



**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.

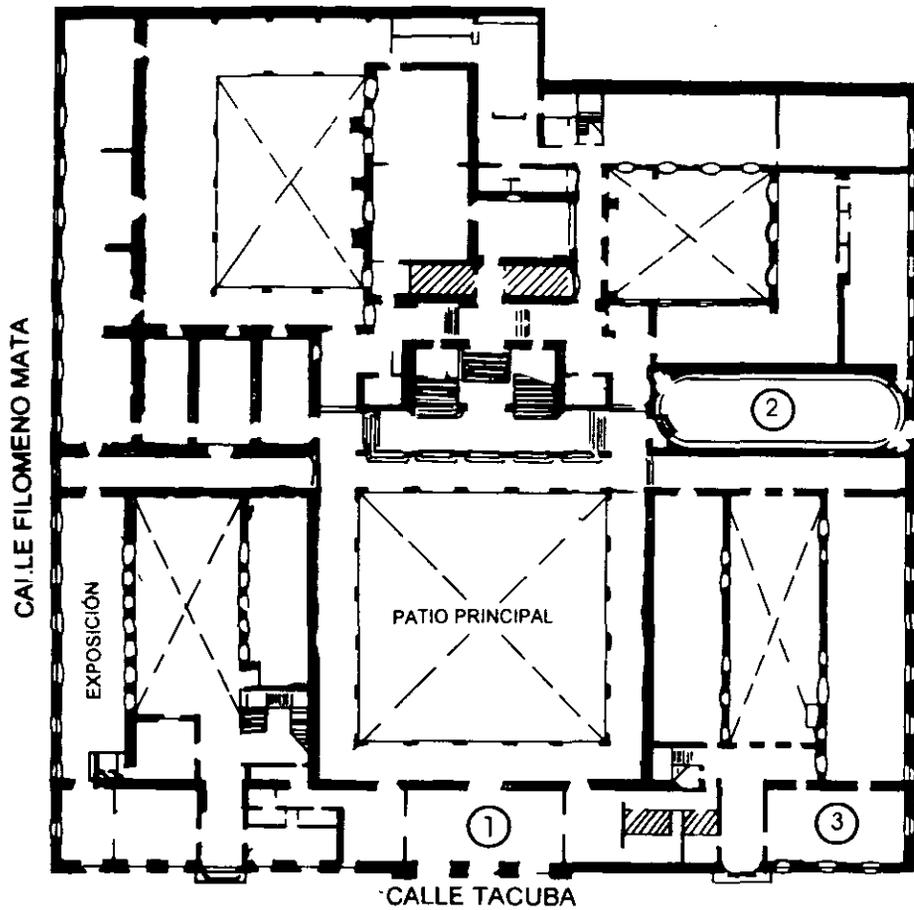
Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

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.

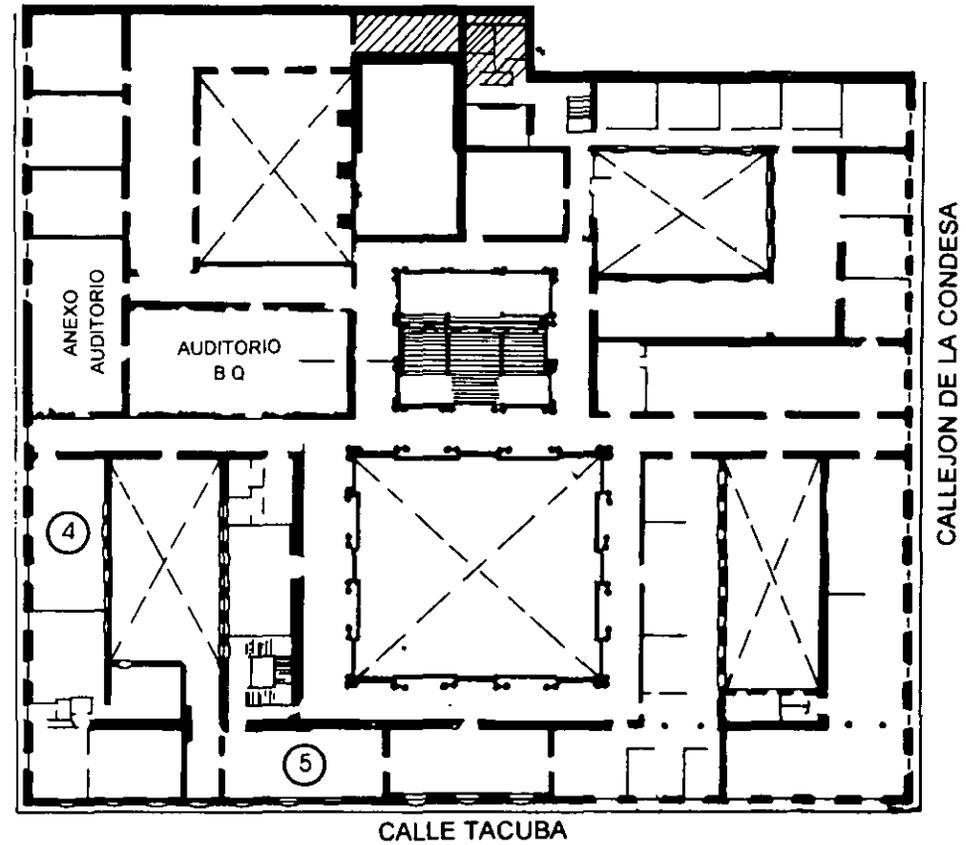
Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

**Atentamente
División de Educación Continua.**

PALACIO DE MINERIA

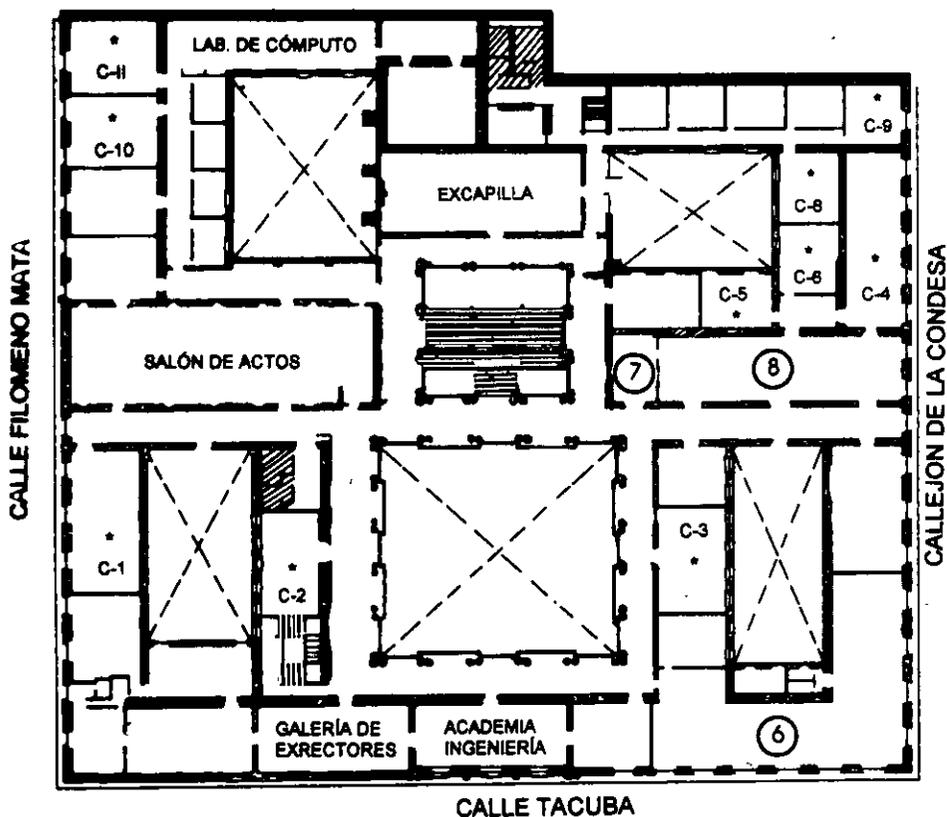


PLANTA BAJA



MEZZANINNE

PALACIO DE MINERÍA



GUÍA DE LOCALIZACIÓN

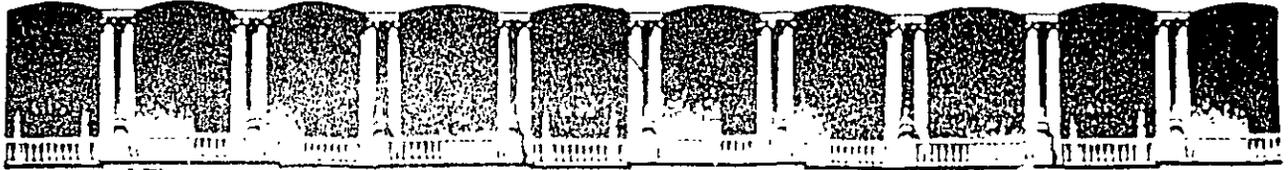
1. ACCESO
 2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
 3. LIBRERÍA UNAM
 4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
 5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
 6. OFICINAS GENERALES
 7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
 8. SALA DE DESCANSO
- SANITARIOS
- * AULAS

1er. PISO



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





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

CURSOS INSTITUCIONALES

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Del 22 de junio al 4 de julio de 1998.

Tema I Fundamentos Básicos

M. en C. Jesús Rodríguez Martín del Campo

Ing. Félix Velázquez Robles

Ing. Jorge P. Cervantes Galindo

Ing. Enrique Albarrán Aguilar

Ing. Rodolfo Lambarri Carrillo

Ing. Gabriel Chavarria Álvarez

Ing. Héctor Montolla Montiel

Palacio de Minería

1998.

TEMA : UNO

FUNDAMENTOS BASICOS

Por: Ing. Jesús R. Martín del campo

A.- Antecedentes históricos

A.1.- Recomendaciones para controlar la transmisión de enfermedades

A.1.1.- Abastecimiento de agua

A.1.2.- Disposición sanitaria de excretas

A.1.3.-Educación sanitaria

A.2.- Enfermedades relacionadas con el agua

B.- Importancia del agua.-

B.1.- Fines del agua

B.2.- Importancia del agua en la industria

B.3.- Aguas Residuales

B.4.- Instalaciones industriales y sanitarias

B. 5.- Valvulas industriales

B. 6.- Protección sanitaria de lo depósitos de agua del subsuelo

C.- Aguas Negras

C.1.- Origen de las aguas negras

C.2.- Volumen de aguas negras producidas

C.3.- Aspecto de las aguas negras

C.4.- Descripción de aguas negras según procedencia

D.- El papel de la Ingeniería sanitaria

E.- La función del Ingeniero

F.- Los objetivos básicos

G.- Simbologías y terminología

22 de JUNIO DE 1998

Tema : 1.-

FUNDAMENTOS BASICOS

POR: ING. JESUS R. MARTIN DEL CAMPO

Se ha estimado que dos terceras partes de las personas que viven en países en desarrollo, no tienen el suministro suficiente de agua potable, ni cuentan con los sistemas adecuados para eliminar las aguas residuales de acuerdo a las técnicas y normas establecidas. La consecuencia de estas carencias, ha sido producto de la existencia de grandes enfermedades y muertes, que afectan cotidianamente a las poblaciones y en su mayoría a los niños.

Existe el convencimiento que el agua es una necesidad fundamental para la vida del ser humano, la fauna y flora; pero también, no hay que olvidar que dicho fluido, es portador de infecciones y enfermedades que en algunos casos llega a producir situaciones serias. Por lo tanto, las comunidades que cuentan con el suministro garantizado de agua, establecen un mejor ambiente higiénico que evita la presencia de muchas enfermedades.

En muchos países, se ha reducido desde hace muchos años el índice de enfermedades endémicas y epidémicas transmitidas por el agua y gran parte de los conocimientos sobre la **epidemiología de la fiebre tifoidea**, se deben a los primeros estudios realizados por **William T. Sedgewick**, sobre el abastecimiento de agua. (1890. En Nueva Inglaterra)

DEFINICIONES BASICAS EN EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE :

a.- EPIDEMIOLOGIA.-

Estudios realizados sobre la distribución de una enfermedad de un grupo humano y de los factores que influyen en esa distribución

b.- ENFERMEDADES TRANSMISIBLES.-

Son las que se propagan por cualquier medio de una persona a otra, o de un animal a una persona, ya sea directa o indirectamente.

c.- EPIDEMIA.- (Raices: en = propio y demos = pueblo)

Es el ataque de una enfermedad transmisible a un gran numero de personas, mayor a la cantidad normalmente esperada para una colectividad en un lapso determinado. por ejemplo: Fiebre, tifoidea, sarampión, gripe, viruelas, cólera,

d.- PANDEMIA.- (Raices: pan = todos y demos = pueblo)

Ataque de una enfermedad a todas las personas de una localidad o que trascienda a otras localidades.

e.- ENDEMIAS.- (Raices: en = propio y demos = pueblo)

Enfermedad particular de una región o país, donde esta constantemente o en epocas determinadas, por ejemplo: Paludismo, fiebre amarilla, cólera, etc.

f.- AGENTE INFECCIOSO.-

Es un microorganismo capaz de causar una enfermedad infecciosa en condiciones favorables respecto al huésped y al ambiente.

g.- VECTORES PORTADORES.-

Seres que albergan temporalmente y propagan agentes infecciosos, sin sufrir ellos la enfermedad.

h.- VEHICULO DE INFECCION.-

Son los Medios o caminos por los cuales los agentes infecciosos son transportados para causar enfermedad, por ejemplo: agua, alimentos, aire, insectos y objetos inertes

i.- CONTAMINACIÓN:

" Es la adición de cualquier sustancia al medio ambiente en suficientes cantidades que causen efectos sobre los seres humanos, animales o vegetales"

A.- ANTECEDENTES HISTORICOS

A mediados de siglo XIX, el índice de seres humanos afectados por el **cólera**, **tifoidea** y **enfermedades entéricas**, fue muy alto, situación que obligó a los investigadores relacionados con esta disciplina, a realizar estudios sobre el origen de las causas que generan tales males; detectando que las **aguas negras, son excelentes conductores de dichas enfermedades**; Ante la presencia de tal situación, los investigadores interesados realizaron sus estudios y surgieron descubrimientos que apoyaron las primeras medidas correctivas al respecto, considerando esta época como el "**Resurgimiento sanitario**".

- 1.- **Dr. John Snow** (1819).- Descubrió la existencia del cólera
- 2.- **Dr. William Budd** (1857).- Realizó estudios sobre tifoidea, propagación y su prevención
- 3.- **John Gib** (1804).- Construyó el primer filtro en Paisley, Escocia
- 4.- **James Simpson** (1829).- Construyó filtros para "Chelsea Water Co." mejorando el suministro de agua del río Támesis.
- 5.- **Sir Robert Rawlinson** (1848).- Como superintendente del consejo general de salubridad encauzó los estudios para las obras sanitarias en las zonas industriales de la Gran Bretaña
- 6.- **Sir John Bazalgette** (1850).- Inicio la obra del drenaje principal en Londres, Inglaterra.
- 7.- **John Roe** (1850).- Aceptó la sugerencia de Chadwick, para construir líneas de alcantarillados con tubos de barro vidriado

- 8.- Julius W. Adams (1857).- Diseño el primer sistema de alcantarillados para la ciudad de Brooklyn, N. Y.
- 9.- James P. Kirkwood (1871).- Construyó los primeros filtros de gran tamaño en Poughkeepsie, N. Y.
- 10.- Hiram F. Mills (1886).- Miembro del consejo de sanidad de Massachusetts, que propuso estudios sobre el campo sanitario (Estación experimental del consejo de Lawrence)

Las Naciones Unidas inauguró el 10 de noviembre de 1980 : **" El Decenio Internacional del Abastecimiento de Agua Potable y el Saneamiento 1981-1990 "**, proyecto que persigue la finalidad de alcanzar para el año de 1990, lo siguiente:

" Que existan y se utilicen en todo el mundo, sistemas públicos de abastecimientos de agua y saneamiento, de fácil acceso, confiables, seguros y adecuados "

La propuesta de este **" decenio "**, fue motivada al observar las carencias y deficiencias para satisfacer las necesidades humanas primordiales, los países del Tercer Mundo, que según apreciaciones realizadas, 1,500 millones de personas, no tienen un suministro razonable de agua potable. De la misma manera en el año de 1980 la Asamblea Mundial de la salud, se trazó la meta de: **" Salud para todos en el año 2000 "**

El tratado mencionado registra otras finalidades :

- 1.- Crear conciencia de la importancia del agua
- 2.- Mejorar las situaciones de salud
- 3.- Fomentar la limpieza personal
- 4.- Uso eficiente y efectivo de los recursos

A.1.- RECOMENDACIONES PARA CONTROLAR LA TRANSMISION DE ENFERMEDADES

A.1.1.- ABASTECIMIENTO DE AGUA :

- ** Mantener un control de calidad del agua**
- ** Proteger las cuencas**
- ** Tratamiento al agua cruda (cloración)**
- ** Seleccionar fuentes no contaminadas**
- ** Reemplazar abastecimientos contaminados**

A.1.2.- DISPOSICION SANITARIA DE EXCRETAS:

- ** Destrucción, disposición, aislamiento de residuos fecales**
- ** Resguardar los sistemas de abastecimiento de agua**
- ** Protección del medio ambiente**
- ** Mantenimiento a los sistemas**

A.1.3.- EDUCACION SANITARIA :

- ** *Habito de higiene personal***
- ** *Actividades de limpieza en el área***
- ** *Lavar utensilios de cocina y comida***
- ** *Mantener limpieza en las prendas de vestir***
- ** *Conservar un medio ambiente limpio***

A.2.- ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL AGUA

Son las enfermedades en las cuales el agente o microorganismo que produce la enfermedad, ingresa al cuerpo por medio del agua ingerida.

E. MICROBIOLÓGICAS.-	Organismos patógenos en el agua
E. QUÍMICAS .-	Sustancias tóxicas en concentraciones dañinas (de origen natural o artificial)
E. HIGIENE .-	Falta de higiene personal
E. CONTACTO CON EL AGUA.-	Agua infestada de organismos patógenos
E. VECTORES DE HÁBITAT.-	Animales acuáticos
E. EXCRETAS.-	Disposición de excretas

B.- IMPORTANCIA DEL AGUA.

Es conocido que el *agua pura* se ha considerado como un producto artificial, porque *las aguas naturales*, por lo general contienen materias extrañas en suspensión y solución en proporciones variables; características que determinan las propiedades y los usos de este líquido. De la misma manera se sabe, que a excepción del aire, el agua es la substancia más importante para la supervivencia del hombre, ya que puede mantenerse más tiempo sin tomar alimento, que sin agua. Tales hechos han motivado a los ingenieros que trabajan en esta disciplina, a realizar estudios de investigación sobre el mejoramiento de los suministros de agua potable y de sistemas óptimos para evitar las contaminaciones de las aguas residuales, con la finalidad de evitar al máximo las enfermedades mencionadas anteriormente.

B.1.- Fines del agua:

* AGRICOLA, RIEGO, PISCINAS, ESTANQUES

* PROCESOS INDUSTRIALES,

• PROTECCION -VS- INCENDIOS

• ELIMINAR DESECHOS

• CALEFACCION, ACOND. AIRE

• ASEO PERSONAL

• CONSUMO HUMANO

• LIMPIEZA GENERAL

• TRANSPORTES

• FUERZA HIDRAULICA

• PRODUCTOS QUIMICOS

PROMEDIO

250 LTS / P / DIA

B.2.- IMPORTANCIA DEL AGUA EN LA INDUSTRIA

El agua en la industria por lo general se emplea en grandes volúmenes, para cubrir las necesidades de sus procesos, por lo tanto; el suministro de dicho líquido se debe realizar, bajo estricto control de calidad y cantidad que satisfaga las actividades de la empresa, por ejemplo:

- a.- Generación de vapor
- b.- Sistemas de enfriamiento
- c.- Procesos productivos
- d.- Limpieza general

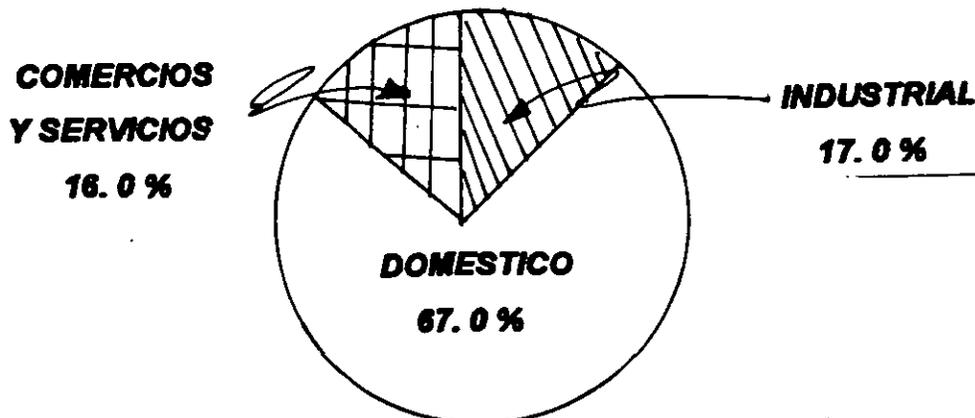
- e.- Higiene personal
- f.- Servicios sanitarios
- g.- Riego
- h.- Otros consumos

Las aguas que son utilizadas en los procesos mencionados, cuando ya no reúnen las características de trabajo, se suman a las descargas existentes de las aguas de desecho, y dependiendo del grado de impurezas que contengan, será el tratamiento que requieran para su acondicionamiento y reuso.

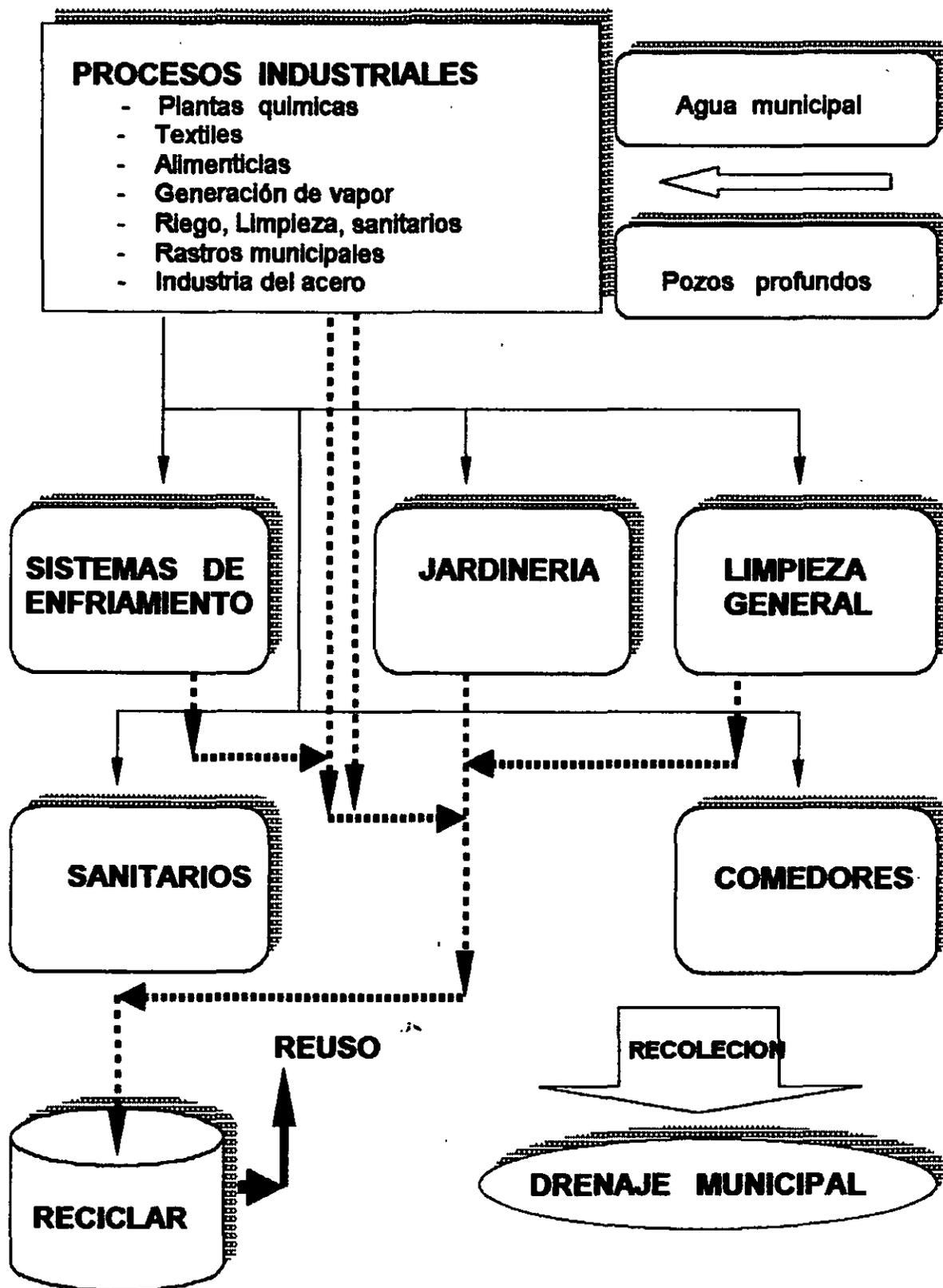
Distribución del agua potable :

Según estadísticas, el suministro de agua en la zona metropolitana para usos domésticos, industriales y de servicios, es aproximadamente de 62 m³ / seg, y provienen de las siguientes fuentes:

Valle de México	=	44	m ³ / seg
Sistema Lerma	=	9	"
Sistema Cutzamala	=	6	"
Reuso del agua	=	2	"
Aprovechamiento superficial	=	1	"



DISTRIBUCION INDUSTRIAL DEL AGUA



B. 3.- AGUAS RESIDUALES:

Según el reglamento para la prevención y control de la contaminación de las aguas, publicado en el Diario Oficial el 29 de marzo de 1973, el agua residual, es un líquido de composición variada, proveniente del uso municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario, urbano, sanatorios, etc. y que por tal motivo han sufrido degradación en su calidad original "

B. 3.1.- CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Para la caracterización de una agua residual, se deben considerar todos los factores y parámetros de medición; con la finalidad de conocer verdaderamente, el tipo de agua que se trate. Así, de esta forma se podrá seleccionar el proceso de tratamiento adecuado que dependerá de sus características , físicas, químicas y biológicas.

B.3.1.1.- CARACTERISTICAS FISICAS.

a.- SOLIDOS:

- * **totales**
- * **suspendidos totales**
- * **suspendidos volátiles**
- * **suspendidos fijos**
- * **volátiles totales**
- * **disueltos totales**
- * **disueltos fijos**
- * **disueltos volátiles**
- * **fijos totales**
- **sedimentables**

b.- TEMPERATURA

c.- SABOR Y OLOR

d.- COLOR

e.- DENSIDAD

f.- TURBIDEZ

g.- CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

B.3.1.2.- CARACTERISTICAS QUIMICAS.

La caracterización de las aguas residuales desde el punto de vista químico, se presenta en cuatro partes:

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1.- Materia orgánica | 2.- Medición del contenido orgánico |
| 3.- Materia inorgánica | 4.- Gases |

1.- Materia orgánica:

- Aceites y grasas
- Tensoactivos (
- Contaminantes prioritarios
- Proteínas
- Carbohidratos
- Pesticidas y compuestos químicos agrícolas
- Compuestos orgánicos volátiles

2.- Medición del contenido de materia orgánica.

- Demanda bioquímica del oxígeno (D B O)
- Demanda química del oxígeno (D Q O)
- Carbón orgánico total (C O T)
- Demanda teórica de oxígeno

3.- Materia Inorgánica.

- pH
- Alcalinidad
- Fosfatos, Nitrógeno, Azufre, Cloruros

4.- Gases:

- * CO₂ : Bioxido de carbono
- * N₂ : Nitrogeno
- * O₂ : Oxigeno
- * H₂S : Acido sulfuroso, etc.

B.3.1.3.- CARACTERISTICAS BIOLÓGICAS.

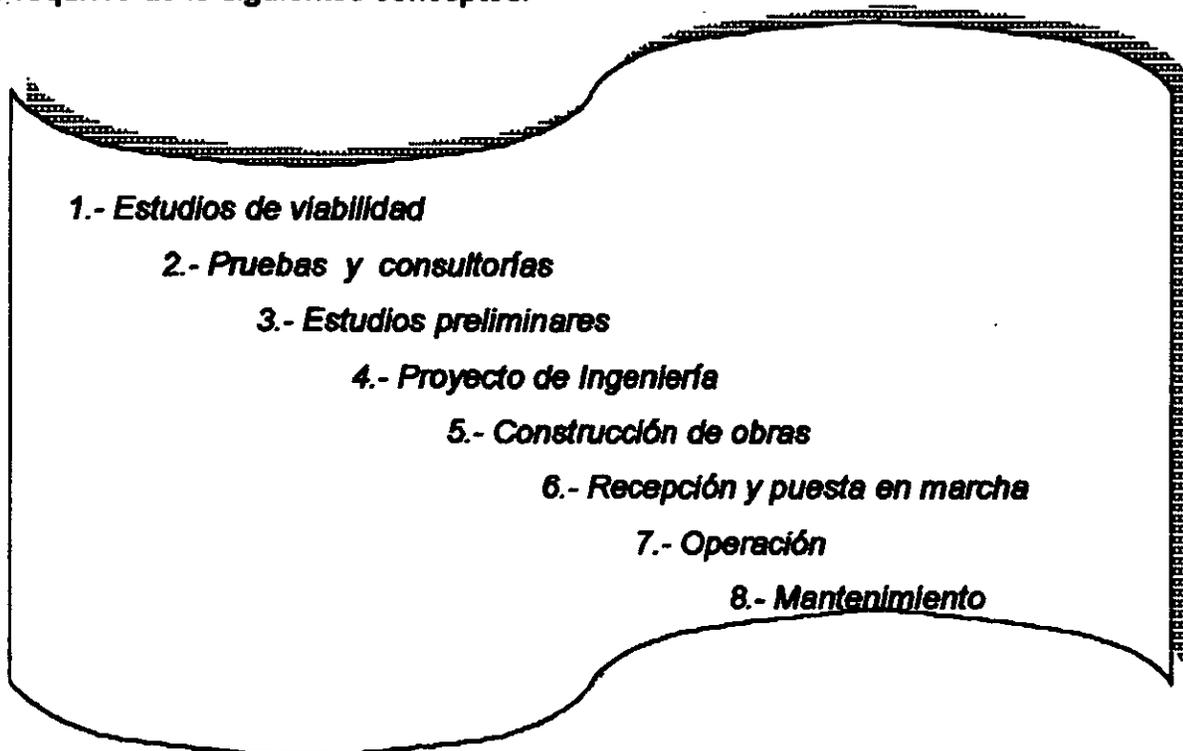
El ingeniero debe tener un conocimiento considerable de las características biológicas del agua de desperdicio, por ejemplo:

- **Grupos de microorganismos**
- **Organismos patógenos de las aguas negras**
- **Organismos indicadores de contaminación**
- **Metodos para evaluar la toxicidad del agua residual**
- **Bacterias , hongos, Algas, Protozoarios,**
- **Plantas y animales**

Las pruebas mencionadas son de gran beneficio para la salud, ya que ayudan en la prevención de la salud y la vida acuática causada por el impacto de los contaminantes del agua.

B. 4.- INSTALACIONES INDUSTRIALES Y SANITARIAS

El método más económico y eficiente para el suministro de agua potable y para la recolección y retiro de las aguas negras de las poblaciones, ha sido el sistema por medio de tuberías y accesorios. Lógicamente para la realización de estos trabajos, se requiere de lo siguientes conceptos:



El sistema de alcantarillado es una red de tuberías, conexiones y valvulas, que recojen las aguas negras procedentes de las industrias, zonas urbanas, servicios públicos y aguas pluviales producidas en las comunidades, para conducir las al punto donde deben ser evacuadas.

Las especificaciones de las tuberías en los alcantarillados, deben ser de calidad con resistencia y durabilidad, que permitan una mayor vida útil después de ser instaladas. Actualmente estos materiales se fabrican en :

a.- Asbesto cemento

b.- Barro vitrificado

c.- Concreto simple y reforzado

d.- Fierro fundido

e.- Acero

f.- Lamina corrugada, galvanizada

TUBERIAS:

Uno de los métodos más eficientes y económicos para la conducción de fluidos, es por medio de tuberías, ya sean utilizadas como "*canal*" o "*tubo*"; sin olvidar que el gasto del fluido en circulación, dependerá de las variables siguientes:

Longitud, presión, diámetro, rugosidad interior, conexiones, etc.

TUBERIA DE ASBESTO CEMENTO

La tubería de asbesto cemento (A-C), llamado también " tubo transite" , esta construido con cemento Portland y fibra de asbesto con o sin sílice; libre de sustancias metálicas, siendo muy resistente a la corrosión.

1.- Características:

- a.- Es ligero
- b.- Resistente a la corrosión
- c.- Buena conducción
- d.- Gran resistencia al aplastamiento y flexión

2.- Usos :

- a.- Redes para agua, drenajes, BAP
- b.- Canalizaciones eléctricas, comunicación
- c.- alcantarillados, ductos de aire, ventilación

3.- Dimensiones:

- a.- Fabricado en long. de 3 o 4 mts y 4" a 36" de diam.
- b.- Drenaje - gravedad : R= clase: 1500, 2400, 3300,4000,5000
- c.- Tubería de desagüe: R= clase: 100, 150, 200 (lbs / pulg2)
- d.- Redes distribución: (4 a 16") 100, 150, 200 (lbs / pulg2)
- e.- Sist. de conducción: (18 a 42") 30,35,40,45,50,60,70,80,90
(1/10 de la resistencia. mínima permisible a la ruptura

ANSI .- *Promueve el conocimiento de los materiales, Ingeniería y trata la normalización de las especificaciones y procedimientos de ensayo. También relaciona los estudios de propiedades químicas y físicas de los tubos.*

ASTM.- *Trata todo lo relacionado con los sistemas de tuberías.*

- *normaliza las dimensiones, materiales, soportes anclajes*
- *asienta los refuerzos admisibles en función de la temperatura*
- *establece formulas de trabajo y espesor de paredes, presiones.*
- *Rangos de temperaturas, flexibilidad, etc.*
- *Código con las condiciones mínimas para la seguridad y garantía.*

AWWA.- * *Fueron pioneros de la normalización en tuberías y accesorios*

- *En 1908 , se publicaron las normas sobre tuberías, que a la fecha han sido sustituidas por la ANSI.*

PFI .- * *Se encarga de preparar normas, para los trabajos de taller, soldadura, corte y trazo Se encarga de la preparación.*

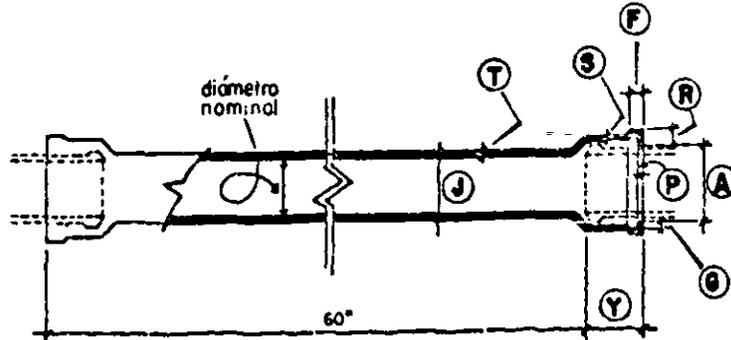
NORMAS:

API	American Petroleum Institute 1801 K Street; N.W. Washington, DC 20006
ANSI	American National Standards Institute 1430 Broadway New York, NY 10018
ASME	American Society of Mechanical Engineers, Inc. 345 East 47th Street New York, NY 10017
ASTM	American Society for Testing and Materials 1916 Race Street Philadelphia, PA 19103
AWS	American Welding Society, Inc. 2501 N.W. 7th Street Miami, FL 33125
AWWA	American Water Works Association 6666 W. Quincy Avenue Denver, CO 80235
MSS	Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry 1815 North Fort Myer Drive Arlington, VA 22209
PFI	Pipe Fabrication Institute 1326 Freeport Road Pittsburgh, Pa 15238
SAE	Society of Automotive Engineers 400 Commonwealth Drive Warrendale, PA 15096

B.4.1.- CONEXIONES :

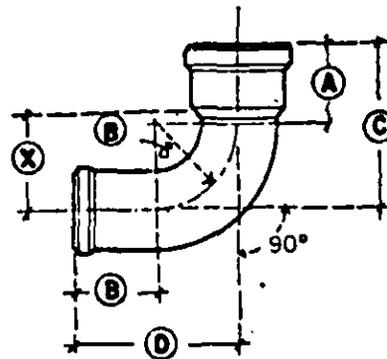
Tipos de conexiones mas usuales, en las redes hidráulicas y sanitarias:

a.- TUBO DE DOS CAMPANAS



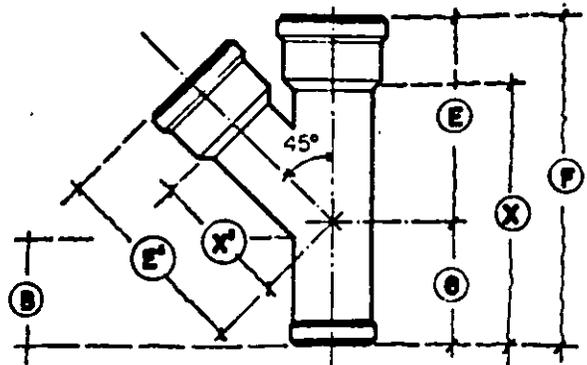
diámetro nominal		A		J		T		S		R		F		G		Y		p mínimo		p máximo		peso aprox. en kgs
cm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	
5	2	75	2 15/16	57	2 1/4	3	1/8	3	1/8	9	11/32	19	3/4	3	1/8	62	2 7/16	6	1/4	10	3/8	10.200
7.5	3	100	3 15/16	83	3 1/4	3	1/8	4	5/32	10	3/8	21	13/16	3	1/8	68	2 11/16	6	1/4	10	3/8	12.000
10	4	125	4 15/16	108	4 1/4	3	7/64	4	5/32	10	3/8	22	7/8	3	1/8	75	2 15/16	6	1/4	10	3/8	15.700
10	4	125	4 15/16	106	4 1/4	3	1/8	4	5/32	10	3/8	22	7/8	3	1/8	75	2 15/16	6	1/4	10	3/8	18.500
15	6	176	6 15/16	159	6 1/4	3	1/8	5	3/16	10	3/8	22	7/8	3	1/8	75	2 15/16	6	1/4	10	3/8	32.500
20	8	203	8 1/4	176	8 3/8	5	3/16	5	3/16	11	7/16	30	1 3/16	3	1/8	89	3 1/2	6	1/4	10	3/8	50.000
25	10	289	11 3/8	267	10 1/2	5	3/16	7	9/32	13	17/32	30	1 3/16	3	1/8	89	3 1/2	8	5/16	13	1/2	68.000

b.- CODO DE 90 GRADOS:



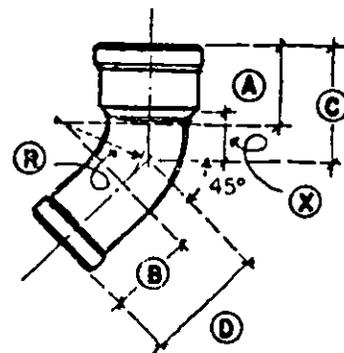
diámetro nominal		A		B		C		D		R		X		peso aprox. en kgs
cm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	
5	2	70	2 3/4	76	3	146	5 3/4	152	6	76	3	83	3 1/4	2.200
7.5	3	83	3 1/4	89	3 1/2	171	6 3/4	178	7	89	3 1/2	102	4	3.500
10	4	89	3 1/2	102	4	190	7 1/2	203	8	102	4	114	4 1/2	5.200
15	6	89	3 1/2	102	4	216	8 1/2	229	9	127	5	140	5 1/2	9.000
20	8	105	4 1/8	140	5 1/2	237	10 1/8	292	11 1/2	152	6	168	6 5/8	15.500
25	10	105	4 1/8	140	5 1/2	283	11 1/8	317	12 1/2	178	7	194	7 5/8	25.000

d.- "Y" SENCILLA:



diámetro nominal		B mm.		E		E'		F		G		X		X'		peso aprox. en kgs.
cm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	
5	2	89	3 1/2	165	6 1/2	165	6 1/2	267	10 1/2	102	4	203	8	102	4	3.200
7.5	3	102	4	210	8 1/4	210	8 1/4	337	13 1/4	127	5	267	10 1/2	171	6 3/4	5.500
10	4	102	4	248	9 3/4	248	9 3/4	381	15	133	5 1/4	305	12	171	6 3/4	8.500
15	6	102	4	311	12 1/4	311	12 1/4	457	18	146	5 3/4	381	15	235	9 1/4	16.000
20	8	140	5 1/2	389	15 5/16	389	15 5/16	584	23	195	7 11/16	495	19 1/2	300	11 5/16	25.000
25	10	140	5 1/2	457	18	457	18	660	26	203	8	571	22 1/2	368	14 1/2	42.700
25x5	3x2	102	4	192	7 9/16	190	7 1/2	298	11 3/4	106	4 3/16	229	9	127	5	4.300
10x5	4x2	102	4	213	8 3/8	210	8 1/4	305	12	92	3 5/8	229	9	146	5 3/4	6.000
10x25	4x3	102	4	230	9 1/16	229	9	343	13 1/2	113	4 7/16	267	10 1/2	159	6 1/4	6.300
15x10	6x4	102	4	275	10 13/16	266	11 1/4	381	15	106	4 3/16	305	12	210	8 1/4	11.400
20x10	8x4	140	5 1/2	311	12 1/4	317	12 1/2	432	17	121	4 3/4	343	13 1/2	241	9 1/2	16.200
20x15	8x6	140	5 1/2	348	13 11/16	343	13 1/2	508	20	160	6 5/16	419	16 1/2	267	10 1/2	20.000
25x10	10x4	140	5 1/2	341	13 7/16	359	14 1/8	432	17	90	3 9/16	343	13 1/2	253	11 1/8	24.800
25x15	10x6	140	5 1/2	378	14 7/8	384	15 1/8	508	20	130	5 1/8	419	16 1/2	308	12 1/8	27.700
25x20	10x8	140	5 1/2	419	16 1/2	430	16 5/16	584	23	165	6 1/2	495	19 1/2	341	13 7/16	33.000

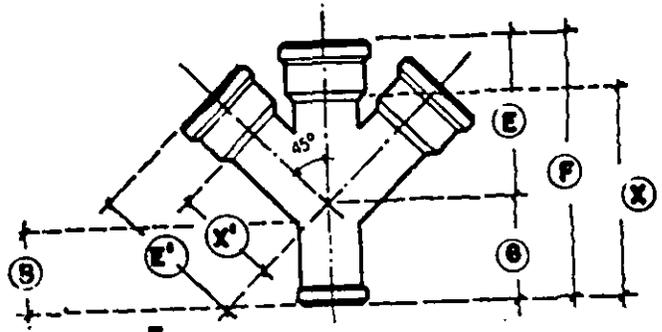
c.- CODO DE 45 GRADOS



diámetro nominal		A		B		C		D		R		X		peso aprox. en kgs.
cm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	
5	2	70	2 3/4	76	3	102	4	108	4 1/4	76	3	38	1 1/2	1.700
7.5	3	83	3 1/4	89	3 1/2	119	4 11/16	125	4 15/16	89	3 1/2	49	1 15/16	2.700
10	4	89	3 1/2	102	4	132	5 3/16	144	5 11/16	102	4	56	2 3/16	4.000
15	6	89	3 1/2	102	4	141	5 9/16	154	6 1/16	127	5	65	2 9/16	6.500
20	8	105	4 1/8	140	5 1/2	168	6 5/8	203	8	152	6	79	3 1/8	12.700
25	10	105	4 1/8	140	5 1/2	178	7	213	8 3/8	178	7	89	3 1/2	20.000

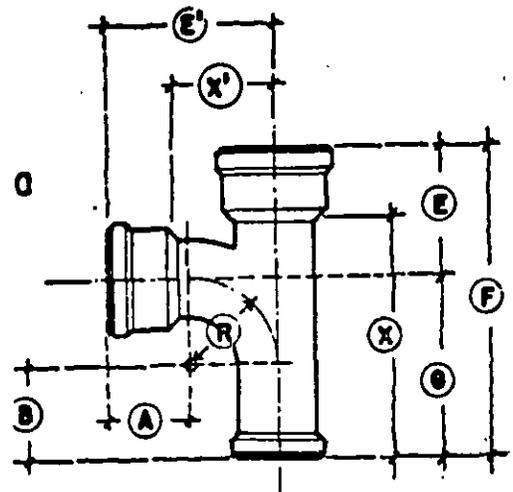
diámetro nominal		A		B		C		D		R		X		peso aprox. en kgs.
cm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	
5	2	70	2 3/4	76	3	86	3 3/8	92	3 5/8	76	3	22	7/8	1.200
7.5	3	83	3 1/4	89	3 1/2	100	3 15/16	106	4 3/16	89	3 1/2	30	1 3/16	2.500
10	4	89	3 1/2	102	4	110	4 5/16	122	4 13/16	102	4	33	1 5/16	3.200

e.- "Y" DOBLE:



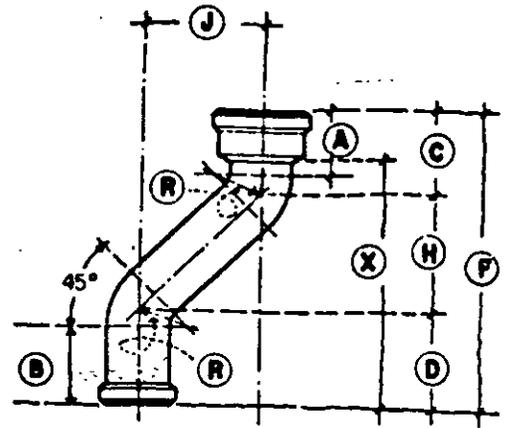
diámetro nominal		B		E		E'		F		G		X		X'		peso aprox. en kgs.
cm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	
5	2	89	3 1/2	165	6 1/2	165	6 1/2	267	10 1/2	102	4	203	8	102	4	4.200
10	4	102	4	248	9 3/4	248	9 3/4	381	15	133	5 1/4	305	12	171	6 3/4	10.000
15	6	102	4	311	12 1/4	311	12 1/4	457	18	146	5 3/4	381	15	235	9 1/4	16.300
10x5	4x2	102	4	213	8 3/8	210	8 1/4	305	12	92	3 5/8	229	9	146	5 3/4	7.600
15x10	6x4	102	4	275	10 13/16	286	11 1/4	381	15	106	4 3/16	305	12	210	8 1/4	12.700
20x15	8x6	140	5 1/2	348	13 1/16	343	13 1/2	508	20	160	6 5/16	419	16 1/2	267	10 1/2	23.000
25x20	10x8	140	5 1/2	419	16 1/2	430	16 15/16	584	23	165	6 1/2	465	19 1/2	341	13 7/16	42.800

f.- "T" SANITARIA:



