chromatography. Optimum performance for mega-bore/capillary columns is achieved with ultrahigh purity hydrogen or helium as the carrier gas and P-5 or nitrogen for detector makeup. A device that will remove oxygen and water vapor from the carrier gas should be used in order to maximize detector sensitivity.

8.6 **Flow Rates**—Column flow rates of 8 to 60 mL/min and, if used, a detector makeup flow of 15 to 30 mL/min have been found satisfactory. When hydrogen or helium are used as a carrier gas, a makeup flow two to three times the carrier flow will be required to obtain sufficient detector sensitivity.

## 9. Reagents and Materials

9.1 **Standards**—Sample quantities, or analyzed solution of Aroclors 1242, 1254, and 1260.<sup>11</sup>

9.2 **Insulating Oil**, fresh unused, of the type being analyzed, PCB-free.

NOTE 3—Mineral insulating oils with a viscosity approximately 10 cSt at 40°C are produced by a number of petroleum companies and have been found suitable for this purpose.

9.3 **Solvent**—*n*-Hexane, Heptane or 2,2,4-trimethylpentane (*isooctane*), pesticide grade

9.4 **Sulfuric Acid**, concentrated, AR grade.

9.5 **Adsorbent** for polar, electrophilic impurities.

NOTE 4—Flonsil<sup>®</sup> (60/100 mesh)<sup>11</sup> has been found suitable for this purpose. Before use, activate each batch by heating overnight at 130°C in a foil-covered glass container. Flonsil<sup>®</sup> heated to appreciably higher temperatures can absorb some PCB. Test the effect of each activated batch on a standard Aroclor solution.

9.6 **Dicapthon** [phosphorothioic acid-*O*-(2-chloro-4-nitrophenyl)-*O*-(*o,o*-dimethylester)] to determine detector sensitivity.

9.7 ***p,p'*-DDL** [1,1'-bis(4-chlorophenyl)ethane] to establish relative retention times.

NOTE 5—Mixtures of Aroclors 1242, 1254, and 1260 may be used conveniently for standards.

## 10. Sampling

10.1 Obtain the test specimen of oil in accordance with Test Method D 923.

<sup>8</sup> Registered trademark of Ohio Valley Specialty Co.

<sup>9</sup> Registered trademark of Johns-Manville Product Corp.

<sup>10</sup> Registered trademark of Dow-Corning Co.

<sup>11</sup> Available from the Flonidin Co., Three Penn Center, Pittsburgh, PA 15233, or from chromatographic material supply companies

## 11. Calibration

11.1 Chromatograms of Aroclors 1242, 1254, and 1260 either contain all the peaks normally found in Aroclor mixtures.<sup>6</sup> These three materials may, therefore, be used as standards for routine quantitative analysis of PCB contamination of insulating fluids. Other Aroclors (for example 1016, 1248, etc.) standards may be useful for identification purposes, but are not needed in quantifying the results.

11.2 Aroclor 1242 contains virtually no PCB substituted with seven or eight chlorines and Aroclor 1260 contains virtually no mono-, di-, tri-, or tetrachlorobiphenyls. Analysis of mixtures of the total range of mono- to octa-substituted biphenyls requires calibration based on standard test specimens of Aroclor 1242, Aroclor 1254, and Aroclor 1260.

11.3 Dissolve a carefully weighed amount of a standard Aroclor in a measured amount of solvent (see 11.3.1 and 11.3.2) to give a solution containing approximately 1 mg/mL. Additional dilutions may be required to obtain a working stock solution for preparation of working standards. The exact weight of the Aroclor and the total volume of the final solution should be recorded as  $W^s$ , g and  $V^s$ , mL.

11.3.1 *Mineral Insulating Oil Test Specimens*—Use a stock solution of mineral oil in solvent to prepare standards for analysis of mineral oil test specimens, made by dissolving 10 to 20 g of the appropriate mineral insulating oil per 1 L of pesticide-grade solvent. The precise amount of oil should be chosen to give the same solvent-to-oil ratio in standards as to be obtained on diluting test specimens to be analyzed (12.3). The ratio of solvent-to-oil should not be less than 50:1.

11.3.2 *Silicone Insulating Liquid Test Specimens*—Use pesticide-grade solvent alone to prepare standards for analysis of silicone liquid test specimens.

11.3.2.1 The most convenient method of preparing the standard for injection is to dilute a commercially available solution of known concentration. Otherwise, it is necessary to prepare the standard by progressive dilutions. The amount of oil in the stock solution may require adjustment if the commercial standard solution is very dilute.

11.4 Inject a volume,  $v^s$ ,  $\mu\text{L}$ , of the diluted Aroclor standard into the chromatograph. Recommended injection volumes range from 1 to 5  $\mu\text{L}$ , depending on individual detector response and anticipated sample injection volume (12.5). The quantity of PCB injected,  $M$ , g, is as follows:

$$M = \frac{W^s}{V^s} \times v^s \times 10^{-3} \text{ g} \quad (1)$$

Identify each peak by comparison with the relative retention times given in Tables 1, 2, and 3 or by comparison with the chromatograms in Figs 1, 2, and 3. The quantity of PCB represented by each peak,  $M_i$ , g, is

$$M_i = M \times f_i \times 10^{-2} \quad (2)$$

11.4.1 Values of  $f_i$  are given in Tables 1, 2, and 3.

11.4.2 Values of  $M$  should be less than 10 ng to avoid overloading the detector with a resulting loss in sensitivity.

## 12. Procedure

12.1 *Preparation*—Equilibrate the chromatograph to the conditions recommended in Section 8. Clean all glassware

and syringes by repeated rinsing in pesticide grade solvent. Ensure that a satisfactory level of cleanliness has been obtained by injecting aliquots of the solvent washings into the chromatograph. A solvent peak will be recorded, but the chromatogram should not contain any peaks with a retention time greater than 1 min.