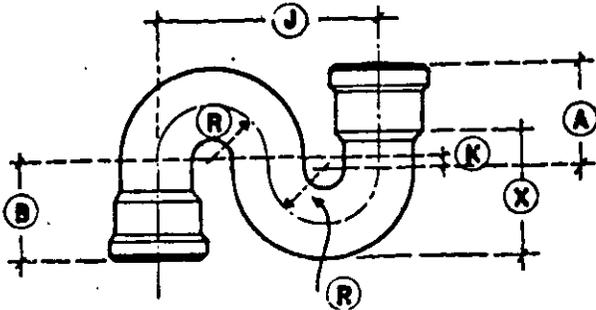
diámetro nominal		A		B		E		E'		F		G		R		X		X'		peso aprox. en kgs.
cm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	
5	2	70	2 3/4	95	3 3/4	108	4 1/4	133	5 1/4	267	10 1/2	159	6 1/4	63	2 1/2	203	8	70	2 3/4	3.500
7.5	3	83	3 1/4	102	4	133	5 1/4	171	6 3/4	324	12 3/4	190	7 1/2	89	3 1/2	254	10	102	4	5.500
10	4	89	3 1/2	102	4	152	6	190	7 1/2	356	14	203	8	102	4	279	11	114	4 1/2	8.000
15	6	89	3 1/2	102	4	178	7	216	8 1/2	406	16	229	9	127	5	330	13	140	5 1/2	13.000
20	8	105	4 1/8	146	5 3/4	222	8 3/4	257	10 1/8	521	20 1/2	298	11 3/4	152	6	432	17	168	6 5/8	22.300
25	10	105	4 1/8	146	5 3/4	248	9 3/4	283	11 1/8	571	22 1/2	324	12 3/4	178	7	483	19	194	7 5/8	35.400
7.5x5	3x2	76	3	102	4	121	4 3/4	165	6 1/2	298	11 3/4	178	7	76	3	229	9	102	4	4.300
10x5	4x2	76	3	102	4	127	5	178	7	305	12	178	7	76	3	229	9	114	4 1/2	5.300
10x7.5	4x3	83	3 1/4	102	4	140	5 1/2	184	7 1/4	330	13	190	7 1/2	89	3 1/2	254	10	114	4 1/2	6.500
15x10	6x4	89	3 1/2	102	4	152	6	216	8 1/2	356	14	203	8	102	4	279	11	140	5 1/2	11.700
20x10	8x4	89	3 1/2	146	5 3/4	171	6 3/4	241	9 1/2	419	16 1/2	248	9 3/4	102	4	330	13	165	6 1/2	15.900
20x15	8x6	89	3 1/2	146	5 3/4	197	7 3/4	241	9 1/2	470	18 1/2	273	10 3/4	127	5	381	15	165	6 1/2	18.200
25x10	10x4	99	3 1/2	146	5 3/4	171	6 3/4	267	10 1/2	419	16 1/2	248	9 3/4	102	4	330	13	190	7 1/2	27.700
25x15	10x6	89	3 1/2	146	5 3/4	197	7 3/4	267	10 1/2	470	18 1/2	273	10 3/4	127	5	381	15	190	7 1/2	25.000
25x20	10x8	105	4 1/8	146	5 3/4	222	8 3/4	283	11 1/8	521	20 1/2	298	11 3/4	152	6	432	17	194	7 5/8	30.800

g.- DESVIACIONES

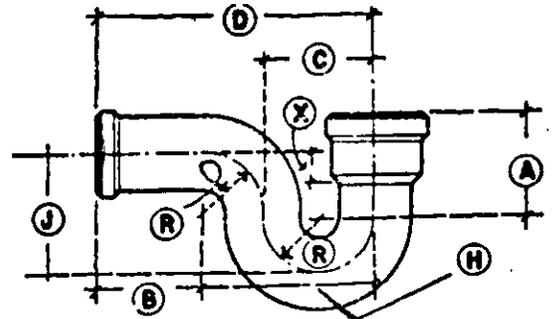


diámetro nominal		A		B		C		D		F		H		J		R		X		peso aprox. en kg
cm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	
5x10	2x4	70	2 3/4	89	3 1/2	89	3 1/2	108	4 1/4	298	11 3/4	102	4	102	4	51	2	235	9 1/4	2 500
5x15	2x6	70	2 3/4	89	3 1/2	89	3 1/2	108	4 1/4	349	13 3/4	152	6	152	6	51	2	286	11 1/4	3 000
5x20	2x8	70	2 3/4	89	3 1/2	89	3 1/2	108	4 1/4	400	15 3/4	203	8	203	8	51	2	337	13 1/4	3 500
10x10	4x4	89	3 1/2	102	4	121	4 3/4	133	5 1/4	356	14	102	4	102	4	76	3	279	11	5 700
10x15	4x6	89	3 1/2	102	4	121	4 3/4	133	5 1/4	406	16	152	6	152	6	76	3	330	13	6 900
10x20	4x8	89	3 1/2	102	4	121	4 3/4	133	5 1/4	457	18	203	8	203	8	76	3	381	15	7 600
10x25	4x10	89	3 1/2	102	4	121	4 3/4	133	5 1/4	508	20	254	10	254	10	76	3	432	17	8 000
10x5	4x2	89	3 1/2	102	4	121	4 3/4	133	5 1/4	305	12	51	2	51	2	76	3	229	9	5 400
10x30	4x12	89	3 1/2	102	4	121	4 3/4	133	5 1/4	559	22	305	12	305	12	76	3	483	19	8 200
15x5	6x2	89	3 1/2	105	4 1/8	127	5	143	5 5/8	330	13	60	2 3/8	51	2	102	4	254	10	6 600
15x15	6x6	89	3 1/2	105	4 1/8	132	5 3/16	148	5 13/16	432	17	152	6	152	6	102	4	356	14	9 100
15x30	6x12	89	3 1/2	105	4 1/8	132	5 3/16	148	5 13/16	584	23	305	12	305	12	102	4	508	20	11 900

h.- TRAMPA EN "S"



i.- TRAMPA EN "P"

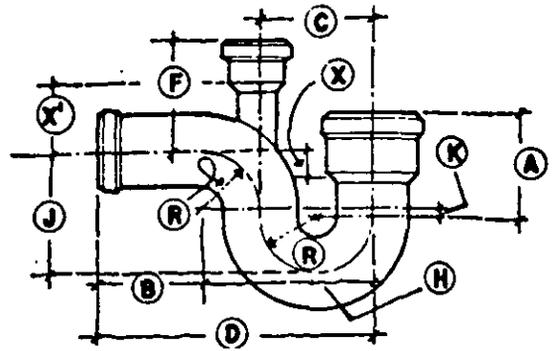


diámetro nominal		A		B		J		K		R		X		peso aprox. en kg
cm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	
5	2	76	3	69	3 1/2	203	8			51	2	102	4	3 100
10	4	140	5 1/2	140	5 1/2	305	12	13	1/2	76	3	190	7 1/2	11 000

"P"

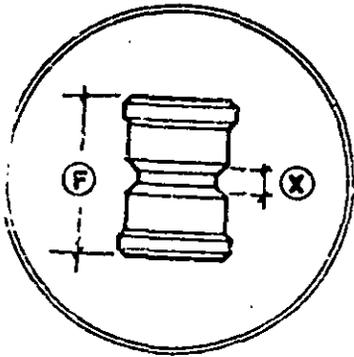
diámetro nominal		A		B		C		D		H		J		K		R		X		peso aprox. en kg		
cm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.			
2		76	3	89	3 1/2			102	4	241	9 1/2	152	6	102	4			51	2	38	1 1/2	800
7.5	3	114	4 1/2	114	4 1/2			127	5	305	12	190	7 1/2	140	5 1/2	13	1/2	63	2 1/2	32	1 1/4	6 000
10	4	140	5 1/2	127	5			152	6	356	14	229	9	165	6 1/2	13	1/2	76	3	25	1	9 500
15	6	190	7 1/2	127	5			203	8	432	17	305	12	216	8 1/2	13	1/2	102	4			14 000

J.- TRAMPA " P " CON REGISTRO CAMPANA



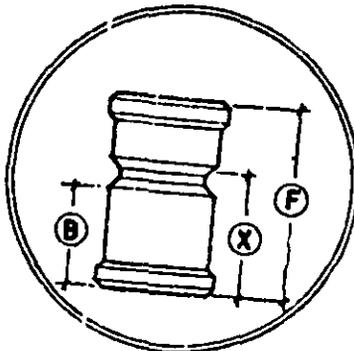
diámetro nominal		A		B		C		D		F		H		J		K		R		X		X'		peso aprox. en kgs.		
cm.	pulg.	mm.	pulg.																							
5x5	2x2	76	3	89	3 1/2			102	4	241	9 1/2	114	4 1/2	152	6	102	4			51	2	38	1 1/2	51	2	4.300
10x10	4x4	140	5 1/2	127	5			152	6	356	14	152	6	229	9	165	6 1/2	13	1/2	76	3	25	1	76	3	12.200
15x10	6x6	190	7 1/2	127	5			203	8	432	17	178	7	305	12	216	8 1/2	13	1/2	102	4			102	4	16.700
20x15	8x6	254	10	178	7			254	10	559	22	210	8 1/4	381	15	279	11	25	1	127	5	13	1/2	133	5 1/4	34.000

K.- DOBLE CAMPANA



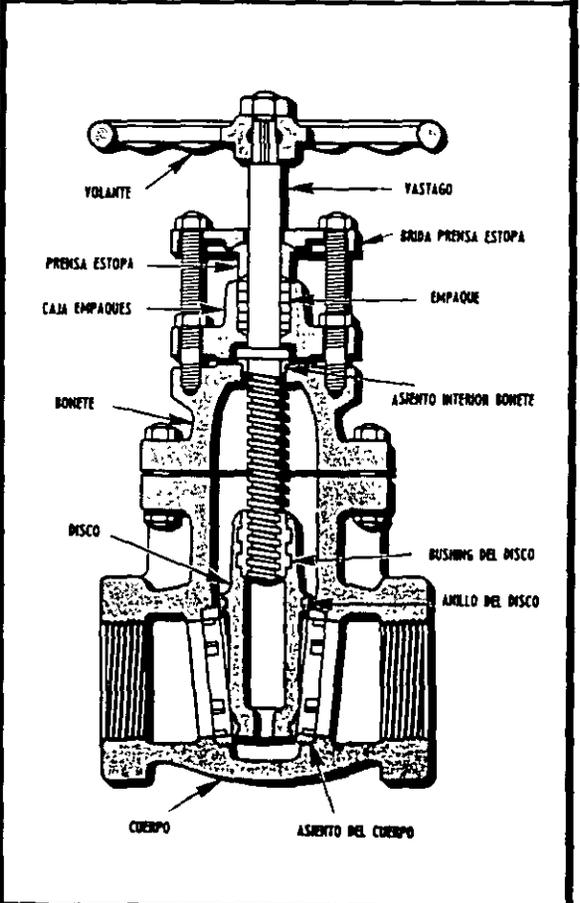
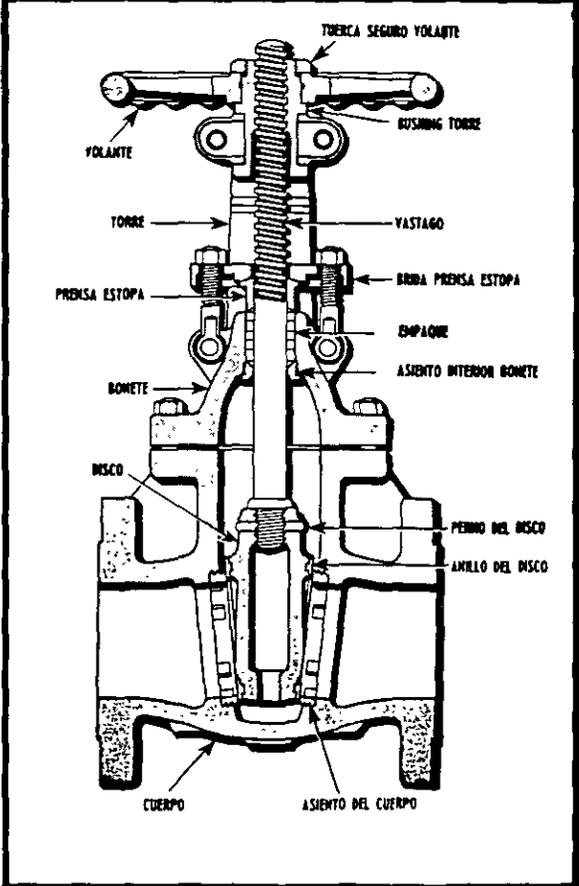
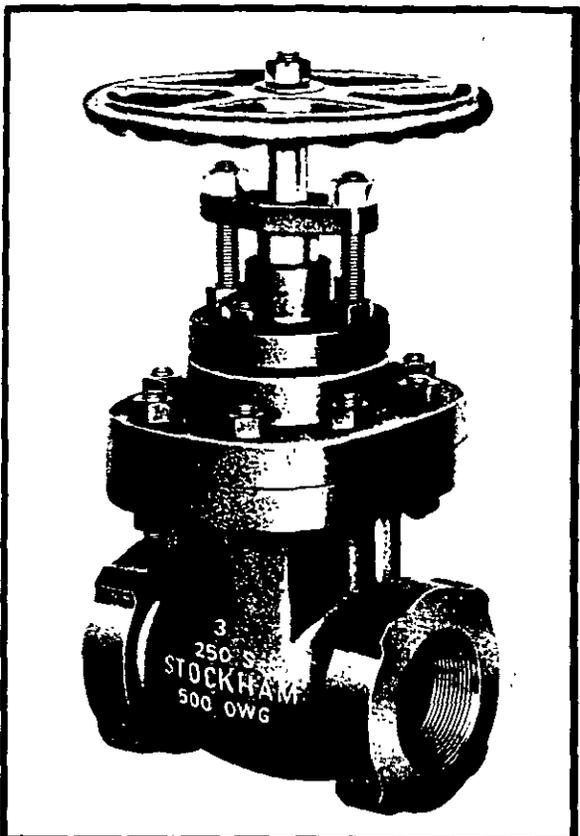
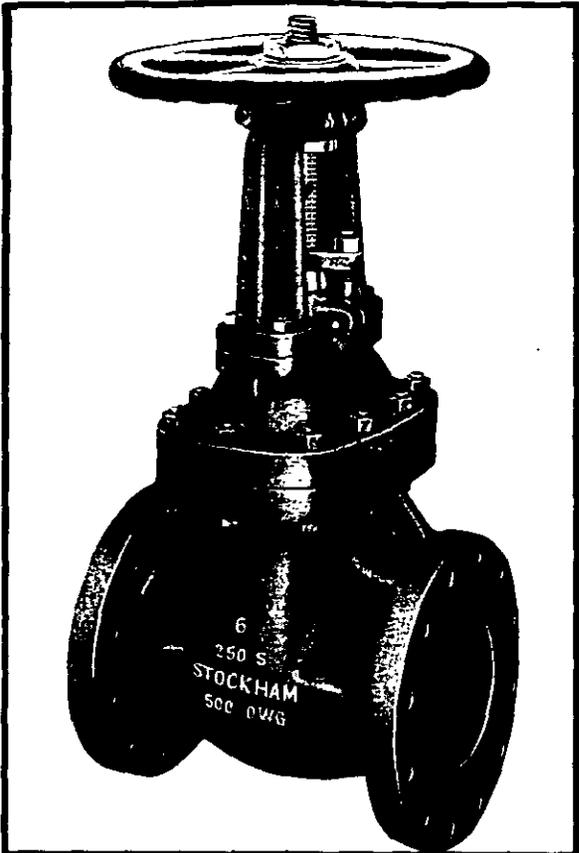
diámetro nominal		F		X		peso aprox. en kgs.
cm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	
5	2	152	6	25	1	1.700
7.5	3	165	6 1/2	25	1	2.600
10	4	178	7	25	1	3.500
15	6	178	7	25	1	5.600
20	8	210	8 1/4	32	1 1/4	10.000
25	10	210	8 1/4	32	1 1/4	16.000

L.- REDUCCIONES

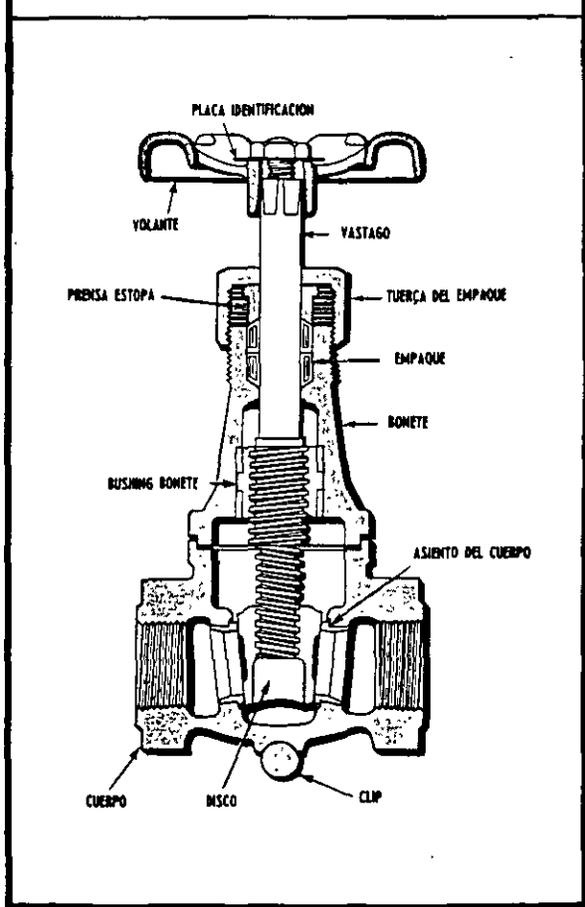
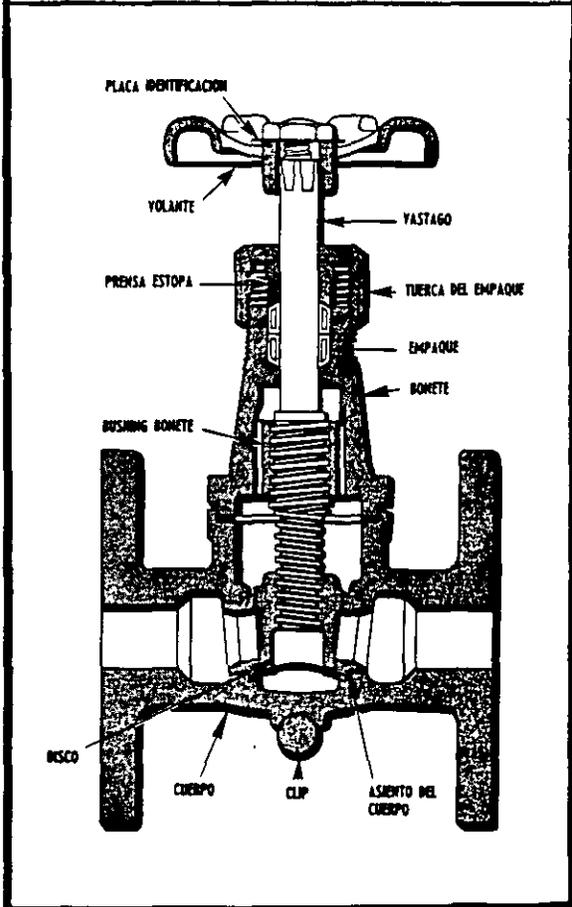
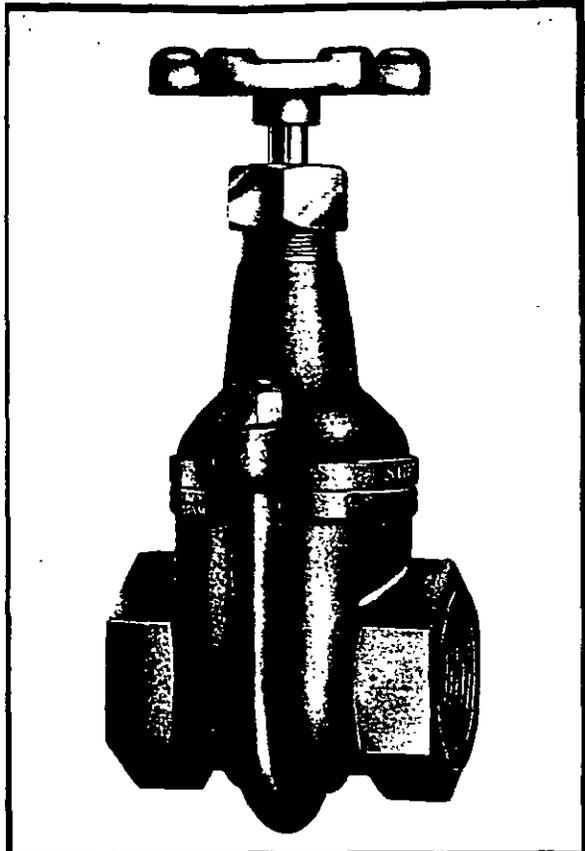
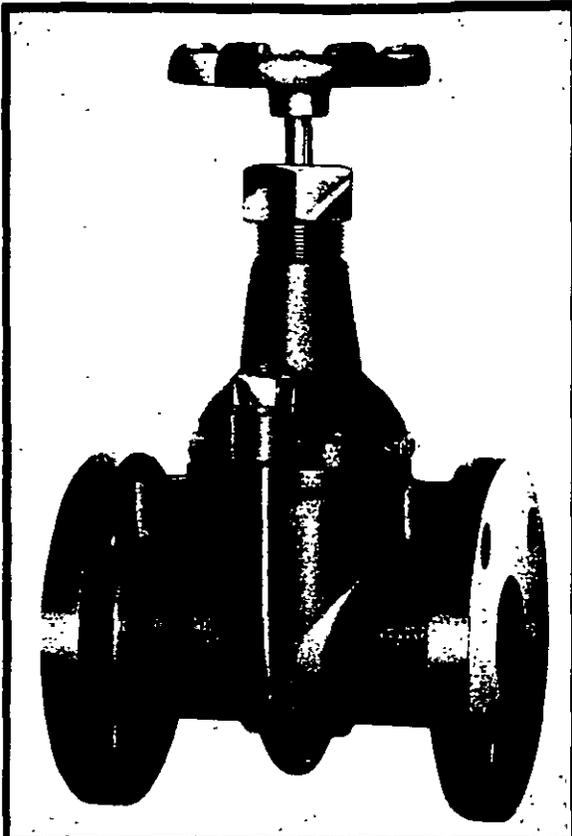


diámetro nominal		B		F		X		peso aprox. en kgs.
cm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	
7.5x5	3x2	95	3 3/4	124	7 1/4	121	4 3/4	1.900
10x5	4x2	102	4	190	7 1/2	127	5	2.500
10x7.5	4x3	102	4	197	7 3/4	127	5	3.000
15x10	6x4	102	4	203	8	127	5	4.600
20x10	8x4	114	4 1/2	229	9	152	6	6.000
20x15	8x6	114	4 1/2	229	9	152	6	6.400
25x10	10x4	114	4 1/2	229	9	152	6	8.000
25x15	10x6	114	4 1/2	229	9	152	6	8.650
25x20	10x8	114	4 1/2	241	9 1/2	152	6	11.200

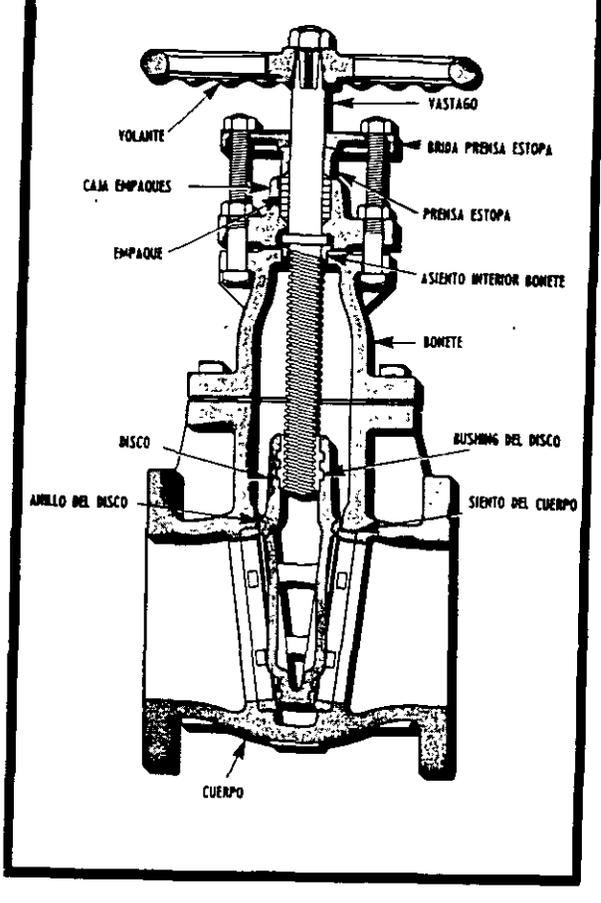
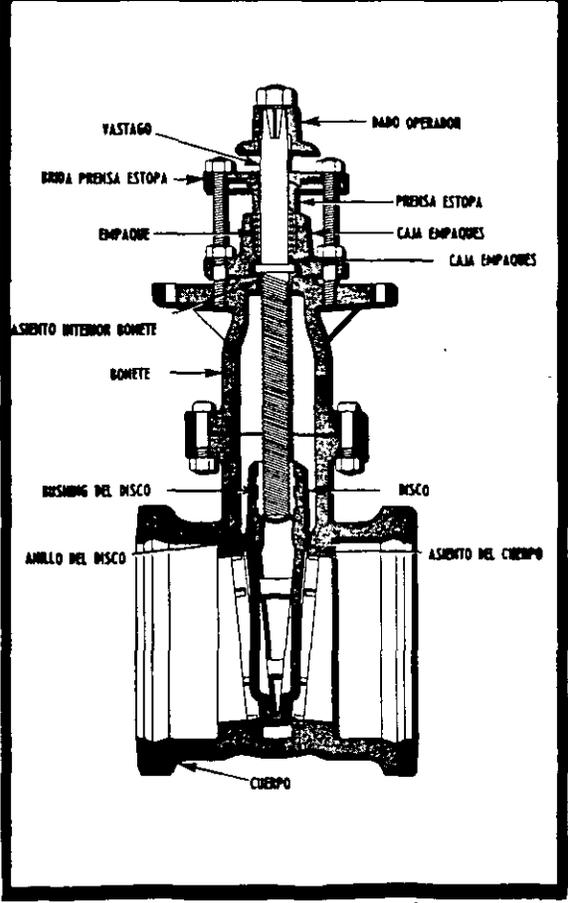
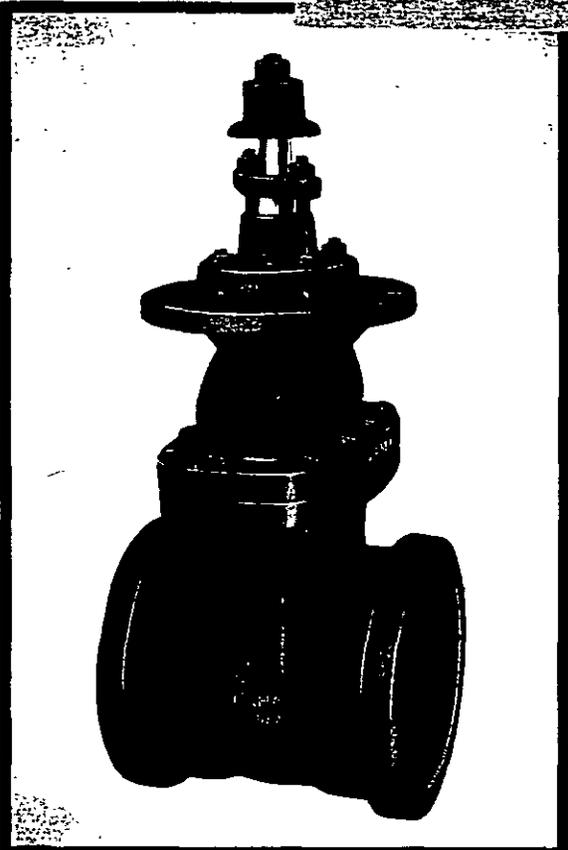
COMPUENTA



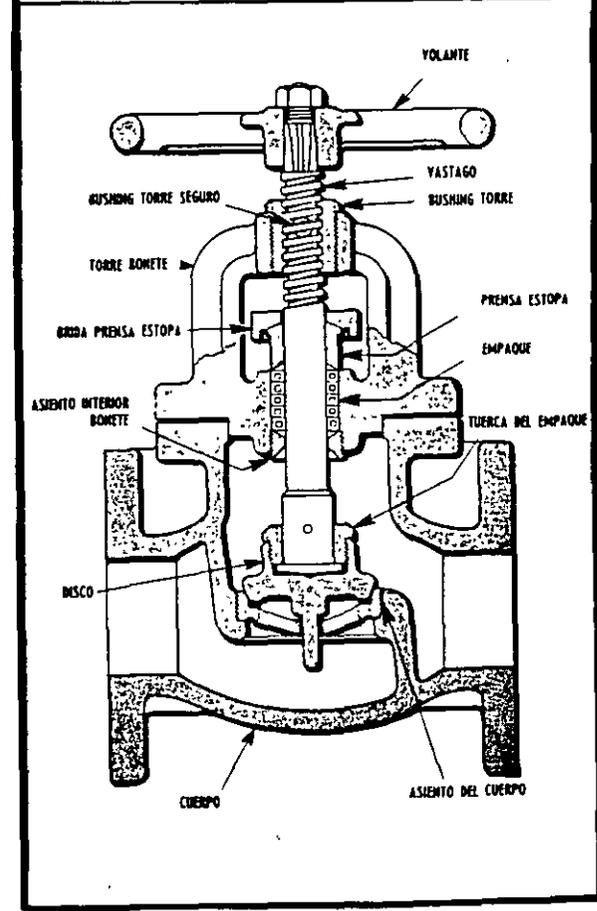
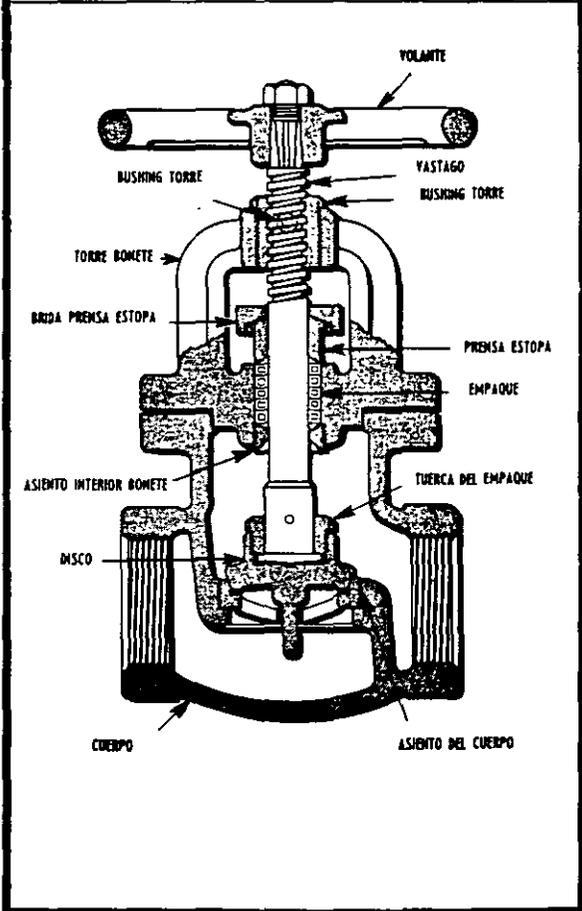
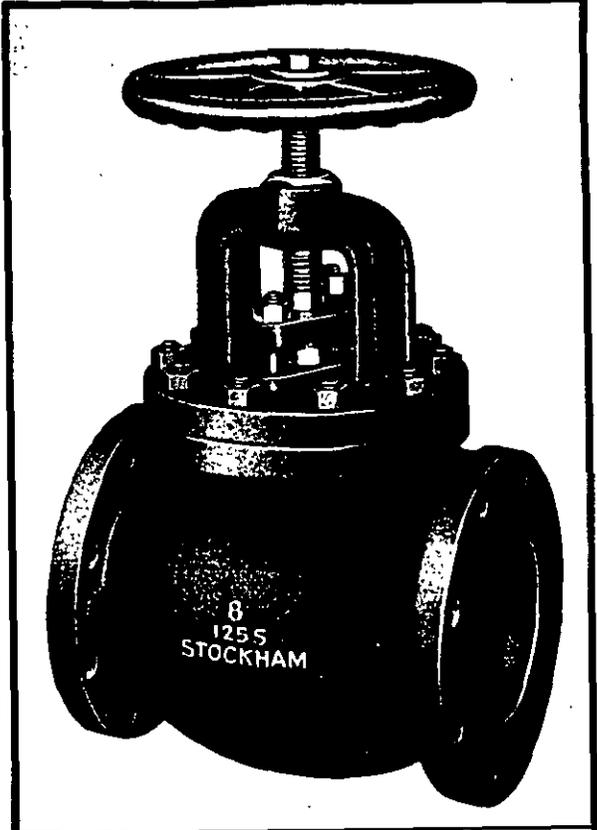
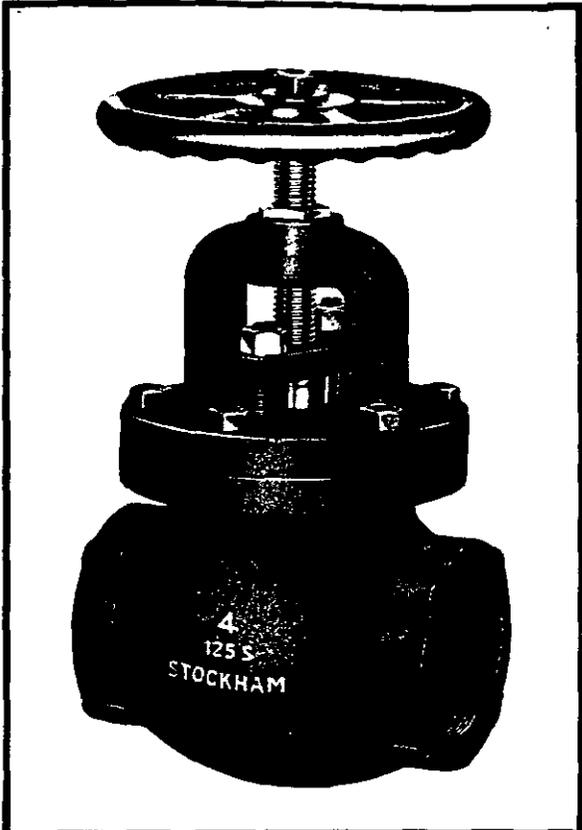
COMPUERTA



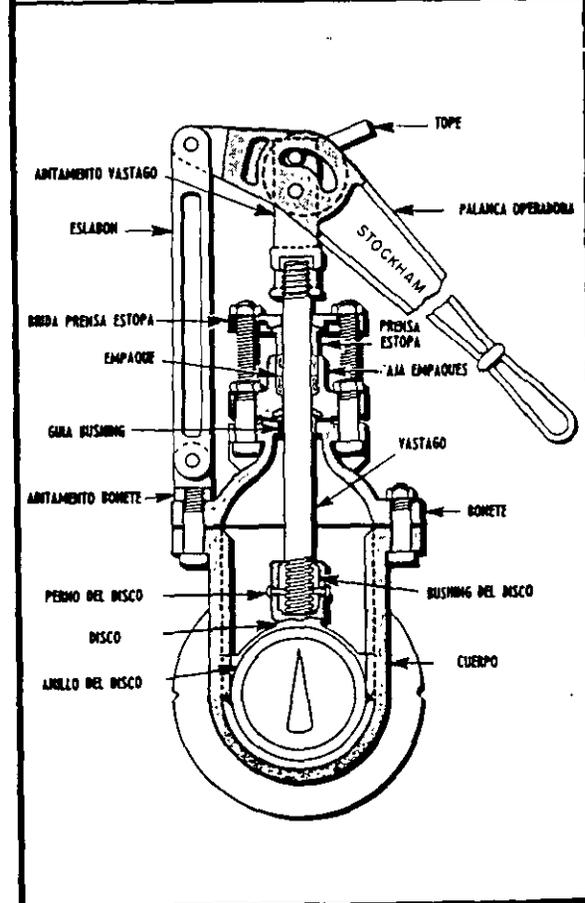
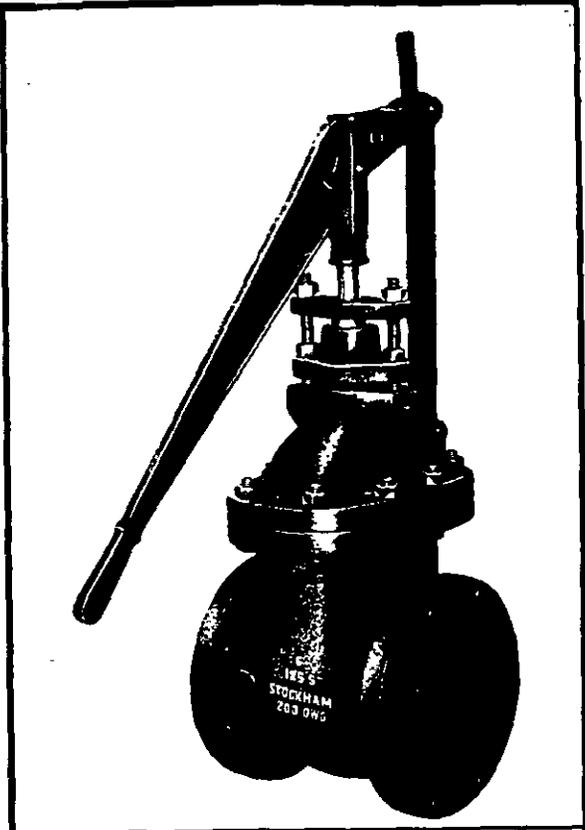
COMPUERTA



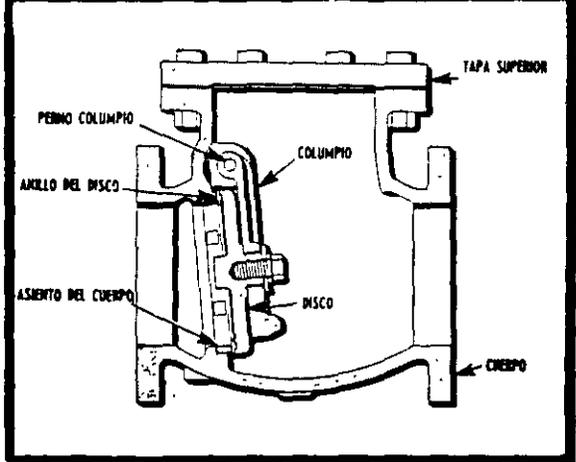
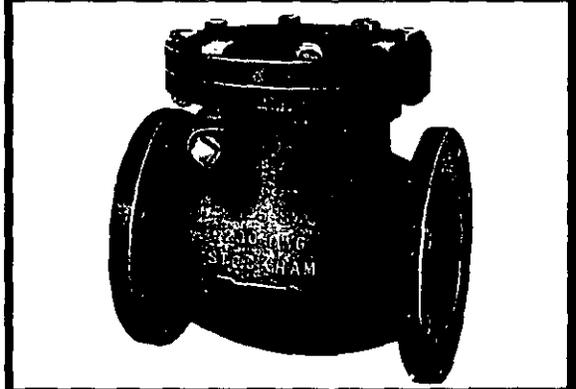
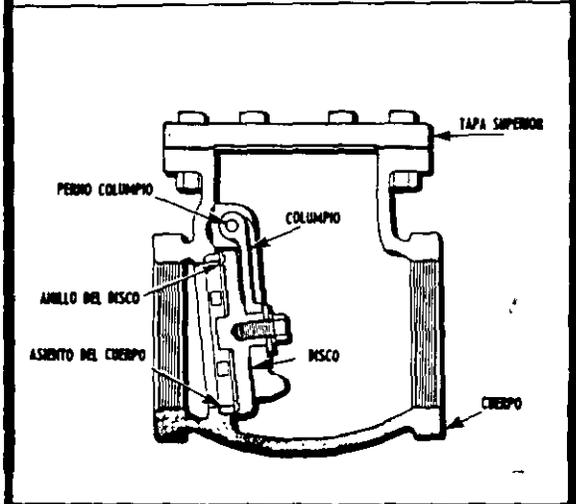
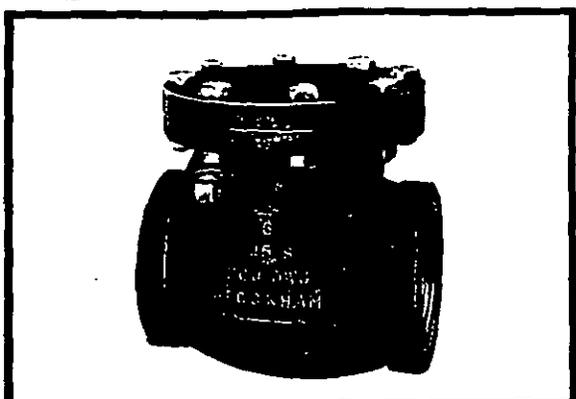
FLUJO



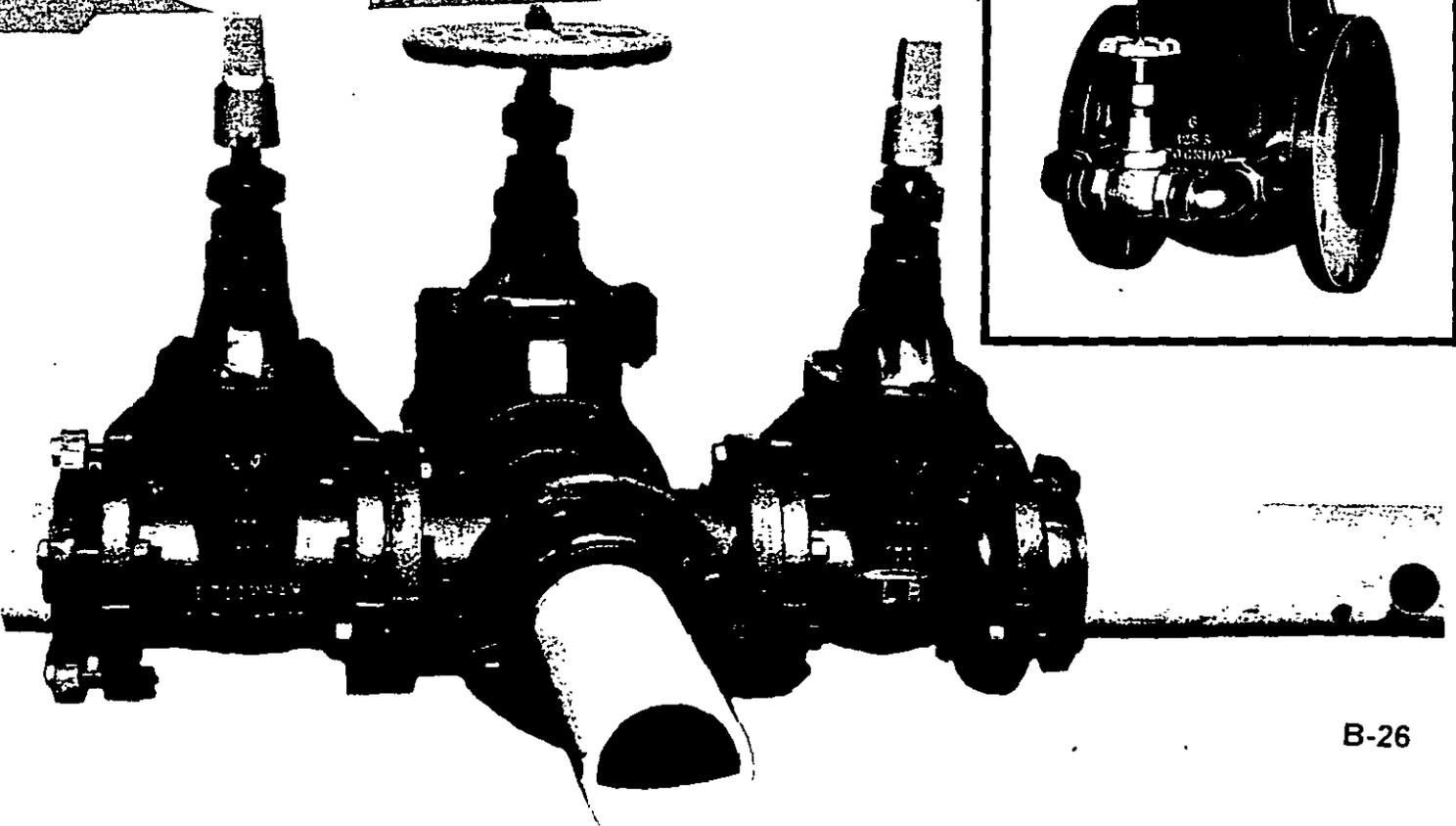
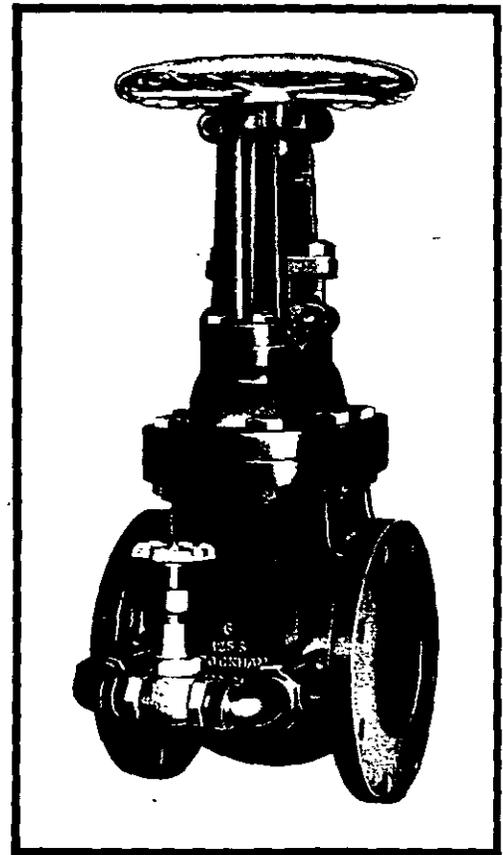
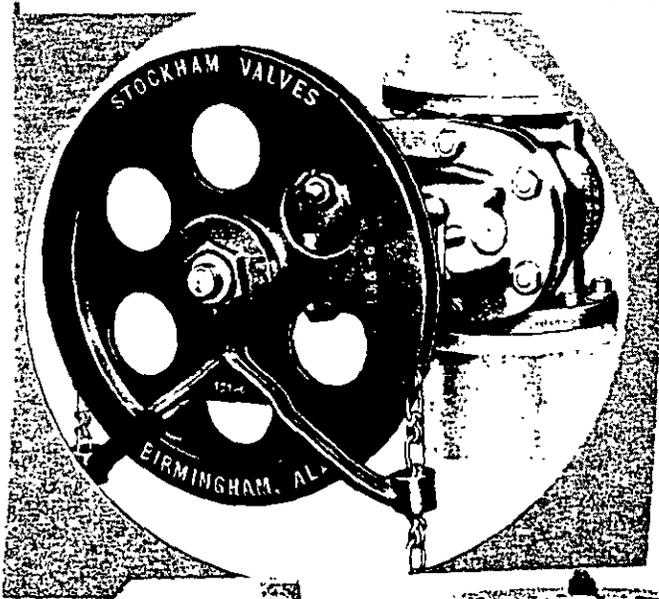
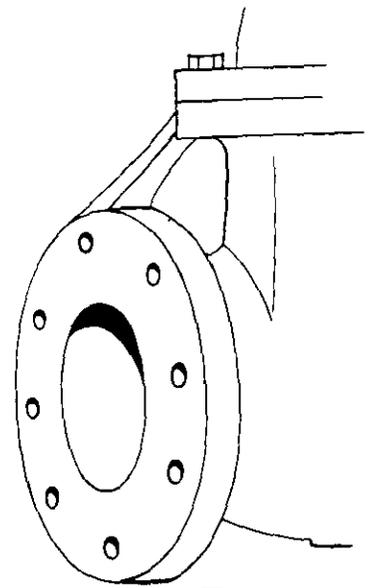
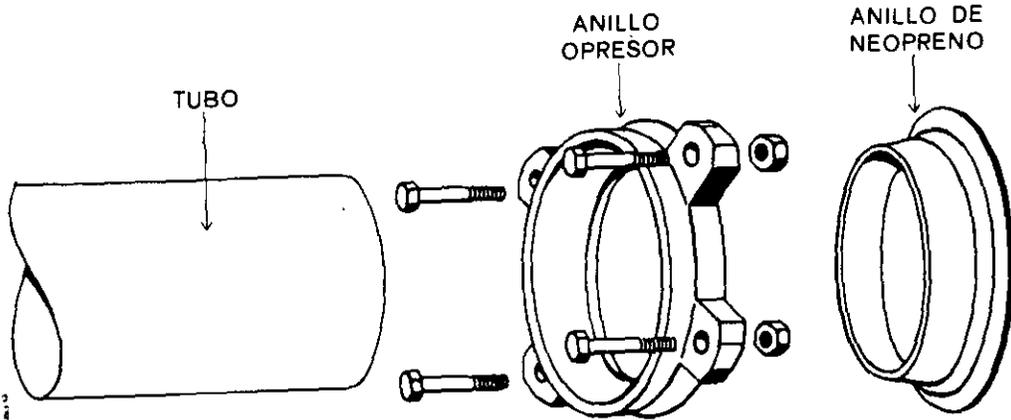
COMPLETA

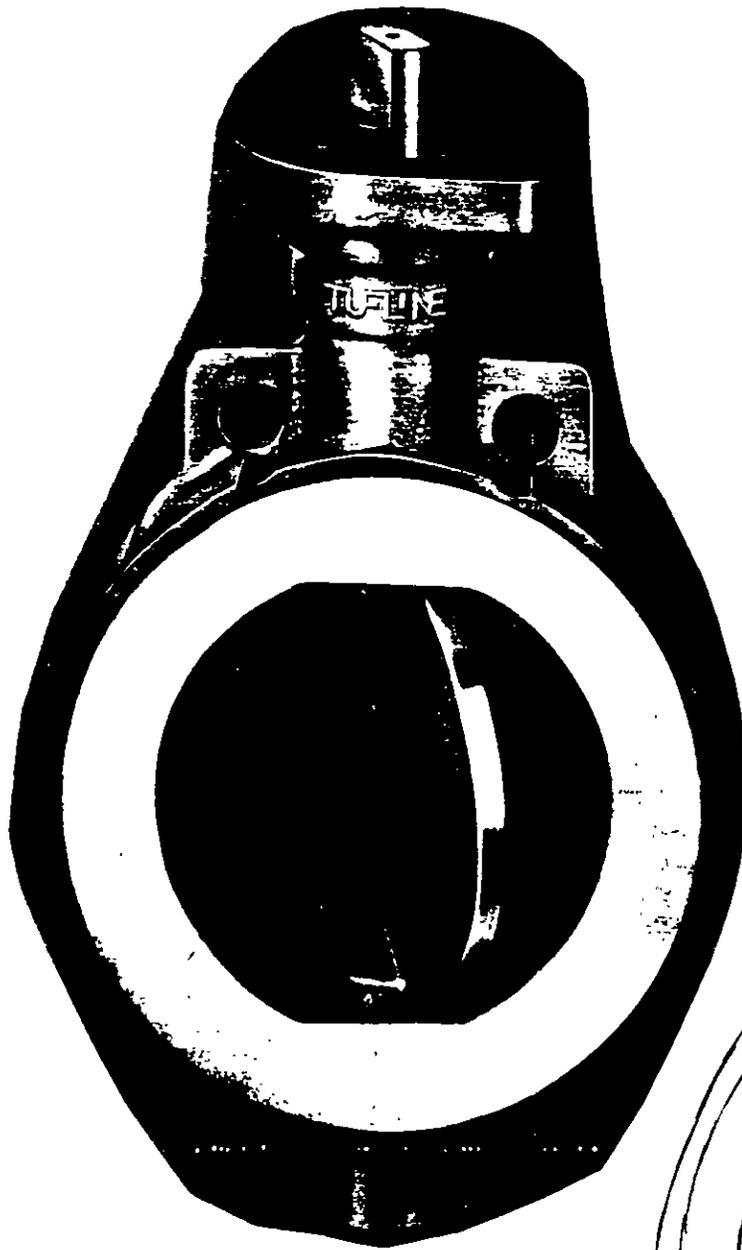


DETALLE

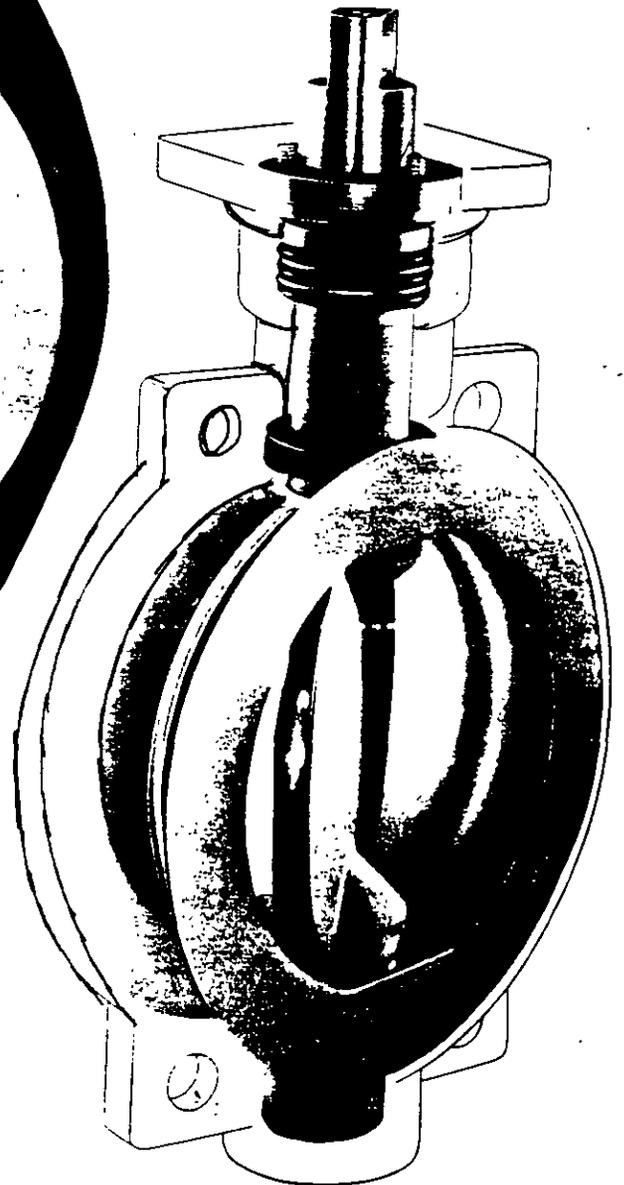


JUNTA MECANICA ABT*



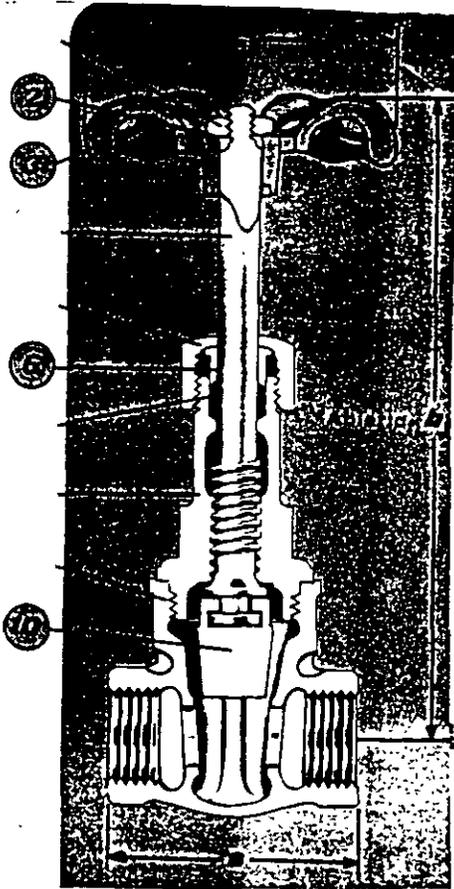


VALVULA DE MARIPOSA



B.5.- VALVULAS INDUSTRIALES

A.- VALVULAS DE COMPUERTA



Recomendada para

- Servicio con apertura total o cierre total, sin estrangulación.
- Para uso poco frecuente.
- Para resistencia mínima a la circulación.
- Para mínimas cantidades de fluido o líquido atrapado en la tubería.

Aplicaciones

- Servicio general, aceites y petróleo, gas, aire, pastas semilíquidas, líquidos espesos, vapor, gases y líquidos no condensables, líquidos corrosivos.

Ventajas

- Alta capacidad.
- Cierre hermético.
- Bajo costo.
- Diseño y funcionamiento sencillos.
- Poca resistencia a la circulación.

Desventajas

- ~~Control deficiente de la circulación.~~
- Se requiere mucha fuerza para accionarla.
- Produce cavitación con baja caída de presión.
- Debe estar cubierta o cerrada por completo.
- La posición para estrangulación producirá erosión del asiento y del disco.

Variaciones

- Cuña maciza, cuña flexible, cuña dividida, disco doble.

Materiales

- Cuerpo: bronce, hierro fundido, hierro, acero forjado, Monel, acero fundido, acero inoxidable, plástico de PVC.
- Componentes diversos.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

- Lubricar a intervalos periódicos.
- Corregir de inmediato las fugas por la empaquetadura.
- Enfriar siempre el sistema al cerrar una tubería para líquidos calientes y al comprobar que las válvulas estén cerradas.
- No cerrar nunca las llaves a la fuerza con la llave o una palanca.
- Abrir las válvulas con lentitud para evitar el choque hidráulico en la tubería.
- Cerrar las válvulas con lentitud para ayudar a descargar los sedimentos y mugre atrapados.

DESCRIPCION DE PARTES

1.- TUERCA VOLANTE
2.- RONDANA DE IDENTIFICACION
3.- VOLANTE
4.- VASTAGO
5.- ESTOPERA
6.- PRENSA-ESTOPA
7.- EMP. DE ASBESTO GRAFITADO
8.- CABEZA
9.- CUERPO
10.- CUÑA SOLIDA

Válvulas de globo

B.- VALVULAS DE GLOBO

Una válvula de globo es de vueltas múltiples, en la cual el cierre se logra por medio de un disco o tapón que cierra o corta el paso del fluido en un asiento que suele estar paralelo con la circulación en la tubería (Fig. 7-3).

Recomendada para

- Estrangulación o regulación de circulación.
- Para accionamiento frecuente.
- Para corte positivo de gases o aire.
- Cuando es aceptable cierta resistencia a la circulación.

Aplicaciones

- Servicio general, líquidos, vapores, gases, corrosivos, pastas semiliquidas.

Ventajas

- Estrangulación eficiente con estiramiento o erosión mínimos del disco o asiento.
- Carrera corta del disco y pocas vueltas para accionarla, lo cual reduce el tiempo y desgaste en el vástago y el bonete.
- Control preciso de la circulación.
- Disponibles con orificios múltiples.

- Gran caída de presión.
- Costo relativo elevado.

DESCRIPCION DE PARTES

1 - TUERCA VOLANTE
2 - RONDANA DE IDENTIFICACION
3 - VOLANTE
4 - VASTAGO
5 - ESTOPERA
6 - PRENSA-ESTOPA
7 - EMP. DE ASBESTO GRAFITADO
8 - CABEZA
9 - CUERPO

Variaciones

- Normal (estándar), en "Y", en ángulo, de tres vías.

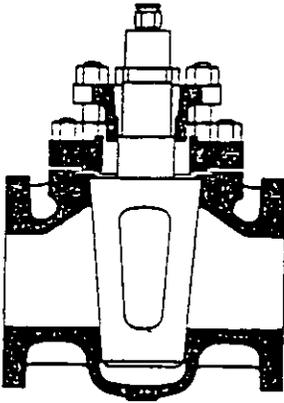
Materiales

- Cuerpo: bronce, hierro, hierro fundido, acero forjado, Monel, acero inoxidable, plásticos.
- Componentes: diversos.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

- Instalar de modo que la presión esté debajo del disco, excepto en servicio con vapor a alta temperatura.
- Registro en lubricación.
- Hay que abrir ligeramente la válvula para expulsar los cuerpos extraños del asiento.
- Apretar la tuerca de la empaquetadura, para corregir de inmediato las fugas por la empaquetadura.

C.- VALVULAS DE MACHO



- Para baja caída de presión a través de la válvula.
- Para resistencia mínima a la circulación.
- Para cantidad mínima de fluido atrapado en la tubería.

Aplicaciones

- Servicio general, pastas semilíquidas, líquidos, vapores, gases, corrosivos.

Ventajas

- Alta capacidad.
- Bajo costo.
- Cierre hermético.
- Funcionamiento rápido.

Desventajas

- Requiere alta torsión (par) para accionarla.
- Desgaste del asiento.
- Cavitación con baja caída de presión.

Válvula de macho.



Variaciones

- Lubricada, sin lubricar, orificios múltiples.

Materiales

- Hierro, hierro dúctil, acero al carbono, acero inoxidable, Aleación 20, Monel, níquel, Hastelloy, camisa de plástico.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

- Dejar espacio libre para mover la manija en las válvulas accionadas con una llave.
- En las válvulas con macho lubricado, hacerlo antes de ponerlas en servicio.
- En las válvulas con macho lubricado, lubricarlas a intervalos periódicos.

Especificaciones para el pedido

- Material del cuerpo.
- Material del macho.
- Capacidad nominal de temperatura.
- Disposición de los orificios, si es de orificios múltiples.
- Lubricante, si es válvula lubricada.



D.- VALVULAS DE MARIPOSA

La válvula de mariposa es de 1/4 de vuelta y controla la circulación por medio de un disco circular, con el eje de su orificio en ángulos rectos con el sentido de la circulación (Fig. 7-5).

Recomendada para

- Servicio con apertura total o cierre total.
- Servicio con estrangulación.
- Para accionamiento frecuente.
- Cuando se requiere corte positivo para gases o líquidos.
- Cuando sólo se permite un mínimo de fluido atrapado en la tubería.
- Para baja caída de presión a través de la válvula.

Aplicaciones

- Servicio general, líquidos, gases, pastas semilíquidas, líquidos con sólidos en suspensión.

Ventajas

- Ligera de peso, compacta, bajo costo.
- Requiere poco mantenimiento.
- Número mínimo de piezas móviles.
- No tiene bolsas o cavidades.
- Alta capacidad.
- ~~Circulación en línea recta~~
- Se limpia por sí sola.

Desventajas

- Alta torsión (par) para accionarla.
- Capacidad limitada para caída de presión.
- Propensa a la cavitación.

Variaciones

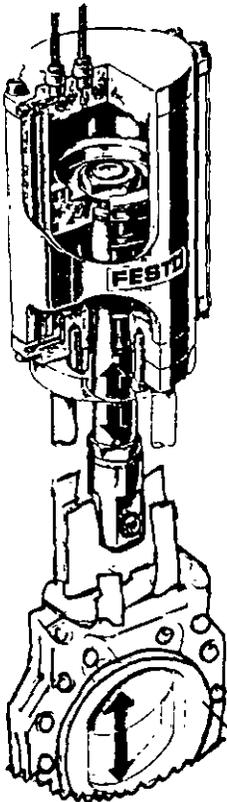
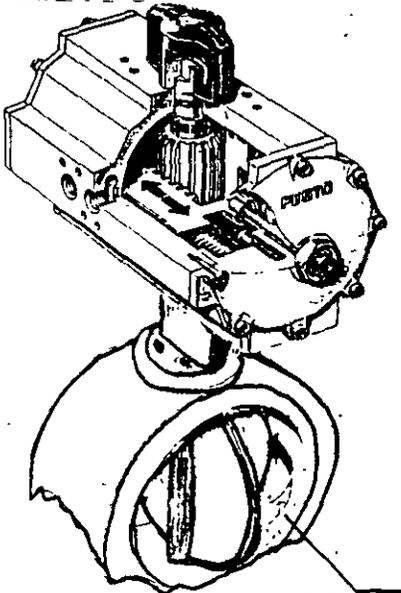
- Disco plano, disco realzado, con brida, atornillada, con camisa completa, alto rendimiento.

Materiales

- Cuerpo: hierro, hierro dúctil, aceros al carbono, acero forjado, aceros inoxidables, Aleación 20, bronce, Monel.
- Disco: todos los metales; revestimiento de elastómeros como TFE, Kynar, Buna-N, neopreno, Hypalon.
- Asiento: Buna-N, Viton, neopreno, caucho, butilo, poliuretano, Hypalon, Hycar, TFE.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

- Se puede accionar con palanca, volante o rueda para cadena.
- Dejar suficiente espacio para el movimiento de la manija, si se acciona con palanca.
- Las válvulas deben estar en posición cerrada durante el manejo y la instalación.





E.- VALVULAS DE DIAFRAGMA

Las válvulas de diafragma son de vueltas múltiples y efectúan el cierre por medio de un diafragma flexible sujeto a un compresor. Cuando el vástago de la válvula hace descender el compresor, el diafragma produce sellamiento y la circulación (Fig. 7-6).

Recomendada para

- Servicio con apertura total o cierre total.
- Para servicio de estrangulación.
- Para servicio con bajas presiones de operación.

Aplicaciones

- Fluidos corrosivos, materiales pegajosos o viscosos, pastas semiliquidas fibrosas, lodos, alimentos, productos farmacéuticos.

Ventajas

- Bajo costo.
- No tienen empaquetaduras.
- No hay posibilidad de fugas por el vástago.
- Inmune a los problemas de obstrucción, corrosión o formación de gomas en los productos que circulan.

Desventajas

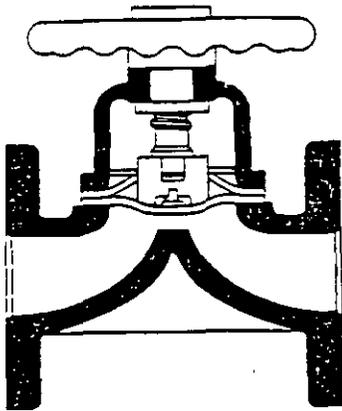
- Diafragma susceptible de desgaste.
- Elevada torsión al cerrar con la tubería llena.

Variaciones

- Tipo con vertedero y tipo en línea recta.

Materiales

- Metálicos, plásticos macizos, con camisa, en gran variedad de cada uno.



Válvula de diafragma.

Especificaciones para el pedido

- Material del cuerpo.
- Material del diafragma.
- Conexiones de extremo.
- Tipo del vástago.
- Tipo del bonete.
- Tipo de accionamiento.
- Presión de funcionamiento.
- Temperatura de funcionamiento.

Válvulas
de apriete

F.- VALVULAS DE APRIETE

La válvula de apriete es de vueltas múltiples y efectúa el cierre por medio de uno o más elementos flexibles, como diafragmas o tubos de caucho que se pueden apretar u oprimir entre sí para cortar la circulación (Fig. 7-7).

Recomendada para

- Servicio de apertura y cierre.
- Servicio de estrangulación.
- Para temperaturas moderadas.
- Cuando hay baja caída de presión a través de la válvula.
- Para servicios que requieren poco mantenimiento.

Aplicaciones

- Pastas semilíquidas, lodos y pastas de minas, líquidos con grandes cantidades de sólidos en suspensión, sistemas para conducción neumática de sólidos, servicio de alimentos.

Ventajas

- Bajo costo.
- Poco mantenimiento.
- No hay obstrucciones o bolsas internas que la obstruyan.
- ~~Diseño sencillo~~
- NO CORROSIVA y resistente a la abrasión.

Desventajas

- Aplicación limitada para vacío.
- Difícil de determinar el tamaño.

Variaciones

- Camisa o cuerpo descubiertos; camisa o cuerpo metálicos alojados.

Materiales

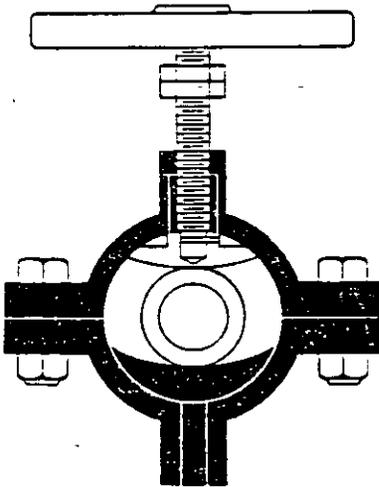
- Caucho, caucho blanco, Hypalon, poliuretano, neopreno, neopreno blanco, Buna-N, Buna-S, Viton A, butilo, caucho de siliconas, TFE.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

- Los tamaños grandes pueden requerir soportes encima o debajo de la tubería, si los soportes para el tubo son inadecuados.

Especificaciones para el pedido

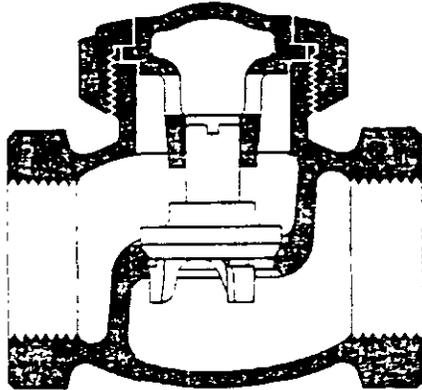
- Presión de funcionamiento.
- Temperatura de funcionamiento.
- Material de la camisa.
- Camisa descubierta o alojada.



G.- VALVULAS DE RETENCION

Válvulas de retención (check) y de desahogo (alivio)

Hay dos categorías de válvulas y son para uso específico, más bien que para servicio general: válvulas de retención (*check*) y válvulas de desahogo (alivio). Al contrario de los otros tipos descritos en este capítulo, son válvulas de accionamiento automático, funcionan sin controles externos y dependen para su funcionamiento de sentido de circulación o de las presiones en el sistema de tubería. Como ambos tipos se utilizan en combinación con válvulas de control de circulación, la selección de la válvula, con frecuencia, se hace sobre la base de las condiciones para seleccionar la válvula de control de circulación.



Válvula de retención (tipo de elevación).

Válvulas de retención (*check*). La válvula de retención (Fig. 7-8) está destinada a impedir una inversión de la circulación. La circulación de líquido en el sentido deseado abre la válvula; al invertirse la circulación, se cierra. Hay tres tipos básicos de válvulas de retención: 1) válvulas de retención de columpio, 2) de elevación y 3) de mariposa.

Válvula de retención del columpio. Esta válvula tiene un disco embisagrado o de charnela que se abre por completo con la presión en la tubería y se cierra cuando se interrumpe la presión y empieza la circulación inversa. Hay dos diseños: uno en "Y" que tiene una abertura de acceso en el cuerpo para el esmerilado fácil del disco sin desmontar la válvula de la tubería y un tipo de circulación en línea recta que tiene anillos de asiento reemplazables.

Recomendada para

- Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación.
- Cuando hay cambios poco frecuentes del sentido de circulación en la tubería.
- Para servicio en tuberías que tienen válvulas de compuerta.
- Para tuberías verticales que tienen circulación ascendente.

Aplicaciones

- Para servicio con líquidos a baja velocidad.

Ventajas

- Puede estar por completo a la vista.
- La turbulencia y las presiones dentro de la válvula son muy bajas.
- El disco en "Y" se puede esmerilar sin desmontar la válvula de la tubería.

Variaciones

- Válvula de retención con disco inclinable.

Materiales

- Cuerpo: bronce, hierro fundido, acero forjado, Monel, acero fundido, acero inoxidable, acero al carbono.
- Componentes: diversos.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

- En las tuberías verticales, la presión siempre debe estar debajo del asiento.
- Si una válvula no corta el paso, examinar la superficie del asiento.
- Si el asiento está dañado o escoriado, se debe esmerilar o reemplazar.
- Antes de volver a armar, limpiar con cuidado todas las piezas internas.

B.6.- PROTECCION SANITARIA DE LOS DEPOSITOS DE AGUA DEL SUBSUELO

Se ha considerado de acuerdo a las estadísticas, que el 97 % del agua potable que existe en el globo terraqueo (excluyendo los glaciares y las capas de hielo polar) se encuentran bajo la tierra, considerando tal liquido como "agua almacenada". y el agua de los rios y lagos se considera " agua en circulación"

Se conoce que toda el agua que se infiltra en el suelo, por lo general esta contaminada, aunque el paso a través de los diferentes tipos de suelos, ayuda como un proceso de " Auto purificación", como lo han demostrado estudios en los países de EEUU, India y Europa. Investigaciones que han enriquecido los estudios sobre purificación natural, grado de contaminación, etc.

PNPA

1.- FILTRACION

Eliminación mecánica de microorganismos

a través de los poros del suelo, siendo entre mas finos mejor la filtración

2.- SEDIMENTACION:

Depende del tamaño de material en suspensión

y la velocidad de flujo del agua a través de los poros, mientras más grande son las partículas de material en suspensión y más lenta la velocidad de flujo, más eficiente y precisa es la sedimentación.

3.- MUELLE NATURAL DE LAS BACTERIAS:

Las bacterias que producen enfermedades en el hombre, viven corto tiempo fuera del huésped natural.

C.- AGUAS NEGRAS:

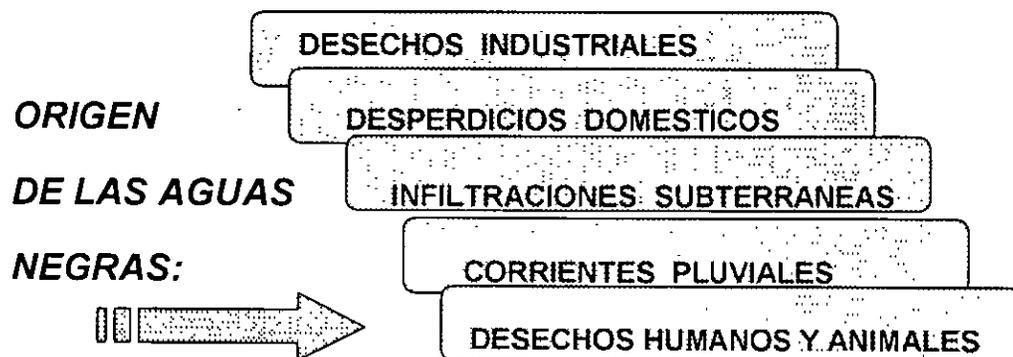
Definiciones:

" Son las aguas de abastecimiento de una población, después de haber sido utilizadas y como consecuencia impurificadas "

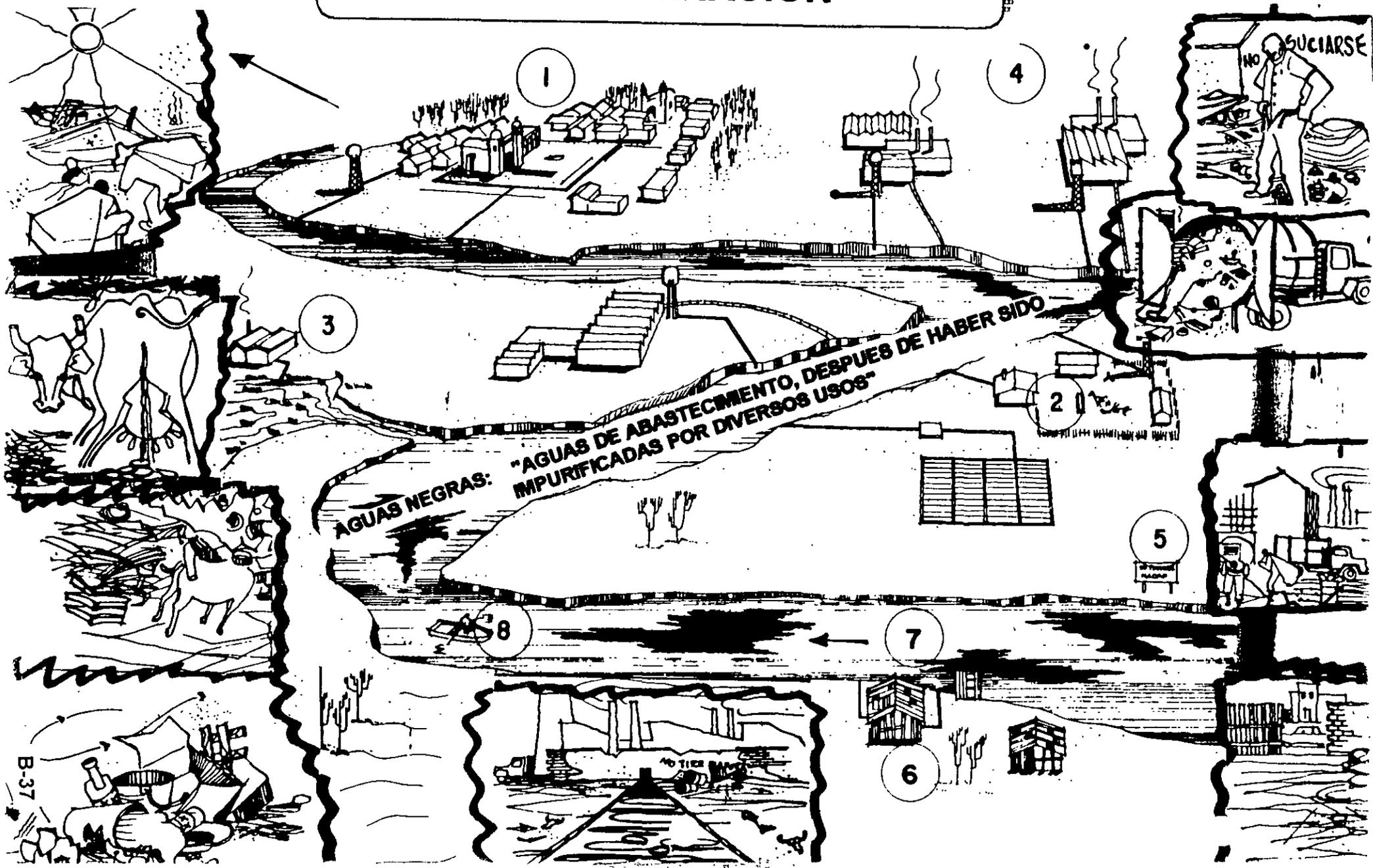
" Son las aguas residuales de origen urbano e industrial, las cuales contienen diversas impurezas constituidas principalmente de sales minerales y de materia orgánica que son acarreadas en forma de sustancias disueltas y de materia en suspensión "

Las aguas negras fueron alguna vez potables y se contaminaron con las diferentes impurezas, como resultado del uso o consumo industrial y humano. como lo indica el siguiente cuadro.

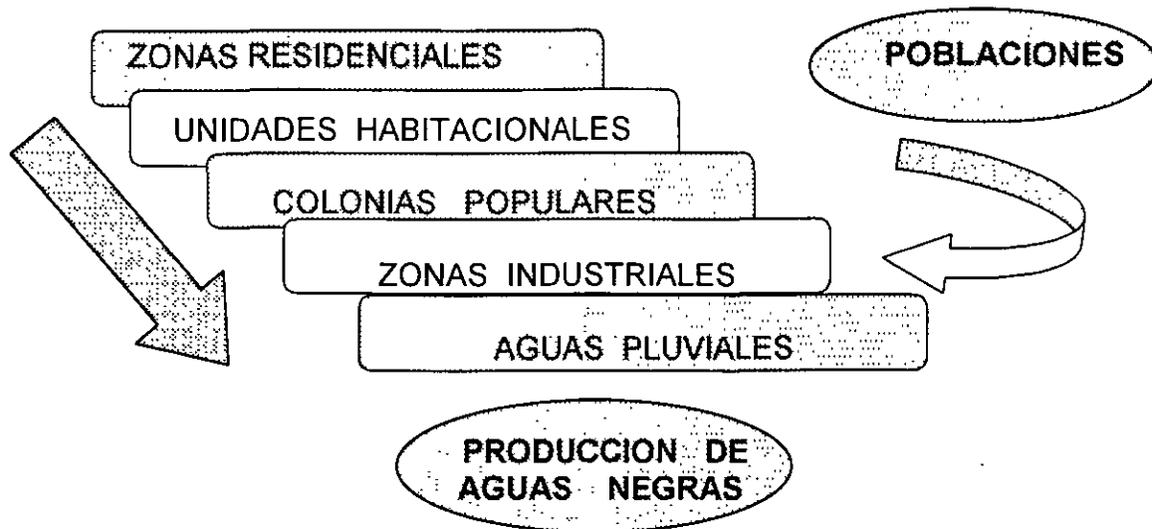
C.1.- ORIGEN DE LAS AGUAS NEGRAS



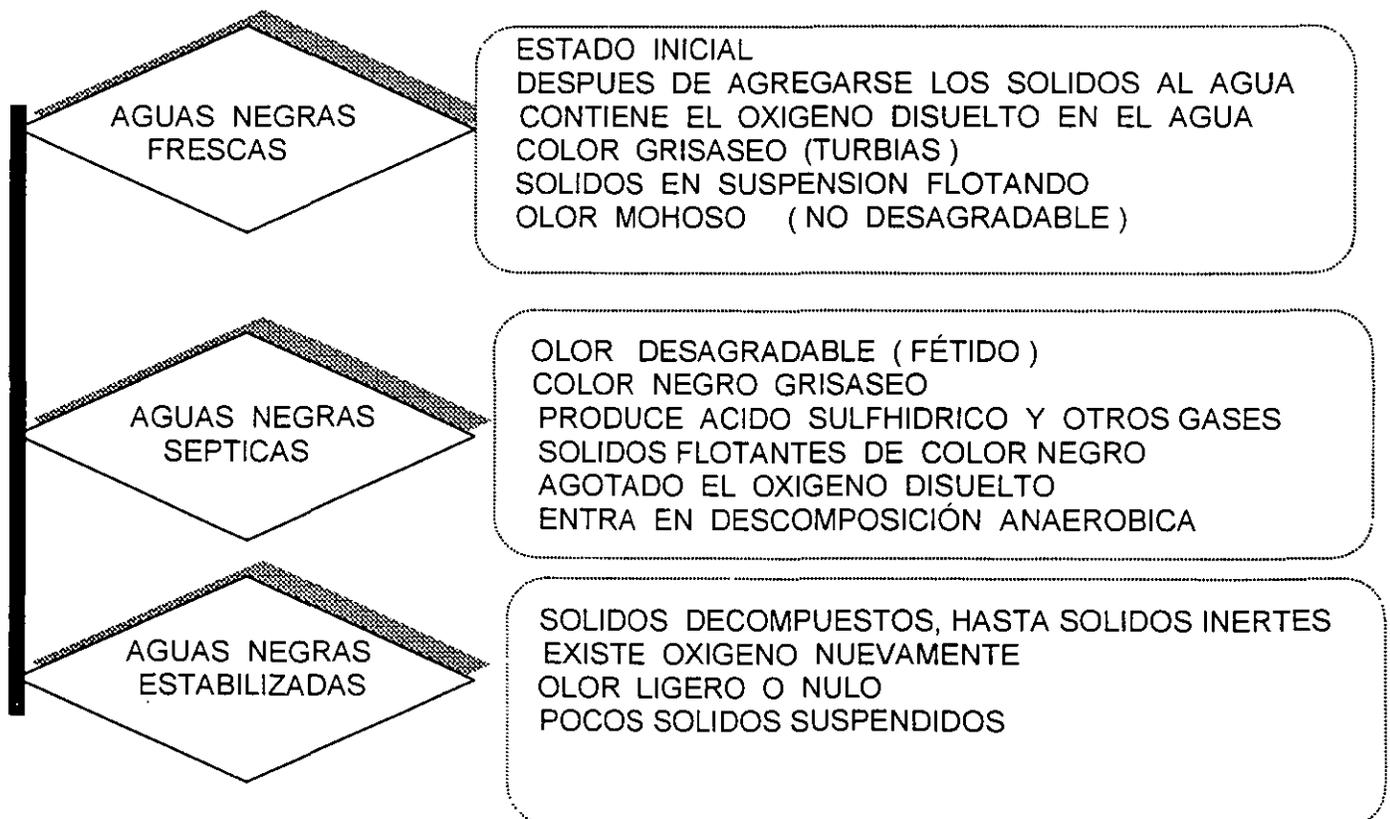
CICLO DE AGUAS NEGRAS Y CONTAMINACION



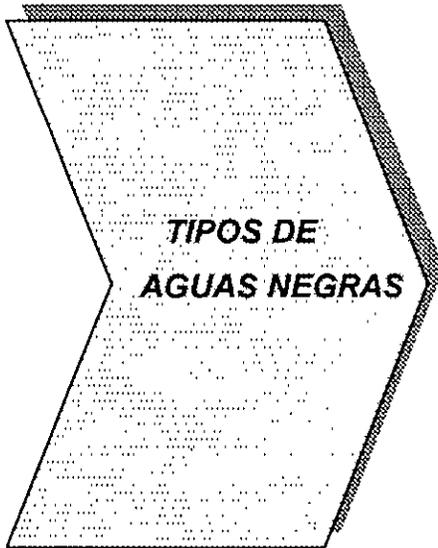
C.2.- VOLUMEN DE AGUAS NEGRAS PRODUCIDAS:



C.3.- ASPECTO DE LAS AGUAS NEGRAS



C.4.- DESCRIPCION DE AGUAS NEGRAS SEGÚN PROCEDENCIA



A.- AGUAS NEGRAS DOMESTICAS
(*desechos humanos + animales + caseros*)

B.- AGUAS NEGRAS SANITARIA
(*Domesticas + desechos industriales*)

C.- AGUAS NEGRAS PLUVIALES
(*Escurrimientos, luvias*)

D.- AGUAS NEGRAS COMBINADAS
(*Domesticas + pluviales*)

E.- DESECHOS INDUSTRIALES
(*Procesos industriales*)

D.- EL PAPEL DE LA INGENIERÍA SANITARIA

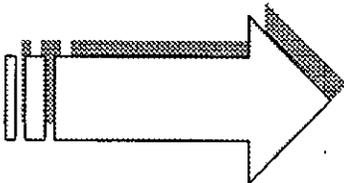
Inicialmente las funciones de la ingeniería sanitaria, se concretaban a la solución de problemas y situaciones relacionadas con los alcantarillados y agua potable; con el tiempo se le asignaron las actividades relacionadas con la recolección, transporte y disposición final de la basura; Con el crecimiento tecnológico de nuestro país, han surgido nuevas necesidades relacionadas con la higiene y medio ambiente, naciendo de esta manera secciones vinculadas al desarrollo y función del saneamiento, ingeniería del medio ambiente y la sanidad ambiental.

La ingeniería sanitaria se encarga de la construcción de obras para el abastecimiento, distribución y consumo de agua a las poblaciones, coadyuvando con la medicina, en la prevención de enfermedades y la conservación sana del medio ambiente.

Con los puntos mencionados, la ingeniería sanitaria se define, como:

"Conjunto de conocimientos que capacitan, para diseñar, construir y operar instalaciones en obras, cuya única finalidad, es prevenir la salud del ser humano"

**CAMPOS DE ACCIÓN:
DE LA INGA. SANITARIA**



- 1.- AGUA POTABLE
- 2.- EXCRETA
- 3.- EDIFICIOS
- 4.- ALIMENTOS
- 5.- BASURAS
- 6.- FAUNA
- 7.- INDUSTRIA

- 1.- **AGUA POTABLE** : Cantidad, calidad, hábitos higiénicos, prevención de enfermedades
- 2.- **EXCRETA** : Sistemas y normas en las instalaciones, para evitar la propagación de enfermedades, debido a las excretas intestinales del ser humano.
- 3.- **EDIFICIOS** : Instalaciones sanitarias, eliminación de aguas negras, basura, ventilaciones adecuadas, iluminación, ruidos, accidentes.
- 4.- **ALIMENTOS** : Conservar la calidad de los alimentos, (riegos, crianza, transporte, preparación, refrigeración, selección, etc.
- 5.- **BASURAS** : Recolección, selección, transportes y disposición.
- 6.- **FAUNA** : Campañas contra plagas, insectos nocivos, inmunizaciones, productos.
- 7.- **INDUSTRIA** : Ubicación, servicios, desechos sólidos, sistemas anticontaminantes, polvos, gases, golpes, ruidos, etc.

E.- LA FUNCIÓN DEL INGENIERO.

Son muchos los factores que limitan y obstaculizan a las Instituciones, para que cumplan su cometido de proporcionar un buen servicio, situaciones a las cuales deben hacer frente los Ingenieros que laboran en este campo y practicar la toma de decisiones enfocadas hacia la productividad, economía y seguridad; de acuerdo a las secciones bajo su responsabilidad.

FACTORES LIMITANTES

- a.- *Nuevos asentamientos humanos*
- b.- *Zonas con topografía de difícil acceso*
- c.- *Crecimiento poblacional*
- d.- *Falta de recursos*
- e.- *Prioridades*
- f.- *Los sismos*
- g.- *Asentamientos del suelo, fracturas, derrumbes, demoliciones, etc.*
- h.- *Fin de la vida útil de las instalaciones*
- i.- *Mantenimiento y operación deficiente*

E. 1.- PERFIL IDEAL DEL INGENIERO .

A continuación se ilustra una tabla con las recomendaciones básicas, que debería seguir un ingeniero, en el desarrollo de sus funciones y actividades cotidianas,.

" REGLA DE LOS DIEZ PASOS"

- 1.- Conocer bien las funciones de su puesto**
- 2.- Marcar los límites de responsabilidad y autoridad**
- 3.- Practicar las políticas establecidas en la empresa**
- 4.- Definir los objetivos de la compañía y del departamento**
- 5.- Relacionarse con los equipos y herramientas (mayor y menor**
- 6.- Estar actualizado con la tecnología de punta**
- 7.- Manejar los sistemas de la empresa con profesionalismo**
- 8.- Fomentar las relaciones humanas**
- 9.- Planear objetivos a corto y mediano plazo**
- 10.- Ser un buen administrador**

Los conceptos mencionados inspiran un reto para el hidrólogo y el ingeniero encargado de actividades relacionadas con la hidráulica, para satisfacer la demanda social y establecer sistemas eficientes que ayuden en la implementación de planeaciones efectivas en el campo de los proyectos, financiamiento y construcción; así como la operación óptima de los sistemas urbanos para el agua potable y las aguas residuales.

F.- LOS OBJETIVOS BÁSICOS

Las instituciones encargadas de los servicios hidráulicos, se encuentran ilustrados en el apartado 9.3 del programa general de desarrollo 1995-2000, donde se menciona:

" ELEVAR LA CALIDAD Y AUMENTAR EL ACCESO A LOS BIENES PUBLICOS "

Por lo tanto, el Gobierno del Distrito Federal, ha marcado como una de sus metas:

**** Mejorar la calidad y aumentar el acceso de los bienes y servicios públicos**

OBJETIVOS BÁSICOS:

El suministro de agua potable y de los sistemas de recolección de aguas negras, persiguen como objetivos básicos los siguientes:

a.- Suministrar el agua potable suficiente en cantidad y calidad adecuada,

b.- Proporcionar un servicio eficiente durante todos los días del año

c.- Reducir los costos de operación y mantenimiento

d.- Minimizar la cantidad de fugas en la redes hidráulicas y sanitarias

e.- Dar prioridad a las zonas de lluvia de mayor intensidad

G.- SIMBOLOGIAS Y TERMINOLOGIA

TUBERIAS

-----	ALIMENTACION GENERAL DE AGUA - FRIA (DE LA TOMA A TINACOS O - A CISTERNAS)
-----	TUBERIA DE AGUA FRIA
-----	TUBERIA DE AGUA CALIENTE
— R — R —	TUBERIA DE RETORNO DE AGUA CA- LIENTE
— V — V —	TUBERIA DE VAPOR
— C — C —	TUBERIA DE CONDENSADO
— AD — AD —	TUBERIA DE AGUA DESTILADA
— I — I —	TUBERIA DE SISTEMA CONTRA INCEN- DIO
— G — G —	TUBERIA QUE CONDUCE GAS
— D — D —	TUBERIA QUE CONDUCE DIESEL
— II —	PUNTAS DE TUBERIAS UNIDAS CON - BRIDAS
ST-1 -----	TUBERIA DE ALBAÑAL DE CEMENTO

* ————	PUNTAS DE TUBERIAS UNIDAS CON SOLDADURA
=====	PUNTA DE TUBERIA DE ASBESTO-CE- MENTO Y EXTREMIDAD DE Fo. Fo., UNIDAS CON "JUNTA GIBAULT"
=====	PUNTAS DE TUBERIAS DE ASBESTO- CEMENTO UNIDAS CON UNA "JUNTA- GIBAULT (SE HACE EN REPARACION DE TUBERIAS FRACTURADAS)
—————>	PUNTA DE TUBERIA CON TAPON CA- PA, TAMBIEN CONOCIDO COMO TAPON HEMERA
—————	PUNTA DE TUBERIA CON TAPON -- MACHO
—————	EXTREMO DE TUBO DE Fo. Fo. --- (CAMPANA), CON TAPON REGISTRO
—————	DESAGÜES INDIVIDUALES
—————	EXTREMIDAD DE Fo. Fo.
←————←	DESAGÜES O TUBERIAS EN GENERAL DE Fo. Fo.
—————	TUBO DE Fo. Fo. DE UNA CAMPANA
—————	TUBO DE Fo. Fo. DE DOS CAMPANAS
-----	TUBERIA DE ALBAÑAL DE BARRO VITRIFICADO

TERMINOLOGIA

ABIOTICO.- Sin vida.

ABONO.- Toda substancia que proporciona a la tierra elementos nutritivos.- Materia que fertiliza la tierra.

ABSORCION.- Incorporación de una substancia a otra.

ACUEDUCTO.- Arcada que soporta un canal o una tubería de abastecimiento de agua.

ACUIFERO.- Formación geológica subterránea que contenga agua.

ADEMA O ADEME.- Madera para ademar.

ADEMAR.- Apuntalar, entibar.

AEROBIAS.- Seres microscópicos que necesitan de oxígeno para vivir.

AFORAR.- Medir la cantidad de agua que lleva una corriente en una unidad de tiempo.-- Calcular la capacidad.

AGUA NATURAL.- Como se presenta en la naturaleza.

AGUAS NEGRAS SANITARIAS.- Aguas negras que contienen excrementos humanos.

AGUAS NEGRAS.- Son la combinación de los líquidos -lida a las aguas negras y jabon

AGUAS NEGRAS SEPTICAS.- Aguas negras que han sufrido proceso de putrefacción en condiciones anaerobias.

AGUAS RESIDUALES.- Las procedentes de desagües domésticos e industriales.

AGUAS SERVIDAS.- Principalmente las provenientes del abastecimiento de aguas de una población después de haber sido utilizadas en diversos usos.

AGUAS SUBTERRANEAS O DE FILTRACION.- Son las que han llegado a la conducción a través del terreno.

AGUAS TERMALES.- Las que brotan del suelo a temperaturas elevadas.

AIREAR.- Poner en contacto con el aire.

ALBAÑAL.- Canal o conducto de desagüe de aguas sucias de una instalación particular a la red municipal.

ALBAÑAL.- Conducto cerrado con diámetro y pendiente necesarios, que se construyen en los edificios de todos tipos para dar salida

TERMINOLOGIA

ALCANTARILLA.- Conducto subterráneo para las --
aguas de lluvia o inundadas.- Sumidero. -
Acueducto o sumidero subterráneo para re-
coger las aguas llovedizas o inundadas.

ALCANTARILLADO.- Red de tuberías e instalaciones
complementarias que tienen la función de
recolectar y alejar las aguas servidas -
de las poblaciones provistas de servicio
intradomiciliario de agua. Sistema forma-
do por obras accesorias, tuberías o con-
ductos generalmente cerrados que no tra-
bajan a presión y que conducen aguas ne-
gras y pluviales u otro desecho líquido-
(aguas servidas.- Aguas Negras).

ANAEROBIAS.- Seres microscópicos que no necesi-
tan para vivir del oxígeno del aire, lo-
toman del medio que los rodea.

ATARJEJA.- Cañería.- Conducto cerrado que lleva -
las aguas al sumidero.- Conducto cerrado
que se coloca enterrado a lo largo de --
las calles, destinado primordialmente al
alojamiento de las aguas negras. Caja de
ladrillo con que se reviste una cañería,
conducto de agua para riego y otros usos

BIDE.- Mueble tocador a manera de asiento para -
ciertos lavados.

BIOTICO.- Con vida.

BROCAL.- Antepechos que rodean las bocas de los-
pozos.

CICLO HIDROLOGICO.- Proceso físico natural que -
comprende:

a).- Transpiración

b).- Evaporación

c).- Lluvia

d).- Infiltración

CISTERNA.- Depósito artificial cubierto, destina-
do para recolectar agua.

CLOACA.- Alcantarilla o sumidero para las aguas-
inmundas de una Población o de una Ciudad

COLECTOR.- Cañería general de un alcantarillado.

COLOIDES.- Partículas menores a dos micras de --
diámetro (2 milésimas de milímetro), sól-
idos finamente divididos que no pueden-
asentarse o eliminarse sino por coagula-
ción o acción bioquímica.

CONTAMINACION.- Introducción dentro del agua de-
organismos potencialmente patógenos o --
substancias tóxicas que la hacen inade-
cuada para tomar.

CRUCERO.- En instalaciones sanitarias, se le de-
nomina crucero cuando se solda un tubo -
de cobre o uno galvanizado a uno de plo-

TERMINOLOGIA

DEMASIAS.- Agua excedente de un almacenamiento de capacidad determinada.

DEPOSITOS DE CAPTACION.- Cámaras colectoras cerradas e impermeables, construidas de concreto reforzado, de mampostería o de tabique.

DUREZA.- Expresión que indica que en el agua están contenidos compuestos de calcio y magnesio, causantes de consumos elevados de jabón en la limpieza e incrustaciones en las paredes de las tuberías.

ECOLOGIA.- Tratado o estudio del medio en que se vive.

EFLUENTE.- Aguas negras o cualquier otro líquido en su estado natural o tratados parcialmente o totalmente, que salen de un tanque de almacenamiento, depósito o planta de tratamiento.

ENTARQUINAR.- Inundar un terreno, rellenándolo o sanearlo por sedimentación para dedicarlo al cultivo.

EXCREMENTO.- Materia que se arroja por las vías naturales.

EXCREMENTO.- Substancias expulsadas por el cuerpo, inútiles para el organismo y cuya retención sería perjudicial.

EXCRETAR.- Despedir el excremento.

FLOCULOS.- Pequeñas masas o grumos gelatinosos, formados en un líquido por la acción de coagulantes.

FOSA SEPTICA.- Pozo que recibe el excremento y lo descompone, convirtiéndolo en agua y gases por un procedimiento químico.

GASTO O FLUJO.- Término que nos indica un volumen de agua por unidad de tiempo (Lts./min., M³/seg., etc.)

GOLPE DE ARIETE.- El golpe de ariete es provocado por el paro súbito de un fluido.- Es debido a que al frenar en forma súbita el paso de un fluido, la energía dinámica se convierte en energía de presión.

GRUMO.- Parte de un líquido que se coagula.

INFLUENTE.- Aguas negras o cualquier otro líquido en forma natural hacia un tanque o depósito o planta de tratamiento.

INCRUSTACIONES.- Depósitos causados por sales, principalmente carbonato de calcio y magnesio.

JAGUEY O ALJIBE.- Depósito descubierto, natural o artificial que almacena agua de lluvia, de dimensiones más reducidas que un lago.

TERMINOLOGIA

LETRINA.- Lugar utilizado como excusado temporal. Cosa sumamente sucia y repugnante.

LETRINA SANITARIA.- Solución adecuada para la -- disposición de los desechos humanos que permite confinarlos debidamente protegidos en forma económica.

NORIA O POZO ESCAVADO.- Hoyo a cielo abierto, -- sin el empleo de maquinaria especial y -- que capta aguas poco profundas.

PARTES POR MILLON.- p.p.m.- Miligramos de alguna -- sustancia con relación a un litro de -- agua (mg./lit.).

PATOGENOS.- Elementos y medios que originan y de -- sarrollan enfermedades.

PIEZOMETRICO.- Relativo a cargas de presión en -- el funcionamiento hidráulico de tubería.

PLUVIODUCTO.- Ducto, que se destina para el reti -- ro de las aguas pluviales.

POLUCION.- En el agua cuando se mezclan en ella -- aguas servidas, líquidos, suspensiones y otras sustancias en cantidad tal, que -- alteren su calidad volviéndola ofensiva -- a la vista, gusto y olfato.

POTABILIZACION.- Serie de procesos para hacer el -- agua apta para bebida.

POZO NEGRO.- Hoyo en que se recogen las inundi -- cias en los lugares en donde no existe -- alcantarillado.

POZO DE CAIDA.- Pozo que se hace con el objeto -- de aligerar la presión y anular la velo -- cidad que lleva el agua en el drenaje.

POZO DE VISITA.- Construcción troncocónica para -- permitir la entrada de un hombre y los -- implementos necesarios para efectuar ing -- pecciones y reparaciones. Sirve para te -- ner acceso al drenaje y poder limpiarlo -- y desasolvarlo para un buen funcionamien -- to.

PRESION.- Es la carga o fuerza total que actúa -- sobre una superficie. En hidráulica ex -- presa la intensidad de fuerza por unidad de superficie (Kg./cm²., Libra/Pulg²., -- etc.