12.2 *Standardization*—Use the standard solution of Aroclor(s) as prepared in 11.3 to obtain standard chromatograms. Measure and record values of the detector response,  $R_i^s$ , and calculate the values for  $M_i$  (11.4). *22 46 mg*

12.3 *Sample Preparation*—Weigh 0.1 to 0.2 gm of the test specimen into a volumetric flask and dilute to volume with solvent (9.3). Dilute the test specimen by a minimum solvent-to-sample ratio of 50:1. Record the weight,  $W^x$ , g, of the test specimen. Record the total volume of the diluted test specimen,  $V^x$ , mL. *22 46 mg*

12.3.1 It may be necessary to further dilute specimens containing large amounts of PCB to ensure that the EC detector remains within its linear response range. Adjust the solvent-to-oil ratio for mineral oil test specimens to match the solvent-to-oil ratio of the standard. This can be done conveniently by using the stock oil-solvent solution in making further secondary dilutions.

12.3.2 Prior approximate analysis to estimate PCB content is helpful at this stage in deciding the appropriate dilution.

12.3.3 Alternatively, the volume,  $V$ , mL, and density,  $d$ (g/mL), of the test specimen may be measured and recorded. Measure the volume by a properly calibrated pipet or syringe. The density at room temperature of mineral oils in current use may be assumed to be 0.89 g/mL in routine analysis with a loss in accuracy of 2 to 3 %, at most. The typical density of silicone insulating liquid has been found to be 0.96 g/mL.

12.4 *Removal of Interferences:*

12.4.1 *Adsorbent Treatment*—Place approximately 0.25 g of adsorbent in a clean glass vial. Pour the solution prepared in 12.3 into the vial and seal the vial with the lined cup. Shake thoroughly. Allow the adsorbent to settle and decant the treated solution into a second vial. Use this solution for analysis.

12.4.2 *Acid Treatment*—Carefully place a volume of concentrated sulfuric acid approximately equal to one half of that of the diluted test specimen into a clean glass vial. Pour the solution prepared in 12.3 in the vial and seal the vial with the lined cap. Shake thoroughly. Allow the sulfuric acid phase to separate and settle and decant the upper sample phase into a second vial. Use this solution for analysis.

12.4.3 Acid treatment alone has been found to be effective for silicone test specimens and for most mineral oil test specimens. Machine shaking for 10 min, followed by standing for 15 min to allow the phases to separate in the vial is often adequate. Separation of the acid and test specimen can be enhanced by centrifuging. Treatment with adsorbent, alone or following treatment with acid, is effective in removal of interferences from some mineral oil test specimens. Interferences can also be removed by other treatments. Refer to Appendix X2.

12.5 *GC Analysis*—Inject 1 to 5  $\mu\text{L}$  ( $v^x$ ) of the diluted sample into the chromatograph. Record the chromatogram at the same attenuation setting and chart speed as used in the

standardization procedure. Additional dilutions may be necessary to bring the chromatogram on scale.

12.5.1 The volume  $v^x$  for mineral oil test specimens should be the same as the volume  $v^s$  used for calibration in 11.4, so that the EC detector responds to the same volume of oil with both injections.

13. Calculations

13.1 Measure the response,  $R_i^x$  (peak height or area, integrator counts), for each peak common to both the chromatogram of the test specimen being analyzed and that of the relevant standard obtained under the same chromatographic conditions. Calculate the concentration of PCB resulting in each peak,  $i$ , in the chromatogram of the sample being analyzed from the following equation.

$$C_i = M_i \times \frac{R_i^x}{R_i^s} \times \frac{1}{v^x} \times \frac{V^s}{W^x} \times 10^6, \text{ ppm} \quad (3)$$

Calculate the total PCB content,  $C$ , by summing the concentrations associated with each peak in the chromatogram, as follows:

$$C = \sum C_i \quad (4)$$

13.1.1 Standard and appropriate ranges of peak retention times ( $a \leq i \leq b$ ) are described in 13.2 and 13.3.

NOTE 6—( $V \times d$ ) may be used in place of  $W^x$ . See 12.3.3.

13.2 When the chromatogram of a test specimen being analyzed clearly shows it to contain only a single Aroclor (1242 or 1254, or 1260), calculate the PCB content using the response,  $R_i^x$ , found in the chromatogram of a comparable single Aroclor standard and the values of PCB content associated with the same peaks in the chromatogram of that standard (Tables 1, 2, or 3). The relevant peaks for Aroclor 1242 have relative response times of  $11 \leq i \leq 146$ ; for Aroclor 1254,  $47 \leq i \leq 232$ , and for Aroclor 1260,  $70 \leq i \leq 528$ .