PRESION NEGATIVA.- Cuando se tiene una presión -- menor que la atmosférica.

RETRETE.- Instalación para orinar y evacuar el -- vientre.

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

DE AGUA POTABLE.- Se entiende por sistema de --- abastecimiento de agua potable, el con -- junto de obras de caracteres diferentes, que tienen por objeto proporcionar aqua-



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

CURSOS INSTITUCIONALES

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Del 22 de junio al 4 de julio de 1998.

Tema II Procedimiento y Tratamiento de Aguas Negras

M. en C. Jesús Rodríguez Martín del Campo

Ing. Félix Velázquez Robles

Ing. Jorge P. Cervantes Galindo

Ing. Enrique Albarrán Aguilar

Ing. Rodolfo Lambarri Carrillo

Ing. Gabriel Chavarria Álvarez

Ing. Héctor Montolla Montiel

Palacio de Minería

1998.

2.- PROCEDIMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS.

INDICE.

ANTECEDENTES

INTRODUCCION.

I.- METODOS DE PURIFICACION DE AGUA.

a).- AUTOPURIFICACIÓN Y REPOSO.

b).- AEREACIÓN

c).- FILTRACIÓN LENTA POR ARENA.

MATERIAL FILTRANTE.

d).- MEZCLADO, COAGULACIÓN, FLOCULACIÓN Y
FILTRACIÓN.

1.- MEZCLADO.

2.- COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN.

3.- SEDIMENTACIÓN.

4.- CONTROL DE LABORATORIO.

5.- PROCESO DE CONTACTO CON SÓLIDOS.

e).- FILTRACIÓN RAPIDA POR ARENA.

ANTECEDENTES.

El volumen de agua dulce disponible en el mundo representa el 2.75% de la cantidad total que forma la hidrosfera.

Las aguas dulces continentales se concentran, además, en los casquetes polares y glaciares o bien en las capas freáticas.

El desarrollo de sociedades humanas prósperas depende aún, de la disponibilidad de agua dulce, al grado de que en los grandes desiertos del mundo la presencia humana se hace sentir sólo bajo condiciones excepcionales. La escasez de agua dulce, sobre todo potable, es notoria aún en regiones de grandes ríos y depósitos naturales, en donde ha tenido lugar un considerable desarrollo industrial y urbano. La demanda y uso creciente de agua dulce disminuyen las reservas naturales, a lo que contribuye también la contaminación de aguas originalmente limpias, como consecuencia de la deposición de los desechos industriales y domésticos. Pero si en regiones bien dotadas se padecen ya limitaciones, éstas se agudizan en las desérticas y semidesérticas de los países en desarrollo como México.

A la escasez natural y mala distribución de los recursos hídricos se agrega la creciente contaminación de las corrientes y depósitos mayores con que cuenta el país.

La alternativa más viable para atender a la demanda creciente de agua es el tratamiento de las aguas residuales para su reúso. En la elección del método de tratamiento más conveniente se considera que, para el caso de los volúmenes producidos en ciudades pequeñas y medianas (no industrializadas), son recomendables los sistemas tradicionales como las lagunas de estabilización, pero pueden sustituirse con gran ventaja por métodos basados en el poder depurador de los sistemas biológicos o naturales.

Los efluentes de las grandes ciudades requieren la aplicación de métodos especiales que deben estudiarse en cada caso, pero que no excluyen la aplicación de los sistemas naturales.

INTRODUCCION.

Se define como aguas negras a las aguas residuales de las comunidades; ricas en principios nutritivos para las plantas, se usan como abono, ya sea directamente, en forma de riego, o bien dejandolas clarificar en fosas y utilizando solamente el lodo que se posa en el fondo.

En la mayoría de los países las aguas negras de las Ciudades se utilizan para el riego de hortalizas. México no ha sido la excepción. Se conocen los peligros que dicha práctica representa para la población; la Comisión Nacional del Agua, en años recientes la ha prohibido. Sin embargo, es de esperarse que por la escasa o nula infraestructura necesaria para el tratamiento de las aguas negras, se continúe regando con este líquido. La disposición es que se permite regar con estas aguas solamente aquellos cultivos que no se consumen frescos, con lo que se trata de proteger al consumidor, pero no toma en cuenta la salud de los agricultores y el ambiente.

Numerosos estudios demuestran el riesgo de transmisión de enfermedades diarreicas como consecuencia del uso de aguas negras para riego o al contacto de poblaciones periurbanas con ellas.

Los métodos que se emplean para tratar el agua dependen, en gran parte, del fin a la que la misma se destine. Para el uso doméstico es indispensable y necesario eliminar las impurezas, ya sea suspendidas o disueltas, que sean perjudiciales. Es absolutamente necesario eliminar o volver inactivas cualesquiera impurezas, como las bacterias, que son perjudiciales para la seguridad y bienestar del consumidor.

Por otro lado, los requerimientos de calidad para aguas industriales son diversos, según su empleo. El agua que vaya a usarse en calderas, debe estar libre de sustancias que formen incrustaciones. Las lavanderías y las fábricas de papel deben tener agua que este relativamente libre de hierro y manganeso.

I.- METODOS DE TRATAMIENTO DE AGUA

Por lo general, los métodos que comúnmente se emplean en la práctica para el tratamiento de agua tienen como objeto principal, eliminar las "impurezas" o sustancias extrañas del agua. Aun cuando se agreguen "productos químicos" al agua, esto se hace con el propósito de eliminar cantidades mayores de materiales que las que se añaden. Hay casos, sin embargo, en que ciertos constituyentes del agua se eliminan substituyéndolos por otras sustancias; y en ciertos casos, las sustancias que se agregan pueden tener como finalidad impartir al agua ciertas características deseables.

a).- AUTOPURIFICACION Y REPOSO.

La naturaleza provee cierto grado de autopurificación a todas las aguas que hayan sido contaminadas por la introducción de desechos, ya sean debidos a escurrimientos del suelo, aguas negras o desperdicios industriales. La velocidad a la que se verifica este proceso depende de la naturaleza y cantidad del material contaminante, así como de las condiciones y características físicas, químicas y biológicas del agua misma.

El tiempo es el factor más importante, siendo otros factores la temperatura, la luz solar, la velocidad de flujo y otras características físicas, químicas y biológicas. La sedimentación por reposo en un depósito, puede lograr una purificación equivalente a la de la filtración. El flujo lento de una corriente, en una gran distancia, puede llevar a los mismos resultados.

El aspecto general de una corriente proporciona una idea útil del grado de contaminación; por ejemplo, el lecho de una zona no contaminada, corriente arriba de las descargas de los drenajes, esta cubierto usualmente de un depósito pardo verdoso y muestra plantas verdes y raíces en las áreas protegidas. En un

determinado punto de contaminación, que a menudo se distingue con el nombre de "zona de contaminación reciente" se verifican cambios químicos y biológicos, desapareciendo gradualmente las plantas verdes.

Siguiendo corriente abajo está la "zona de descomposición activa", en donde el lecho de la corriente puede tener depósitos de lodo negro y gusanillos rojos cuyo extremo anterior se une en el lodo y el posterior se proyecta hacia el agua. Si la contaminación es moderada y el oxígeno disuelto que contenga el agua es suficiente, no se producirán olores. Esta condición se alcanza cuando el oxígeno se toma de la atmósfera en mayor proporción que la consumida por el material contaminante.

Si la contaminación es intensa, puede llegarse a condiciones indeseables, porque el oxígeno se consume en mayores cantidades que las logradas por la aereación. Esto da por resultado una producción de olores y gases, y el agua adquiere una apariencia lechosa, gris o negra.

En general, la autopurificación logra eliminar la materia orgánica, dependiendo el grado de eliminación de la dilución, de la efectividad de la reaereación, de la sedimentación, y principalmente del tiempo disponible para que se verifiquen las acciones bioquímicas. Las bacterias que se introducen con las aguas negras quedan sujetas a condiciones enteramente distintas, pues los factores que regulan la destrucción de estas bacterias son la temperatura del agua, el alimento disponible, el efecto germicida de la luz del sol, la sedimentación y el consumo de bacterias como alimento de protozoarios. La única manera mediante la cual se puede determinar la influencia del reposo, o del tránsito a lo largo de una corriente, consiste en llevar a cabo exámenes biológicos y bacteriológicos de muestras representativas que se recojan en puntos adecuados.

b).-AEREACION.

La aereación se practica en el tratamiento del agua por tres razones:

- a).- Para introducir oxígeno del aire.
- b).- Para dejar que escapen los gases disueltos, como el bióxido de carbono y el ácido sulfhídrico.
- c).- Para eliminar las sustancias volátiles que causan olor y sabor.

La introducción de oxígeno constituye la primera etapa en el proceso de eliminación del hierro y manganeso por filtración. La eliminación del bióxido de carbono mediante la aereación es un método para hacer que la acción corrosiva de las aguas de un abastecimiento sea mínima.

La aereación puede llevarse a cabo por métodos muy diversos. Se ha encontrado que el más eficaz consiste en usar aspersores por medio de los cuales el agua se pulveriza en la atmósfera, hasta formar una neblina o gotas muy pequeñas. Otro método consiste en descargar el agua por una tubería elevada que la lleve a una serie de artesas (lavadero de piedra) de la que caiga el agua, a través de pequeños agujeros del fondo o derramándose por los bordes. Una modificación de este procedimiento consiste en dejar que el agua salpique y escurra por una serie de artesas o lechos que contengan piedra triturada. Otro método consiste en forzar el paso de aire comprimido dentro del agua que se va a tratar.

c).- FILTRACIÓN LENTA POR ARENA.

Aunque la tendencia general se dirige hacia la construcción de plantas de tratamiento que usen la filtración rápida por arena, hay instaladas ya muchas plantas que emplean la filtración lenta por arenas y que son eficaces al proporcionar un agua segura

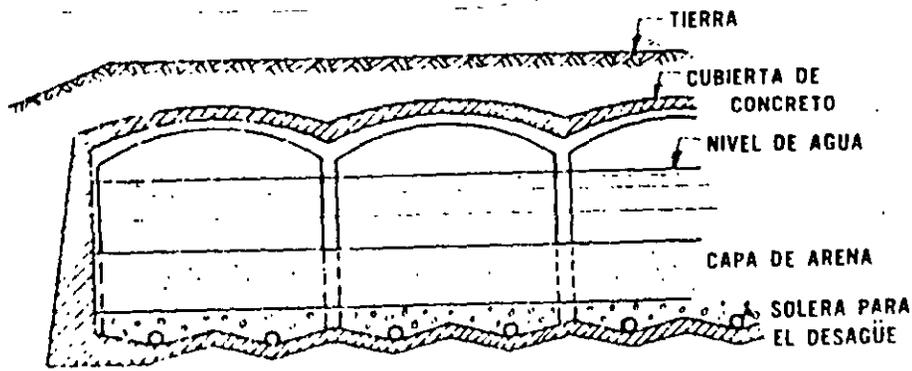
y potable. Sin embargo, existen limitaciones en el empleo de este tipo de plantas de tratamiento.

Una planta de filtros lentos de arena consiste en un estanque de concreto, cubierto, de 3 a 4 metros de profundidad. Se colocan líneas de tubo para drenaje, de juntas abiertas, distanciadas 1.80 metros aproximadamente, conectadas a un tubo central o colector principal. Las líneas de tubo de drenaje se cubren con unos 30 a 45 cm de arena. La cubierta de la estructura debe estar cuando menos a 1.80 metros sobre la superficie de la arena para que pueda haber una capa de profundidad adecuada, sobre la arena, y suficiente espacio para llevar a cabo la limpieza. La cubierta consiste usualmente de una losa de concreto sostenida por columnas, con una capa de tierra de un metro o más, sobre ella, para evitar la congelación (fig.-1)

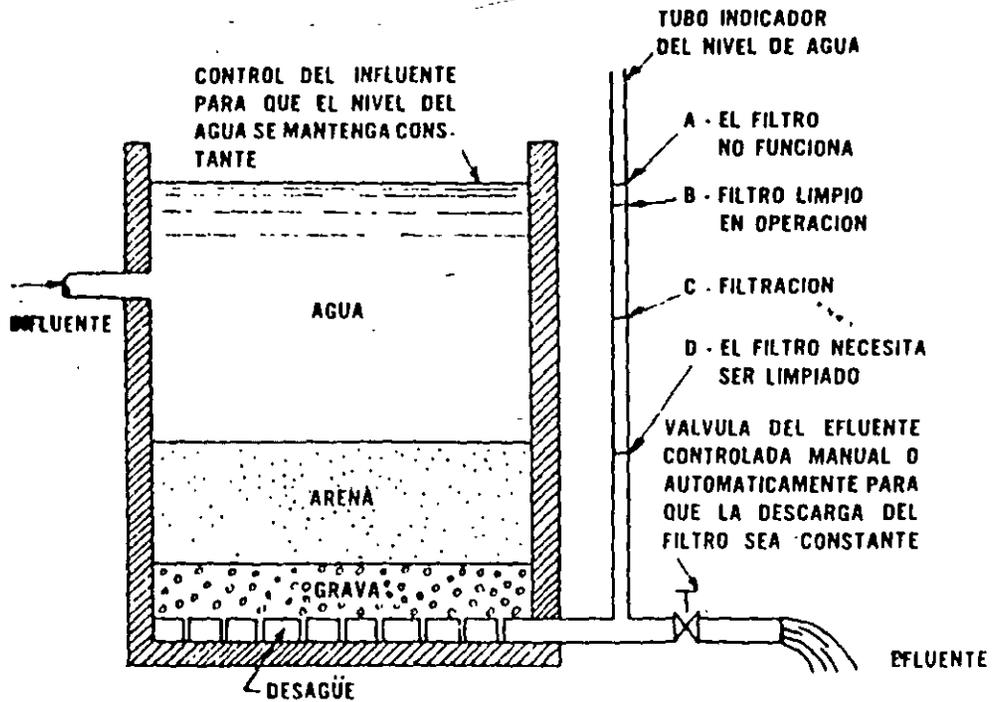
Durante un ciclo de operación del filtro, la velocidad de filtración se mantiene a régimen constante. Por lo general, tanto las líneas del influente como del efluente son controladas por válvulas, ya sea automáticas u operadas manualmente, para lograr dicho régimen.

- *Material filtrante:*

Es de extrema importancia el que la calidad y el tamaño de las partículas de este material sean adecuados. La arena debe estar libre de arcillas, polvo, raíces y otras impurezas y, para todo propósito práctico, debe ser insoluble en ácido clorhídrico diluido. Para que se pueda garantizar una determinada eficiencia de la filtración y ciertas características hidráulicas, el tamaño de las partículas y la uniformidad de las mismas debe estar dentro de límites determinados. Se define como "tamaño efectivo" al tamaño de la abertura de la malla que deja pasar el 10 por 100, en peso, de los granos de arena en cuestión. Se llama "coeficiente de uniformidad" la relación que existe entre los



FILTRO LENTO DE ARENA



F-16. 1- ESQUEMA DE OPERACION DE UN FILTRO LENTO DE ARENA

tamaños de malla que dejan pasar un 60 y un 10 por 100 respectivamente. La experiencia ha demostrado que los filtros lentos de arena deben tener una arena cuyo "tamaño efectivo" sea de 0.25 a 0.35 mm y un coeficiente de uniformidad entre 2.5 y 3.5. Actualmente, hay la tendencia a emplear arenas de mayores tamaños, para lograr mejores características hidráulicas, siempre y cuando sea satisfactoria la calidad del agua que se vaya a tratar y permita el uso de arena más gruesa.

La limpieza del filtro se lleva a cabo por lo general a mano, desprendiendo los 2 o 3 cm que forman la capa más superficial del lecho de arena, después de vaciado completamente de agua. Esta capa de arena sucia que se quita del lecho, debe lavarse y almacenarse para uso posterior. En operaciones normales, podran hacerse varias limpiezas antes de reponer cualquier cantidad de arena, pero debe tenerse presente que, por lo general, debe removerse el lecho de arena cuando su espesor sea de unos 60 cm.

Es tan baja la velocidad máxima permisible de filtración en los filtros lentos de arena, que se requieren grandes superficies de filtración, y las aguas turbias no pueden filtrarse sin que el filtro se obstruya rápidamente. Es posible usar lechos de arena más gruesa y operarlos a mayores gastos, siempre y cuando los sólidos suspendidos, el color y las bacterias se coagulen y sedimenten previamente.

d).- MEZCLADO, COAGULACION, FLOCULACION Y SEDIMENTACION.

Un filtro rápido de arena es un cedazo que retiene a la materia coagulada, de manera que el lecho de arena no tiene que ser "acondicionado" como en los filtros lentos; por lo que se infiere que, para que el filtro elimine eficazmente la materia suspendida, el color y las bacterias, es de primordial importancia el que la coagulación sea satisfactoria y segura.

El detalle de las etapas del proceso de coagulación-sedimentación ha cambiado durante los últimos años, y por ello persiste cierta confusión con respecto al empleo de términos tales como "mezclado", "coagulación" "floculación" y "sedimentación".

1.- Mezclado.

Distribución uniforme y rápida de un coagulante u otro producto químico, en el agua que se esté tratando, antes de que se verifiquen reacciones químicas en proporción notable.

Esta operación puede hacerse mecánica o hidráulicamente en tanques especiales, en secciones de tanques, o en sistemas de tuberías. Se basa en el principio fundamental de agitar violentamente el agua que se va a tratar, con el producto químico que se aplique, durante un corto tiempo, pudiéndose llevar a cabo con agitadores de hélice accionados con motor, o mediante canales con deflectores. creándose condiciones turbulentas por cualquiera de estos dos métodos. Contra lo que comúnmente se cree, las bombas centrífugas por sí mismas no llevan a cabo un buen mezclado, ya que la eficiencia de su funcionamiento depende de que sea mínima la turbulencia del agua que pase por ellas. No obstante, las válvulas, codos y otros dispositivos que ordinariamente se usan en conjunto para las operaciones de bombeo, pueden causar una turbulencia adecuada para mezclar satisfactoriamente.

2.-COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN

La coagulación es la formación de flóculos precipitados o incipientes mediante los cambios físicos-químicos que tienen lugar entre el coagulante soluble y la alcalinidad del agua.

La floculación se refiere a la agitación suave del agua tratada con cuagulante, durante un período de tiempo apreciable, para completar las reacciones de coagulación, hasta alcanzar

condiciones que permitan que el material floculento se junte y adhiera formando grandes masas de flóculos.

Estas operaciones se realizan después del mezclado, usualmente en un sólo tanque, con un tiempo de retención que varía entre 15 y 45 minutos. Este lapso depende de las dimensiones de la unidad y de la velocidad a que pasa el agua a través de ella.

La agitación suave, que es indispensable para la floculación, puede lograrse hidráulica o mecánicamente. El método hidráulico más común consiste en un estanque con tabiques desviadores, en el que el agua fluye "rodeando los bordes" o "por arriba y por debajo" de los tabiques desviadores que han sido dispuestos de manera que se produzca el grado deseado de turbulencia. Desafortunadamente, estos tabiques desviadores son fijos o cuando menos no son fáciles de ajustar, por lo que el grado de agitación depende del gásto de agua que pase por el estanque. Como quiera que el grado óptimo de agitación, cualquiera que sea, depende de la temperatura y características del agua, del tipo de coagulante usado y de otras condiciones. Basándose en estudios de laboratorio se puede especificar el grado óptimo de turbulencia, pero la práctica ha demostrado que usualmente se logran resultados satisfactorios con velocidades de flujo, entre los tabiques ~~des~~ desviadores, que varíen de 10 a 30 cm por segundo. Desgraciadamente, es difícil expresar numéricamente la eficiencia de los resultados de un proceso de coagulación-floculación; después de que se hayan fijado o puesto los tabiques desviadores, no hay manera de saber si alguna otra forma de disponerlos hubiera dado mejores resultados. Por lo tanto, siendo los datos de operación muy variables hay muchas divergencias de opinión acerca de las velocidades más adecuadas.

Hay sustancias químicas usadas como coagulantes para el agua, dentro de los cuales el más usado es el sulfato de aluminio, comúnmente llamado "alumbre"; aunque el

alumbre es el más utilizado existen otros que también se usan entre los cuales estan:

- 1.- El alumbre activado, que contiene sílice.
- 2.- El alumbre negro, que contiene carbón activado.
- 3.- El aluminato de sodio.
- 4.- La caparrosa verde, vitriolo verde, o sulfato ferroso.
- 5.- El cloruro férrico.
- 6.- El sulfato férrico

3.- Sedimentación.

La sedimentación se realiza mediante el depósito de flóculos en estanques especialmente diseñados para tal propósito.

La sedimentación sigue a la coagulación y floculación, primeramente para disminuir la carga en los filtros de arena. La filtración es la etapa final de la remoción física de las "impurezas" del agua. Se puede producir un afluyente satisfactorio del filtro, mediante una coagulación eficaz, sin emplear la sedimentación, pero los filtros se taponarían muy rápidamente y los costos de operación serían tan altos que el proceso no sería práctico.

Un tanque de sedimentación es una estructura a través de la cual fluye el agua a tan baja velocidad que el material suspendido caerá depositándose en el fondo del tanque, saliendo de este un agua relativamente clara. La proporsión de material suspendido que se elimine será mayor mientras más grande sea el tanque de sedimentación. La determinación de las dimensiones que debe tener un tanque para lograr una buena sedimentación es un problema muy complejo, e incluye, entre otras cosas, el hacer un balance económico entre el aumento de costo debido a los tanques de sedimentación más grandes y la reducción del costo de operación del filtro. Un tanque de sedimentación que elimine mejor al material suspendido, no es necesariamente el más

adecuado, porque debe depositarse algo de flóculo en la superficie del filtro para que éste opere satisfactoriamente. Sin embargo, se tiende a obtener una coagulación y clarificación completa, hasta donde sea posible, ya sea que se logre por el diseño o por detalles de operación. Generalmente, se especifican períodos de retención de tres a seis horas y velocidades menores de 0.90 m/min.

Los factores de operación más importantes de un tanque de sedimentación son:

- 1.- El agua al entrar en el tanque provoque la mínima turbulencia.
- 2.- El impedir corrientes directas entre la entrada y salida.
- 3.- Que el efluente salga sin provocar disturbios para que no arrastre hacia fuera del tanque el material sedimentado.

Con mucha frecuencia puede modificarse apropiadamente un tanque que no funcione correctamente, haciendo cambios en los dispositivos de entrada y salida, o instalando tabiques desviadores para mejorar cualquiera de las funciones antes mencionados.

4.- CONTROL DE LABORATORIO.

El control de laboratorio de los procesos combinados de coagulación, floculación y sedimentación, consiste en hacer determinaciones de turbiedad, color, alcalinidad, pH y alumbre residual, junto con el recuento de bacterias en placa. Estas determinaciones se hacen antes de los diferentes pasos del proceso de tratamiento y después de los mismos.

5.- PROCESO DE CONTACTO CON SOLIDOS.

Se ha intentado mejorar la coagulación mezclando una porción de lodos o de flóculos sedimentados de un tanque de sedimentación, con el agua cruda, lo cual sirve como núcleo para la subsecuente coagulación y formación de flóculos. Este procedimiento tiene sus ventajas y desventajas, pero ha impulsado el desarrollo de una nueva técnica del proceso de coagulación-floculación-sedimentación, la cual se conoce como "Proceso de contacto con sólidos"; en este proceso el mezclado con el coagulante, la coagulación, la floculación y la sedimentación se lleva a cabo en un solo tanque, la porción de lodos coagulados se introducen en el fondo o cerca del fondo de la zona de sedimentación, de manera que ocurra un flujo hacia arriba. El agua cruda puede entrar cerca del nivel superior del tanque, teniendo lugar la coagulación en la zona central del tanque que tiene flujo hacia abajo, o puede traer el coagulante agregado al principio, y entonces introducirse directamente en el agua mezclada con los lodos en el fondo. Dado que la velocidad de elevación del agua en la zona de sedimentaciones es menor que la velocidad de asentamiento del flóculo pesado, éste permanece en suspensión a una profundidad de un metro o más, y a través de él pasa el agua que se va elevando. La acción del flóculo induce la precipitación de compuestos insolubles, así como la eliminación efectiva de las partículas finas (coloides) suspendidas, que no se depositan de otro modo.

El volumen del tanque que se necesita para el proceso completo está calculado para que el período total de retención necesario sea de una o dos horas. Con frecuencia se requieren ayudas de coagulación para que la operación sea satisfactoria con los tiempos de retención tan cortos que resultan, especialmente cuando es baja la temperatura del agua; en este proceso los tiempos de retención son cortos, el factor de seguridad disminuye, y es más esencial un control cuidadoso que para las unidades más convencionales, si se quieren lograr resultados satisfactorios.

Las unidades de contacto con sólidos pueden usarse en la clarificación o en el ablandamiento de un abastecimiento de agua. El precipitado que se forma en el proceso de ablandamiento es mucho más pesado que el que se forma en la coagulación, por lo que las unidades que se requieren cuando se va a aplicar un proceso de ablandamiento a un abastecimiento de agua son menores. En todos los casos el agua se somete a una filtración como paso final.

e).- FILTRACIÓN RÁPIDA POR ARENA.

Los términos "filtros rápidos de arena" y "filtros mecánicos de arena", son sinónimos. La primera expresión se basa en el hecho de que la velocidad de filtración es unas 40 veces mayor que la de los filtros lentos de arena, mientras que la segunda se deriva del hecho de que se emplea equipo mecánico de lavado para limpiar los lechos.

Se intentó, primeramente, disminuir el área de filtración aumentando la velocidad de filtración al tratar aguas turbias, sin que ocurra una obstrucción subsuperficial de los lechos; esto no dio buenos resultados hasta que se descubrió la importancia de la coagulación. Se encontró que el material coagulado o flóculo es suficientemente grueso para ser retenido por los granos de arena más grandes, y que la "película" producida por la acumulación del flóculo elimina eficazmente las bacterias y los sólidos finos suspendidos, que originalmente no fueron retenidos a medida que se formaba el flóculo.

Una planta de filtración rápida por arena consiste fundamentalmente en un lecho de arena, relativamente gruesa, que elimine previamente los sólidos coagulados arrastrados después de la sedimentación. El tamaño efectivo de arena es de 0.35 a 0.55mm mientras que el de los filtros lentos de arena es de 0.25 a 0.35 mm de espesor. El espesor del lecho de arena debe ser suficiente para impedir que los flóculos penetren a través de él,

y deben proveerse los medios necesarios para lavar la arena a intervalos periódicos, de modo que se mantenga limpia. La efectividad de la filtración rápida por arena depende de la eficacia de la coagulación y sedimentación preliminares, así como de las características de la arena. El espesor del lecho de arena es usualmente de 60 a 75 cm y descansa sobre 25 a 50 cm de grava graduada, o de algún tipo especial de base de filtración.

Además de la grava, o junto con la base de filtración, se provee un sistema de desagüe inferior que sea capaz no solamente de captar uniformemente el agua filtrada, sino también de distribuir uniformemente el flujo de agua relativamente grande, cuando el filtro se está limpiando o retrolavando. La disposición más efectiva es el sistema de colector central ramificado. El colector central es un tubo de diámetro grande al que se han conectado a ambos lados tubos de menor diámetro, o ramificaciones, a trechos relativamente cortos y que se extienden horizontalmente dentro de la grava. Los tubos laterales tienen en toda su longitud pequeñas perforaciones distanciadas unos centímetros y a través de las cuales fluye el agua; (fig.-2)

Los principios hidráulicos de la filtración rápida son idénticos a los de la filtración lenta.

Se necesitan indicadores de la pérdida de presión, para que el operador pueda observar las condiciones del filtro en cualquier momento.

La limpieza del filtro debe hacerse cuando la columna de agua que representa las pérdidas de presión sea igual a la distancia que existe entre la superficie del agua dentro del filtro y el fondo de la capa de arena, o cuando el efluente ya no sea satisfactorio.

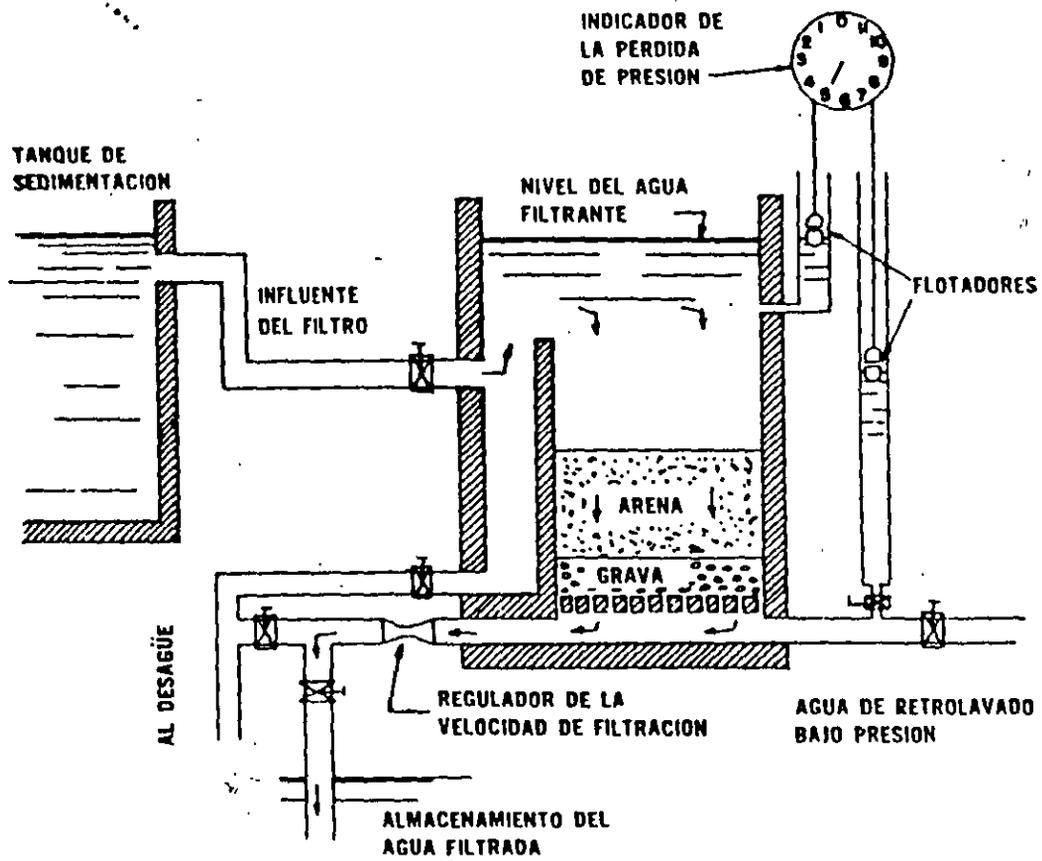


FIG-2 DIAGRAMA DE UN FILTRO RAPIDO DE ARENA



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

CURSOS INSTITUCIONALES

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
Del 22 de junio al 4 de julio de 1998.

Tema III Precipitación Pluvial y Escurrimiento

M. en C. Jesús Rodríguez Martín del Campo
Ing. Félix Velázquez Robles
Ing. Jorge P. Cervantes Galindo
Ing. Enrique Albarrán Aguilar
Ing. Rodolfo Lambarri Carrillo
Ing. Gabriel Chavarria Álvarez
Ing. Héctor Montolla Montiel
Palacio de Minería
1998.

TEMA: TRES

PRECIPITACION PLUVIAL Y ESCURRIMIENTO

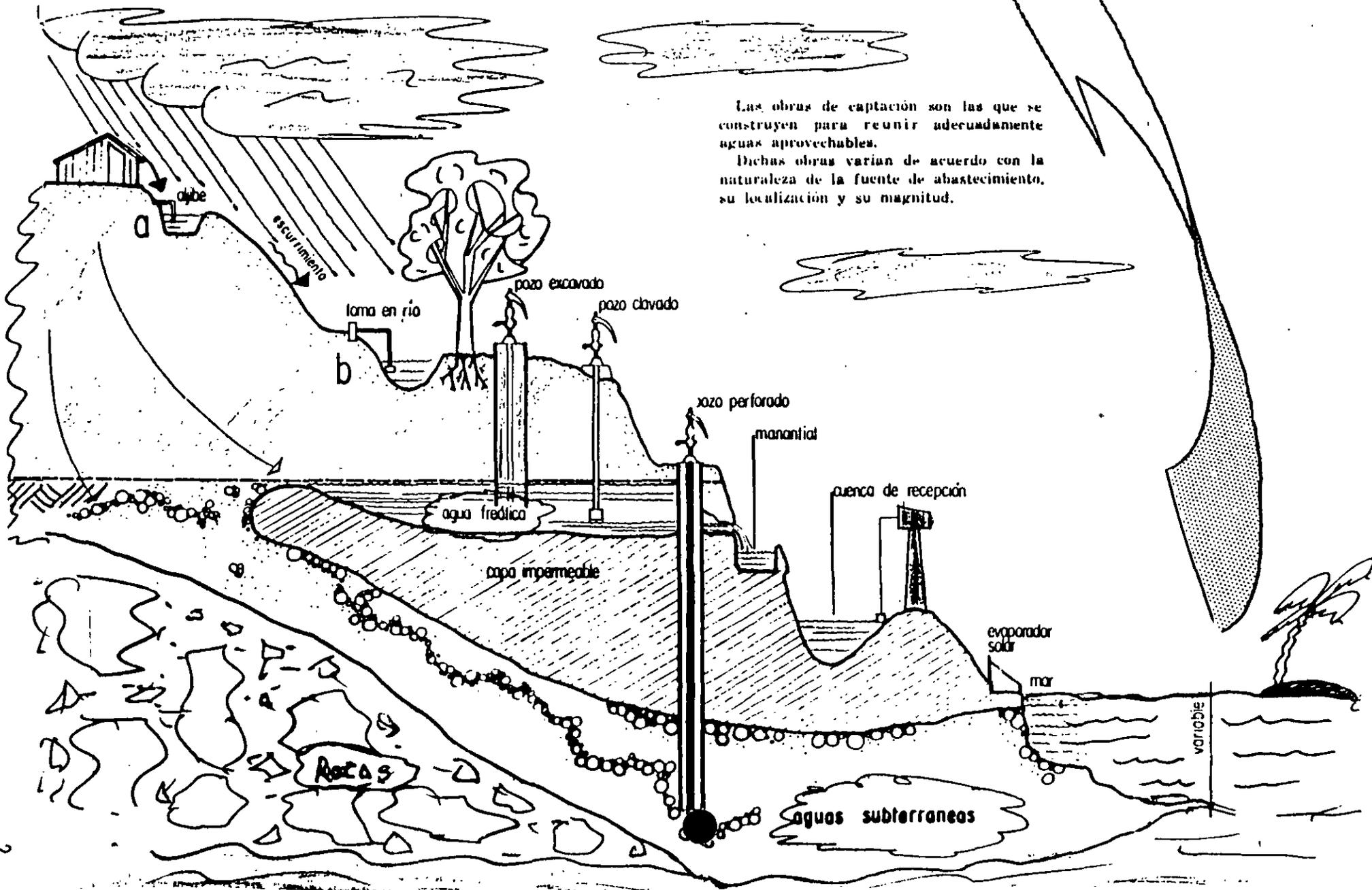
POR: ING. FELIX VELAZQUEZ FLORES

INTRODUCCION

- a.- Ciclo hidrológico**
- b.- Fuentes de abastecimiento**
- c.- Saneamiento y control de las fuentes de abastecimiento**
- d.- Control de escurrimientos**
- e.- Relación entre precipitación y escurrimiento**
 - I.- Principales características de una cuenca**
 - II.- Metodos para calcular la relación entre precipitación y escurrimiento**
 - ** Descripción de metodos**
 - ** Metodos empiricos**
 - ** Metodos que toman en cuenta, la variación de la lluvia en el tiempo**

24 DE JUNIO 98

CICLO HIDROLOGICO



Las obras de captación son las que se construyen para reunir adecuadamente aguas aprovechables.

Dichas obras varían de acuerdo con la naturaleza de la fuente de abastecimiento, su localización y su magnitud.

ciclo hidrológico

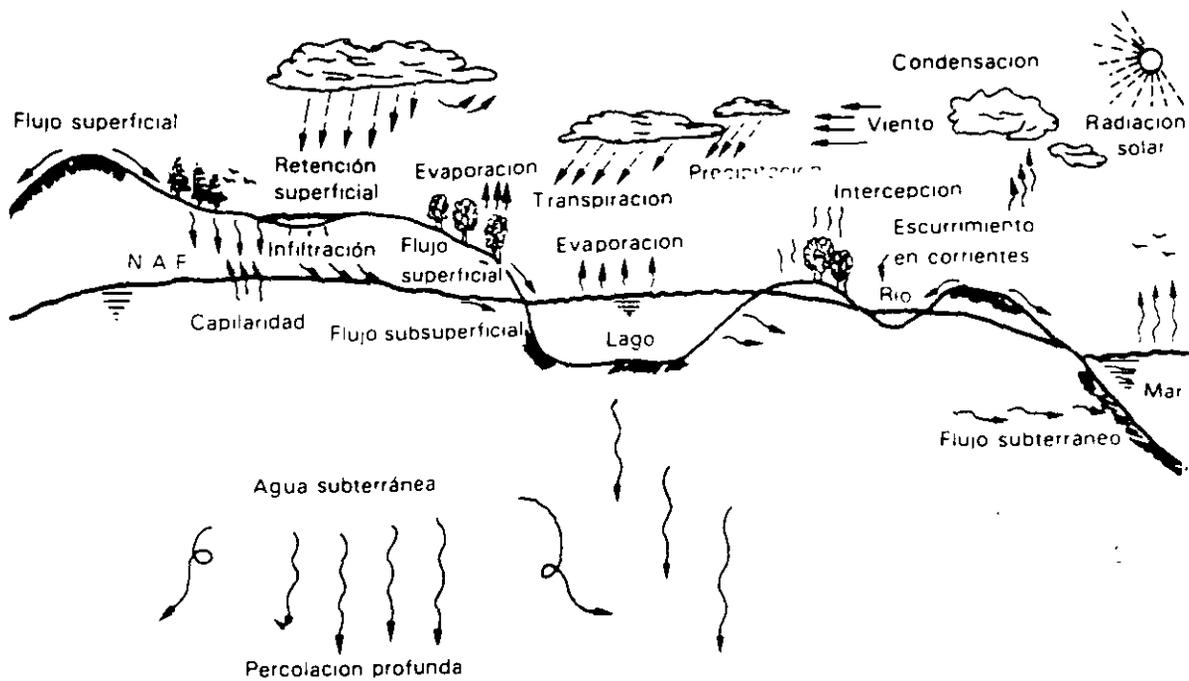


Figura 1 Ciclo hidrológico

α)-CICLO HIDROLÓGICO

El ciclo hidrológico se considera el concepto fundamental de la hidrología. De las muchas representaciones que se pueden hacer de él, la más ilustrativa es quizás la descriptiva (véase figura 1.)

Como todo ciclo, el hidrológico no tiene ni principio ni fin, y su descripción puede comenzar en cualquier punto. El agua que se encuentra sobre la superficie terrestre o muy cerca de ella se evapora bajo el efecto de la radiación solar y el viento. El vapor de agua, que así se forma, se eleva y se transporta por la atmósfera en forma de nubes hasta que se condensa y cae hacia la tierra en forma de precipitación. Durante su trayecto hacia la superficie de la tierra, el agua precipitada puede volver a evaporarse o ser interceptada por las plantas o las construcciones, luego fluye por la superficie hasta las corrientes o se infiltra. El agua interceptada y una parte de la infiltrada y de la que corre por la superficie se evapora nuevamente. De la precipitación que llega a las corrientes, una parte se infiltra y otra llega hasta los océanos y otros grandes

cuerpos de agua, como presas y lagos. Del agua infiltrada, una parte es absorbida por las plantas y posteriormente es transpirada, casi en su totalidad, hacia la atmósfera y otra parte fluye bajo la superficie de la tierra hacia las corrientes, el mar u otros cuerpos de agua, o bien hacia zonas profundas del suelo (percolación) para ser almacenada como agua subterránea y después aflorar en manantiales, ríos o el mar.

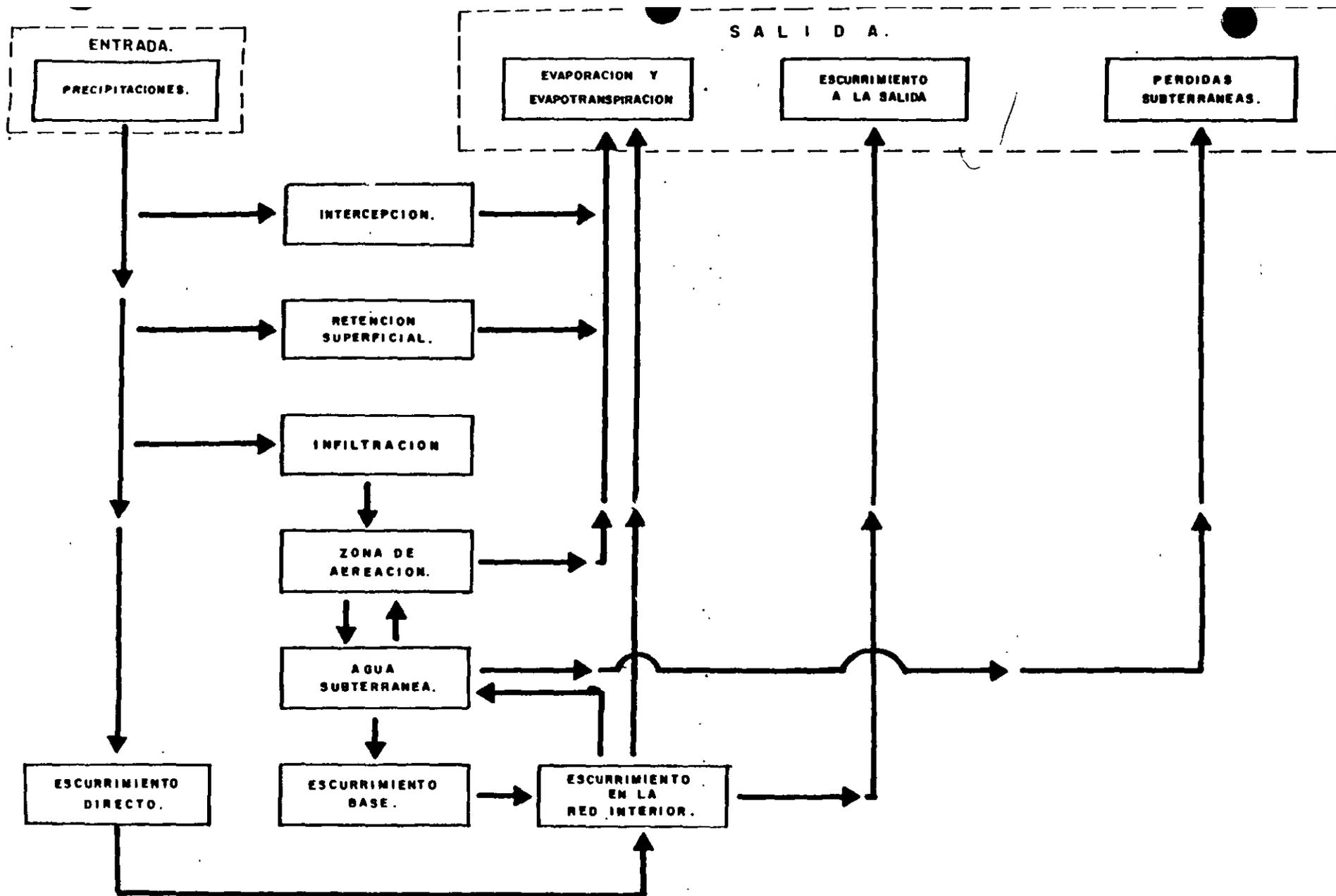


FIGURA. 2 CICLO HIDROLOGICO EN UNA CUENCA.

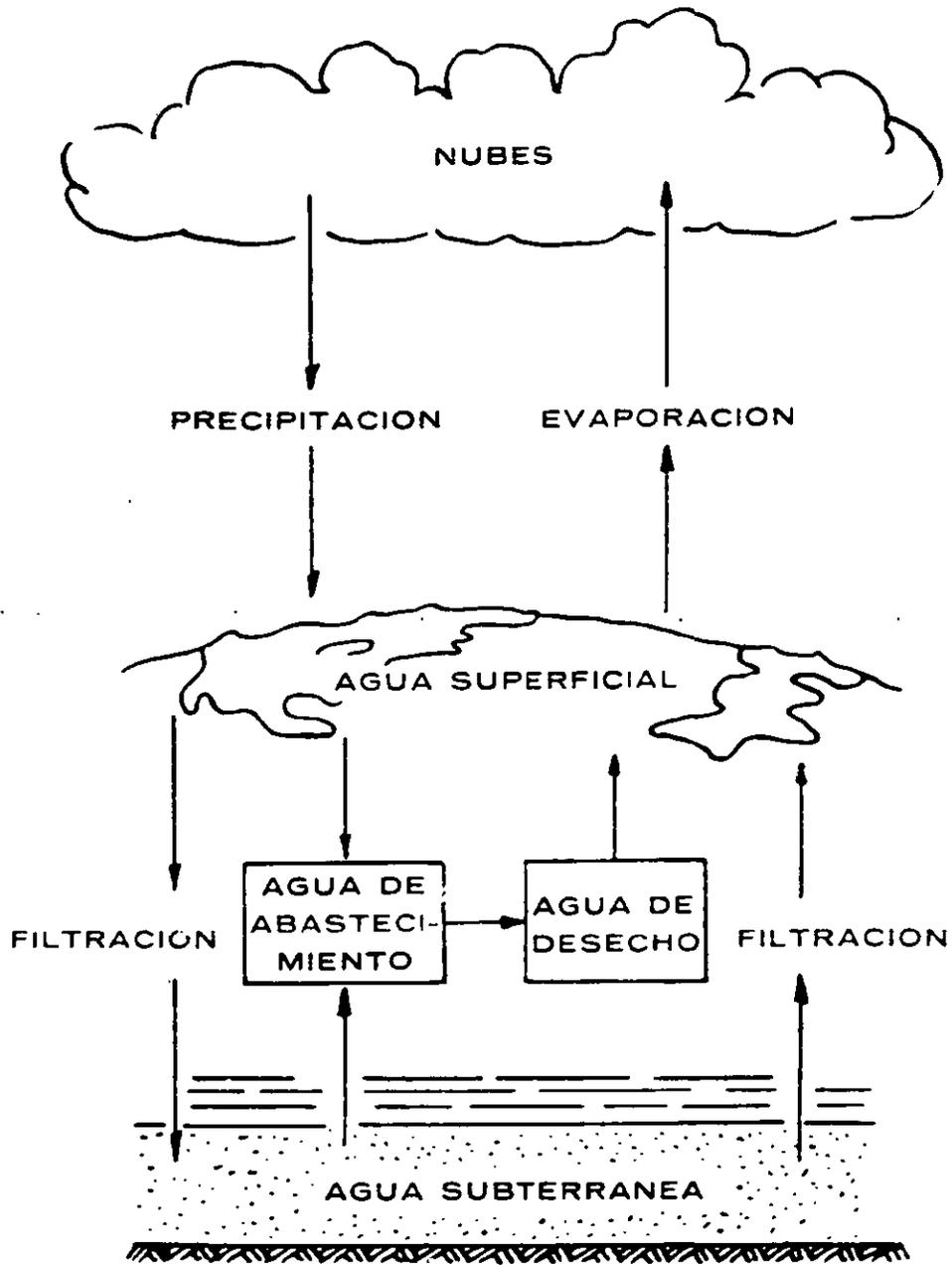


FIG. 3 CICLO HIDRAULICO

b). - FUENTES DE ABASTECIMIENTO.

El agua circula continuamente a través del interminable ciclo hidrológico de precipitación o lluvia, escurrimiento, infiltración, retención o almacenamiento, evaporación, reprecipitación, y así sucesivamente. Se entiende por fuente de abastecimiento de agua aquel punto o fase del ciclo natural del cual se desvía o aparta el agua, temporalmente, para ser usada, regresando finalmente a la naturaleza. Esta agua puede o no volver a su "fuente" original, lo cual depende de la forma en que se disponga de las aguas de desperdicio. Como puede apreciarse en la figura 3, el efecto de la acción del hombre sobre la naturaleza, en todo caso consiste en disminuir los recursos de agua subterráneos, extrayéndolos del subsuelo sin reponerlos, como sucede comúnmente en el caso de abastecimientos superficiales de agua. En algunos lugares ha llegado a ser muy importante la disminución de los mantos acuíferos subterráneos causada por la acción del hombre.

Para el abastecimiento público de agua se usan comúnmente tanto los recursos superficiales como los subterráneos. Las razones para elegir uno u otro son muchas, e incluyen consideraciones tales como la calidad, la cantidad disponible, la seguridad del abastecimiento y el costo de construcción y operación.

Abastecimientos subterráneos

Generalmente, las comunidades más pequeñas son las que emplean abastecimientos subterráneos de agua, por lo limitado que resulta el volumen de un acuífero. Un inconveniente de los abastecimientos subterráneos es su tendencia a proporcionar aguas excesivamente duras, lo cual se debe a que los constituyentes que causan la dureza son lavados de los depósitos minerales. Por otro lado, el abastecimiento subterráneo tiene la ventaja de proporcionar aguas que requieren un menor grado de tratamiento, porque las "impurezas" se eliminan en forma natural a medida que el agua atraviesa las capas del suelo y el subsuelo. Sin embargo, debe tenerse siempre presente que, aunque estas condiciones corresponden a la generalidad de las aguas subterráneas, no siempre contribuyen a la dureza los depósitos minerales, y que la conformación del suelo y del subsuelo puede no ser del tipo que elimina con eficacia la materia indeseable del agua.

- *Pozos poco profundos.* Aunque no existe un límite exacto que distinga entre pozos poco profundos y pozos profundos, usualmente se clasifican como "poco profundos" aquellos cuya profundidad es menor de 30 metros y como "profundos" aquellos cuya profundidad es superior a dicho límite. Los pozos poco profundos pueden ser cavados o entubados.

Los pozos cavados consisten de un hoyo vertical, por lo general de 1.20 m a 1.80 m de diámetro, excavados desde la superficie del suelo hasta encontrar el manto acuífero. Estos pozos pueden recubrirse con hormigón, ladrillo, piedra brasa o baldosa vidriada. El recubrimiento debe extenderse desde unos 30 cm sobre la superficie del suelo, hasta cuando menos 3 m bajo la misma, y debe ser impermeable para evitar escurrimientos e infiltraciones superficiales. El hormigón es el material más adecuado para recubrir la parte superior del pozo; se prefiere el ladrillo, la piedra brasa o la baldosa vidriada para recubrir la sección permeable que queda dentro del estrato acuífero.

Pueden hacerse pozos poco profundos entubados cuando el agua subterránea se localiza a unos 7.5 m de profundidad o menos, siempre que no haya rocas o formaciones rocosas. Estos pozos se construyen fácilmente y también pueden protegerse contra contaminaciones superficiales aunque, como en el caso de los pozos cavados, están más expuestos a contaminaciones que los pozos profundos que atraviesan las capas impermeables del subsuelo. El tipo más sencillo de pozo entubado consiste en una coladera de latón, de forma troncocónica, conectada al extremo inferior de un tubo de hierro que sirve para dirigirla a través de las capas superiores del suelo, hasta colocarla dentro del manto acuífero.

- *Pozos profundos.* Cuando el suelo situado encima de las formaciones rocosas no contiene agua, los pozos deben perforarse ya sea dentro de las rocas para extraer el agua de las grietas o a través de la roca hasta localizar los estratos acuíferos más profundos.

Ante tales circunstancias, o cuando solamente se puede disponer de agua de los estratos profundos, se hacen pozos perforados. Comúnmente los pozos perforados son de 15 a 30 cm de diámetro, pero pueden ser mayores. Los recubrimientos metálicos pueden proporcionar una protección efectiva contra la introducción de aguas superficiales y aguas subterráneas contaminadas, siempre y cuando el recubrimiento esté bien soldado para impedir la entrada de toda clase de contaminaciones. Si el estrato que lleva agua es arenoso o contiene grava, debe colocarse una coladera de dimensiones adecuadas conectada en el extremo inferior del recubrimiento. Como quiera que el agua no puede elevarse más de unos metros mediante succión, el dispositivo de bombeo debe colocarse debajo del suelo, cerca o más abajo del espejo de agua del pozo.*

* En los pozos profundos no puede elevarse el agua por succión y por esto es que las bombas para pozo profundo transmiten el movimiento a los impulsores colocados bajo el espejo de agua, desde el motor colocado en la superficie, por medio de una flecha.

Se acostumbra a menudo recubrir las paredes del pozo con grava, cuando el estrato que lleva agua es de arena muy fina e impide que pase el volumen adecuado de líquido hacia dentro del recubrimiento metálico del pozo. Tales pozos son similares a los ordinarios, con la diferencia de que se elimina la arena en un espacio de algunos centímetros alrededor del tamiz del pozo y se sustituye por grava. Esto hace que aumente la superficie de contacto con el estrato que lleva agua, disminuyéndose la resistencia al flujo del agua hacia el interior del recubrimiento metálico y aumentándose así la capacidad. La grava que queda fuera del tamiz del pozo ayuda también a impedir que la arena pase al interior del recubrimiento metálico durante los períodos de intenso bombeo. Los resultados globales de operación de este tipo de pozos han sido, por lo general, muy satisfactorios; y algunas autoridades abogan por su uso como práctica normal cuando se extrae el agua de un estrato acuífero constituido por material poco consolidado. La grava puede colocarse de muy diferentes maneras, pero en todo caso requiere habilidad por parte del perforador de pozos y solamente deben hacerlo aquellos que tengan experiencia en este tipo de trabajo. En la figura 4 se muestran las características típicas de los pozos profundos.

POZO TIPICO
CON PARED DE GRAVA

POZO TIPICO
PERFORADO

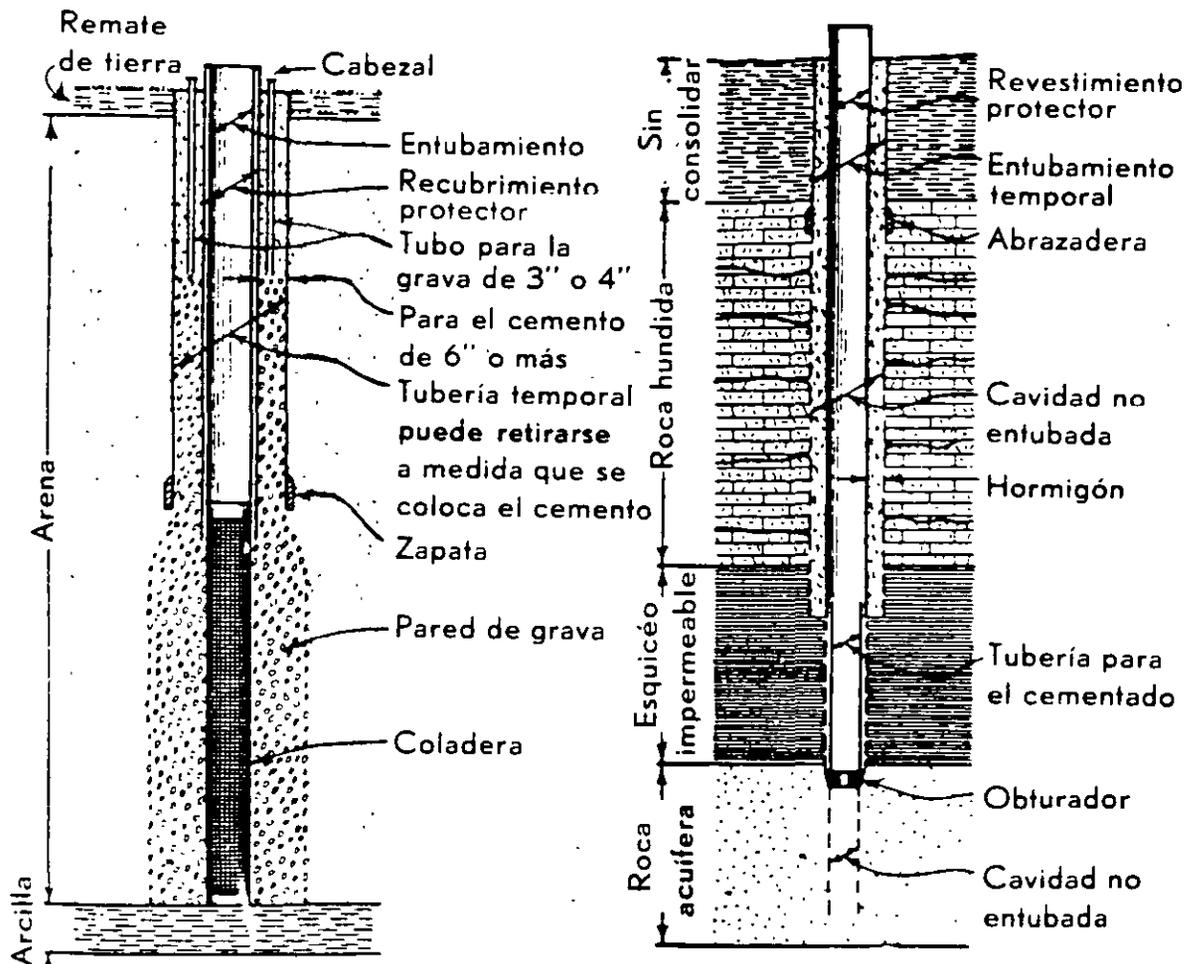


FIG. 4 POZOS PROFUNDOS

- *Manantiales.* Aparecen donde un estrato que lleva agua alcanza la superficie del terreno, o donde las fisuras de la roca "afloran" a la superficie, en condiciones tales que el agua subterránea es forzada a través de las grietas. El primer tipo de manantial es usualmente de origen local, y debe tenerse gran cuidado para aislarlo de las fuentes de contaminación cercanas. Es difícil averiguar el origen de un manantial surgido entre rocas, a no ser que se logre un conocimiento detallado de las formaciones geológicas del área en cuestión. Aunque el aislamiento de las fuentes cercanas de contaminación sea menos importante en este caso que en el anterior, debe tenerse presente que las materias contaminantes pueden pasar por las grietas de las rocas a grandes distancias, sin que mejore la calidad del agua, como sería el caso si ésta pasara a través de arena.

Han sido ideados muchos métodos para captar el agua de los manantiales. Por lo general, el manantial debe protegerse por una estructura de concreto u otro material impermeable de tipo permanente: para impedir que cualquier agua que no brote del manantial se mezcle con la de éste. En caso de que el agua no brote de la tierra en un sitio bien definido, debe captarse y transportarse el agua a un pozo colector o estanque por medio de canales de tejas con sus juntas abiertas, colocadas dentro de zanjas perpendiculares a la dirección del flujo subterráneo. Las tejas deben bordearse con pedacería de piedra o con grava, y los bordes deben cubrirse con arcilla para impedir cualquier escurrimiento superficial.

Todos los manantiales deben cubrirse, y el agua sobrante debe entubarse hacia afuera de la estructura para que el agua superficial no pueda penetrar en el manantial durante los períodos de inundación, no importa cuál sea el tipo de construcción. No es necesario ventilar las estructuras de los manantiales; por lo tanto, debe evitarse toda clase de aberturas, excepto la indispensable para la inspección, provista de una cubierta que pueda cerrarse bien.

Abastecimientos superficiales

A pesar de que cerca de las tres cuartas partes de los sistemas de abastecimiento público de agua en los EE.UU. provienen de fuentes subterráneas, estos sistemas sirven solamente a una cuarta parte de la población que toma su agua de los abastecimientos públicos. Por lo general, las grandes ciudades dependen de abastecimientos superficiales, y en la mayoría de los casos las aguas superficiales, ya sean de corrientes, lagos o embalses, no son seguras para el consumo humano y requieren de tratamiento.

Los manantiales pequeños, de terrenos elevados, pueden proporcionar aguas insípidas, prácticamente claras, excepto durante la temporada de lluvias tempestuosas, en la que pueden tener una cantidad moderada de sólidos suspendidos. Aun cuando cualquier bacteria indeseable presente puede ser de origen animal, tales aguas están siempre expuestas a contaminación, accidental o incidental, de origen humano.

Las grandes corrientes usualmente reciben agua de cuencas habitadas y reciben también contaminaciones más serias producidas por el escurrimiento superficial de las tierras erosionadas o aradas, por lo que las características físicas de estas aguas son, por lo general, inferiores a las de grandes cañadas. Además, las aguas negras y los desperdicios industriales pueden ser descargados directamente a muchas corrientes sin tratamiento adecuado. Los lagos, represas y embalses proporcionan agua de mejor calidad que la mayoría de las corrientes, debido al efecto benéfico de la autopurificación por sedimentación y reposo.

- *Ríos.* Los abastecimientos de agua de los ríos requieren por lo común de los mayores recursos para su tratamiento. La turbiedad, o enturbiamiento, el contenido mineral y el grado de contaminación varían considerablemente de un día a otro. La variación de la temperatura del agua durante el año también puede hacerla indeseable, especialmente durante los meses calurosos de verano.

Aunque no siempre sucede así, a menudo el abastecimiento de río se prefiere solamente cuando no es posible obtener agua de otras fuentes seguras. Por otro lado, el abastecimiento de río tiene la ventaja, sobre el tipo de abastecimiento de embalses, de que la inversión que debe hacerse en la planta de tratamiento es menor, porque no se requiere construir costosos muros de retención, ni canales, ni grandes extensiones de terreno, ni adquirir derechos sobre el agua.

- *Lagos naturales.* Los lagos pueden proporcionar agua de calidad excepcionalmente buena, excepto cerca de sus márgenes y en la vecindad de descargas de drenajes o de corrientes fuertes. Además de necesitar un tratamiento mínimo, la disponibilidad de cantidades de agua prácticamente ilimitadas constituye una ventaja decisiva. Desgraciadamente, sin embargo, los medios más deseables para disponer de las aguas negras de una ciudad consisten frecuentemente en descargarlas al mismo lago del que se suministra el agua. Debe tenerse gran cuidado para localizar tanto los puntos de toma de agua como los de descarga de drenajes, para que a la planta de tratamiento llegue un agua con el mínimo de contaminación.

Algunas veces es tan grande la distancia que hay desde la orilla al punto en donde puede obtenerse una agua satisfactoria de cuya calidad se pueda estar seguro, que el costo de las instalaciones de toma resulta prohibitivo para una municipalidad pequeña. En tales casos debe localizarse otro punto de abastecimiento u obtenerse de donde procede el agua de la ciudad cercana, que es la que seguramente está causando la contaminación principal. Por lo general, las aguas de los lagos son razonablemente uniformes de un día a otro, y no varían tanto en su temperatura como los ríos o los pequeños embalses.

- *Embalses.* La cantidad de agua que lleva una corriente está sujeta a muy grandes variaciones de un día a otro, así como durante las diferentes épocas del año. Cuando el consumo de agua es mayor, o incluso cercano al del caudal de la corriente, puede ser necesario construir una represa, creando así un embalse para almacenar el agua durante la temporada de lluvias, la cual será utilizada durante la subsecuente época de estiaje. Los embalses tienen, además, la ventaja de eliminar la mayor parte del lodo o enturbiamiento del agua, por sedimentación, durante el almacenamiento. Puede haber ventajas adicionales, tales como la disminución de bacterias, y también desventajas, como la producción de olores y sabores debidos a las algas. En un capítulo posterior se discutirán estos puntos, junto con otros factores que intervienen en la autopurificación.

c).- SANEAMIENTO Y CONTROL DE LAS FUENTES DE
ABASTECIMIENTO DE AGUAS.

Siempre es preferible prevenir la contaminación de los abastecimientos de agua que confiar ciegamente en la efectividad del proceso de tratamiento. Esto es particularmente válido en aquellos embalses en los que cantidades limitadas de material contaminante pasan más allá de la toma de agua, y como en el caso de una corriente en los que prácticamente toda la masa de agua permanece en el embalse, ya sea para que se verifique la autopurificación o para que se recurra al tratamiento en una planta.

Es siempre importante reducir la erosión en el área tributaria para disminuir el volumen de sedimentos en el depósito de agua, así como para que haya menos turbiedad que eliminar en la planta de tratamiento. Es deseable que el municipio adquiera en propiedad toda el área tributaria, para que se pongan en práctica usos adecuados para tales tierras, en toda su superficie. Si los recursos económicos disponibles para la adquisición y reforestación de esa área son limitados, como es lo más frecuente, debe reforestarse el área inmediata que rodee al depósito, extendiéndose gradualmente a medida que haya más fondos disponibles. Debe dictaminarse cuidadosamente acerca del tipo de plantación que se emplee para la reforestación de la cuenca.

En las áreas de captación puede haber ocasionalmente pantanos, lo cual es de importancia, porque sus escurrimientos imparten color al agua. Además, los charcos poco profundos de las zonas pantanosas mantienen intensas proliferaciones de microorganismos que pueden drenarse de modo económico por medio de zanjas y pequeños canales que los desagüen lentamente. Tales mejoras son muy deseables, porque se puede asegurar una disminución en el color y en el contenido de microorganismos, lo cual será permanente si se procuran mantenimiento y supervisión adecuados.

d).- CONTROL DE ESCURRIMIENTOS.

En general, se puede decir que el control de los escurrimientos se realiza mediante presas las cuales cumplen las funciones siguientes:

- a).- Almacenar agua (presas de almacenamiento)
- b).- Levantar el nivel del agua (presas de derivación)
- c).- Ambas.

Para almacenar el agua se cierra el paso de un río y se obliga a que el agua se acumule sobre el valle aguas arriba; este hecho provoca un remanso que facilita la derivación del agua para el uso deseado.

Los objetivos de una presa se agrupan en dos grandes áreas:

- a).- Aprovechamiento.
 - En riego.
 - Abastecimiento de agua potable.
 - Producción de energía eléctrica.
 - Navegación.
 - Esparcimiento.
 - Acuicultura.
 - Entarquinamiento.

- b).- Defensa.
 - Control de avenidas.
 - Control de azolves.

En la actualidad se recomienda que una presa u obra hidráulica se diseñe para más de un funcionamiento

E).- RELACION ENTRE PRECIPITACION Y ESCURRIMIENTO.

INTRODUCCION

La información acerca de escurrimientos en una sección de interés sobre una corriente es necesaria para diseñar obras de aprovechamiento o de protección. En muchas ocasiones, el diseñador se encuentra con poca o ninguna información de mediciones directas que le permitan conocer la historia de los escurrimientos en el sitio de interés, por lo que tiene que recurrir a estimarlos a partir de los datos de precipitación. Además, cuando la cuenca ha estado o estará sujeta a cambios de importancia (por ejemplo, por la construcción de obras de almacenamiento, urbanización y desforestación en partes de la cuenca, etc), estos cambios modifican el régimen del escurrimiento, por lo que su registro histórico no representa correctamente el comportamiento futuro de la corriente.

En esos casos, y evidentemente en los problemas de predicción de avenidas a corto plazo, PARA ESTO, es necesario contar con un modelo que permita estimar los escurrimientos a partir de las características de la lluvia,

tomando en cuenta las condiciones de la cuenca.

La relación entre la precipitación y el escurrimiento es compleja; depende por una parte de las características de la cuenca y por otra de la distribución de la lluvia en la cuenca y en el tiempo.

Debido a lo complejo del fenómeno y a que la cantidad y calidad de la información disponible varía de un problema a otro, se ha desarrollado una gran cantidad de métodos para relacionar la lluvia con el escurrimiento. Dichos métodos van desde simples fórmulas empíricas, hasta modelos extremadamente detallados basados en principios de la Física.

Este tema se ha dividido en tres partes básicas. En la primera se presentan criterios para cuantificar las características de la cuenca que más influyen en el proceso lluvia-escurrimiento, en la segunda parte se intenta clasificar los distintos métodos de cálculo y en la tercera se describen los métodos de uso frecuente.

La cuenca de drenaje asociada a una sección dada de una corriente, es el área que puede aportar escurrimiento hacia la sección. Está limitada por el parteaguas, que es una línea imaginaria tal que la lluvia que cae dentro de él puede escurrir superficialmente hasta la sección considerada (ver fig I.1).

Desde el punto de vista de las relaciones lluvia-escurrimiento, las características de la cuenca interesan principalmente en dos aspectos:

- . El volumen de escurrimiento producido por una tormenta dada
- . La forma del hidrograma, la cual depende de la velocidad de respuesta de la cuenca al presentarse una tormenta

Aun cuando en los libros clásicos de Hidrología

se describe gran cantidad de características de la cuenca, se ha preferido incluir aquí solamente las de mayor importancia en relación con los dos aspectos anteriores. Estas características son:

- a) Área de la cuenca (A). Es el área de la proyección horizontal de la superficie encerrada por el parteaguas. Para una misma lámina de lluvia efectiva el volumen de escurrimiento directo es proporcional al área de la cuenca.
- b) Longitud del cauce (L). Se acostumbra medir como la longitud del cauce principal en sentido horizontal.
- c) Pendiente del cauce (S). A diferencia de los conceptos anteriores, la pendiente del cauce no tiene un valor único, sino que varía de tramo en tramo, por lo que se le representa con un valor medio que sirve de índice. De las fórmulas propuestas por distintos autores, se recomienda aquí la de Taylor y Schwarz, debido a que la pendiente calculada con este criterio tiene una relación más directa con el tiempo de traslado del agua por el cauce. La ecuación correspondiente es

$$S = \left[\frac{L}{L_1 \sqrt{S_1} + L_2 \sqrt{S_2} + \dots + L_m \sqrt{S_m}} \right]^2 \quad (I.1)$$

donde

- m número de tramos de pendiente uniforme sobre el cauce principal
- L_i longitud del tramo i
- S_i pendiente del tramo i

Las características de la cuenca determinan la forma del hidrograma cuyos

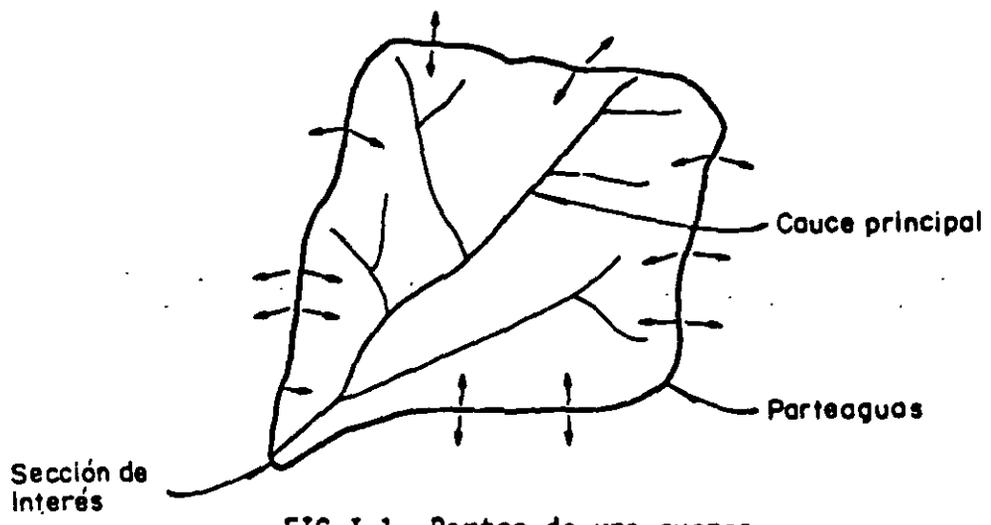


FIG. I.1 Partes de una cuenca

principales parámetros se muestran en la fig I.2.

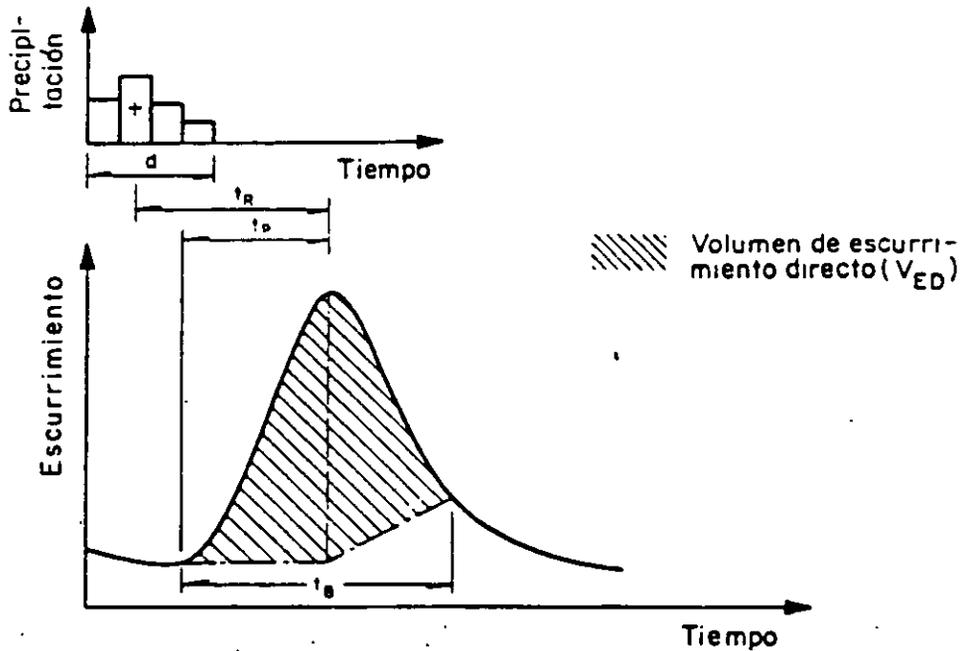


FIG.I.2 Parámetros que caracterizan un hidrograma

Los principales parámetros que definen la forma del hidrograma son

- a) El volumen de escurrimiento directo, V_{ED} (área sombreada, fig I.2)
- b) El tiempo de concentración, t_c , que se define como el tiempo que tarda el agua en trasladarse desde el punto más alejado de la cuenca hasta la salida de la misma. Teóricamente define el tiempo que se requiere para que si se presenta una tormenta con intensidad constante, el gasto a la salida de la cuenca alcance un valor de equilibrio.
- c) Tiempo de pico, t_p . Es el tiempo que transcurre entre el momento en que se inicia el escurrimiento directo y el momento en que alcanza su valor máximo.
- d) Tiempo de retraso, t_R . Es el que transcurre entre el centroide del hidrograma de precipitación efectiva y el gasto máximo o de pico.

e) Tiempo base, t_B . Es el tiempo que dura el escurrimiento directo.

II. CLASIFICACION DE METODOS PARA CALCULAR LAS RELACIONES PRECIPITACION-ESCURRIMIENTO

Como existe una gran variedad de modelos precipitación-escurrimiento, conviene agruparlos en diferentes categorías a efecto de escoger el más adecuado para cada caso particular. Una manera de clasificarlos es de acuerdo con la información que se requiere para su calibración; de esta manera, los modelos de precipitación-escurrimiento se dividen en tres grandes grupos:

- a) Modelos que requieren únicamente las principales características físicas promedio de la cuenca en estudio
- b) Modelos para los que es necesario contar con registros simultáneos de precipitación y escurrimiento
- c) Modelos para los que se debe disponer (además de los registros simultáneos de precipitación y escurrimiento) de las características físicas de talladas de la cuenca.

Al primer grupo corresponden las fórmulas empíricas, las que han sido obtenidas relacionando mediciones simultáneas de lluvia y de escurrimiento con las características de las cuencas.

El segundo grupo se conoce como modelos de caja negra; se calibran a partir de los datos de ingreso y salida de la cuenca sin tomar en cuenta explícitamente sus características físicas.

Al tercer grupo pertenecen los modelos que, a partir de la información detallada de las características físicas de la cuenca y de la aplicación de las fórmulas fundamentales de la Hidráulica, pretenden simular el proceso de escurrimiento en toda la cuenca. Un caso característico de este tipo de modelos es el de Stanford.

Aunque los modelos del tercer grupo son los más completos, ya que ofrecen

un conocimiento detallado del proceso precipitación-escorrimento, su aplicación se restringe a cuencas donde se dispone de una amplia información de características topográficas y geológicas, uso del suelo, condición de la superficie del suelo, etc, y se conoce con precisión la distribución de la lluvia en la cuenca y en el tiempo. Cuando no se tiene la información necesaria, no es recomendable utilizar esta clase de modelos.

Como se considera que la información disponible en las cuencas de México corresponde a los dos primeros grupos de modelos, no se tratará el tercero. En todo caso, el desarrollo del modelo de Stanford, que es probablemente el más difundido de este tipo

II.1 DESCRIPCION DE METODOS

II.1.1 - MODELOS EMPIRICOS

La mayoría de los modelos empíricos que se han desarrollado para relacionar la precipitación y el escurrimento se basa en los datos particulares de alguna región, por lo que su aplicación muchas veces se restringe a ella; sin embargo son de utilidad cuando no se tiene información de gastos y sólo se conocen características físicas promedio de la cuenca y registros de precipitación.

- Método de envolventes

Creager obtuvo datos sobre avenidas máximas registradas en diferentes cuencas del mundo y formó una gráfica como la de la fig 1.3, en la que relacionó el área de cada cuenca, A, con el gasto por unidad de área, q. En la gráfica trazó una envolvente cuya ecuación resultó

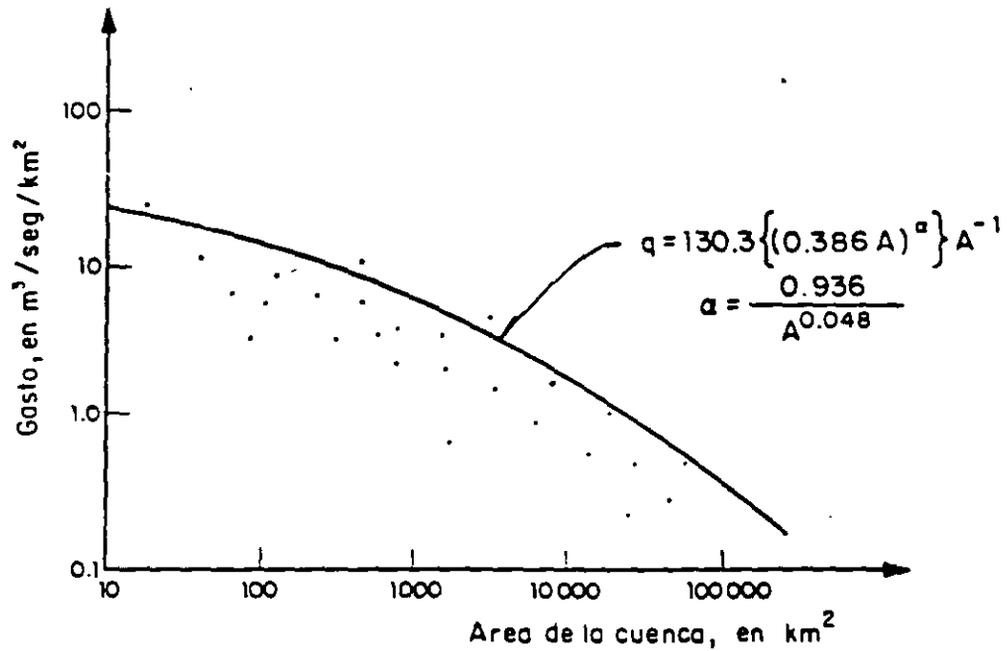
$$q = 1.303 \left\{ C (0.386 A)^\alpha \right\} A^{-1} \quad (I.2)$$

donde

$$\alpha = \frac{0.936}{A^{0.048}}$$



a) Regionalización de la República Mexicana



b) Envoltente mundial

FIG.I.3 Método de Creager

A área de la cuenca, en km²

q gasto máximo por unidad de área de la cuenca, en m³/s/km²

Creager encontró que C = 100 para la envolvente de los datos con los que trabajó, a la cual se le conoce como envolvente mundial. La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos calculó el valor de C para envolventes regionales en la República Mexicana. Los valores correspondientes para las regiones indicadas en la fig I.3a se muestran en la tabla I.1.

- Fórmula racional

Es de las más antiguas (1889), y probablemente todavía una de las más utilizadas. Considera que el gasto máximo se alcanza cuando la precipitación se mantiene con una intensidad constante durante un tiempo igual al tiempo de concentración. La fórmula racional es

$$Q_p = 0.278 C i A \quad (I.3)$$

donde

Q_p gasto máximo o de pico, en m³/s

C coeficiente de escurrimiento (tabla I.2 para zonas urbanas)

i intensidad media de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, en mm/h

A área de la cuenca, en km²

Para estimar el tiempo de concentración se utiliza la fórmula de Kirpich

$$t_c = \left(\frac{0.86L^3}{H} \right)^{0.325}$$

donde

t_c tiempo de concentración, en h

L longitud del cauce principal, en km

H desnivel entre los extremos del cauce principal, en m

- MODELOS DE CAJA NEGRA

De acuerdo con Dooge, un sistema puede definirse como una estructura o meca

TABLA I.1 Valores del coeficiente C de Creager para las regiones de la República Mexicana

<u>Región</u>	<u>Coeficiente de Creager</u>
1. Baja California Norte	30
2. Baja California Sur	72
3. Río Colorado	14
4. Noroeste	
a) Zona norte	35
b) Zona sur	64
5. Sistema Lerma-Chapala-Santiago	
a) Lerma-Chapala	16
b) Santiago	19
6. Pacífico Centro	100
7. Cuenca Río Balsas	
a) Alto Balsas	18
b) Bajo Balsas	32
8. Pacífico Sur	62
9. Cuenca Río Bravo	
a) Zona Conchos	23
b) Zona Salado y San Juan	91
10. Golfo Norte	61
11. Cuenca Río Pánuco	
a) Alto Pánuco	14
b) Bajo Pánuco	67
12. Golfo Centro	59
13. Cuenca Río Papaloapan	36
14. Golfo Sur	36
15. Sistema Grijalva-Usumacinta	50
16. Península de Yucatán	3.7
17. Cuencas cerradas del Norte, Zona Norte	4
18. Cuencas cerradas del Norte, Zona Sur	26
19. El Salado, Zona Sur	45
20. Durango	8.4
21. Cuencas de Cuitzeo y Pátzcuaro	6.8
22. Valle de México	19
23. Cuenca del Río Metztlán	37

TABLA I.2 Valores del coeficiente de escurrimiento

TIPO DEL AREA DRENADA	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
	MINIMO	MAXIMO
ZONAS COMERCIALES:		
Zona comercial	0.70	0.95
Vecindarios	0.50	0.70
ZONAS RESIDENCIALES:		
Unifamiliares	0.30	0.50
Multifamiliares, espaciados	0.40	0.60
Multifamiliares, compactos	0.60	0.75
Semiurbanas	0.25	0.40
Casas habitación	0.50	0.70
ZONAS INDUSTRIALES:		
Espaciado	0.50	0.80
Compacto	0.60	0.90
CEMENTERIOS, PARQUES	0.10	0.25
CAMPOS DE JUEGO	0.20	0.35
PATIOS DE FERROCARRIL	0.20	0.40
ZONAS SUBURBANAS	0.10	0.30
CALLES:		
Asfaltadas	0.70	0.95
De concreto hidráulico	0.80	0.95
Adoquinadas	0.70	0.85
ESTACIONAMIENTOS	0.75	0.85
TECHADOS	0.75	0.95
PRADERAS		
Suelos arenosos planos (pendientes 0.02)	0.05	0.10
Suelos arenosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.10	0.15
Suelos arenosos escarpados (0.07 ó más)	0.15	0.20
Suelos arcillosos planos (0.02 ó menos)	0.13	0.17
Suelos arcillosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.18	0.22
Suelos arcillosos escarpados (0.07 ó más)	0.25	0.35

nismo que relaciona en el tiempo una entrada o estímulo y una salida o respuesta. En el caso del proceso precipitación-escorrimento, puede considerarse la cuenca como un sistema cuyas entradas y salidas son los registros simultáneos de precipitaciones y escurrimientos, respectivamente (fig I.4). Cuando se analiza el sistema (en este caso la cuenca), tratando de encontrar las leyes que rigen la transformación de las entradas (precipitación) en salidas (escorrimento) sin tomar en cuenta explícitamente las características del sistema, se dice que los modelos que resultan son de Caja Negra.



FIG. I.4 Aplicación del concepto de sistema a la relación lluvia-escorrimento

Aun cuando en general la transformación de lluvias totales a escurrimientos en una cuenca es un proceso complejo (no lineal), si la relación se establece solo entre precipitación efectiva y escurrimiento directo puede considerarse para fines prácticos una relación lineal del tipo

$$Q(t) = \int_0^{\infty} h(\tau) P(t-\tau) d\tau \quad (I.4)$$

donde

- Q(t) gasto en el instante t
- P(t) precipitación media en la cuenca en el instante t
- h(τ) función de transformación

- Método del hidrograma unitario

Este método puede considerarse como el de mayor difusión dentro del grupo de modelos lineales de cajas negra. La descripción que se da a continuación sigue aproximadamente el desarrollo que ha venido teniendo el método

del hidrograma unitario con el tiempo.

-HIDROGRAMA UNITARIO TRADICIONAL

El hidrograma unitario asociado a una duración, d , se define como el hidrograma de escurrimiento directo que produce una precipitación efectiva unitaria (la unidad más frecuentemente utilizada es el milímetro), distribuida uniformemente en la cuenca y en el tiempo d (ver fig I.5).

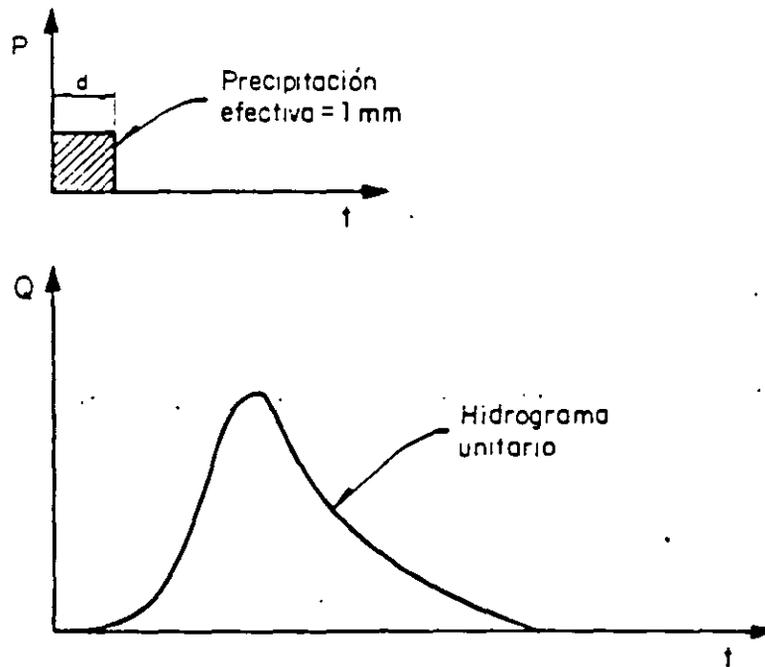


FIG.I.5 Hidrograma unitario

Se considera que una vez conocido el hidrograma unitario para una duración dada, el hidrograma que producirá una lluvia de cualquier magnitud, pero de la misma duración, puede calcularse multiplicando las ordenadas del hidrograma unitario por la magnitud de la lluvia efectiva. Se considera además que una secuencia de lluvias de la misma duración produce un hidrograma igual a la suma de la secuencia de hidrogramas que produciría individualmente cada una de las lluvias.

De acuerdo con la definición anterior, el hidrograma unitario se determina

a partir de registros simultáneos de lluvia y escurrimientos, de la siguiente forma:

1. Se calcula el hietograma de precipitación media en la cuenca
2. Se obtiene el hidrograma de escurrimiento directo separándolo del escurrimiento base
3. Se calcula el volumen de escurrimiento directo utilizando la ecuación

$$V_{ED} = \Delta t \sum_{i=1}^n Q_i$$

donde

V_{ED} volumen de escurrimiento directo, en m^3

Δt intervalo de tiempo, en s

Q_i gasto de escurrimiento directo en el i-ésimo intervalo de tiempo, en m^3/s

4. Se obtiene la altura de la lámina de escurrimiento directo L_E como

$$L_E = 0.001 \frac{V_{ED}}{A_c}$$

donde

L_E lámina de escurrimiento directo, en mm

A_c área de la cuenca, en km^2

5. Se calculan las ordenadas del hidrograma unitario, dividiendo cada una de las ordenadas del hidrograma de escurrimiento directo entre la lámina de escurrimiento directo, L_E

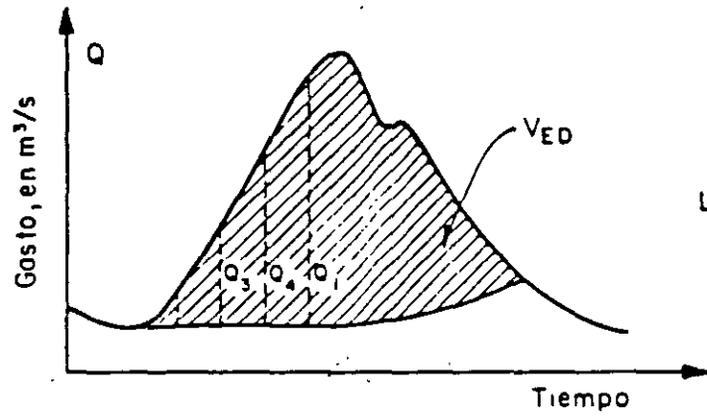
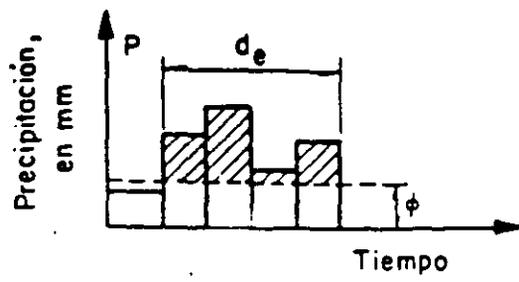
6. Se calcula el hietograma de precipitación efectiva,

y se obtiene con ello la duración de lluvia efectiva, d_e , asociada al hidrograma unitario calculado en el paso

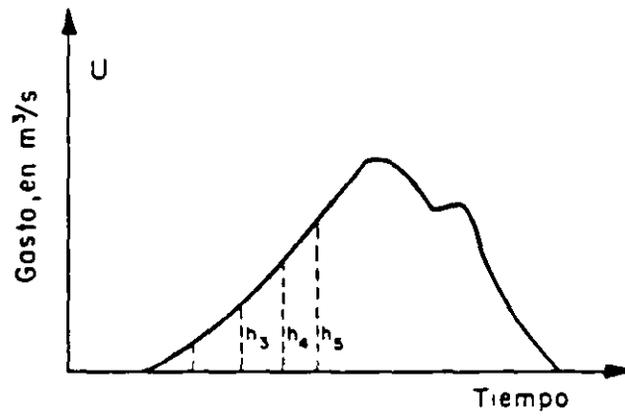
5

En la fig 1.6 se muestra un esquema del cálculo del hidrograma unitario.

El hidrograma unitario obtenido con el método tradicional tiene varias limitaciones, entre las cuales pueden destacarse:



$$L_E = \frac{V_{ED}}{A_C}$$



$$U_i = \frac{Q_i}{L_E}$$

FIG. I.6 Esquema del cálculo del hidrograma unitario

- a) Solamente se conoce la función de transformación (el hidrograma unitario en este caso) para lluvias que tengan la misma duración que la que se utilizó en la etapa de calibración.
- b) No se toman en cuenta las variaciones en la intensidad de la lluvia.

Para superar la primera limitación, se utiliza el procedimiento llamado de la curva S, que se basa en el principio de superposición de causas y efectos, es decir, parte de que una secuencia de lluvias produce un hidrograma igual a la suma de los hidrogramas que produciría cada lluvia en particular.

- METODO DE LA CURVA S

El método de la curva S se utiliza para calcular el hidrograma unitario correspondiente a una duración cualquiera, d_1 , a partir de un hidrograma unitario asociado a una duración diferente, d_0 .

El método consta de los siguientes pasos (ver fig I.7):

1. Se desplaza varias veces el hidrograma unitario conocido, de tal manera que la separación entre cada hidrograma sea igual a la duración d_0 .
2. Se suman las ordenadas de los hidrogramas formados en el paso 1, con lo que se obtiene un hidrograma al que se denomina curva S, que corresponde a una lluvia efectiva con intensidad constante $i = 1 \text{ mm}/d_0$, mantenida durante un tiempo muy grande. Para obtener las ordenadas de la curva S, pueden utilizarse las relaciones

$$\begin{array}{rcl}
 S_0 & = & 0 \\
 S_1 & = & U_1 \\
 S_2 & = & U_1 + U_2 \\
 \dots & & \\
 \dots & & \\
 S_i & = & U_1 + U_2 + \dots + U_i \\
 S_n & = & U_1 + U_2 + \dots + U_n \\
 \dots & & \\
 S_{k+n} & = & U_1 + U_2 + \dots + U_n
 \end{array}
 \quad \left. \vphantom{\begin{array}{rcl} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \\ \dots \\ \dots \\ S_i \\ S_n \\ \dots \\ S_{k+n} \end{array}} \right\} \quad (I.5)$$

donde

- S_i ordenada de la curva S para $t = i \cdot d_0$
- U_i ordenada del hidrograma unitario conocido para $t = i \cdot d_0$
- n número de ordenadas del hidrograma unitario conocido para intervalos $\Delta t = d_0$

3. Se desplaza la curva S una distancia igual a d_1
4. Se restan las ordenadas de las curvas S obtenidas en los pasos 2 y 3
5. Las ordenadas del hidrograma unitario deseado (el asociado a una lluvia de duración d_1) se obtienen multiplicando los resultados obtenidos en el paso 4, por la relación d_0/d_1

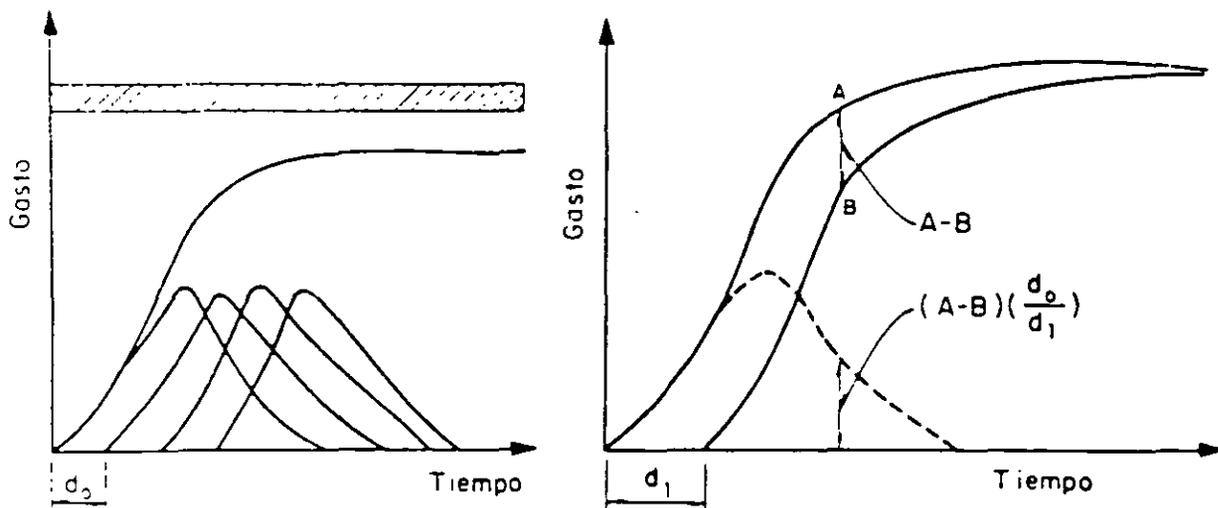


FIG. I.7 Método de la curva S

Aun cuando el método de la curva S permite calcular el hidrograma unitario asociado a cualquier duración de la lluvia efectiva, subsiste el problema de que no se toma en cuenta la variación de la intensidad de la lluvia durante la tormenta. En vista de este problema, se ha extendido la teoría del hidrograma unitario, desarrollando nuevos métodos cuyas bases se describen a continuación.

MÉTODOS QUE TOMAN EN CUENTA LA VARIACION DE LA LLUVIA EN EL TIEMPO

En los métodos expuestos, esto es, el del hidrograma unitario obtenido con el método tradicional y el de la curva S, se supone que la intensidad de la lluvia es constante en toda su duración. Para superar esta limitación se han desarrollado métodos que, apoyados en los principios del hidrograma unitario, permiten que si se dispone de información confiable de las variaciones de la intensidad de la lluvia con el tiempo, estas variaciones sean tomadas en cuenta.

Supóngase que en una cuenca dada se dispone de información sobre la precipitación media para intervalos pequeños de tiempo Δt y que se conoce el hidrograma unitario asociado a una tormenta de la misma duración, Δt . De acuerdo con la teoría del hidrograma unitario, si se presentara una tormenta compleja se produciría un hidrograma como el de la fig I.8.