13.2.1 The higher resolving power of mega-bore columns may result in additional peaks beyond those identified within the Webb & McCall paper.<sup>6</sup> Except in those specific instances where an identified peak is obviously resolved into two similarly sized peaks requiring grouping together to address the entire assigned mass, daughter or satellite peaks may be ignored without significant impact on the final calculated value. The assumption is made that by assigning the entire mass to the major or parent peak and ignoring smaller peaks, a multi-level calibration will generate more consistent results.

13.2.2 A simplified, but more approximate calculation may be made when the test specimen contains only a single Aroclor. Calculate PCB content as follows:

$$C = M \times \frac{R_p^x}{R_p^s} \times \frac{1}{v^x} \times \frac{V^s}{W^x} \times 10^6 \text{ ppm} \quad (5)$$

where  $R_p^x$  and  $R_p^s$  are the responses of the larger or more cleanly separated of the peaks in the chromatograms of the test specimen being analyzed and of the standard. The total PCB content calculated in this way may be incorrect, because the PCB content reflected by any individual peak has been reduced or relatively enhanced by specific PCB removal processes. The response of that particular peak may have been enhanced by unremoved impurity, or the response

of that particular peak may have been affected by some instrumental anomaly. The reported result should be the average of that calculated for a minimum of three peaks in the chromatogram of the test specimen being analyzed. This simplified calculation should not be used in circumstances where maximum accuracy is required.

13.3 The PCB content of test specimens containing mixtures of Aroclors should be calculated using standards of all three Aroclors. The PCB concentrations measured by peaks  $i = 11$  through 78 should be calculated in accordance with 13.2 using values of  $M_i$  and  $R_i^s$  derived from an Aroclor 1242 standard; those measured by peaks  $i = 84$  through 174 using values derived from an Aroclor 1254 standard; and those measured by peaks  $i = 203$  through 528 using values derived from an Aroclor 1260 standard. The total PCB content is the summation of the concentrations measured by all the peaks in the chromatogram as follows:

$$C = \sum C_i \quad (6)$$

where

$i = 11$  to 78 + 84 to 174 + 203 to 528.

13.3.1 The retention-time windows are convenient for the purpose of quantifying total PCB content in mixtures. Peaks in the chromatogram of the unknown test specimen are then compared with comparable peaks in the most relevant standard chromatogram. However, the PCB content in the window  $i = 11$  to 78 is not the total content of Aroclor 1242 because Aroclor 1242 also contains PCBs having longer retention times. Similarly, the Aroclor 1254 and 1260 concentrations are not defined by the PCB contents resulting from the two longer retention-time windows. More complex proportionating procedures are needed to calculate individual Aroclor concentrations in test specimens containing mixtures. This method is directed toward determining the total PCB content.

13.3.2 A skilled analyst may readily recognize the components of a mixture of Aroclors found in an oil test specimen. However, calculation of the individual concentrations of the components is inherently somewhat imprecise because of the overlap of peaks in the chromatograms of the several Aroclors. It is recommended that the total PCB content be calculated to the nearest part per million and the relative ratios (1:1, 3:1, 1:2, etc.) of the individual Aroclors present be noted. An impression of undue accuracy in the determination of individual Aroclors is avoided.

NOTE 7—The response factors ( $M_i/R_i^s$ ) for peaks with  $i = 117, 146$ , and 174 in the chromatograms of Aroclor 1254 and 1260 are somewhat different. Calculation of the concentrations of peaks  $84 \leq i \leq 174$  should be based on the use of Aroclor 1260 as the standard if Aroclor 1254 is clearly a minority component (that is, if peak (shoulder) 117 is distinct; if peak 98 is indistinct, if the height of peak 104 is distinctly less than that of peak 84, etc.) and if maximum accuracy is required.

NOTE 8—Calculation of PCB content based on a mixed standard (11.2 (Note 7)) is useful in the routine analysis of mixtures containing Aroclor 1254 and 1260. The differences due to different response factors are minimized using the mixed standard.

14. Report

14.1 Report the following information:

14.1.1 The results in parts per million (by weight) of PCB in the insulating fluid.

14.1.2 The Aroclor(s) used as the standards.

14.1.3 Indicate the type of Aroclor(s) present if possible and required.

15. Precision and Bias

15.1 The bias, precision, and lower limit of detection have been evaluated by a statistical examination of the results of separate interlaboratory tests of mineral oil and silicone test specimens. This data was generated utilizing packed column chromatography under isothermal conditions.<sup>12</sup> Additional precision, bias, and detection limit data suitable for use with temperature programming and mega-bore column technology is currently being developed.

15.1.1 The conditions for and the results from an interlaboratory round robin, for mineral insulating oil with 12 cSt or less viscosity at 40°C, are described in a research report<sup>12</sup> involving 12 contributors. An interlaboratory round robin for silicone test specimens, involving 14 contributors, is described in a later research report.<sup>13</sup> High molecular weight oils have been evaluated using this test method with acceptable results. Although these oils were not included in the round robin, experience suggests that the precision and bias are similar to those described in Section 15.

15.2 The bias of this test method has been evaluated by comparing the mean value found for each test specimen by the several laboratories with the amount added to that test specimen. The recoveries in the range from 5 to 500 ppm PCB averaged 0.05 % low for oil test specimens and 2.8 % high for silicone test specimens. These levels are of questionable statistical significance and the bias of the test method is essentially zero.