En términos más generales puede decirse que si U_1, U_2, \dots, U_{NQ} son las ordenadas del hidrograma unitario correspondiente a una duración de lluvia efectiva muy pequeña, Δt ; el escurrimiento directo que produciría una tormenta caracterizada por un hietograma de ordenadas P_1, P_2, \dots, P_{NP} , correspondientes a intervalos de tiempo Δt , se calcula con

$$Q_i = \sum_{k=1}^i U_k P_{i-k+1}; \quad i = 1, 2, \dots, NQ \quad (I.6)$$

donde

Q_i	gasto de escurrimiento directo para el i -ésimo intervalo de tiempo
NQ	número de ordenadas del hidrograma de escurrimiento directo
NP	número de ordenadas de precipitación
NU	número de ordenadas del hidrograma unitario

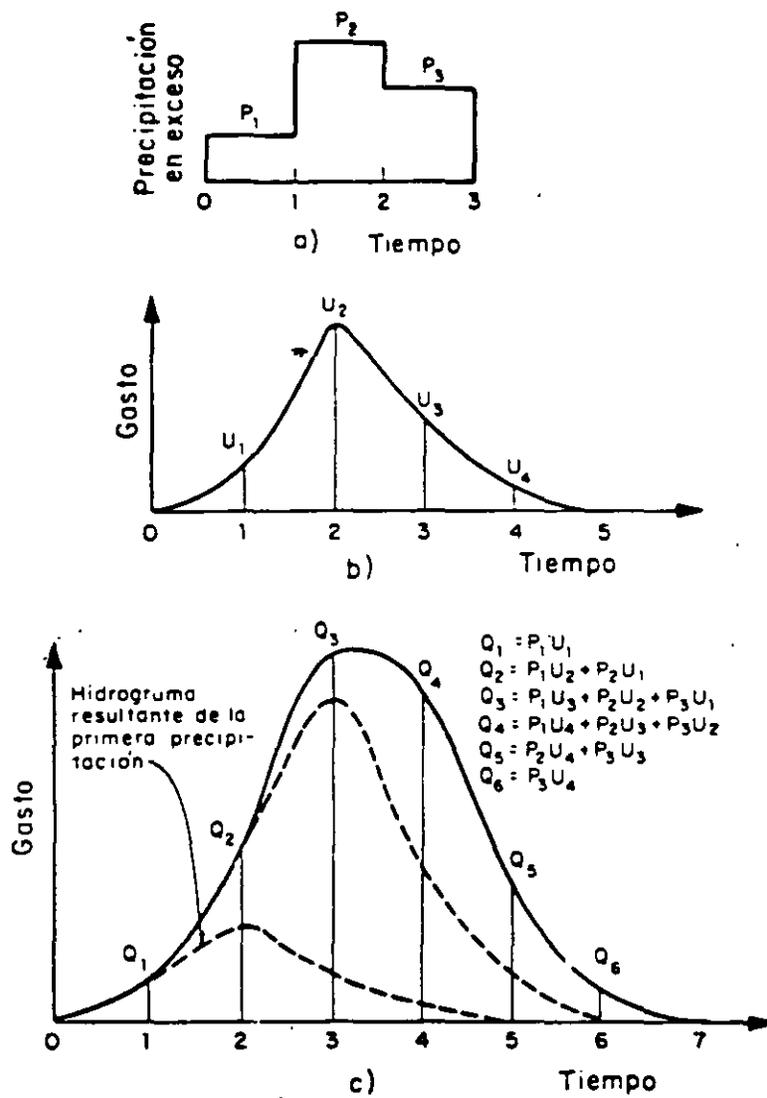


FIG.I.8 Hidrograma producido por una tormenta con intensidad variable en el tiempo

Desarrollando la ec I.6, se obtiene

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= U_1 P_1 \\ Q_2 &= U_1 P_2 + U_2 P_1 \\ \dots \\ \dots \\ Q_k &= U_1 P_k + U_2 P_{k-1} + \dots + U_k P_1 \end{aligned} \right\} \quad (I.6a)$$

El sistema de ecs I.6a puede utilizarse directamente para predecir un hidrograma cuando se presenta una tormenta y se conoce el hidrograma unitario, o bien utilizarse para conocer las ordenadas de este último cuando se tiene información de los valores simultáneos de lluvias, P_i , y escurrimientos, Q_i , durante una tormenta. En este último caso, es decir, cuando se desea obtener el hidrograma unitario, el sistema I.6 puede resolverse fácilmente despejando U_1 de la primera ecuación, sustituyendo en la segunda y despejando U_2 , y así sucesivamente.

Debido a la inexactitud en los datos de precipitación media en la cuenca para intervalos pequeños y GENERALMENTE, en menor grado, a la no linealidad de la relación lluvia escurrimiento, el hidrograma unitario obtenido a partir del sistema I.6a, cuya solución es muy sensible a los valores individuales de las primeras ordenadas del hidrograma, puede dar valores ilógicos e inclusive negativos para algunas ordenadas del hidrograma unitario. Este problema se reduce considerablemente si, admitiendo que pueden existir errores en la determinación de la precipitación media, se utiliza un sistema de ecuaciones lineales ligeramente diferente

$$\sum_{i=1}^{NQ} U_i \phi_{pp}(i-j) = \phi_{pQ}(j-1) \quad ; \quad j = 1, 2, \dots, NU \quad (I.7)$$

donde

$$\phi_{pp}(\sigma) = \begin{cases} \sum_{i=1}^{NP} P_i P_{i+\sigma} & , \text{ para } \sigma = 0, 1, 2, \dots, NP-1 \\ 0 & , \text{ para } \sigma \geq NP \end{cases}$$

$$\phi_{pQ}(\tau) = \begin{cases} \sum_{i=1}^{NQ} P_i Q_{i-\tau} & \text{para } \tau = 0, 1, 2, \dots, NP-1 \\ 0 & \text{para } \tau \geq NU \end{cases}$$

con $c_{pp}(-\tau) = P_{pp}(\tau)$, y considerando $P_i = 0$ para $i > NP$

La forma en que se deduce el sistema de ecs I.7 se muestra en la fig I.9.

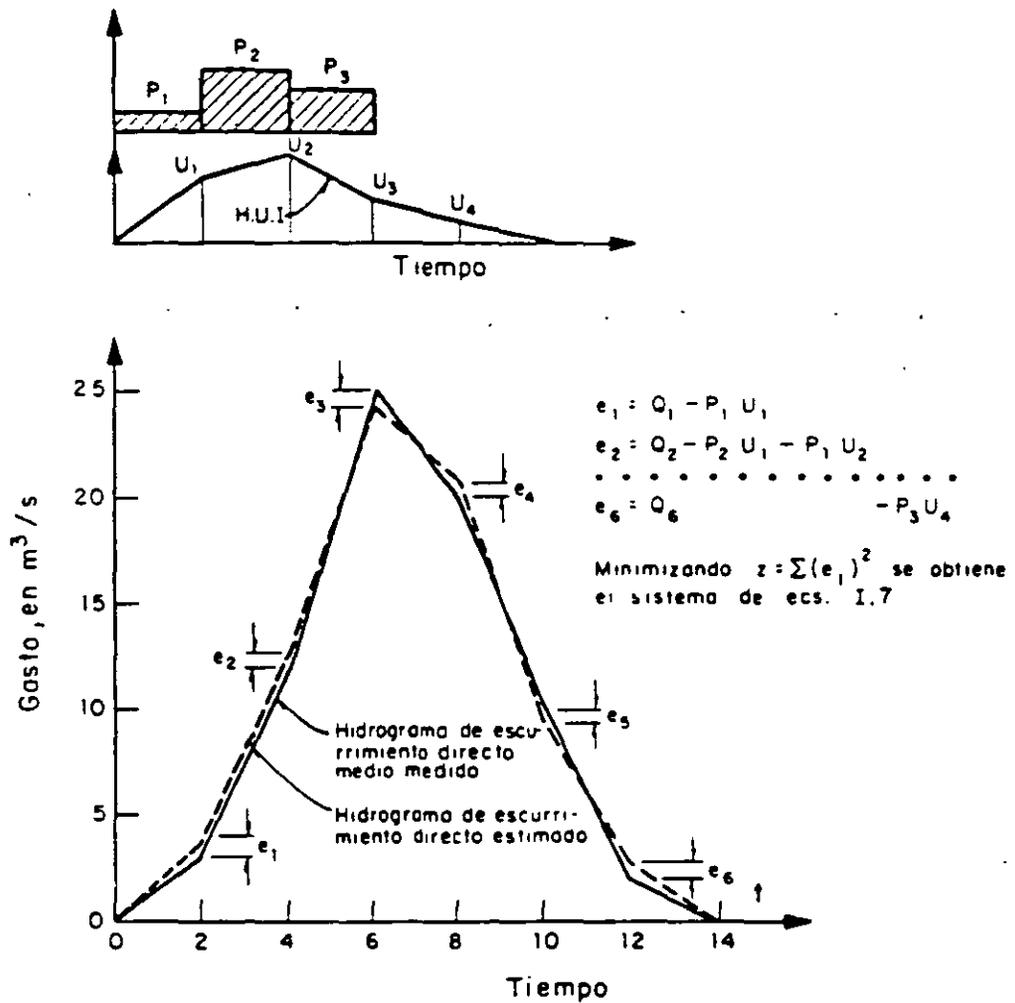


FIG.I.9 Esquema para la deducción del sistema de ecs I.7

De todos los métodos para calcular el hidrograma unitario descritos en este subcapítulo, el método que se condensa en la ec I.7 es teóricamente el más conveniente; sin embargo, en muchas ocasiones en las que por falta de pluviógrafos en la cuenca sólo se tiene información de precipitaciones medias en la cuenca, se requiere el método del hidrograma unitario tradicional y emplear la curva S para cuando se necesita trabajar con duraciones menores que 24 h.

Hidrogramas unitarios sintéticos.

Cuando en la zona en estudio no se dispone de registros simultáneos de lluvias y escurrimientos, se puede inferir un hidrograma unitario a partir de las características físicas de la cuenca con ayuda de hidrogramas unitarios obtenidos en otros lugares, cuyas características se han relacionado con las de las cuencas. Dentro de los más conocidos están el hidrograma unitario triangular propuesto por el U.S.B.R. y el adimensional, propuesto por el Soil Conservation Service, los cuales se describen a continuación.

- HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

Si se cuenta con poca información y no se requiere precisar la forma del hidrograma de escurrimiento, se puede utilizar el hidrograma unitario triangular (HUT). Para definirlo únicamente se requiere conocer las características físicas de la cuenca.

De la geometría del hidrograma de la fig I.10 se obtiene el gasto de pico Q_p del HUT como

$$Q_p = 0.208 \frac{A}{t_p} \quad (I.8)$$

donde

Q_p gasto de pico, en m^3/s
 A área de la cuenca, en km^2
 t_p tiempo de pico, en h

El tiempo de pico se obtiene con la expresión:

$$t_p = 0.5 d + t_R \quad (I.9)$$

donde

d duración efectiva de la tormenta, en h

t_R tiempo de retraso, en h

El tiempo de retraso t_R se estima como

$$t_R = 0.6 t_c \quad (I.10)$$

donde

t_c tiempo de concentración, en h

Sustituyendo la ec I.10 en la I.9 se obtiene

$$t_p = 0.5 d + 0.6 t_c \quad (I.11)$$

Si no se conoce la duración efectiva d , puede estimarse a partir de la expresión

$$d = 2\sqrt{t_c} \quad (I.12)$$

donde

a duración, en h

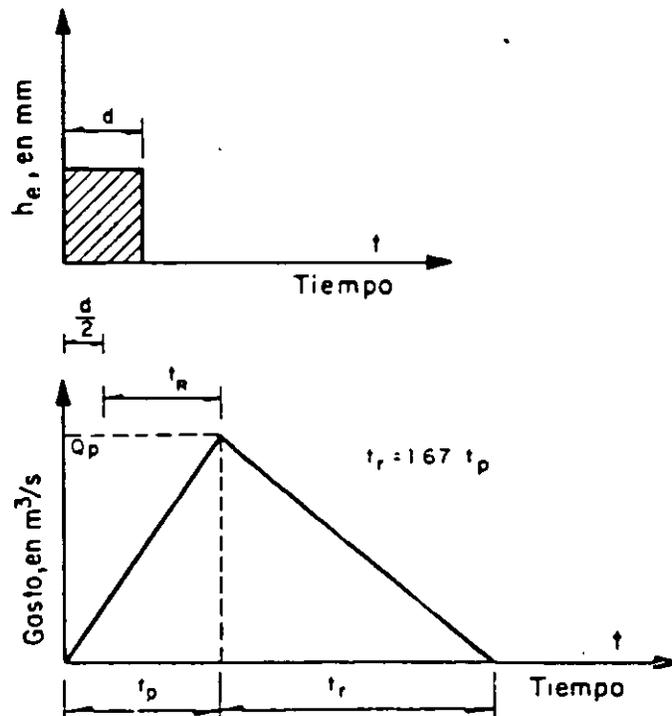


FIG. I.10 Hidrograma unitario triangular

HIDROGRAMA ADIMENSIONAL

El hidrograma unitario adimensional propuesto por el *Soil Conservation Service* (fig I.11) permite definir con mayor detalle la forma del hidrograma. Para aplicar el método se necesita calcular el gasto y tiempo de pico; el gasto se obtiene con la expresión

$$q_u = \frac{A}{4.878t_p} \tag{I.13}$$

donde

- q_u gasto de pico, en m^3/s
- A área de la cuenca, en km^2
- t_p tiempo de pico, en h

$$d = \sqrt{t_c} + 0.6 t_c$$

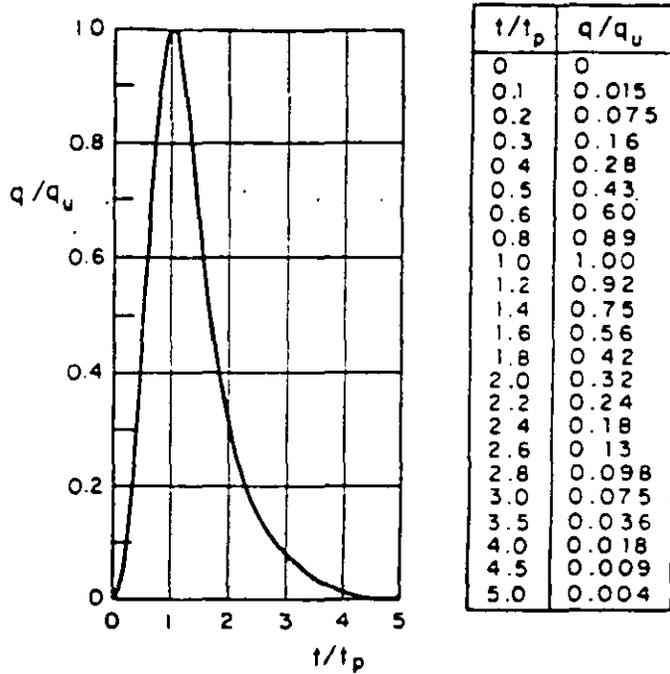


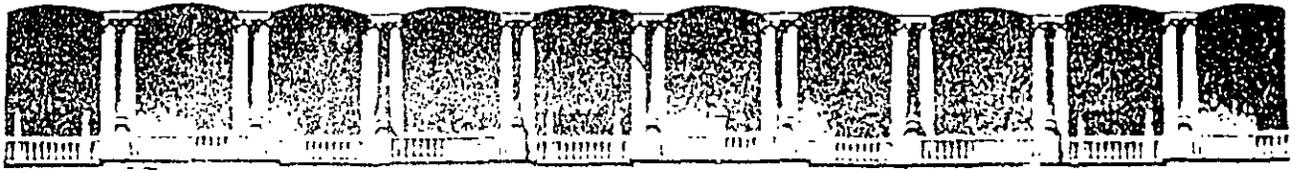
FIG.I.11 Hidrograma unitario adimensional

El tiempo de pico se calcula con la ec I.11 y, si se desconoce el valor de la duración efectiva, la ec I.12. El tiempo de concentración se estima utilizando el criterio del método racional

Conocidos el gasto de pico q_u y el tiempo de pico t_p , el hidrograma se ob-

tiene con ayuda de la fig I.11, de la siguiente manera:

1. Se escoge un valor de t/t_p y con la fig I.11 se obtiene q/q_u
2. Del valor de q/q_u se despeja el valor de q , ya que se conoce q_u
3. Del valor de t/t_p seleccionado se despeja el valor de t , ya que se conoce t_p
4. Se repiten los pasos 1 a 3 tantas veces como sea necesario para definir la forma del hidrograma



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

CURSOS INSTITUCIONALES

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Del 22 de junio al 4 de julio de 1998.

EI ASEGURAMIENTO DEL MANTENIMIENTO

Por: Ing. Jesús R. M. del campo

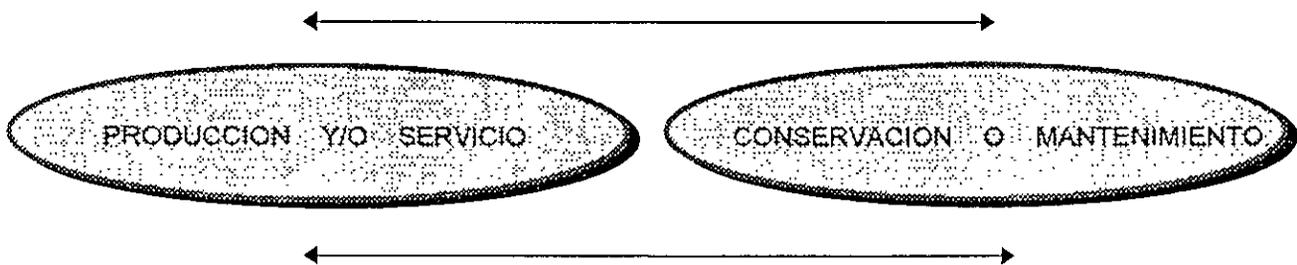
29 de Junio de 1998

EL ASEGURAMIENTO DE MANTENIMIENTO

1.- ANTECEDENTES.

El avance tecnológico actual y los grandes retos trazados, para lograr una mayor productividad, calidad y excelencia en las empresas; han marcado la necesidad, de contar con personal lo más altamente capacitado y preparado, para propagar las actividades de la ingeniería de conservación y mantenimiento, dentro de un marco de eficiencia, economía y seguridad.

Es conocido también en este medio, que todos los departamentos que integran una empresa son importantes; pero existen dos divisiones con mayor relevancia, que son:



Porque :

**“NO, EXISTE PRODUCCION SIN MANTENIMIENTO,
NI, MANTENIMIENTO SIN PRODUCCION “**

El binomio mencionado, manifiesta la interrelación obligatoria, que debe existir entre ambas áreas, de la misma manera la importancia que representa para las empresas, que estos departamentos laboren con el máximo de coordinación, para lograr un mayor productividad.

Para adquirir tal conquista, se requiere que dichas compañías consideren las siguientes condicionales:

- A.- EXISTENCIA DE UN CLIMA Y BUEN AMBIENTE LABORAL
- B.- OBJETIVOS, POLITICAS Y PROCEDIMIENTOS DEFINIDOS
- C.- PLANEACION Y PROGRAMACION DE ACTIVIDADES

D.- EXISTENCIA Y DISPONIBILIDAD DE RECURSOS

E.- SISTEMAS EFICIENTES DE CONTROL

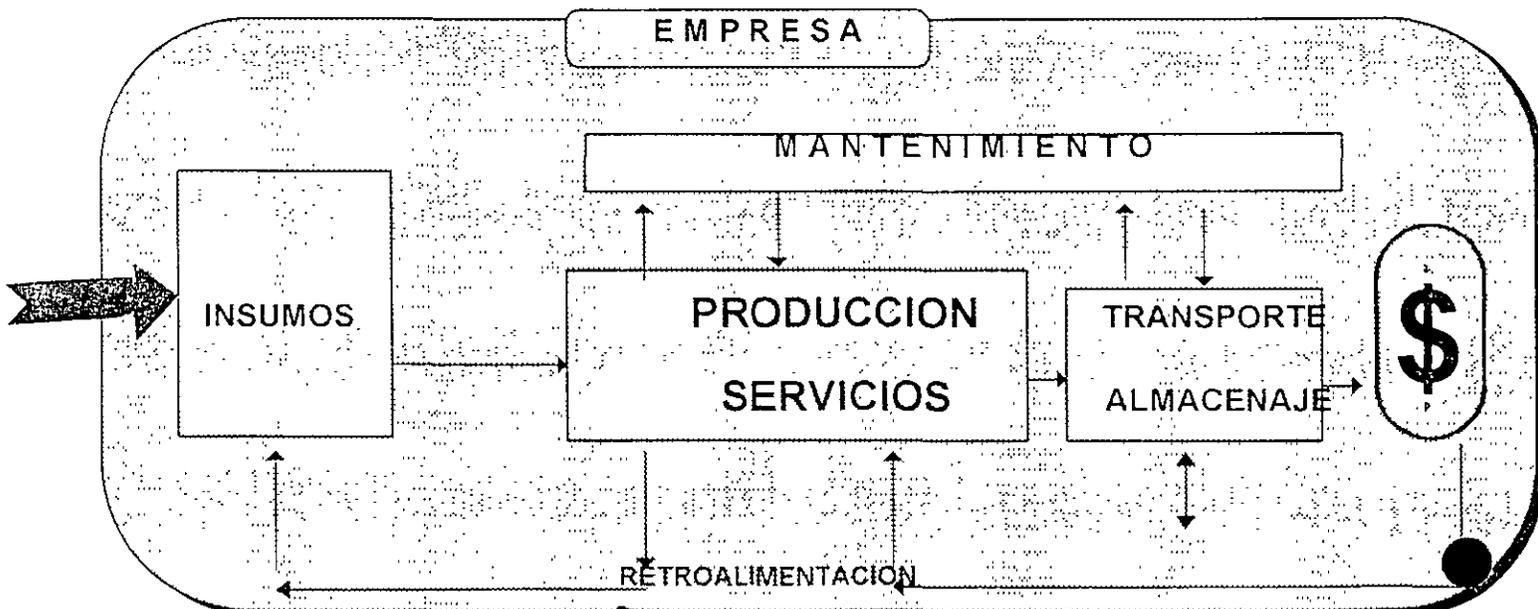
F.- APOYO DIRECCIONAL

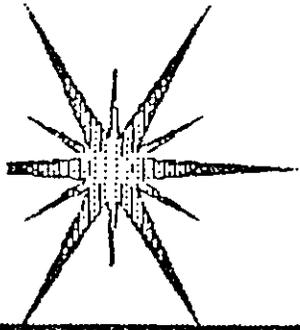
Para coadyuvar a tales situaciones, es recomendable que los responsables del mantenimiento, sean. *Buenos administradores*, capaces de implementar controles de campo, con sistemas y procedimientos efectivos y funcionales; que permita medir los resultados obtenidos y contar con datos y argumentos, para la toma de decisiones futuras; Además, dichas verificaciones serán de utilidad, para corregir y prevenir a tiempo las desviaciones de los objetivos departamentales, trazados originalmente en la organización.

¿ QUE PAPEL JUEGA EL ADMINISTRADOR EN MANTENIMIENTO ?

- 1.- *El administrador de mantenimiento* : Debe conocer lo que esta tratando de encontrar (sus objetivos), para planear, organizar, dirigir y controlar sus actividades.
- 2.- *El responsable de mantenimiento* : Debe coordinar los recursos de la empresa, al máximo de eficiencia, economía y diseñar la forma y medio ambiente para lograrlos.
- 3.- *El encargado de mantenimiento* : Debe tomar decisiones, diseñar sistemas y procedimientos, en busca de la máxima productividad del área.

BINOMIO : PRODUCCION - MANTENIMIENTO

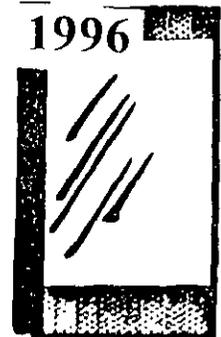
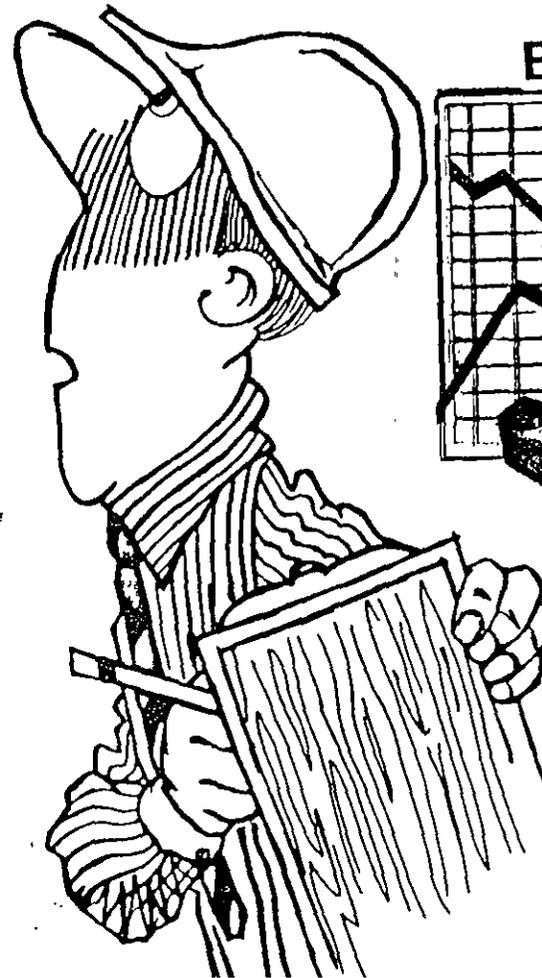




LOS ERRORES CLASICOS

DEL JEFE DE MANTENIMIENTO

- NO ADMITIR SUS ERRORES
- NO ACTUALIZAR SU CULTURA
- NO TRABAJAR EN GRUPO
- NO CUMPLIR LO QUE PROMETE
- NO ACTUAR CON JUSTICIA
- NO RECONOCER LAS AYUDAS
- NO ADMINISTRAR SU TIEMPO
- NO FOMENTAR COMUNICACION
- NO MOTIVAR A SU PERSONAL
- NO SUPERVISAR LAS ACCIONES
- NO LLEVAR CONTROLES
- NO EVALUAR RESULTADOS



2.- LA EMPRESA Y SUS FUNCIONES.

El uso, cuidado y carga de trabajo, a la que están expuestos los equipos, instalaciones y edificios; ocasionan el inevitable desgaste de sus partes internas y externas, provocando descomposturas imprevistas y disminuyendo la vida útil de dichos elementos. Para minimizar tales fallas, se requiere la implantación de un mantenimiento rutinario y confiable, que ayude al buen funcionamiento y a lograr el máximo aprovechamiento de los elementos físicos de la firma empresarial.

2.1.- CONCEPTO DE EMPRESA:

El concepto de empresa es muy simple, significa

** LA ACCION DE EMPRENDER ALGO...

EMPRESA

- ↔ PRIVADA ✦ Busca la obtención de un beneficio económico, prestigio, expansión, mediante la satisfacción de necesidades de orden general y social.
- ↔ PUBLICA ✦ Busca satisfacer las necesidades de caracter general o social, con la que se puede obtener o no beneficios económicos.

Se forman para...

a) Obtener un lucro o ganancia

b) Producir bienes o servicios

c) Buscar el crecimiento, expansión.

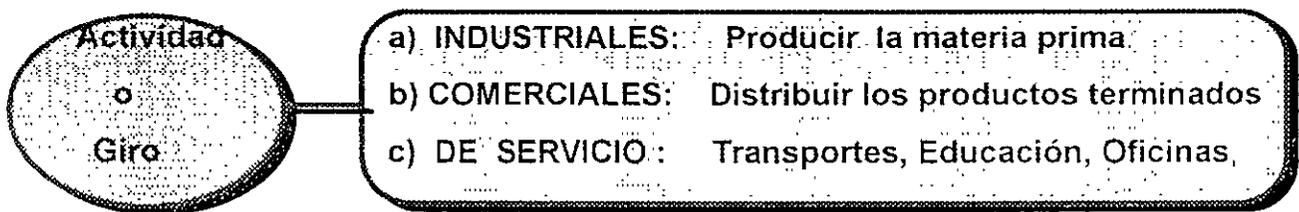
El empresario tiene la finalidad natural, de obtener utilidades razonables a cambio de sus inversiones y estas solamente se logran con la venta de productos o servicios; tambien se pueden obtener, con las reducciones de costos, evitando desperdicios, y principalmente, con un plan efectivo de costos *óptimos del mantenimiento*.

Definición de empresa:

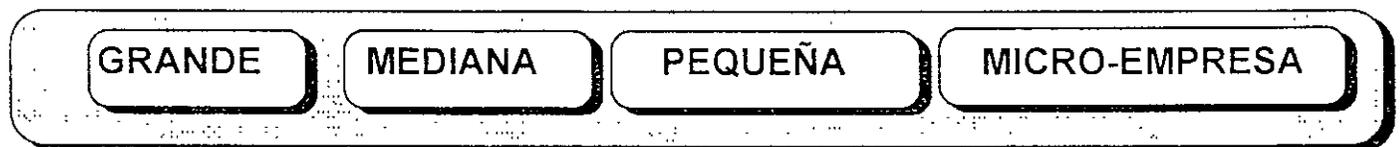
“Es una unidad económico social, en la que el *capital, el trabajo y la administración*, se coordinan para lograr una producción o servicio, que responda al medio social en que se encuentra.”

2.2.- CLASIFICACIÓN DE EMPRESAS:

Las empresas se clasifican de acuerdo a su *actividad* o *giro*, en:



2.3.- MAGNITUD DE LAS EMPRESAS.



2.4.- CRITERIOS PARA DEFINIR LA MAGNITUD DE UNA EMPRESA.

** *Numero de personas* ** *Inversiones* ** *Mercado*

** *Area de terrenos* ** *Numero de equipo*

** *Cantidad facturada* ** *Volúmenes de produccion*

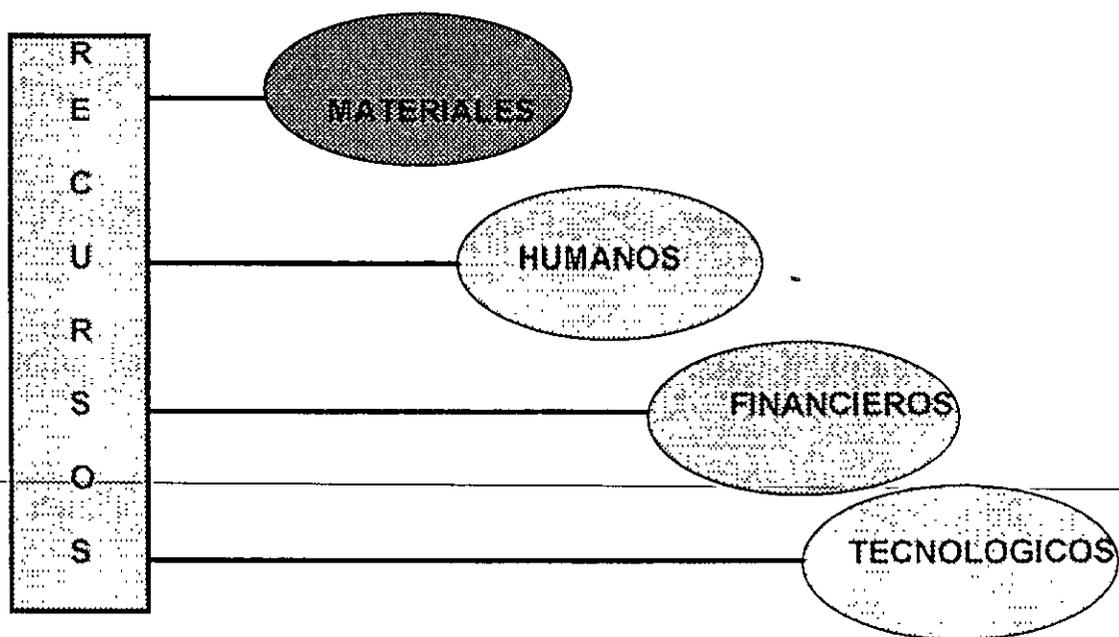
** *Tamaño del inmuebles*

Inversiones,

Penetración en el mercado

3.- IMPORTANCIA Y EFECTO DE LOS RECURSOS

La condicionante que existe, para que una empresa pueda lograr sus objetivos, es la *coordinación adecuada* y la *buena administración* de los recursos de la empresa, los cuales se clasifican en:



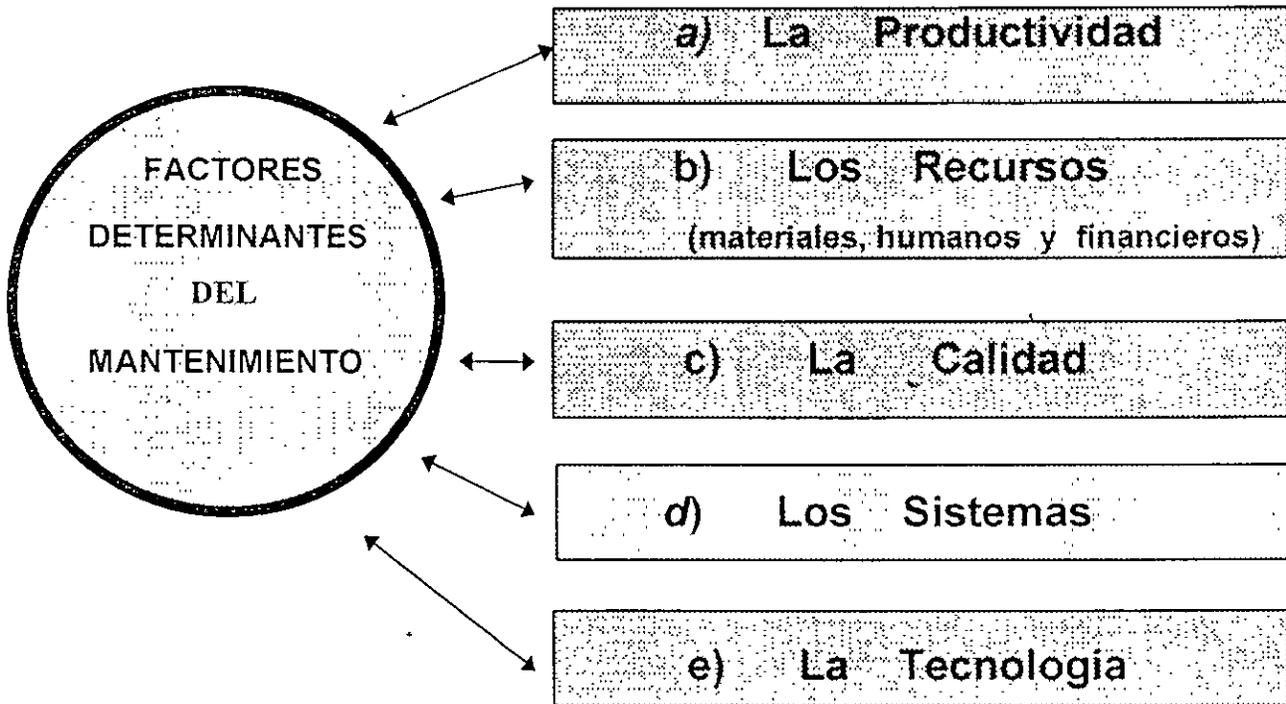
4.- LA INFLUENCIA DEL FACTOR HUMANO

Toda estructura organizacional, necesita realizar planeaciones, organizar funciones, dirigir y tener un control de medición confiable, que ayude a conocer los momentos de verdad en el mantenimiento; pero de nada servirán los mejores sistemas en una empresa; si no se cuenta con la buena disposición del elemento humano; motivo por el cual, las relaciones humanas cobrado gran importancia y han sido la preocupación para todo directivo y empresario

Las técnicas de relaciones humanas en el trabajo, deben ser practicadas de persona a persona, persona a grupo y de grupo a grupo. Sin olvidar que en todos estos casos existen

2.5. FACTORES DETERMINANTES DE LA PRESERVACION

Las experiencias vividas y registradas en el mantenimiento de diferentes firmas; han dejado como herencia; un conocimiento empírico, que marca los conceptos importantes, que influyen y determinan los éxitos o fracasos en esta sección; siendo juzgados estos, como " *Los factores determinantes del mantenimiento*".



a.- LA PRODUCTIVIDAD

La Productividad, es un parámetro indicador utilizado en todas las empresas, para medir los índices y resultados obtenidos en sus áreas productivas o de servicio. H. B. Maynard, dice: "*Productividad es la cadencia o velocidad de producción de uno o varios trabajadores, por unidad de tiempo; corrientemente comparada con una cadencia tipo, establecida o prevista*".

Con fundamento en esto, se define:

Productividad de mantenimiento:

"Es el cociente obtenido, de la producción o servicio de la empresa, entre un factor seleccionado y generado en mantenimiento."

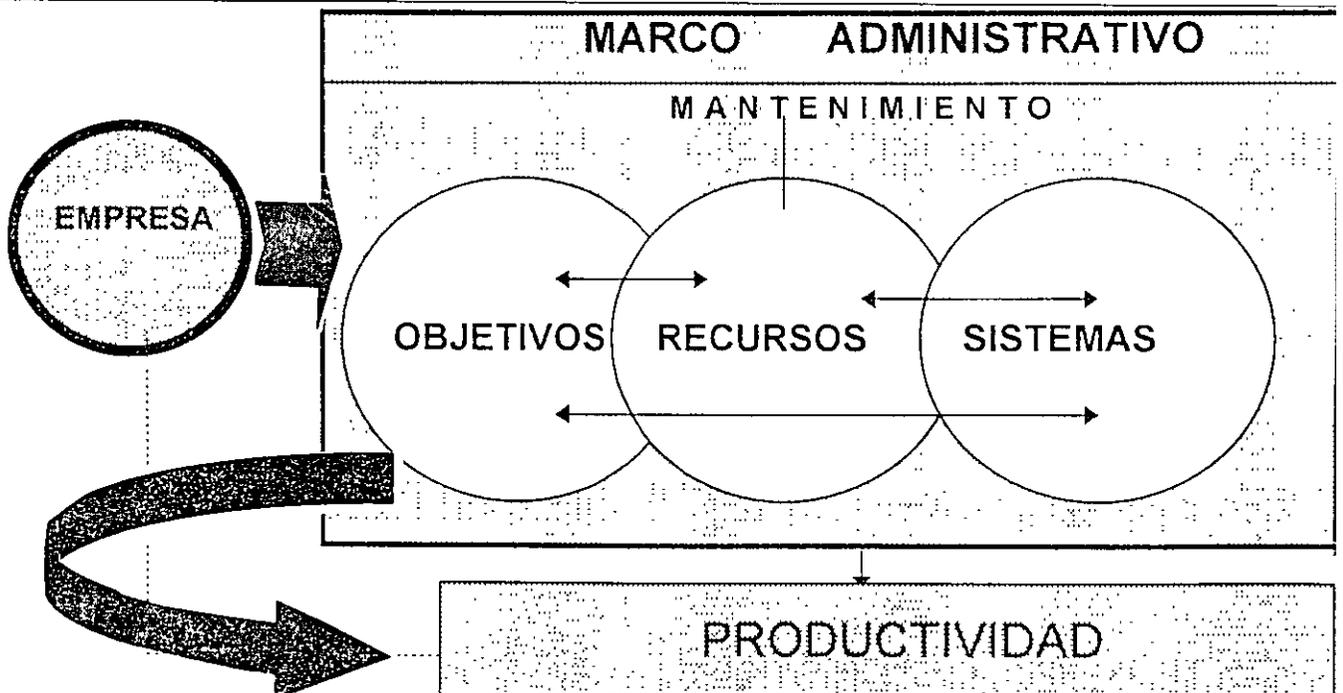
PARAMETROS PARA MEDIR LA PRODUCTIVIDAD DEL MANTENIMIENTO:

- a) Tiempos perdidos. (improductivos)
- b) Facturación de la empresa
- c) Unidades producidas
- d) Rendimientos productivos
- e) Costos de produccion
- f) Horas de trabajo, etc.
- g) Costos del proyecto,

¿ Cuáles son los parámetros de medición en mi área ? :

- 1.-
- 2.-
- 3.-
- 4.-

b.- LOS RECURSOS.



El buen manejo de los recursos, asegura sus metas y obtiene mejores resultados, Toda empresa cuando desarrolla dentro de un marco administrativo, los *recursos financieros, materiales y humanos*; mismos que deben ser coordinados con sistemas efectivos en la empresa y con un enfoque hacia los objetivos originalmente planeados.

C.- CALIDAD.

Las estadísticas a través del tiempo, han demostrado en la mayoría de las firmas empresariales, la cuantía de beneficios logrados, cuando sus áreas de mantenimiento, *trabajan con la eficiencia y calidad requerida*; reflejando y haciendo digno de tal crédito, en la productividad de la empresa; Garantizando con esto, el funcionamiento y confiabilidad de la *programación productiva y/o del servicio que brinde la empresa*; dentro de un marco de calidad de acuerdo a las especificaciones establecidas.

Hablar de calidad en mantenimiento; se refiere a la ejecución (mano de obra) con excelencia; de las inspecciones, servicios, reparaciones, ajustes y trabajos varios; que son realizados para la conservación y el buen funcionamiento de los E.F.E.; utilizando logicamente materiales, refacciones y partes, adecuadas a los requisitos presentados, logrando con esto, un resultado final con: *Menos paros imprevistos y una mayor vida útil* de los activos de la empresa; además, de la *seguridad de funcionamiento* y al *menor costo, de mantenimiento*.

Lograr alta calidad en el mantenimiento, no es fruto del azar; es el resultado de una *suma de esfuerzos integrados en un proceso* y de *hacer conciencia todos los trabajadores del área*, sobre la ejecución de los planes, programas y trabajos del mantenimiento; fundando con estas experiencias, nuevos principios, claros y precisos, hacia una mejora del método de trabajo existente.

D.- SISTEMAS.

Los sistemas típicos indicados para el mantenimiento, deben estar fundados de acuerdo a los objetivos de la empresa y estos a su vez divididos en subsistemas, donde cada uno de ellos, esta integrado con funciones, controles, formatos y procedimientos.

E.- TECNOLOGIA.

Actualmente las empresas, requieren de mayores exigencias en calidad, eficiencia y excelencia humana, para permanecer a nivel competitivo en el mercado. Paralelamente la división de mantenimiento, debe contar con programas de capacitación y adiestramiento, actualización de instrumentos, equipos, sistemas, procedimientos, etc. para lograr resultados óptimos en :

COSTOS

CALIDAD

SERVICIO

GARANTIA

FUNCIONAMIENTO

La implantación de *sistemas administrativos* en mantenimiento, requiere principalmente de un buen administrador, que sea capaz de realizar planeaciones confiables, organizar las funciones, integrar el factor humano y realizar una dirección efectiva, con el control de evaluación adecuado. Esta idea, no ha convencido a la fecha a muchos empresarios, ya que algunos consideran la administración, como: "*Un intruso*" en el mantenimiento; Otros, la consideran como un sinónimo de "*papeleo*" o "*burocracia*", que frena las actividades y reduce la productividad del mantenimiento.

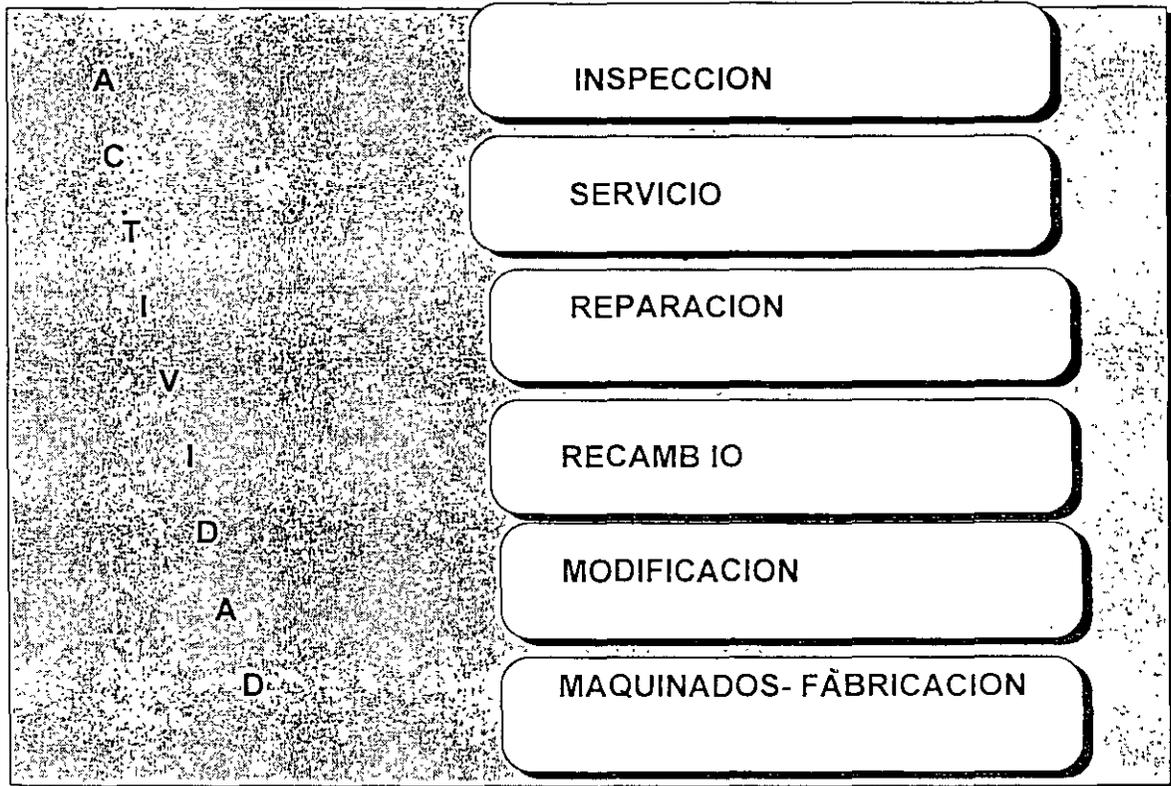
Se ha mencionado que los objetivos principales de todo empresario, es *obtener utilidades atractivas* y *proyectar al éxito su firma*; para lograr tales metas, es necesario mantener el funcionamiento del mantenimiento, con el máximo de: **EFICIENCIA, ECONOMIA Y SEGURIDAD**.

6.- ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO

Conociendo que el mantenimiento es el trabajo que se realiza, con el propósito de conservar y mantener en condiciones óptimas de operación la empresa, dentro de un marco de políticas, que norman los objetivos, recursos y sistemas.

Ante la gran variedad de actividades que existen en mantenimiento, se han asociado estas, en seis grupos, con la finalidad de facilitar su distribución y control. mismas que se describen en el cuadro siguiente.

ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO



INSPECCION

La actividad de inspección, es una de las más importantes, porque con ella se detectan las situaciones en mal estado y se previenen las fallas en potencia, ahorrando a la empresa dinero y tiempos perdidos. El sistema de inspección depende de las necesidades de cada una de las empresas, como se explica a continuación.

SERVICIO

Estas actividades de mantenimiento, se enfocan principalmente a los trabajos rutinarios, como son la limpieza, lubricación, pintura, fumigación, jardinería, etc.

REPARACION

Se consideran reparaciones a todas las actividades correctivas y/o preventivas, que se realizan en la empresa, para mantener los E.F.E. en condiciones de operación.

RECAMBIO

Es el cambio "obligatorio" de partes, sin importar el estado en que se encuentre, cada determinado tiempo.

MODIFICACION

MANUFACTURA

Como su nombre lo indica, son las modificaciones realizadas al diseño original de los E.F.E. o la construcción de partes en sustitución o modificación de los mismos.

7.- ELEMENTOS FISICOS DE LA EMPRESA. (E.F.E.)

En el lenguaje industrial mucho se habla de los "*Elementos físicos de una empresa*", por tal motivo, en este curso se pretende describir cada uno de ellos, definiendo como elementos físicos de la empresa a: "*Todo lo que es susceptible de recibir mantenimiento*"; por ejemplo: Los equipos, instalaciones, edificios y propiedades de la empresa.

EQUIPOS.

Denominaremos equipo, a todas aquellas máquinas que permitan la realización, proceso y control de un trabajo o bien la transformación de energía en sus diferentes formas:

Ejemplos:

INSTALACIONES.

Dentro de esta clasificación, consideramos todas las redes de suministros, que ayudan y son necesarios para el funcionamiento y operación de los equipos de la planta, por ejemplo:

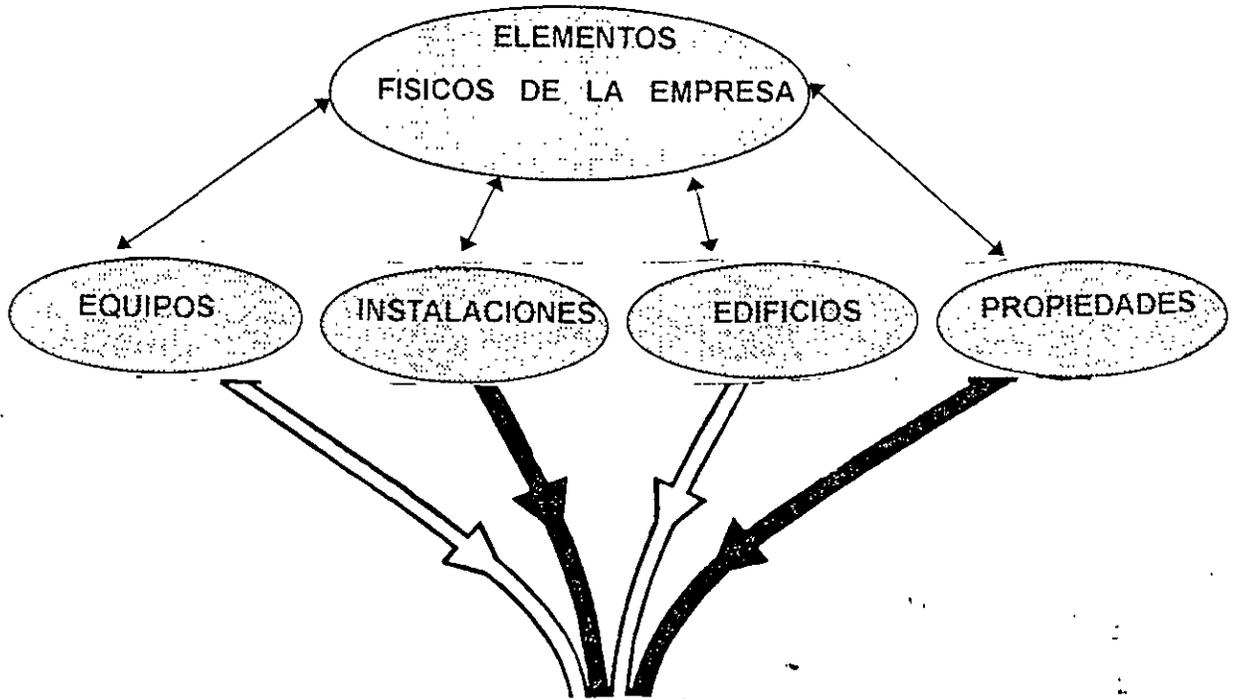
EDIFICIOS .

En esta parte, se ubican todas las construcciones, terrenos, etc. que se relacionan, con los equipos, instalaciones y propiedades de la empresa; ejemplos :

PROPIEDADES.

Son propiedades físicas de la empresa, los elementos que no pueden ser clasificados en los otros tres grupos, por ejemplo:

ELEMENTOS FISICOS DE LA EMPRESA. (E.F.E.)