PCB Level, ppm	Bias, ppm
0 to 10	0
35 to 75	-1
380 to 500	-4

15.3 Repeatability, the difference between successive results obtained by the same operator with the same apparatus under constant operating conditions on identical test material, with normal and correct operation of the test method was found to vary with PCB level. The repeatability interval,  $I(r)$ , at the 95 % confidence level can be represented using a transformation of the form

$$I(r)_{0.95} = k(r) \times (X_{\text{mean}})^{0.75} \quad (7)$$

where  $k(r)$  is 0.32 for the determination of PCBs in mineral oil and 0.64 in silicone liquids. The repeatability interval of

the results of these round robin tests can be typified using this analytical form as:

15.4 Reproducibility, the difference between two single and independent results obtained by different operators working in different laboratories on identical test material, was found to vary with PCB level. The reproducibility interval of the results of these round robin tests can be typified using the analytical form as:

PCB Level, ppm	Repeatability Interval - $I(R)_{0.95}$ , ppm	
	Mineral Oil	Silicone Liquid
5	1	2
50	6	12
500	34	68

$$I(R)_{0.95} = k(R) \times (X_{\text{mean}})^{0.75} \quad (8)$$

where  $k(R)$  is 1.03 for the determination of PCBs in mineral oil and 1.34 in silicone liquids. The reproducibility interval of the results of these round robin tests can be typified using this analytical form as follows:

PCB Level, ppm	Reproducibility Interval - $I(R)_{0.95}$ , ppm	
	Mineral Oil	Silicone Liquid
5	3	4
50	19	25
500	109	142

15.5 The typical method detection limit (MDL) at the 95 % confidence level has been found to be 2 ppm PCB for both mineral oil and silicone liquid test specimens.

15.5.1 This value has been determined from the reproducibility of the results in interlaboratory tests of oil test specimens and of silicone test specimens containing less than 7 ppm PCB. A value of the MDL for an individual laboratory may be calculated from the results of  $n$  replications of complete analysis of a test specimen containing ~5 mg PCB/g, using:

$$MDL_{0.95} = t_{(n-1, 0.95)} \times S \quad (9)$$

where:

$t_{(n-1, 0.95)}$  = student's  $t$  value for  $n - 1$  degrees of freedom and a confidence level of 95 %, and

$S$  = standard deviation of  $n$  replicate analyses.

A value of the MDL less than 2 ppm PCBs calculated in this way for an individual laboratory is acceptable, if Aroclor patterns can be clearly identified against blank sample background between that lower value calculated and 2 ppm in chromatograms of test specimens tested in that laboratory.

16. Keywords

16.1 gas chromatography; PCBs; polychlorinated biphenyls; transformer insulating liquids; transformer mineral oils; transformer silicone liquids

<sup>12</sup> Available from ASTM Headquarters. Request RR: D27-1004

<sup>13</sup> Available from ASTM Headquarters. Request RR: D27-1005.

## APPENDIXES

## (Nonmandatory Information)

## X1. OTHER DETECTORS

X1.1 Halogen-specific electrolytic conductivity (HE) detectors are available and have been found to be useful. Their use is not affected by the presence of oil or nonhalogen-containing interferences. Differing isomer responses are reduced. It is difficult to maintain reliable response and sensitivity of HE detectors. General experience has shown

that the EC detector is more easily optimized, more reliable, and more sensitive. Therefore, the EC detector is the detector of choice in this method for the routine analysis of PCB in transformer oils. The HE detectors should be considered in other circumstances

## X2. ALTERNATIVE PROCEDURES FOR REMOVAL OF INTERFERENCES

X2.1 Interferences may be removed by shaking the diluted test specimen with a volume of concentrated sulfuric acid equal to one half of the volume of the diluted test specimen. The acid phase is then allowed to separate, and the oil-solvent phase analyzed in accordance with the procedure described in 12.5. Treatment with Florisil® is a part of the method chosen because the solid is noncorrosive and may be more easily handled and its disposal is more convenient. Sulfuric acid may react with components of the oil to give interfering substances. A combination of treatment with solid adsorbent and acid may be beneficial in some cases.

X2.2 Removal of interferences using a Florisil® packed microcolumn has been found to be effective as an alternative to the shaking procedure. Insert a glass wool plug into the wide end of a heavy glass wall Pasteur pipette (146 mm long

and 7 mm in outside diameter). Tamp down the glass wool to the narrow end of the pipette and add Florisil® to form a 35-mm high column. A second glass wool plug is tamped down on the top of the column. Activate the adsorbent by heating the pipette at 130°C overnight (the activated column store at 130°C for prolonged periods before use). Elute the microcolumn with 2 mL of oil-solvent standard solution immediately before use. Fifty to one hundred microlitres of test specimen are transferred quantitatively to the top of the column. The column is then eluted with 5 to 8 mL of the oil-solvent standard solution which is collected. The eluant is diluted with oil-solvent standard solution to at least a 50:1 solvent-to-oil ratio. The diluted test specimen is analyzed in accordance with 12.5.

## X3. ALTERNATIVE METHODS FOR QUANTIFYING PCBs

X3.1 Many other methods are available for quantifying PCBs in a variety of background matrices. Some of these methods may be appropriate for determining PCBs in petroleum-based insulating liquids and synthetics, while others are suited for other test specimen backgrounds. Three

alternative methods are compared with this test method for sample matrix, clean-up, chromatographic column, detector type, detection limits, baseline quench correction, and a comments section in Table X3.1.

TABLE X3.1 Comparison of Alternate Methods

Category	ASTM D 4059	EPA <sup>A</sup>	NIST <sup>B</sup>	AOAC <sup>C</sup>
Sample Matrix	insulating liquids	transformer and waste oil	hydrocarbons	food products, paper agricultural materials
Sample Clean-up	Florisil, acid	acid, Florisil, silica gel	high pressure liq chrom	solvent partition, Florisil
Column	packed	packed	capillary	packed
Detector	ECD	ECD or HECD	ECD	ECD
Detection Limits, ppm	2 <sup>D</sup>	1	1 <sup>E</sup>	unknown
Baseline Quench	addition of sample matrix	no provision	clean-up removes quench	no provision
Comments	lacks quality control provision	quality control provision	exten-clean-up provision	not specific for insulating liquids

<sup>A</sup> Method 600/4-81-046, US Environmental Protection Agency.

<sup>B</sup> Method for Standard Reference Materials (SRM), National Bureau of Standards

<sup>C</sup> Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Section 29

<sup>D</sup> See Note 22.

<sup>E</sup> Based on detector signal-to-noise ratio.

## X4. MEGABORE CHROMATOGRAMS

X4.1 Chromatograms presented are examples obtained from a mega-bore capillary column optimized to simulate packed column resolution. Actual chromatograms were obtained from a Perkin Elmer Autosystem Gas Chromatograph equipped with an autosampler, packed column injector, mega-bore column adapter, a mega-bore column liner, and an EC detector. A helium flow of 12 mL/min was utilized as the carrier gas with a nitrogen makeup of 32 mL/min to the ECD detector.

X4.2 Temperature profile was set as detector zone 400°C, injector zone 275°C, initial oven 190°C hold for 1 min, ramped to 225 at 11°C/min hold for 1 min, and then ramp to 290°C at 17°C/min and hold for 1 min. Peak identifiers have been added to the chromatographs to aid in the comparison to the referenced document.<sup>6</sup> These labels are not true relative retention values and the actual retention times will vary with instrument conditions. Complete references for this work may be found within the research report.