POLITICAS

- REGLAMENTOS
- NORMATIVIDAD
- LEY DE ADQUISICIONES
- GASTO PUBLICO
- AVALUOS Y B. NAC.
- RESPONSABILIDADES
- PLANEACION

PLANEACION

- OBTIENE LOS DATOS
- PROYECTA
- DIRIGE
- COORDINA
- INSPECCIONA
- MOTIVA

NORMAS

- API
- NOM
- ISO
- FABRICANTE
- COSTUMBRES
- ETC.

LIDER

SISTEMAS

ESTADISTICAS, PLANES, PROGRAMAS, PROCEDIMIENTOS, EVALUACIONES



BIENES Y SERVICIOS

P R O D U C T O S

OBJETIVOS BASICOS DE LA CONSERVACION.

Dice: Ackoff

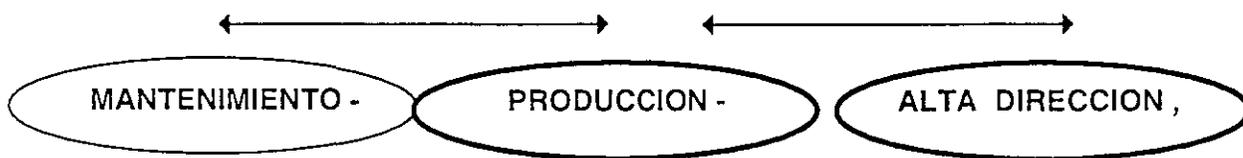
“ La instrucción teórica, no sirve de mucho, si no va acompañada, por el ejemplo y la práctica ”.

De tal manera, que los encargados de mantenimiento, se ven obligados a conocer los conceptos teóricos y prácticos de la conservación. tanto en el aspecto *Técnico como el Administrativo*. Por lo tanto, en este curso se pretenden definir tales puntos, con base en experiencias de los participantes y con los resultados manifestados.

Se recuerda que : “ **Mantenimiento, no es usar los equipos y herramientas solamente** ”; sino, es un campo muy completo y extenso de la ingeniería, que contempla desde el proyecto, hasta el fin de la vida útil de los equipos. Porque: “ **El mantenimiento se inicia en el proyecto** ” y es una función indispensable en todo tipo de empresa, sin importar el giro, magnitud o ubicación.

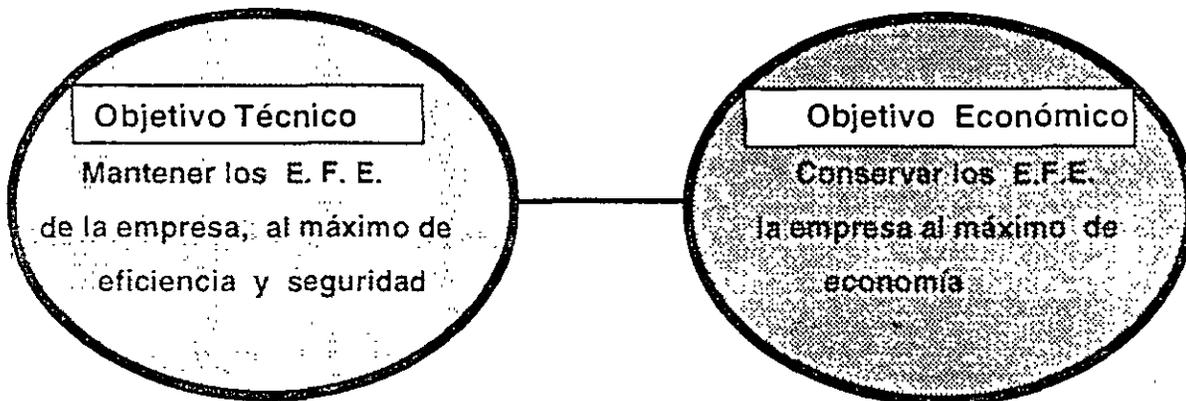
Para alcanzar las metas en la empresa y lograr resultados satisfactorios en un departamento ~~de mantenimiento, es imprescindible estructurar sistemas de control, mismos que deben ser~~ diseñados de acuerdo a las necesidades de la planta y coordinados con los departamentos de la misma, formando el “ **trinomio de la productividad.**”

Retroalimentación



Relacionando los fines expuestos, con las actividades de la conservación, se originan, **DOS OBJETIVOS PRINCIPALES**, que norman y califican la función del mantenimiento como un todo, siendo estos:

- 1) " Cuidar las propiedades de la empresa al máximo",
- 2) " El obtener utilidades atractivas como producto de su inversión



A.- OBJETIVO TECNICO :

Tiene la finalidad de conservar los elementos físicos de la empresa en condiciones: *Seguras eficientes y de calidad*, evitando paros imprevistos en equipos y servicios de la planta.

B.- OBJETIVO ECONOMICO :

Este objetivo trata de aprovechar los recursos humanos, financieros y materiales, para sostener lo más *bajo posible, el costo de la conservación* de los elementos físicos de la Planta

DESCRIBIR LOS CONCEPTOS DEL MANTENIMIENTO NO ES DIFICIL TAMPOCO LO ES PRESENTAR EJEMPLOS PRACTICOS. LO DIFICIL ES LLEVAR E IMPLEMENTAR "PASO A PASO" LOS SISTEMAS DE MANTENIMIENTO

De acuerdo a los conceptos expuestos, más las aportaciones y experiencias de personas relacionadas con ésta especialidad, se da origen a la definición para el mantenimiento y sus diferentes tipos, que se describen a continuación:

DEFINICION DE MANTENIMIENTO GENERAL:

" Mantenimiento, es la función que provee todos los medios necesarios, para la conservación de los elementos físicos de una empresa en condiciones optimas de operación, trabajando al máximo de eficiencia, economía y seguridad."

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

" Son las actividades que se realizan después de haberse presentado una falla imprevista "

Mantenimiento preventivo

" Son las actividades programadas que se realizan, para evitar al máximo las fallas imprevistas "

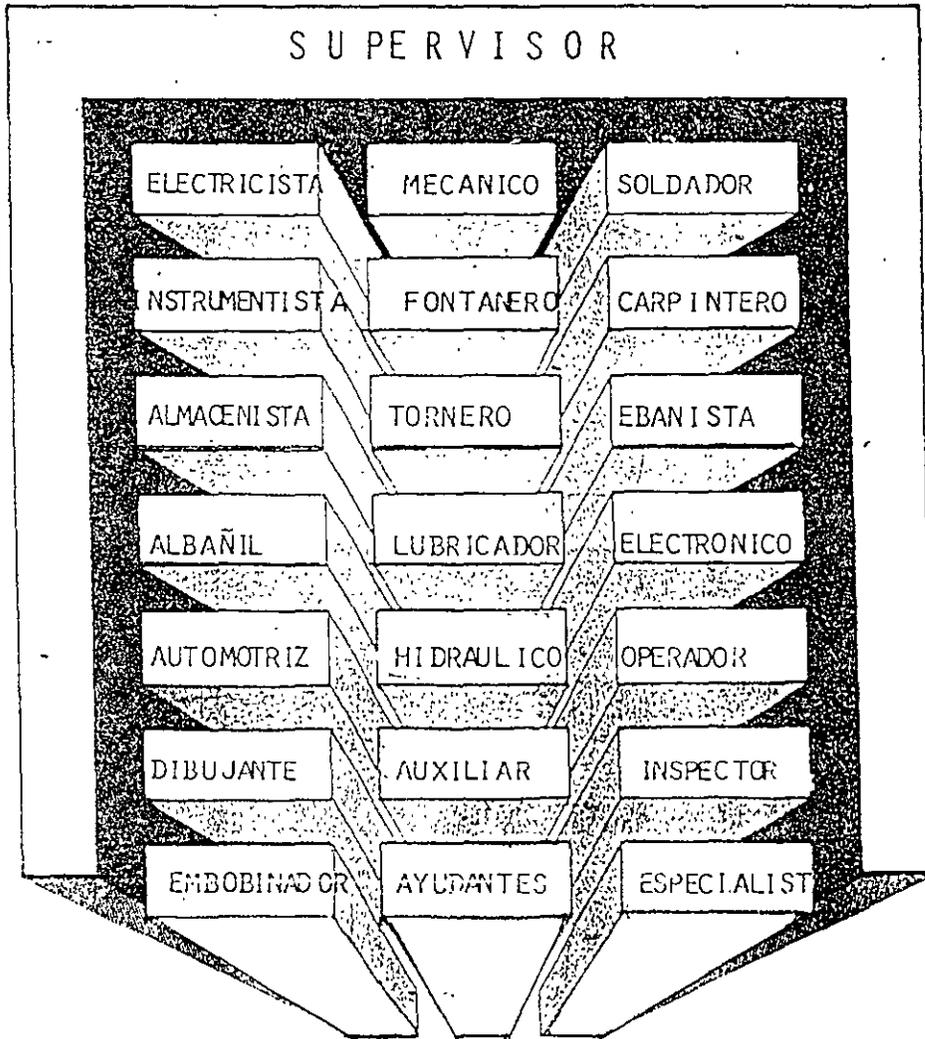
Mantenimiento predictivo

" Actividades que se efectúan, con base en los diagnósticos y tendencias registradas en instrumentos de control, para evitar fallas imprevistas"

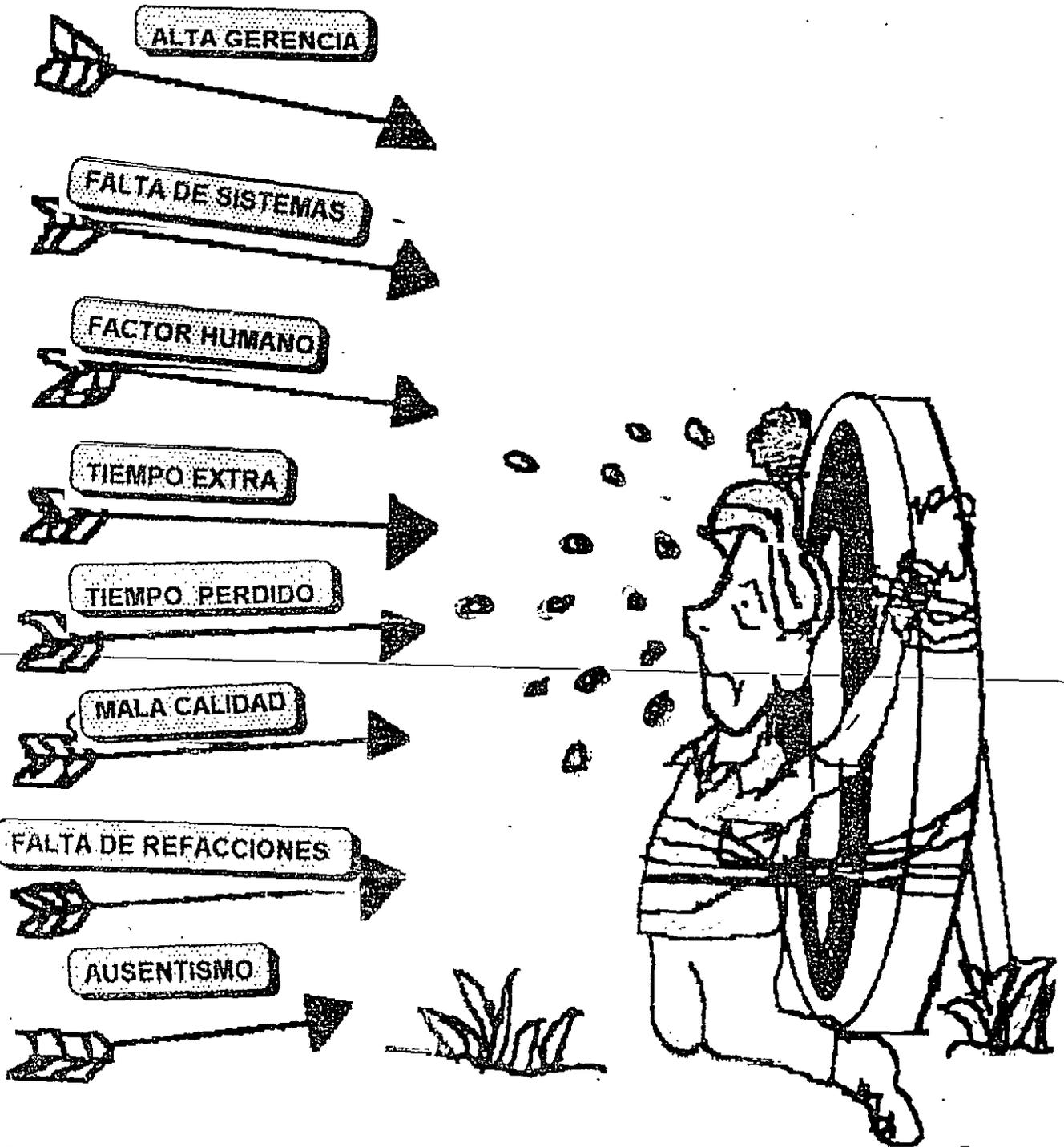
Mantenimiento proactivo

" Son los estudios de investigación que se realizan, sobre las causas y efectos que provocan las fallas en el mantenimiento "

CUADRO DE ESPECIALIDADES EN MANTENIMIENTO



PRESIONES PARA EL DIRECTIVO DE MANTENIMIENTO



¿ CUAL ES LA SITUACION EN MI CAMPO DE TRABAJO ?

MODELO PARA IMPLANTAR UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVIENITIVO

A
P
O
Y
O
•
D
I
R
E
C
T
I
V
O

1.-UBICACION DE MANTTO.

2.-INSTRUMENTOS DE CONTROL

3.-ANALISIS DE LOS E.F.E.

4.-VISION DE RECURSOS

5.-DESARROLLO DE ACTIVIDADES

6.-ANALISIS DE COSTOS

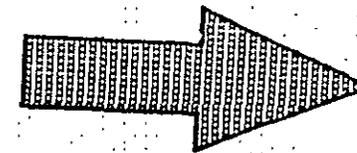
7.-CONTROL Y ESTADISTICA

8.-SISTEMAS DE CALIDAD

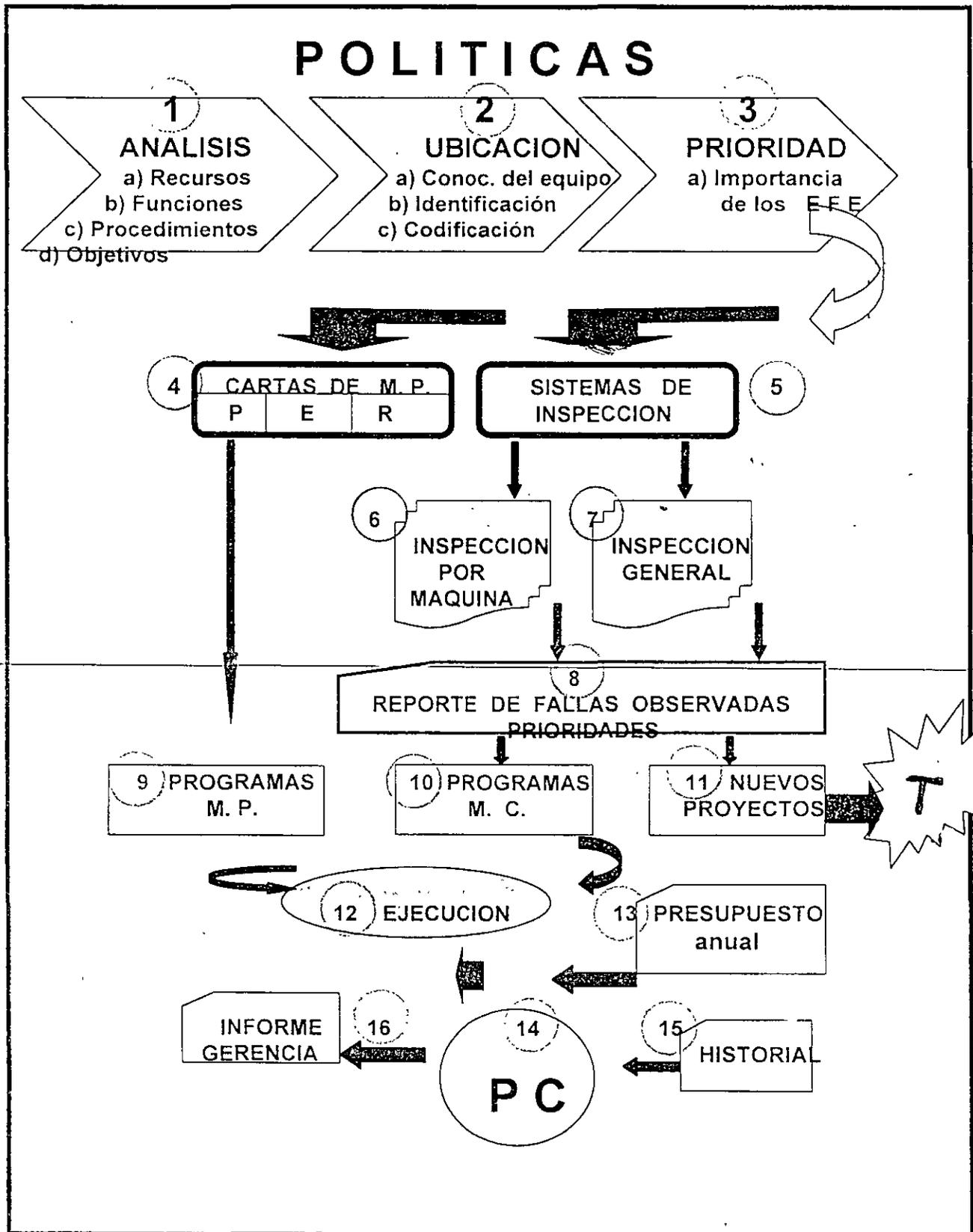
9.-PARAMETROS Y COMPARACION

10.- PLAN DE ACCION

PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD
EN EL
MANTENIMIENTO

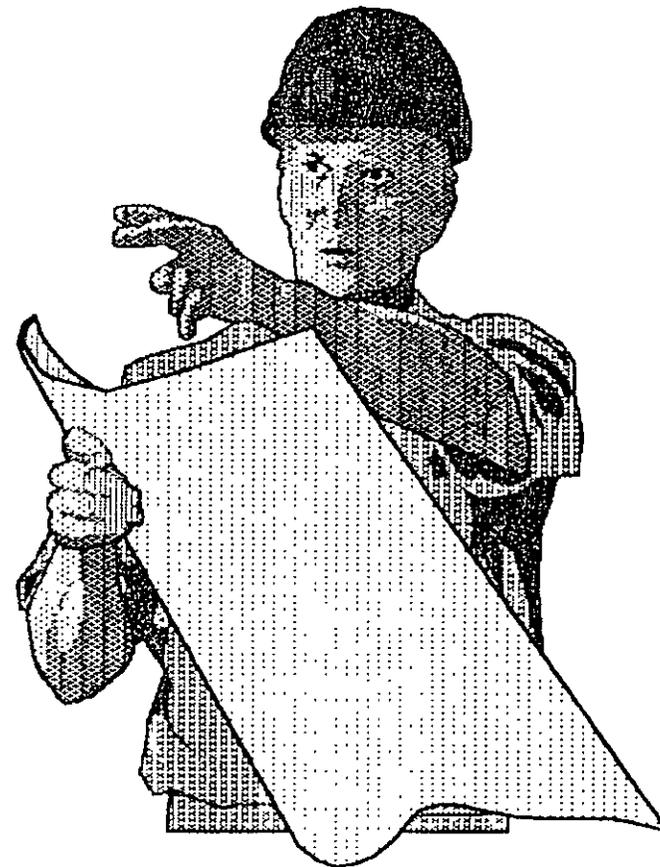


MODELO MX-09 PARA IMPLANTAR UN M. P.



CUALIDADES DE UN BUEN JEFE DE MANTENIMIENTO

SER UN BUEN ADMINISTRADOR
CONOCER SU CAMPO DE ACCION
INTEGRAR UN GRUPO DE TRABAJO
COORDINAR LAS ACTIVIDADES
SABER DELEGAR FUNCIONES
MANEJO DE TOMA DE DECISIONES
TRAZAR Y CUMPLIR SUS OBJETIVOS
MOTIVAR A SU PERSONAL
DISTRIBUCION DE TRABAJOS
ESTABLECER SISTEMAS Y CONTROL
MEJORAR PROCEDIMIENTOS
EVALUAR MERITOS DEL PERSONAL
REDUCIR LOS COSTOS DEL AREA
MANTENER EL "STOCK" ADECUADO
CONducIR REUNIONES
SUPERVISION EFECTIVA



AYUDA

COMUNICACION

RECONOCE FALLAS

RELACIONES HUMANAS

INSTRUYE

RECONOCIMIENTO

CRITICA EL TRABAJO

MOTIVACION

SONRIE

JUSTO

NUNCA PROMECTA LO QUE NO PUEDE CUMPLIR

EVITAR RESENTIMIENTOS

NO CRITIQUE EN PUBLICO

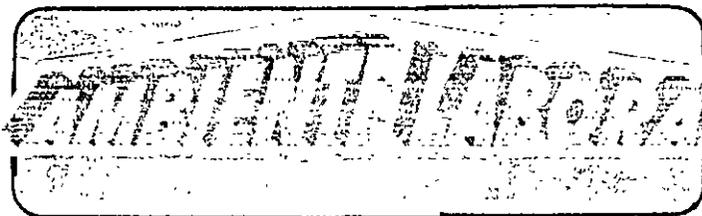
EVITAR JUICIOS APRESURADOS



TENOR AL "NO"

RAZONE NO DISCUTA

ADMITA SUS PROPIOS ERRORES





EL PROCESO ADMINISTRATIVO MODERNO APLICADO AL MANTENIMIENTO.

INTRODUCCION

La finalidad de todo accionista o director de empresa, es la de obtener *buenos resultados productivos en su planta, con calidad y economía*. Para lograr tal culminación, es primordial realizar una serie de etapas y procesos con sus respectivas tareas, que coadyuven a formar una estructura organizacional, que permita la integración funcional entre todas las secciones de la empresa. incluyendo la responsable del mantenimiento.

De acuerdo a las auditorías, estudios e investigaciones industriales, se ha encontrado en la mayoría de las empresas industriales, ubicadas en la República Mexicana, que los “*sistemas*” que han sido implantados en su área de mantenimiento, muestran aún, *vicios y deficiencias* provenientes de las épocas pasadas, como son:

- a) La ausencia de controles, historiales y estadísticas.
- b) Mal clima de trabajo y ambiente laboral “Pesado”.
- c) Exceso de “Paros imprevistos” en los equipos
- d) Existencia de refacciones con mal pronóstico.
- e) Programas de trabajo, deficientes y no confiables
- f) Bajos rendimientos, en los trabajos de mantenimiento
- g) Falta de controles efectivos para medir resultados
- h) Desconocimiento del costo de mantenimiento por.....
- i) Funcionamiento incompleto de la Orden de trabajo etc.

A través del tiempo se ha demostrado, que ninguna empresa, puede lograr el *éxito*, ni alcanzar *sus objetivos* satisfactoriamente; si no funda una *administración efectiva*, en su sección de conservación y mantenimiento.

A.- CUADRO ADMINISTRATIVO PARA MANTENIMIENTO

PLANEACION:

- a) Estrategias
- b) Normas
- c) programas
- d) Formatos
- e) Objetivos
- f) Políticas
- g) Presupuestos
- h) Procedimientos

ORGANIZACION:

- a) Organigramas
- b) archivos funcionales
- c) Procedimientos
- d) funciones del personal
- e) Evaluación/ méritos
- f) Formatos de trabajo

DIRECCION:

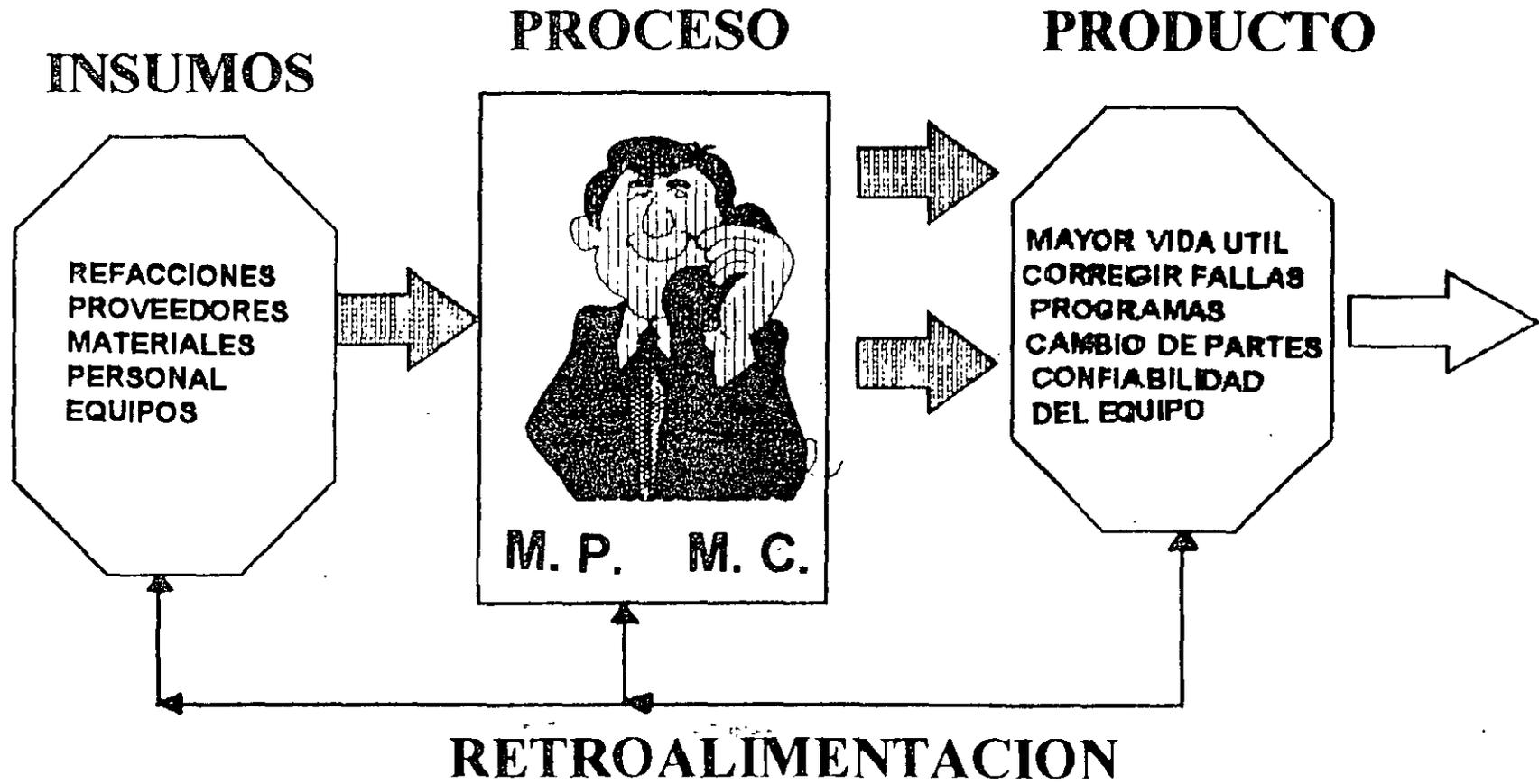
- a) Documentos
- b) motivación
- c) Supervisión
- d) evaluación
- e) Estímulos
- f) toma de decisiones
- g) Liderazgo
- h) Comunicación

CONTROL:

- a) Mediciones
- b) estadísticas
- c) clasificación
- d) comparaciones
- e) análisis
- f) Nuevas acciones

SISTEMA CALIDAD- MANTENIMIENTO

" NO ESPERAR QUE CAMBIEN ... EL CAMBIO DEBE SER PROPICIADO EN MI "



CUADRO: CC-01

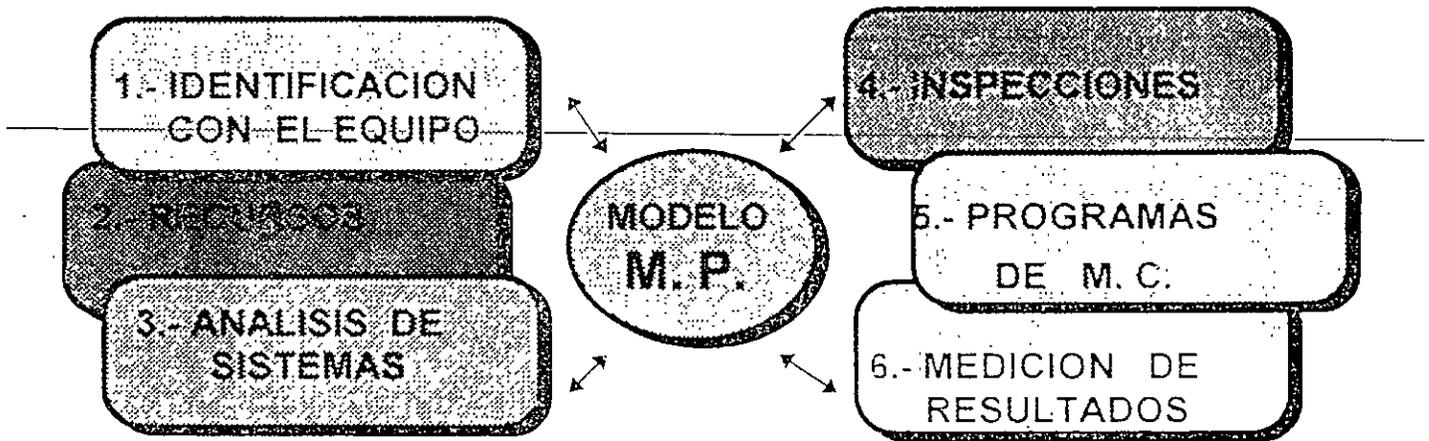
M-23

FORMULA : VALOR PARA CONOCERLOS = CORAJE PARA ERRADICARLOS

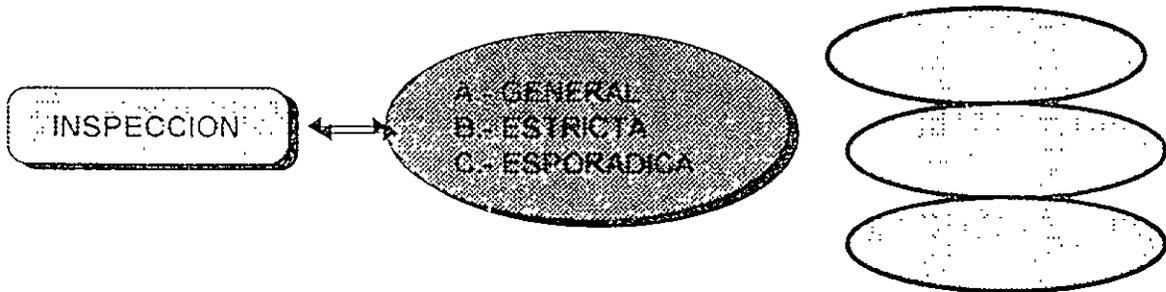
IMPORTANCIA DE LOS DIAGNOSTICOS DE INSPECCION

- 1.- APOYO DE LA ALTA DIRECCION
- 2.- SISTEMAS Y PROCEDIMIENTOS BIEN DEFINIDOS
- 3.- INSTRUMENTOS DE CONTROL TECNICOS Y ADMINISTRATIVOS
- 4.- PERSONAL ADECUADO AL PUESTO QUE DESEMPEÑA
- 5.- REGISTROS Y ESTADISTICAS DE LOS RESULTADOS
- 6.- MODELOS Y PROGRAMAS COORDINADOS Y EFECTIVOS
- 7.- PARAMETROS DE MEDICION Y EVALUACION CONTINUA

MODELO BASICO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO



CLASES DE INSPECCION:



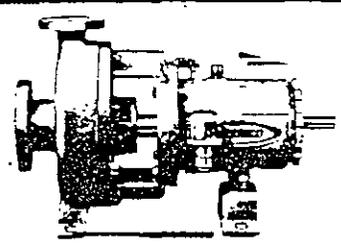
DIA-02

DIAGNOSTICO DE INSPECCION

EQUIPO:

AREA :

SECCION:



REF	MOTOR	AMPERS		VOLTS		TEMP		OBSERVACIONES
		P	R	P	R	P	R	

No	PARTE	MAL						OBSERVACIONES
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

EJERCICIO No. 4

DIA- 03

DIAGNOSTICO DE INSPECCION

No.	EQUIPO:	LUN	MAR	MIER	JUE	VIER	SAB.

NOMENCLATURA:

EJERCICIO No. 5

DIAGNOSTICOS EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO

AREAS DE TRABAJO :

- 1.- CONTROL DE PROCESO
- 2.- CONTROL ANALITICO
- 3.- OBRA CIVIL
- 4.- INSTALACIONES ELECTROMECANICAS
- 5.- CONTROL Y FUERZA ELECTRICA
- 6.- SISTEMAS ADMINISTRATIVOS

ANALISIS DE FALLAS TIPO :

1.- CONTROL DE PROCESO:

- a.- ¿ Se purga de acuerdo a la cantidad de solidos recibidos ?
- b.- ¿ Se realizan mediciones directas e indirectas de los caudales?
- c.- ¿ El mantenimiento de limpieza en equipos, es razonable ?
- d.- ¿ Estan con sobrecarga de sopladores, equipos de aireación ?
- e.- ¿ Se purga de acuerdo a características de la edad de los lodos ?
- f.- ¿ Existe dosificación de cloro, según el agua renovada ?

2.- CONTROL ANALITICO

- a.- ¿ Existe un control de parametros ?
- b.- ¿ Se conocen las condiciones de calidad del effluente ?
- c.- ¿ Son claras y eficientes las políticas de operación ?
- d.- ¿ Se determina el cloro residual y las muestras puntualmente ?

3.- OBRA CIVIL

- a.- ¿ Se requieren ampliaciones en las redes de distribución ?
- b.- ¿ Se aprovechan en su totalidad las instalaciones ?
- c.- ¿ Existen fisuras, asentamientos, roturas en tanques y carcamos ?
- d.- ¿ Se aprovecha en su totalidad la capacidad de los tanques ?

4.- INSTALACIONES ELECTROMECHANICAS

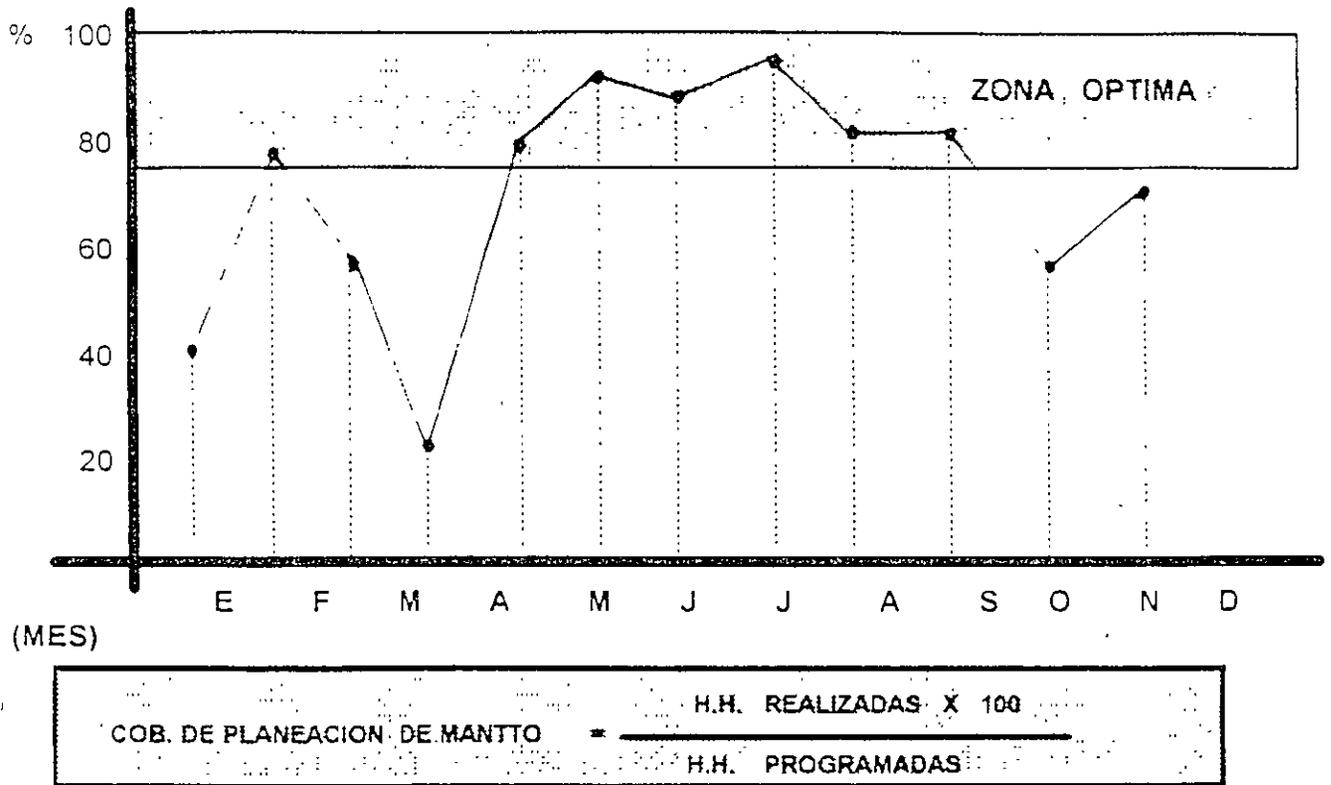
- a.- ¿ Hay exceso de fallas mecanicas ?
- b.- ¿ Rejillas ,equipos, instalaciones desniveladas, rotas ?
- c.- ¿ Potencia limitada, equipos desgastados ?
- d.- ¿ Mecanismos de rastras en mal estado, ?
- e.- ¿ Fugas en conexiones, tuberias, empaques ?

5.- SISTEMAS ADMINISTRATIVOS

- a.- ¿ Existen los formatos adecuados para el registro ?
- b.- ¿ Existen procedimientos claros y sencillos a seguir ?
- c.- ¿ Faltan controles de proceso ?
- d.- ¿ Existe coordinación con las demás areas ?
- e.- ¿ Se llevan las estadísticas necesarias ?

COBERTURA DE LA PLANEACION DE MANTENIMIENTO

MANTTO. PLANEADO -VS- MANTTO. REALIZADO



DIA- 04

DIAGNOSTICO DE INSPECCION

EJERCICIO No. 6

INDICES DE MEDICIÓN.

Para conocer la *eficiencia, calidad, productividad y rendimientos en el mantenimiento*, es necesario establecer sistemas y controles de medición que nos proporcionen la verdad del resultados y faciliten la estadística. Se ha comprobado que los controles " *no trabajan solos*," se necesita de personas que los mantengan, " *activos, actualizados y evaluando su información*", en pocas palabras, se requiere de un líder efectivo en mantenimiento.

A - ESTADÍSTICAS Y RESULTADOS.

Durante el curso, se remarcó la importancia de las estadísticas y de toda la información concerniente a la función del mantenimiento; porque de nada servirá una buena planeación y una excelente dirección, si no se concretan los resultados finales. Por ejemplo:

- | | |
|---|--|
| a.- <i>Gastos de mantenimiento</i> | e.- <i>Cumplimiento de programas</i> |
| b.- <i>Costo del tiempo extra</i> | f.- <i>Costos por contratistas</i> |
| c.- <i>Cantidad de tiempos perdidos</i> | g.- <i>Distribución de la mano de obra</i> |
| d.- <i>Consumo de lubricantes</i> | h.- <i>Cumplimiento de objetivos, etc.</i> |

B.- INSTRUMENTOS PARA MEDIR EL MANTENIMIENTO

- 1.- Formatos
- 2.- Controles
- 3.- Graficas
- 4.- Ordenes de trabajo
- 5.- Programas, etc.

INDICES PROMEDIO:
CAMPO DE MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS
INDUSTRIALES

CONCEPTO :	%	REFERENCIA :
TIEMPOS PERDIDOS :	1.8	HRS. DE OPERACION
AUSENTISMO :	3.9	M. O. DISP. DE MANTTO.
TIEMPO EXTRA :	4.3	COSTO DE M.O. DE MANTTO.
PROGRAMACION :	10.0(+)(-)	DEL PROGRAMA
\$ M. VS ACT. FIJO :	5.4	VALOR DE LOS ACTIVOS
CONFIABILIDAD :	97.0	TIEMPO DE TRABAJO
PRESUPUESTO :	9.0	(+)(-) DE LO AUTORIZADO
COB. DE M.P. (P.C.) :	98.0	TOTAL DE EQUIPOS
COSTO DE REFACC. :	48.0	TOTAL PRESUPUESTO
COSTO DE M. DE O. :	21.0	TOTAL PRESUPUESTO
COSTO DE CONTRAT. :	19.0	TOTAL PRESUPUESTO
INGENIERIA - PROY. :	12.0	TOTAL PRESUPUESTO

NOTA:

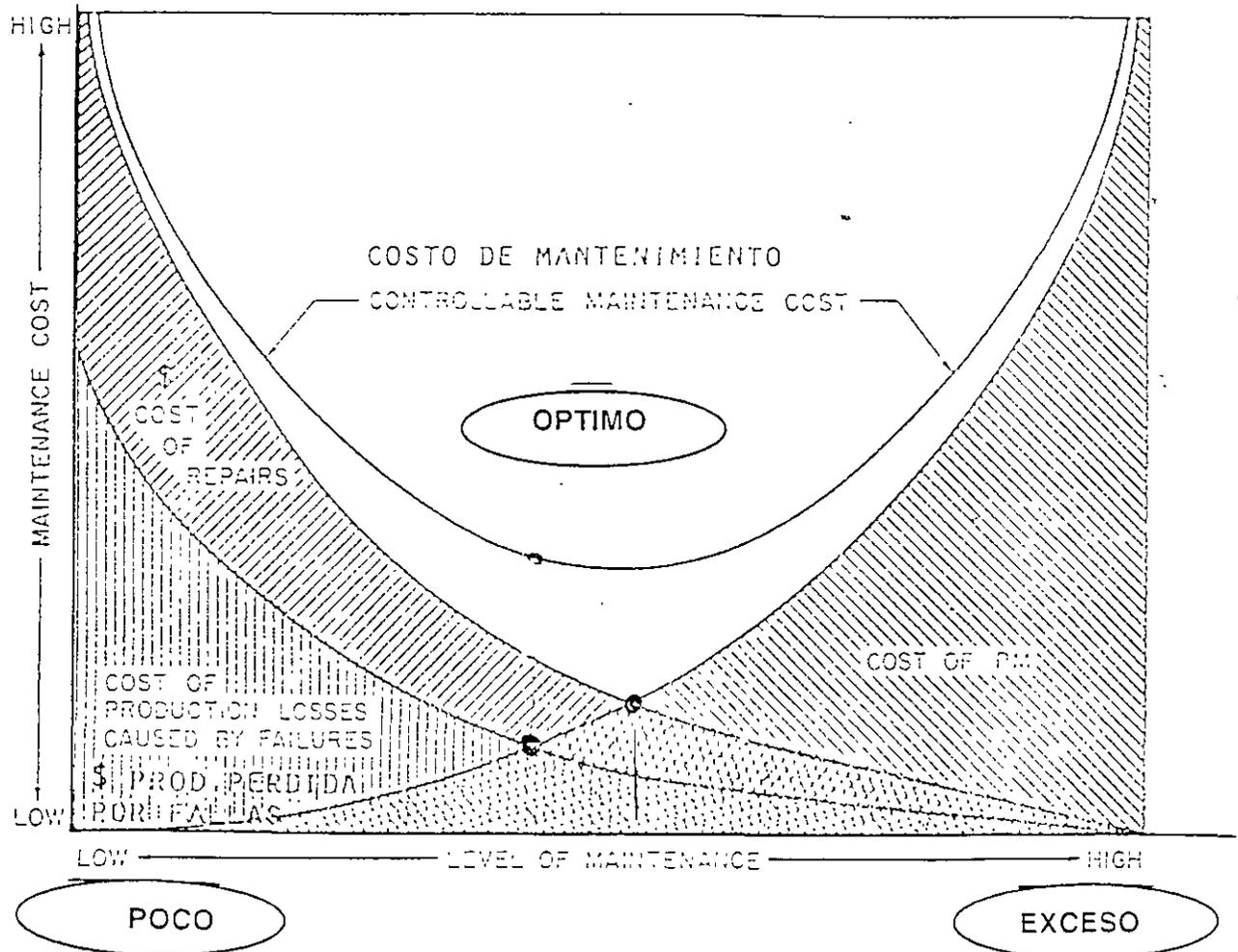
DATOS PROMEDIO RECABADOS EN 69 PLANTAS INDUSTRIALES
 (30 GRANDE, 24 MEDIANAS Y 15 PEQUEÑAS)
 EN LA CD. DE MEXICO, GUADALAJARA, HIDALGO Y EDO. DE MEXICO

CUADRO: PV - 02

-EL COSTO OPTIMO DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

Elementos a considerar:

- ** Costo de mantenimiento correctivo
- ** Costo de mantenimiento preventivo
- ** Costo de perdidas en producción (Por causa de mantenimiento)
- ** Costo del paro de equipos (Por causa de mantenimiento)
- ** Retrabajos, Remaquinados, por mala calidad de los equipos
- ** Número de fallas



"El costo y efectividad de todo programa de mantenimiento depende de la dirección del mismo"



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

CURSOS INSTITUCIONALES

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Del 22 de junio al 4 de julio de 1998.

Tema Impactos de las Represas en la Calidad del Agua.

M. en C. Jesús Rodríguez Martín del Campo
Ing. Félix Velázquez Robles
Ing. Jorge P. Cervantes Galindo
Ing. Enrique Albarrán Aguilar
Ing. Rodolfo Lambarri Carrillo
Ing. Gabriel Chavarria Álvarez
Ing. Héctor Montolla Montiel
Palacio de Minería
1998.

El manejo ecológicamente adecuado de la vegetación forestal, de la agricultura, el pastoreo, las plantas acuáticas, la industria, la minería y los usos recreativos es indispensable para evitar la acumulación prematura del sedimento y conservar el estándar de vida y salud de las personas que pueblan los alrededores del embalse.

Recreación y turismo

Las presas pueden crear áreas de gran valor recreativo; por ejemplo pesca, natación, deportes acuáticos, navegación y valor escénico en general. Todo esto puede mejorar la calidad de vida de la población de la región, si se maneja la presa adecuadamente, y puede aportar mayor turismo e ingresos monetarios.

El turismo exige que la calidad del agua sea lo suficientemente buena como para nadar y pescar, y que el embalse tenga una apariencia atractiva. La determinación de áreas naturales, parques y reservaciones también fomentará el turismo, sobre todo si hay vegetación y animales silvestres.

Los embalses ofrecen la oportunidad de mejorar el medio ambiente con planeación y manejo adecuados, pero también pueden acarrear desastres ambientales y problemas de salud pública; en consecuencia, las autoridades nacionales deben vigilarlos continuamente.

CAPÍTULO II

Impactos de las represas en la calidad del agua

David W. Hendricks

Introducción

Naturaleza de la directrices

Las siguientes directrices reflejan un tipo de perspectiva necesaria para evaluar y resolver los impactos sobre la calidad del agua ocasionados por las represas, e ilustran las cuestiones que deben plantearse en las áreas afectadas. También tratan de ser indicativas, más que absolutas, y de mostrar la dirección en vez de enumerar los pasos específicos. Las directrices sugieren, por tanto, un plan para hacer un estudio más amplio. Sin embargo, al equipo de estudio corresponde ampliar y adaptar el plan a las necesidades de su proyecto.

Definición y dimensiones de la calidad del agua

El término *calidad del agua* se refiere a la condición o estado de una determinada cantidad de la misma. Generalmente se describe por medio de indicadores y medidas como la temperatura, la cuenta de coliformes, el oxígeno disuelto, la demanda biológica de oxígeno (DBO), el total de sólidos disueltos, los cationes y aniones que puedan resultar de interés. El cuadro 1 amplía algunos de los parámetros que miden con mayor frecuencia. Sólo son representativos; podrían citarse centenares de diversos constituyentes. Por ejemplo, las cantidades de plancton hay que incluirlas en algunos estudios; ciertos compuestos orgánicos disueltos son importantes, y así sucesivamente. La selección de los que se debe incluir en la evaluación depende de los objetivos a los que se destina el agua (por ejemplo irrigación, abastecimiento municipal, usos en el río mismo, etcétera), y de las características del sistema de calidad del agua ambiental que se consideren importantes por razones ecológicas o de salud.

Cuadro 1. Indicadores comunes de la calidad del agua

Temperatura
Cuenta coliforme (organismos por 100 ml)
Demanda de oxígeno disuelto (mg/l)
Demanda de oxígeno bioquímico (mg/l)
Total de sólidos disueltos (mg/l)
Cationes (mg/l)
Sodio
Potasio
Calcio
Aniones (mg/l)
Cloruros
Sulfatos
Ortofosfatos
Nitratos
Sólidos en suspensión (mg/l)

La *identificación* de los componentes de interés es un paso inicial necesario en el proceso de evaluación. La *selección* de los que hay que incluir después debe ser más restrictiva, ya que hay que tener en cuenta el tiempo y los gastos necesarios para obtener e interpretar los datos.

Perspectiva del trabajo de evaluación del impacto

Efectos directos e indirectos. Los impactos de una represa en la calidad del agua son ocasionados por el embalse creado y por los usos diversos del agua almacenada. Los efectos ocasionados por cada uno de estos factores se clasificarán aquí como *directos e indirectos*, respectivamente. Por lo tanto, se incluye una gama bastante grande de impactos cuya valoración exige una perspectiva proporcionalmente amplia. El embalse es en sí un *ambiente nuevo*; sustituye a un río que fluye libremente. Éste es el efecto más destacado entre los *directos*. Además, su patrón funcional programará el régimen de calidad del agua al salir de la represa. Éste también es un *efecto directo*.