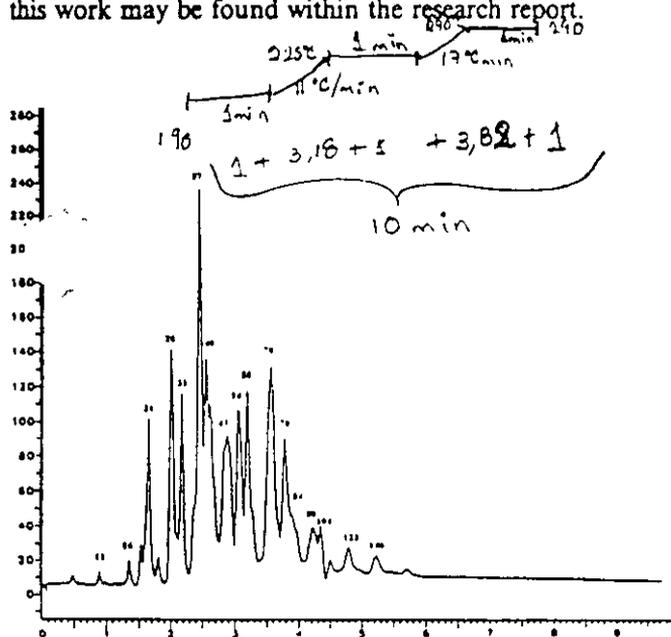


FIG. X4.1 Aroclor 1242

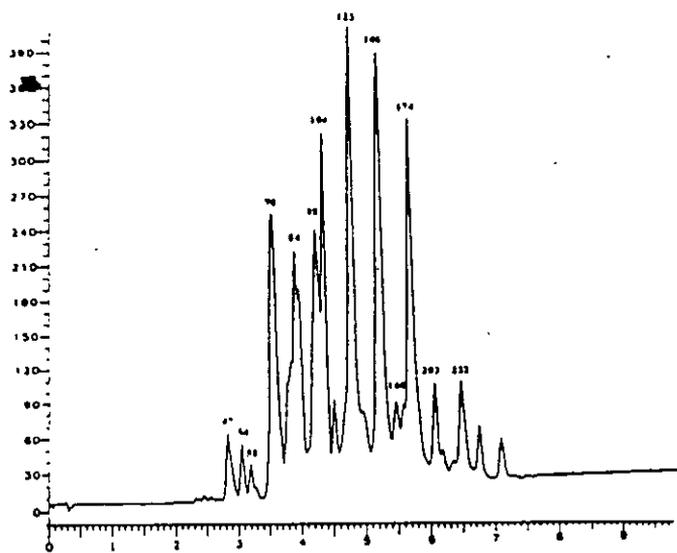


FIG. X4.2 Aroclor 1254

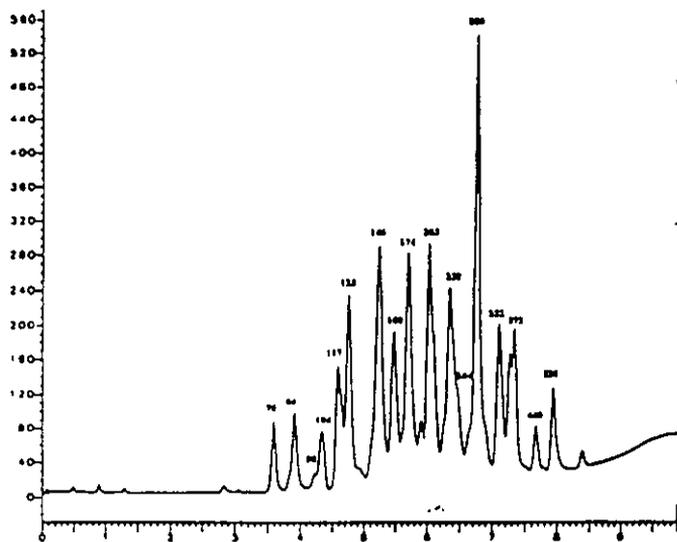


FIG. X4.3 Aroclor 1260

X5. MEGABORE COLUMN DECONTAMINATION<sup>14</sup>

X5.1 One of the most common causes of column performance degradation is contamination resulting from residue left on the column from dirty test specimens. This degradation can result in loss of resolution, peak shape problems, or baseline disturbances resembling excessive bleed. Solvent rinsing a capillary column will remove most contaminants and restore column performance. The following procedure has been shown to restore efficiency on bonded and cross-

linked columns such as the polydimethylsiloxane fused silica column utilized within this procedure.

X5.2 Cool down the GC and remove the capillary column. Before rinsing the column remove approximately 0.5 m from the injection end and the thermally degraded section from the detector end.

NOTE X5.1—Solvent-rinse kits are commercially available from chromatography specialty houses and column manufacturers.

X5.3 Since the identity of the contaminate residue is unknown, it is essential that the solvents selected to rinse the column include a polar and a nonpolar solvent. Start with a

<sup>14</sup>J & W Scientific GC reference notes, *Column Contamination*, 1992-1993 Catalog, p. 249.

polar solvent such as methanol, utilize acetone as an intermediary, and finish with the hexane or the injection solvent. The rinsing is accomplished by utilizing gas pressure to fill the column from the end with the appropriate solvent and allow the solvent to soak for approximately 10 min. Use the compressed gas source to remove the majority of the rinse solvent before starting the next rinse solvent. After the

last solvent has been dispensed from the column, allow the carrier gas to flow through the column for 5 to 10 min to dry the column. Install the column into the GC injector again allow gas to flow for 5 to 10 min. Install the coil into the detector and check for leaks. Heat the column at 2 to 3°C/min until the normal conditioning temperature has been reached. Condition the column as usual.

*The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.*



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

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

**CURSOS ABIERTOS**

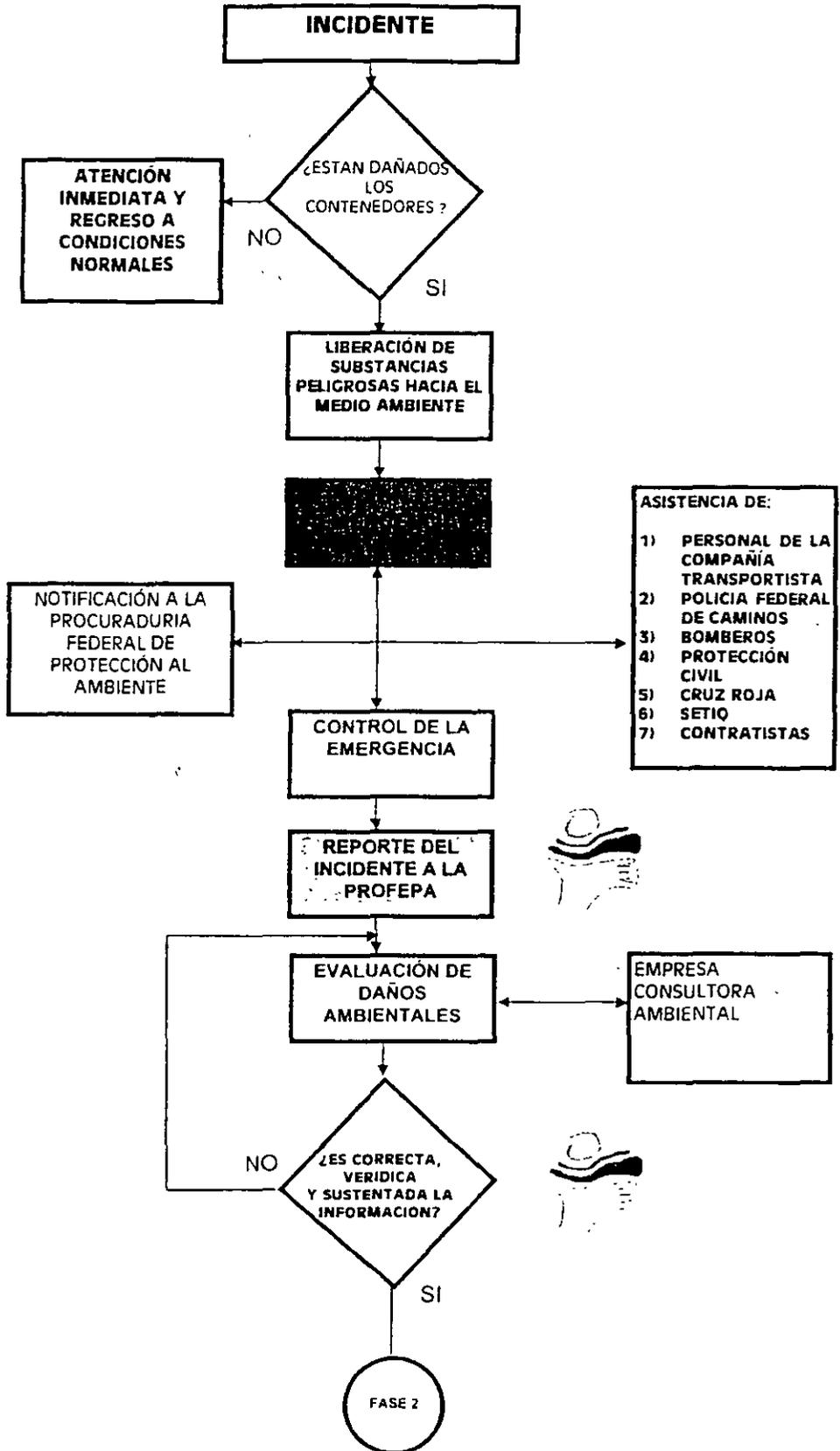
**DIPLOMADO INTERNACIONAL EN RIESGO  
AMBIENTAL**

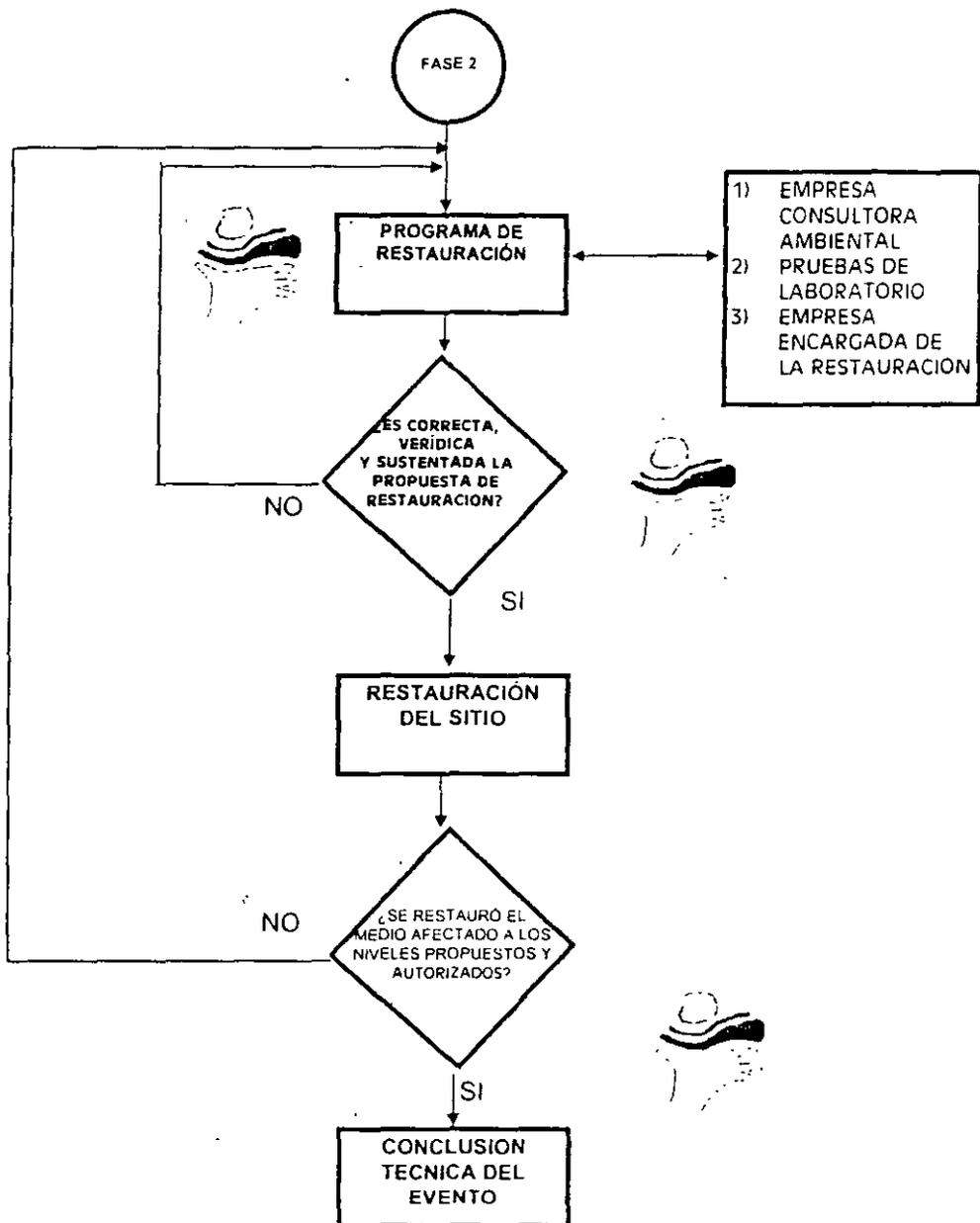
**MODULO II: CAUSAS DE RIESGOS INDUSTRIALES  
GRAVES**

**TEMA**

**ANEXO 4**

**EXPOSITOR: ING. MIGUEL A. CASTILLO HOIL  
PALACIO DE MINERIA  
MAYO DEL 2001**





El procedimiento de atención y seguimiento de emergencias ambientales deriva necesariamente de la instauración de un procedimiento a través del cual se imponen medidas de seguridad.

naftaleno		20	20
acenafteno	20	20	10
fluoranteno	40	40	0.4

Fuente original: Diario Oficial de la Federación, 2 de diciembre de 1989.

## 9.2 Definición de los criterios

Para la definición de los criterios interinos de limpieza, se tomaron como base cinco aspectos principales:

1. Dar énfasis a la presencia de compuestos químicos indicadores de toxicidad y su efecto en la salud, por ejemplo:

- Benceno para gasolinas
- Hidrocarburos aromáticos polinucleares para diesel y residuos aceitosos

2. Considerar la concentración de HTPs como un parámetro de control en la restauración del suelo.

3. Aplicar criterios en función del uso del suelo considerando tres tipos:

Suelo 1	agrícola, forestal, recreativo, de conservación
Suelo 2	residencial, comercial
Suelo 3	industrial

4. Tomar como base las concentraciones alcanzadas en casos reales de restauración realizados en México (Anexo 4), con la intención de evitar la aplicación de procedimientos agresivos al suelo y al ambiente en general.

5. El parámetro de control para la restauración de suelos contaminados con ácidos o álcalis será el pH.

Con base en lo anterior se establecieron los criterios interinos de limpieza para suelos contaminados que se presentan en la Tabla 16. Estos criterios deberán ser aplicados por pares según lo establecido en los puntos 1 y 2 de la definición de criterios, durante el procedimiento administrativo correspondiente. Lo anterior, obedecerá al resultado del análisis de evaluación de daños ambientales y de la propuesta de restauración para cada caso en particular.

Tabla 16. Criterios interinos de limpieza para suelos contaminados

Nomenclatura:	Suelo 1	Suelo 2	Suelo 3
Uso del suelo:	agricultura forestal recreativo de conservación	residencial comercial	industrial
<b>Contaminante:</b> (concentraciones expresadas en mg/kg. ppm)			
<b>Gasolina</b>			
HTPs	200	200	500
Benceno*	20	20	50
<b>Tolueno</b>			
	40	40	100
<b>Xilenos</b>			
	40	40	100
<b>Diesel</b>			
HTPs	1,000	1,000	2,000
benzo(a)pireno*	0.08	0.08	0.80
benzo(a)antraceno*	0.80	0.80	8.0
benzo(b)fluoranteno*	0.80	0.80	8.0
benzo(k)fluoranteno*	8.00	8.00	80.0
criseno*	80.0	80.0	800.0
<b>Residuos aceitosos</b>			
HTPs	1,000	1,000	2,000
benzo(a)pireno*	0.08	0.08	0.75
benzo(a)antraceno*	0.80	0.80	7.5
benzo(b)fluoranteno*	0.80	0.80	7.5
benzo(k)fluoranteno*	8.00	8.00	75.0
criseno*	80.0	80.0	750.0
*compuestos cancerígenos			

Contaminación con ácidos o álcalis

$4.0 \leq \text{pH} \leq 10$

**DIPLOMADO INTERNACIONAL EN RIESGO AMBIENTAL  
EVALUACION DEL MODULO II.- CAUSAS DE RIESGOS INDUSTRIALES  
GRAVES.**

**FECHA: DEL 18 AL 22 DE JUNIO DEL 2001**

**(22 DE JUNIO DEL 2001)**

**Nombre: \_\_\_\_\_**

- 1. Mencione 3 causas de riesgos industriales graves, por su origen**
  
- 2. En los riegos por Errores Humanos, que significa:**
  - ◆ ECH:
  - ◆
  - ◆ OH:
  - ◆
  - ◆ FMC:
  
- 3. Menciona tres características físicas o químicas que definen a una sustancia química peligrosa**
  
- 4. Menciona tres tipos de riesgos químicos**
  
- 5. De que forma se define el Margen de Seguridad (MS) mecánico?**
  
- 6. ¿Que es la fatiga mecánica de un material?**
  
- 7. Menciona tres tipos de residuos peligrosos:**

**8. ¿Que son los locales clasificados para los riesgos por electricidad?**

**9. ¿Qué es un sistema de tierra?**

**10. Cuales son los efectos en la salud al recibir:**

- ◆ 25,000 mrem/año=
- ◆
- ◆ 50,000 mrem/año=
- ◆
- ◆ 400,000 mrem/año)=

**11. Que son los DBN radiactivos?**

**12. Mencione dos elementos básicos para el movimiento o transportación de los desechos peligrosos desde su generador:**

**13. ¿Qué es un material o residuo peligroso :**

**14. Mencione tres actividades desarrolladas para el control de residuos peligrosos**