Por otro lado, la disponibilidad de nuevos abastecimientos de agua seguros permitirá el desarrollo de nuevos ambientes culturales y la expansión de los existentes. Los cambios resultantes en la calidad del agua pueden clasificarse como *efectos indirectos*. Los ejemplos más destacados de éstos son las corrientes de retorno de las aguas servidas de la agricultura y los desagües de la expansión urbana y el desarrollo industrial. Todos los grupos de usuarios producirán impactos en la calidad del agua

en el ambiente circundante, ocasionados por los múltiples flujos de retorno del agua degradada al sistema fluvial. El sistema fluvial es, pues, el *locus* de los procesos naturales de drenaje y actividades humanas y de los procesos inducidos por el hombre (por ejemplo la irrigación), que tienen lugar en una determinada represa. El sistema fluvial acumula en la calidad del agua los efectos de todas estas actividades y procesos.

El concepto de sistemas. De lo anterior se deduce que el alcance de la evaluación del impacto sobre la calidad del agua es muy amplio; abarca el concepto de un sistema completo. Por lo tanto, para evaluar los impactos de las presas en la calidad del agua debe prevalecer el concepto de sistemas en su sentido más amplio. La hidrología de la cuenca fluvial, el desarrollo cultural promovido por el agua disponible, las interacciones ecológicas, etcétera, son algunos de los principales componentes del sistema que están relacionados con la calidad del agua, cuyos papeles respectivos exigen una definición.

El papel crítico del conocimiento. Aunque el concepto de sistema proporciona la base ideológica para determinar lo que debe o no incluirse en la evaluación de los impactos sobre la calidad del agua, la ejecución real del proceso de evaluación del impacto exige una comprensión intuitiva de los componentes del sistema individual, así como del sistema general. Tal comprensión se logra mediante la compilación de un "cuadro" descriptivo amplio, tanto del sistema como de sus componentes. Esta compilación puede incluir mapas, exposiciones gráficas de datos, compilaciones tabulares, fotográficas, muestreo de campo, visitas locales al campo, etcétera. A partir de este "cuadro", y de la experiencia de otras situaciones, se debe empezar a organizar una base para una interpretación razonable de la situación existente, y a predecir una serie de impactos posibles y plausibles en la calidad del agua, ocasionados por la presa propuesta.

Vigilancia. Indudablemente, no hay que descuidar la necesidad de una evaluación continua de los cambios tal como van apareciendo en el tiempo real durante la construcción y después durante la operación, en los años siguientes a la terminación del proyecto. A fin de obtener los datos necesarios, hay que organizar una red permanente de vigilancia de la calidad del agua, que equilibre las necesidades presentes reales con las limitaciones del presupuesto y del tiempo. Con dicha información se puede asegurar empíricamente qué es lo que sucede en realidad. Así se pueden hacer adaptaciones de la estrategia (por ejemplo distribución de la descarga de desechos) para que el sistema real se adapte a la conducta deseada. Con este enfoque empírico se incorporan a las observaciones hechas en el tiempo real otras influencias y actividades que no se tuvieron en cuenta en las predicciones del proyecto.

Administración. Además de las predicciones de los impactos del proyecto sobre la calidad del agua antes de su realización, y de la retroalimentación de los impactos reales durante su operación, debe existir una estructura administrativa regulatoria dedicada a la conservación y mejo-

ría del ambiente. Sin dicha administración, las predicciones y las medidas de los impactos en la calidad del agua son sólo ejercicios de recopilación de datos. La jerarquía administrativa debe utilizar esta información, además de la sensibilidad sobre las metas y aspiraciones y las posibilidades económicas de la sociedad, para fijar normas de calidad del agua. El organismo administrativo debe asegurarse también de que se cumplan esas normas.

Descripción del sistema de calidad del agua

El primer paso en la evaluación de la calidad del agua consiste en describir el sistema de calidad existente y sus componentes. El objetivo es identificar los principales componentes del sistema y entender cómo interactúan, para después trazar un "cuadro" razonable de las condiciones generales de la calidad del agua anteriores al proyecto. Esta comprensión proporciona la base para la evaluación de las nuevas condiciones producidas por el proyecto.

El subsistema hidrológico

La hidrología es una ciencia empírica que se ocupa de la presencia, distribución y movimiento del agua en la corteza terrestre. Al nivel del desarrollo de recursos hidráulicos, los intereses de un proyecto se enfocan sólo en una parte del sistema hidrológico natural general, por ejemplo los patrones de precipitación, las corrientes fluviales y las interacciones de las aguas subterráneas. La recopilación de esos datos permitirá el análisis de los probables rendimientos de agua del proyecto, en términos de abastecimiento municipal e industrial, irrigación, energía hidroeléctrica, mantenimiento de corrientes fluviales mínimas, etcétera. Este sistema natural se debe entender en términos hidrográficos anuales de la corriente principal y de los afluentes más importantes, así como de la distribución de la frecuencia o períodos de retorno de los flujos anuales. También hay que describir la distribución temporal de la salida y el retorno del flujo. Con esta información se debe construir un diagrama reticular para ilustrar el sistema natural general, y el sistema modificado por el hombre, de las corrientes anuales tal y como son antes del proyecto. La represa y cualquier proyecto de desarrollo asociado con ella modificarán el sistema hidrológico existente. Por su función de almacenamiento, las salidas proyectadas del embalse cambiarán la gráfica anual del flujo abajo de la represa. Las comparaciones de las gráficas hidrológicas anteriores y posteriores al proyecto ayudarán a comprender el tipo de sistema que se está formando y sus efectos sobre la calidad del agua. Además, habrá que describir los patrones de los nuevos flujos de salida y retorno. El nuevo diagrama reticular debe compararse con el anterior para destacar los cambios que tengan lugar.

Estas descripciones de las condiciones hidrológicas anteriores y posteriores al proyecto darán una idea clara de las partes del sistema sensibles a los cambios en la calidad del agua, que serán ocasionados por entradas de cargas de desechos por usos diversos y por nuevos procesos biológicos dentro de la corriente o de la presa. Los últimos pueden ser producidos por nuevas condiciones ecológicas creadas (por ejemplo la presa misma, su orilla, nuevos patrones de flujo en el río, etcétera).

También habrá que emprender un estudio del río desde el punto de vista de la determinación de los tipos de nichos ecológicos que contiene antes del proyecto, y los cambios ocasionados por éste (entre otros que nichos se crearán y cuáles pueden desaparecer). Por ejemplo, ¿cuál es la población de jevenes (simúlidos) vectores de oncocercosis con agua estancada o con agua corriente? ¿De qué dimensiones es el hábitat que se ofrece a los caracoles planorbideos? ¿Aumentará éste o disminuirá con la presa y con el régimen de aguas alterado de la corriente inferior del río? ¿Se pueden controlar estos hábitats (eliminando vegetación del embalse, etcétera)? De lo anterior se deduce claramente que hay que tratar con bastante amplitud la hidrología y otros componentes del sistema hídrico, y no sólo en términos de las prácticas convencionales. La descripción de la hidrología debe coordinarse con los trabajos de otras personas incluidas en el estudio.

Características de la calidad del agua del sistema ambiental de la corriente

Las características de la calidad del agua de cualquier río son una función de su historia agregada de exposición anterior (por ejemplo su hidrología). En el sistema natural están incluidos muchos procesos químicos y biológicos. Las corrientes de agua pasan a través y por encima de suelos y rocas, disolviendo material. El agua es también el medio de innumerables ecosistemas (por ejemplo la zona litoral de una presa, su epilimnio, su hipolimnio, la corriente, etcétera). El metabolismo general de cada ecosistema puede sintetizar productos benéficos o perjudiciales, según las cantidades y los productos específicos. La calidad del agua se puede expresar realmente de acuerdo con alguno de estos productos: (cantidad de algas, concentración del oxígeno disuelto, y otros). Las algas constituyen la base de la cadena alimenticia (junto con las células sintetizadas organotróficamente). Su presencia moderada es necesaria, pero en exceso constituyen una molestia. También otras plantas fotosintéticas pueden ser importantes, según la situación. La acrecencia de plantas como los lirios acuáticos (*Eichhornia*), *Salvinia* y *Pistia* (lechuga acuática) ha asfixiado prácticamente algunas represas formando espesas alfombras de crecimiento enmarañado e inutilizando la presa para la pesca u otras actividades humanas. En los países latinoamericanos se las encuentran con frecuencia en lugar de las formas de plancton unicelulares. Por

ejemplo, en el embalse de Cotton Grande, El Salvador, los barcos quedan inmobilizados por esa vegetación. Además, estas alfombras proporcionan hábitat al caracol planorbídeo (género *Biomphalaria*) produciendo el grave problema de la esquistosomiasis. Los tipos de modelos cuantitativos que incluyen esta complejidad de problemas no son factibles excepto en un sentido muy limitado. Más importante es el desarrollo de una comprensión del sistema orientada al campo y una apreciación de su complejidad. A este nivel hay un grado de posibilidad de predicción factible; se base en medidas empíricas y en la familiaridad de conocimientos lograda en el campo. Se puede así fomentar una comprensión de la conducta de la calidad del agua en el sistema y de sus variaciones.

Por lo tanto, si se modifica la hidrología por el almacenamiento de la corriente fluvial y por su distribución y uso en la agricultura, municipios e industrias, se fomentan también nuevos regímenes de calidad del agua. Estos son producidos por los flujos de retorno del agua degradada. Así, el sistema puede llegar a estar dominado por el hombre tanto en la hidrología como en la calidad del agua. Estos cambios deben evaluarse por predicción antes del proyecto, y en el tiempo real, después del mismo. Más tarde hay que juzgarlos en relación con las normas o criterios diseñados para proteger políticamente determinados valores sociales. La faceta más importante de la evaluación de la calidad del agua es mantener una perspectiva amplia sobre la tarea y plantear las cuestiones que sean pertinentes. No es tan importante saber si ya se conocen las respuestas como el hecho de haber considerado las posibilidades y haber establecido lo que se sabe (más que preocuparse demasiado por lo que se desconoce). La documentación de todo el proceso es de suma importancia para que en años posteriores sea posible comprobar la extensión de las investigaciones realizadas.

Degradación de la calidad del agua por su utilización

Los tipos principales de los usos de extracción del agua son municipales, industriales, de enfriamiento y agrícolas. Las aguas municipales resultantes de desechos aparecen como albañal. Estas formas de aguas servidas es la más discutida y tiene las siguientes características: es un peligro para la salud, es estéticamente desagradable y tiene una considerable cantidad de materia orgánica biodegradable. El tratamiento secundario por clorinación suele considerarse esencial (aunque algunas personas afirman que el tratamiento primario es suficiente cuando la dilución es adecuada).

No se debe permitir que los dispositivos para el tratamiento individual de las aguas negras sustituyan a los sistemas generales de albañal. Su manejo y regulación es realmente imposible y las fallas son frecuentes. Constituyen riesgos para la salud si se emplean en vez del sistema de alcantarillado.

Cuadro 2. Características de la contaminación del agua de represa según uso y exposición anterior.

Uso del agua	Indicador de contaminación	Clase de impacto		Latiñoamérica: Algunos casos ruines o potenciales
		Impactos en la calidad del agua	Parámetros de interés	
Suministro de agua	Las algas proliferan mucho	Olor incluido en los problemas de tratamiento	Nutrientes (N-P-Si) Profundidades disco Secchi Radiación solar	Laguna del Sauca, P. Este, Uruguay, Lago San Roque, Argentina
Suministro de agua	Desprendimiento de H ₂ S	Olor y problema de tratamiento	Oxígeno disuelto H ₂ S Compuestos orgánicos	Poza Honda, Ecuador
Suministro de agua	Plaguicidas de la agricultura	Compuestos tóxicos en el agua	Plaguicidas	Presas de Jacui, Brasil
Agua para actividades de recreo	Proliferación de algas	Ofensiva a la vista y al olfato	Nutrientes (N-P-Si) Profundidades disco Secchi Radiación solar	Lago Paranae, Brasilia
Contacto con el agua	Descargas drenaje Esquistosomiasis	Esquistosoma y enfermedades entéricas	Coliformes fecales Caracoles, Carcarías	Presas del Noreste, Brasil
Pisca	Muerte de peces	Disminución de la pesca	Oxígeno disuelto	Lago de Freitas, Rio de Janeiro, Brasil
Irrigación	Prevalencia de esquistosoma	Ofensiva a la vista	Comp. inorgánicos tóxicos	Presas del Dep. del Valle, Colombia
Descarga de aguas servidas a la pesca	Erosión	Esquistosomiasis	Coliformes fecales	Presas del sistema fluvial del Rio Paraíba
Muerte de peces	Muerte de peces	Capacidad reducida	Sólidos suspendidos	
Planta hidroeléctrica	Micizas acuáticas	Cambio en la vida acuática	Compuestos tóxicos	
Agua para enfriar	Descargas industriales	Obstrucciones	Nutrientes (N-P)	Río Bogotá, Colombia
Transferencia y mezcla de aguas	Prevalencia de algunas especies	Peces muertos Menor pesca	Temperatura	Presas Tercero, Argentina
		Cambio de vida acuática	Salinidad y número de organismos del nivel trófico	Sistema del Canal de Panamá

Los desagües industriales son variados. Su tipo puede ir desde los que tienen un alto contenido orgánico hasta los que tienen metales pesados. También en este caso es necesario un tratamiento adecuado.

El agua que se utiliza para enfriar sufrirá un ascenso de temperatura. Aunque éste puede ser pequeño (quizá sólo 2°C) el efecto biológico puede ser significativo. Las temperaturas más altas producirán una tasa mayor de crecimiento de la mayoría de los organismos.

La agricultura irrigada debe ir acompañada de drenaje. Es evidente que la irrigación y el drenaje son inseparables. El agua de drenaje encontrará su ruta hacia el agua subterránea y después posiblemente hacia el río (según sea agua subterránea superficial o profunda, en relación con el nivel de las aguas del río). En general, la concentración mineral es más alta en el agua de drenaje que en la aplicada, por un margen elevado (por ejemplo de aproximadamente 800-1200 mg./l de aumento en SDT). Se debe a la evapotranspiración, que concentra los solutos ya presentes, y a la disolución de sales adicionales. Además, puede aumentar el contenido en fósforo y nitrógeno en las aguas de drenaje. No se cuenta con ningún método práctico para disminuir éstos efectos. Tampoco se conocen enfoques prácticos. Es necesario aceptar un cierto aumento en los niveles de salinidad como parte del desarrollo de la irrigación. No se puede permitir que las sales se acumulen en el suelo; hay que arrastrarlas por drenaje. La gravedad del efecto de la salinidad depende de la cantidad del agua natural del sistema en relación con la cantidad de agua de drenaje de la irrigación.

Es importante conocer estos flujos de aguas de desecho y de aguas de retorno de la irrigación, así como también la calidad asociada con cada una. Hay que determinar las limitaciones de la descarga de las aguas servidas para proteger la ecología fluvial (lo cual por supuesto decide el grado de tratamiento impuesto a las descargas de aguas servidas tanto del municipio como de las industrias), y quizá en algunos casos fijar límites a las zonas irrigadas.

Influencias indirectas en la calidad del agua

La construcción de una presa importante no sólo permite un crecimiento y desarrollo tangibles sino que también los simboliza. El proyecto puede estimular una serie de actividades, muchas de las cuales pueden haber influido en la calidad del agua ambiental. Todas las actividades que alteran la superficie de la tierra, como corte, terraplén, pavimento, etcétera, cambiarán los tipos de exposición química del agua superficial e infiltrada. La tierra agrícola, en particular, suele ser una fuente de nutrientes. La deforestación, sobre todo en las laderas muy inclinadas, puede aumentar la cantidad de sedimentos. Los cortes y terraplenes, carreteras y otras actividades de la construcción también añadirán sedimentos a los ríos adyacentes. Los impactos dependen de cada situación

específica. Las alteraciones adyacentes a un lago oligotrófico, por ejemplo, aumentarán el potencial de eutroficación. O, por el contrario, el salitre que por erosión va a dar a un río de la montaña, cuando el flujo es bajo puede depositarse permanentemente en el fondo destruyendo el hábitat de algunos invertebrados. Ese tipo de interacciones de diversos ecosistemas es muy frecuente. Las áreas urbanas son fuentes de grandes cantidades de material de desecho. Una parte considerable procede de la basura de las calles que va a parar a las zanjas de drenaje con las lluvias intensas. Los terrenos sanitarios son fuente de contaminación si no se sitúan bien en relación con el drenaje.

Las actividades de recreo en las presas y los ríos también producen basuras y contaminación. Aparte de los servicios sanitarios y botes de basura hay que proporcionar el debido mantenimiento.

En todo ello existe un componente cultural. La gente debe sentir una motivación ética para preservar y mejorar el ambiente. Las actividades de educación y de información pública no son menos importantes que los componentes de los servicios del programa de control de la contaminación.

Descripción básica de la calidad del agua

Antes de comenzar la construcción es necesario conocer los niveles ambientales de concentración en las aguas superficiales y subterráneas. Los llamados "impactos" sobre la calidad del agua son los incrementos del cambio producidos por el proyecto. Por lo tanto, si los niveles del oxígeno disuelto en la parte del río abajo de la presa son consecuentemente menores que antes de construir la misma, el cambio en la calidad del agua es la diferencia entre los dos "estados". El programa de muestreo debe incluir las descargas de aguas servidas y los flujos de retorno de la irrigación.

Para obtener un "cuadro" amplio del carácter de la calidad del agua de un sistema fluvial hay que determinar las variaciones de la calidad del agua en el tiempo y en el espacio. Por consiguiente los problemas son: ¿Qué parámetros de calidad del agua deben medirse? ¿Dónde tienen que colocarse las estaciones de vigilancia? ¿Cuántas estaciones hay que instalar? ¿Con qué frecuencia deben tomarse muestras? Las respuestas dependen del criterio que debe integrar a los diversos factores específicos de cada situación. Es preferible tener estaciones de vigilancia en los puntos modulares importantes del sistema fluvial (como antes y después de ingresos significativos de agua) y también conocer el tipo de agua que entra y cualquier influencia que pueda fomentar cambios.

El muestreo debe hacerse con la frecuencia suficiente para captar los ciclos diarios y anuales de cambio y para determinar las variaciones estocásticas y de corriente. Como primer paso debe hacerse un estudio de muestreo de todo el sistema. Después, para determinar los patrones

de cambio, hay que tomar muestras semanales o mensuales en las estaciones índice seleccionadas. También resultan convenientes los estudios de 24 horas en diferentes estaciones del año, para determinar la conducta diaria (por ejemplo para el oxígeno disuelto).

El muestreo debe ir acompañado del análisis de campo de los parámetros que tienen mayor tendencia a cambiar en las botellas de muestreo. En esta categoría se incluyen oxígeno, temperatura, bióxido de carbono y pH. El análisis de laboratorio debe incluir cuentas bacteriológicas (por ejemplo cantidad total, coliformes, coliformes fecales), conteo de algas por especie, y la lista usual de aniones y cationes, además de la turbidez o sólidos en suspensión, amoníaco, etcétera. La selección es también asunto de criterio. Por ejemplo, en una región minera o en una zona industrial quizá sean importantes también algunos metales pesados.

Se debe prestar una atención especial al diseño inicial de un sistema de archivo para conservar los informes de los datos de laboratorio y de campo. Si hay acceso a una terminal de computadora, se facilita una gran parte del procesamiento de datos. Esto es muy importante para los proyectos en los que se recopilan y procesan cantidades relativamente grandes de datos durante periodos largos de tiempo. Los datos básicos (lecturas de instrumentos, diluciones, y otros) se pueden registrar directamente en tarjetas codificadoras de datos y procesar para obtener una página que resume toda la información importante (concentraciones, fecha, estación, etc.). Después de haber obtenido los datos, éstos tienen que reunirse utilizando formas gráficas y tabulaciones para que sean más evidentes las tendencias (por ejemplo, ¿cómo varía determinado parámetro según la distancia en una fecha determinada? O, para una determinada estación, ¿cómo varía en relación con el tiempo?).

Las personas incluidas en la evaluación deben supervisar el diseño de la red de vigilancia y del programa de muestreo para familiarizarse bien con el sistema. Además deben incluir expediciones de muestreo. De esta forma se fomenta el desarrollo del componente intuitivo en la comprensión del sistema.

Proyectando cambios en la calidad del agua ambiental

Los medios afectados por los cambios en la calidad del agua del ambiente provocados por la construcción de la presa incluyen el embalse que se va a crear y la corriente río abajo. El método de predicción de los cambios en estos sistemas no es exacto y hay que interpretarlo por medio de márgenes aproximados de cambio. Hay dos enfoques aproximados: 1) modelos simulados, y 2) la experiencia. La aplicación del criterio es parte integrante de cualquiera de los dos procedimientos.

Modelos simulados. Un modelo de simulación computarizado tiene una aplicación limitada pero importante para hacer las predicciones de

los cambios en la calidad ambiental del agua de los ríos. Su estructura debe incluir el sistema fluvial y todas las desviaciones, ingresos y presas de almacenamiento, así como todas las reacciones de la calidad del agua. Las corrientes de agua y las cargas, en peso o concentraciones, de todos los componentes de interés deben incluirse también. Se necesita algún tipo de coeficiente modelo (por ejemplo coeficientes de velocidad de reacción). Éstos tienen que determinarse con investigaciones de campo. Cuando se completa un modelo y se verifica para el sistema en las condiciones existentes, se pueden añadir al mismo nuevos datos (por ejemplo descargas de salida). Los resultados pueden consistir en trazos de perfiles de concentración-distancia para los componentes de interés (como oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, fosfatos, etcétera).

Aunque un modelo de simulación es por naturaleza determinista y su uso es más bien mecánico, el modelo en sí está basado en una cantidad considerable de juicios en relación con la valoración de los coeficientes y con otras condiciones limitantes. Por lo tanto, no se pueden tomar los resultados al pie de la letra. El modelo integra en su construcción un gran número de variables; por ende, puede indicar la conducta y reacción del sistema a cualquier número de casos hipotéticos. Por ejemplo: ¿cuál sería la reacción del oxígeno disuelto en el río a niveles más altos de descarga de desechos?

Los resultados del modelo no tienen que tomarse como absolutos; se deben interpretar más bien a la luz de las limitaciones y capacidades del modelo y de la familiaridad con el sistema real obtenida en la construcción y el uso del modelo. De hecho esta familiaridad íntima con el sistema, lograda durante el proceso de construcción y uso del modelo, es en sí inapreciable, puesto que presta mucha más confianza a la interpretación de los resultados. Pero hay que recordarse que el sistema real es probablemente mucho más complejo de lo que se puede interpretar con el modelo. Por ejemplo, se pueden omitir algunas variables por ignorancia, se pueden establecer mal algunas relaciones funcionales, o los coeficientes cinéticos pueden ser erróneos, etcétera. La simulación de modelos es un proceso útil si se toma como una herramienta.

Analogía (o experiencia y sentido común). Cada situación en el desarrollo de un embalse fluvial es en sí única. Por lo tanto, no se puede extrapolar literalmente de una situación a otra. Pero es posible hacer predicciones sobre la calidad del agua, por analogía con categorías de proyectos de desarrollo de represas.

El uso de la analogía no es una técnica formal. Es más bien la aplicación de conocimientos y experiencia, unidos al criterio, para evaluar la semejanza de determinados regímenes de aguas al terminar un proyecto de embalse. En otras palabras, es un enfoque convencional a esos problemas. Aunque es imprescindible poseer conocimientos científicos y aplicarlos, el proceso de hacer este tipo de evaluación es un arte. El enfoque tiene mérito propio, ya que hay incontables variables pertinentes a alguna situación, que no se pueden integrar a especificaciones formales.

Una persona con experiencia puede lograr la integración de esas variables faltantes o expresarlas en forma articulada para dar una evaluación razonable de lo que puede suceder. La esencia de este proceso es el criterio basado en conocimientos y experiencia.

Con demasiada frecuencia en los últimos años, con el advenimiento de la computadora, esta aproximación a la solución de los problemas se ha hecho a un lado, dando paso a enfoques más sofisticados y "elegantes". En realidad esas doctrinas (la comparación de la práctica y la teoría) no tienen que ver con la solución de los problemas; lo esencial es que uno siempre cuente con un apoyo práctico. Por lo tanto, cuando el criterio y la experiencia sean más adecuados, hay que reconocerlo y utilizarlos. Este elemento nunca debe faltar; siempre es una parte necesaria de la resolución de algún problema. Además, en algunos casos es el único enfoque factible o apropiado.

Características de la calidad del agua de las represas

La función de una represa es almacenar agua. Los objetivos incluyen el control de inundaciones, la generación de energía, la regulación de la corriente del río, el abastecimiento municipal e industrial y la irrigación. El almacenamiento en sí acarrea el desarrollo de patrones característicos de calidad del agua de la presa en relación con las influencias estacionales y la profundidad. La salida de agua de la presa tiene, pues, un efecto *directo* en la calidad del agua río abajo de la presa, según la profundidad de la que salió el agua y según la época del año. La salida del agua para usos diversos, en comparación con la salida directa, tiene efectos indirectos en la calidad ambiental del agua del río. Estos usos acarrea una degradación del agua extraída que, al regresar, afectará la calidad ambiental del agua fluvial.

Zonas biológicas. Una represa es esencialmente un reactor biológico complejo. Pero no es un reactor homogéneo. Se caracteriza más bien por tener diferentes zonas limnológicas (por ejemplo zona litoral, hipolimnio, metalimnio, epilimnio, etcétera).

Las características de la calidad del agua de cualquiera de estas diversas zonas están determinadas en gran parte por el carácter ecológico de cada una. Aunque todas las zonas tienen algunas características comunes, los ecosistemas específicos que se forman en cada una están determinados por las *condiciones limitantes* impuestas. Entre estas condiciones limitantes se incluyen: entrada anual de agua, masa de materia orgánica y compuestos químicos que transporta, volumen de la represa, profundidad, patrones de clima y de temperatura, detritus originales del fondo, área superficial y patrón de arrastre.

Las únicas condiciones limitantes significativas que se pueden controlar y que a su vez darán forma al ecosistema predominante son la prepara-

ción del lugar de la represa antes del llenado (por ejemplo eliminar la vegetación) y los patrones de llenado y vaciado. Las otras condiciones limitantes son fijas, y son las que hacen que una situación sea diferente de cualquier otra.

Salidas del agua. Los regímenes de calidad del agua de la parte inferior del río se verán directamente afectados por la calidad del agua que se deja salir, lo cual dependerá de la estación del año y de la capa de la cual proviene el agua. La temperatura suele bajar con la profundidad (la relación temperatura-profundidad se denomina *termoclina*) y lo mismo pasa con los niveles de oxígeno disuelto, mientras que la masa de algas puede ser bastante grande en la capa superior (epilimnio). En vista de estas diferencias es preferible contar con la posibilidad de dejar salir el agua a diferentes profundidades. Los mecanismos de desagüe deben tener todo esto en cuenta. Si el agua sale de niveles deficientes en oxígeno hay que considerar la posible aereación y las estructuras de disipación de energía (quizá la generación de energía hidroeléctrica lo impida).

Algas. Si el desagüe tiene lugar en las capas superiores las poblaciones de algas pueden ser elevadas; las que estén adaptadas a las condiciones del río proporcionarán la simiente para su reproducción en la parte inferior del río. Pero la población de algas en conjunto también impondrá al río una carga biológica biodegradable, ocasionando una deficiencia de oxígeno. Además, muchas especies de algas producen problemas de sabor y olor y resultan desagradables. De hecho, esos problemas odoríferos se pueden extender a toda la masa de agua en la que tiene lugar la proliferación, emitiendo olor a pescado. Es posible que el ciclo diario fotosíntesis-respiración resultante de esa abundancia de algas haga que los niveles de oxígeno varíen desde un mínimo nocturno de cero mg/l hasta 30 mg/l durante los máximos diurnos. Sólo las especies más resistentes de peces, como las carpas, pueden sobrevivir. Sin embargo, la población puede ser elevada gracias a la gran productividad de las algas.

Plantas vasculares. En algunos embalses las plantas vasculares predominan sobre las algas. Los lirios acuáticos constituyen el ejemplo más sobresaliente. Estas plantas pueden formar densas alfombras que impidan el tránsito de barcas. Además de constituir una molestia, esas plantas proporcionan un hábitat a los caracoles planorbídeos (género *Biomphalaria*), huésped reservorio de la esquistosomiasis. Cuando cuenta con un hábitat tan abundante es prácticamente imposible controlar al caracol.

Zona litoral. Si la configuración de la represa es tal que existen muchas zonas de escasa profundidad, pueden crecer diversas plantas acuáticas enraizadas en el fondo, proporcionando hábitat a mosquitos transmisores de la malaria y a caracoles planorbídeos del género *Biomphalaria*. Durante la construcción se debe pensar en suprimir esas zonas como parte de la preparación del embalse. Un enfoque de mantenimiento consiste en hacer fluctuar con frecuencia el nivel del agua, para eliminar el hábitat.

El papel del hipolimnio. Una gran parte de la biomasa fotosintética, en forma de algas o plantas vasculares, caerá al fondo con el tiempo, formando una cantidad significativa de materia orgánica. Esta materia se degrada anaeróbicamente desprendiendo metano y bióxido de carbono. De esta forma, una parte del carbono abandona el sistema. Sin embargo, el bióxido de carbono interviene en la reacción fotosintética que tiene lugar en el epilimnio, asegurando así que continúe la fotosíntesis. Si el embalse está sujeto a cambios en primavera y otoño, la represa reciclará los nutrientes liberados. Así pueden transcurrir años o decenios antes de que haya un desgaste apreciable de nutrientes o de carbono en el sistema.

Control de los nutrientes. Aunque los nutrientes pueden ser arrastrados a la presa de varias formas, o venir en la corriente del río que llena, quizá el control más conveniente de la eutroficación sea eliminar la vegetación que se va a inundar. La vegetación natural puede poseer suficientes nutrientes en su biomasa como para elevar en forma significativa cualquier potencial ya existente.

Control y mantenimiento de la calidad del agua

El conocimiento y la comprensión de la conducta de un sistema de calidad del agua resulta inútil a menos que se apliquen al control y mantenimiento. Este proceso debe unir los objetivos estratégicos con la factibilidad técnica. En la combinación tiene importancia primordial fijar estándares de calidad del agua. Sin embargo, todo lo anterior carece de importancia si no va seguido de un programa de ejecución. Los problemas conexos con los objetivos de la calidad del agua, estándares, ejecución obligatoria y proceso general de manejo se discuten en las secciones siguientes.

Objetivos en relación con la calidad del agua

Los valores de una sociedad se reflejan en sus metas. Son definiciones bastante amplias sobre lo que la sociedad desea ser y las aspiraciones y esperanzas que tratará de alcanzar con su trabajo. Se pueden dividir en dos grupos principales: *objetivos de supervivencia* y *objetivos de satisfacción*. Los primeros incluyen seguridad ambiental, seguridad colectiva, seguridad individual y oportunidad económica. Los segundos comprenden: oportunidad de recreo, oportunidad estética, oportunidades culturales y de la comunidad, oportunidad educativa, y libertad y diversidad individuales. Cada una de estas metas amplias se pueden dividir a su vez en "macroobjetivos" más específicos o condiciones sociales, tales como el bienestar económico, la igualdad social, la salud pública, la diversidad de oportunidades, etcétera. La forma de relacionar estos objetivos con los

programas y proyectos, y posteriormente con los indicadores específicos, se puede observar en la serie de matrices respectivas de las figuras 1, 2, 3, y 4.

Los signos "x" en los elementos de las cuatro matrices representan afirmaciones de que pueden existir relaciones entre los respectivos renglones y columnas. (Las afirmaciones no se limitan desde luego a las indicadas, ya que cualquiera puede proponer otra relación existente; además, la naturaleza de cada relación la decidió el estudio personal). Cada renglón y cada columna muestran un "vector" (o conjunto) de efectos, distribuidos y recibidos respectivamente. Por ejemplo, el objetivo del programa "control de la contaminación" en la figura 2, tiene efectos en el "bienestar económico", "salud", "conservación ambiental", y "diversidad en oportunidades". También, como se ve en la figura 3, el "control de la calidad del agua" como propósito del proyecto es necesario para lograr el "control de la contaminación". En la figura 1 hay muchos indicadores específicos involucrados en el control de la calidad del agua. Los estándares de calidad del agua son los niveles particulares asociados a cada indicador para alcanzar los propósitos señalados, por ejemplo en la figura 4. La razón de su importancia se presenta en las cuatro matrices. Como cada situación es especial, los estándares de calidad

Figura 1. Matriz "indicador específico/
propósito del proyecto"
(Vlachos y Hendricks, 1977)

Propósito del proyecto	Agua municipal e industrial	Energía hidroeléctrica	Enfriamiento térmico	Irrigación	Control de inundaciones	Admisión de la pesca	Control de la calidad del agua
Indicador específico							
Mínimo en el flujo del río	X	X	X	X	X	X	X
Fluctuaciones en la presa		X			X	X	X
Control de la temperatura del río	X		X			X	X
Nivel de oxígeno disuelto						X	X
Control de la turbidez	X			X		X	X

Figura 2. Matriz "macroobjetivos-objetivos del programa" (Vlachos y Hendricks, 1977).

Macroobjetivos o condiciones sociales	Bienestar económico	Justicia social	Salud	Conservación ambiental natural	Diversidad en oportunidades	Nicho en la comunidad social
Objetivos del programa						
Creación de empleos	X	X			X	X
Distribución de los ingresos	X	X			X	X
Conservación ecológica			X	X	X	
Propósito estético					X	
Control de la contaminación	X		X	X	X	
Estabilidad institucional	X	X	X		X	X
Desarrollo regional	X	X	X		X	X
Eficiencia económica	X					

Figura 3. Matriz "objetivo del programa/propósito del proyecto" (Vlachos y Hendricks, 1977)

Objetivo del programa	Creación de empleos	Distribución de ingresos	Preservación ecológica	Propósito estético	Control de la contaminación	Estabilidad institucional	Desarrollo regional	Eficiencia de la economía
Propósito del proyecto								
Agua municipal e industrial	X	X				X	X	X
Energía hidroeléctrica	X	X				X	X	X
Enfriamiento técnico	X	X				X	X	X
Irrigación	X	X				X	X	X
Control de inundaciones	X	X				X	X	X
Administración de la pesca	X	X	X			X	X	
Control de la calidad del agua			X	X	X	X	X	

Figura 4. Matriz "metas/valoración de los objetivos"

Meta	Seguridad ambiental	Seguridad colectiva	Seguridad individual	Oportunidad económica	Oportunidades recreativas	Oportunidades estéticas	Oportunidades culturales y de la comunidad	Oportunidades educativas	Libertad y diversidad individuales
1 Bienestar económico	X	X	X	X				X	
2 Justicia social			X	X	X				
Salud	X		X	X	x_{ij}				b_j
i Conservación del ambiente natural	X				X	X		X	
Diversidad de oportunidades	X			X	X	X	X	X	X
n Nicho en la comunidad social		X	X	X	X	X	X	X	x_{mn}
					a_j				$\sum b_j = 1.0$ $\sum a_j = 1.0$

del agua se deben especificar de forma que "encajen" entre los dos (por ejemplo la situación y los estándares). Por esta razón, los estándares deben ser flexibles, para que difieran en distintas secciones del río si el carácter de la corriente cambia. Así, se pueden "clasificar" los ríos y los sectores del río. Es un proceso técnico-estratégico que incluye una evaluación de cómo la sociedad prefiere invertir su capital de ambientes naturales y cuáles son las exigencias técnicas para tener éxito. Además, la sociedad puede evolucionar en cuanto a sus esperanzas y metas. También pueden cambiar las clasificaciones de los ríos y los estándares. Por lo tanto, debe haber alguna libertad a largo plazo. Los cambios a corto plazo, en cambio, se consideran contraproducentes debido a que los principales contaminadores en relación con el tiempo (industrias, ciudades, y otros) tienen responsabilidades respecto al cambio (por ejemplo planificación y distribución de tiempo, presupuesto, financiamiento, etcétera).

Objetivos y dimensiones sociales de la calidad del agua

Algunos de los propósitos comunes para el uso del agua son los que se exponen en el cuadro 3, que también presenta la relación entre los "objetivos" de la calidad del agua y los "usos". Por ejemplo, se puede ver que para el abastecimiento doméstico de agua el objetivo principal es la "salud" y que los "materiales tóxicos" y los "organismos pató-

genos" son dos parámetros correspondientes que se emplean en la vigilancia. Generalmente los parámetros vigilados tratan de medir los aspectos de la calidad del agua que hay que preservar para que el agua sea adecuada para el uso previsto.

Clasificación de los ríos

Todas las aguas de Estados Unidos se han clasificado siguiendo las cláusulas de la Ley de Control de la Contaminación del Agua, de 1966. La ley exigía que se clasificaran todos los ríos, sectores de ríos y aguas costeras. Se utilizaron seis clasificaciones, según el tipo de servicio asociado al agua en estudio.

Cuadro 3. Usos del agua y objetivos de la calidad del agua

Categoría del uso del agua	Objetivos	Parámetros de calidad del agua
Suministro de agua potable	-Salud -Sabor -Dureza	-Materiales tóxicos -Organismos patógenos -Color, sabor, olor -Ca, Mg, Fe
Agua para proceso industrial	-Compatibilidad química con los procesos	-Compuestos químicos específicos -Cuento de algas
Enfriamiento industrial	-Minimizar la escala -Minimizar la basura biológica	-CaCO ₃ -Cuento de algas
Recreo	-Salud -Molestias -Estética	-Organismos patógenos -Nutrientes -Cuento de algas -Color
Conservación de la pesca	-Compatibilidad fisiológica	-Oxígeno disuelto
Preservación estética	-Molestias	-Materiales flotantes -Bancos de cieno -Grasa -Color
Irrigación	-Tolerancia en contenido salino -Toxicidad	-Total de sólidos disueltos -Compuestos tóxicos

El cuadro 4 es una recopilación abreviada del sistema de clasificación que se utiliza junto con los estándares de calidad del agua. La nota N° 1 al pie de la página merece especial atención porque presenta un esbozo en general de los estándares mínimos para todas las aguas.

La falta de estándares específicos para algunas clases no implica que no haya restricción en los niveles.

Para ilustrar la evolución de los estándares que refleja los valores evolucionados de la sociedad, el cuadro 5 resume los últimos estándares de calidad del agua de Colorado, de 1971, después de las enmiendas de 1973 a la Ley de Control de la Contaminación del Agua (PL 92-500). Las clasificaciones C y D se han omitido, quedando sólo las clasificaciones más elevadas.

El cambio en las premisas entre los estándares de 1971 y los de 1974 es perceptible. Los primeros se basan en lo que podría denominarse una premisa "utilitaria", ya que distinguen los valores asociados a ríos de diferente carácter (lo cual puede estar relacionado con cualidades naturales o con patrones de uso establecidos). Según este punto de vista se puede tolerar alguna degradación en la calidad del agua si es implícitamente consistente con los estándares de la clasificación. Los estándares de 1974 representan lo que se podría denominar una premisa "ecológica". De acuerdo con esta premisa no se acepta implícitamente ni de otro modo, ninguna degradación del río inferior a los estándares de las aguas de las clases A₁, A₂ o B₁, B₂. Este cambio refleja una desviación correspondiente en el carácter ético de la sociedad norteamericana, de un clima ético primordialmente de "desarrollo-conservación" a otro que quizá se esté inclinando hacia una "situación estable-ambiental".

Objetivos de los estándares, criterios y manejo

La mayoría de los usos del agua tienen límites específicos para varios o muchos parámetros de calidad. Se denominan *criterios* si están fijados por las exigencias técnicas o necesidades del usuario. Se llaman *estándares* si están codificados por la ley. Los cuadros 4 y 5 son ejemplos de estándares de ríos que se utilizan en Estados Unidos. Se presentan con fines ilustrativos ya que cada país debe fijar los suyos. Lo importante es que es necesario fijar algún tipo de estándares. La definición de estándares de calidad del agua asociada a determinadas metas es el objetivo de un programa de control de la calidad del agua. La jerarquía implícita de las metas, los objetivos, la clasificación de ríos, los estándares de calidad del agua, etcétera, proporcionan un enfoque sistemático al manejo de la calidad del agua. Lo importante es recordar que debe existir un marco de ese tipo (aunque se reconozca que su carácter específico varía de un país a otro).

4

148

EFECTOS PROVOCADOS

Cuadro 4. Grados de clasificación para ríos y lagos y estándares de calidad del agua asociados a ellos, 1971 (abreviado), Departamento de Salud de Colorado¹

Clase	Adecuada para	Coliformes (por 100 ml)		Estreptococo fecal (por 100 ml)	O ₂ disuelto (mg/l)	pH	Temp (°C)	Total sólidos disueltos (mg/l)	Turbidez	Otros
		Total	Fecal							
A	Suministro de agua potable	<1 000		2	>4	6.0-9.0	2	<500	2	
B ₁	Pesca de aguas frías	<1000		2	>6	6.5-8.5	<20 ³	2	Adecuada para la pesca	Libre de sustancias tóxicas
B ₂	Pesca de agua templada	<1 000		2	>5	6.5-8.5	<39 ³	2	Adecuada para la pesca	Libre de sustancias tóxicas
B ₃	Contacto con el cuerpo (deporte)	<100		2	2	6.5-8.5	2	2	2	Calidad general del agua compatible
C	Usos industriales	<1 000		2	>3	5.0-9.0	<39	2	2	
D	Irrigación	<1 00		2	2	2	2	Fijado por autoridad reguladora	2	Libre de sustancias tóxicas

1 Todas las aguas deben estar libres de: a) sustancias descargadas que formen depósitos de cieno; b) espuma o material flotante desagradable a la vista, o nocivo; c) sustancias que producen color, olor o molestias, sabor a pescado, etcétera; d) sustancias tóxicas o perjudiciales para animales, plantas u otros organismos acuáticos; e) sustancias que producen organismos acuáticos indeseables; f) residuos de aguas servidas que producen glóbulos de grasa, películas o coloración de la superficie del agua; g) niveles de radiactividad superiores a los últimos estándares fijados para el agua potable; h) descargas que agraven los problemas de salinidad.

2 No hay estándares.

3 Se evitarán los cambios abruptos.

Cuadro 5. Grados de clasificación para ríos y lagos y estándares de calidad del agua asociados a ellos, 1974 (abreviado), Departamento de Salud de Colorado¹

Clase	Adecuada para	Coliformes (por 100 ml)		Estreptococo fecal (por 100 ml)	O ₂ disuelto	pH	Temp. (°C)	Total sólidos disueltos	Turbidez	Otros
		Total	Fecal							
A	Suministro de agua potable; contacto en recreo; pesca en agua fría	<1 000	< 200	<20	>6	6.5-8.5	<20 ³	2	10 JCU ⁴	2
A ₂	Suministro de agua potable; contacto en recreo; pesca en agua templada	<1 000	<200	<20	>5	6.5-8.5	<39 ³	2	10 JCU ⁴	2
B ₁	Contacto en recreo; pesca en agua fría	<10 000	<1 000	1	>6	6.0-9.0	<20 ³	2	10 JCU ⁴	2
B ₂	Contacto en recreo; pesca en agua templada	<10 000	<1 000	1	>5	6.0-9.0	<39 ³	2	10 JCU ⁴	2

¹ Ibid. nota 1 cuadro 3

² No hay estándares.

³ Hay que evitar cambios abruptos

⁴ Aumento permitido.

Estándares de calidad de agua

Para fijar los estándares de protección de la calidad del agua ambiental hay dos enfoques. 1) estándares del río, y 2) estándares del efluente. Ambos son necesarios para un manejo eficiente. Los estándares del río proporcionan una meta que se desea alcanzar y una referencia para evaluar la eficiencia del programa de control de la contaminación. Pero no bastan, porque es difícil aplicarlos, el organismo de ejecución no cuenta con base legal para limitar las descargas efluentes. Por lo tanto es imperativo fijar, al mismo tiempo, estándares de descarga efluente. Los conjuntos dobles de estándares de río y de estándares de efluentes posibilitan la administración de un programa. Los estándares del río representan una meta real y considerable para las aguas públicas. Los estándares de efluentes son las metas tangibles para cada punto individual de descarga así como para los reguladores. Si un conjunto dado de estándares del efluente no permite alcanzar los estándares del río, se pueden restringir más los primeros. Por consiguiente, se incluye un cierto grado de empirismo.

Es difícil prescribir estándares de calidad del agua específicos, debido a la singularidad de cada situación ecológico-cultural.

Bases técnicas para estándares de ríos

La base ecológica de los estándares de calidad del agua se deriva de los criterios para la supervivencia sana de las especies bióticas de interés. El cuadro 6 presenta criterios de hábitat y de calidad del agua para varias especies acuáticas que se encuentran en varios sectores del sistema del río South Platte, Colorado. La idea clave es que a cada especie va asociado un *vector* de criterios. Dicho de otro modo, el organismo no sobrevivirá si sólo se cumplen uno o varios de los criterios; hay que satisfacer todo el conjunto de criterios. En el cuadro 6 se puede hacer una observación importante, pues se muestran dos categorías de criterios: la "calidad del agua" y el "hábitat biológico". Se deduce que de nada sirve fijar estándares de calidad del agua para una determinada especie si el hábitat biológico ambiental no es el que corresponde. Es un enfoque general frecuente en estos últimos años en Estados Unidos, debido más al celo emocional de la ética ambiental que a la razón. Pero la condición anterior refleja el clima político predominante desde 1965.

Aunque el cuadro 6 ilustra el concepto de "vector de criterios" para diferentes biotas, el mismo concepto se puede aplicar a los seres humanos en relación con la salud. Se puede observar esto en los vectores de estándares de los cuadros 4 y 5 para las clases de agua que se consideran potables y adecuadas al contacto con el cuerpo en actividades de recreo. En lo referente a los países latinoamericanos, hay otras muchas consideraciones que deben tenerse en cuenta, y por lo tanto, los cuadros 4 y 5 son únicamente ilustrativos.

A fin de mostrar el concepto de vectores de criterios en un sentido más amplio, el cuadro 7 presenta vectores de criterios para diversos objetivos sociales correspondientes a la parte inferior del río South Platte en Colorado. Se indica si las condiciones actuales de flujo, calidad del agua, etcétera, son satisfactorias (S) o insatisfactorias (I) respecto a la posible realización de los diversos objetivos sociales que presentan. Nuevamente, la idea clave es que no conviene hacer grandes inversiones en la calidad del agua para lograr objetivos sociales que no se pueden alcanzar debido a limitaciones inherentes en otras variables necesarias de la situación. Si por el contrario el vector de variables situacionales asociado a un objetivo social dado contiene suficientes valoraciones "S", sería absurdo permitir que la calidad del agua se deteriorara hasta la situación "I". Por ejemplo, si se construye un cuadro similar para la parte alta del río South Platte (en las montañas) los vectores variables de la situación constan principalmente de condiciones "S". Así, sí es sensato mantener una calidad de agua adecuada. Por consiguiente, las personas encargadas de clasificar ríos deben distinguir entre los ríos y lagos que han de permanecer prístinos y puros y aquéllos en los que se puede tolerar una cierta cantidad de degradación con escaso perjuicio para la naturaleza y para el hombre.

De la anterior exposición se debe concluir que el proceso de fijación de estándares de calidad ambiental del agua exige una perspectiva bastante amplia. Con este punto de vista será posible elaborar un programa factible y operante de manejo de la calidad del agua.

Estándares para aguas servidas

Los dos enfoques básicos que se deben usar para el control de las descargas contaminadas son: 1) carga de aguas servidas, y 2) estándares de la descarga. De acuerdo con el primer enfoque, el organismo regulador evalúa cada contaminante de acuerdo con la cantidad descargada en el río (por ejemplo kilogramos de demanda de oxígeno bioquímico por día). La carga de agua servida por unidad de contaminante, descargada diariamente, se aumenta hasta que la calidad del agua ambiental se adapta a los estándares del río establecidos. Según el segundo enfoque, utilizado en Estados Unidos, se fijan estándares de aguas servidas que en caso de excederse, constituye una violación de la ley. Los estándares deben ser suficientemente estrictos como para hacer que la calidad del agua ambiental se aproxime a los respectivos estándares del río. El concepto básico es que los gastos debidos a las descargas de aguas servidas deben ser absorbidos por el causante, ya que imponen perjuicios externos a los demás. Los estándares de aguas servidas han empezado en Estados Unidos con las especificaciones de las tecnologías de tratamiento de las descargas municipales e industriales, respectivamente. Los estándares de descarga efluente para las categorías de aguas servidas de origen industrial están sometidos a una "producción por unidad" de descarga permitida, aso-

Cuadro 6. Calidad del agua y vectores del hábitat de diferentes organismos (Hendricks y Bluestein, 1976)

ATRIBUTOS AMBIENTALES										
Biota	Calidad del agua						Hábitat			
	Temperatura en grados Celsius	Nivel de supervivencia por el oxígeno disuelto a 20°C en mg/l	Total de sólidos disueltos en mg/l	Amonio en mg/l	Sólidos en suspensión	Nutrientes	Corriente del río mas adecuada	Substrato ^a	Cubierta de fondo ^b	Tipos de alimentos ^c
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
(a) PECES										
Pesca deportiva										
trucha	23.5 - 26.1 ^d	5.6 ^e	— ^f	0.6	270 ^g	— ^h	fluida	G,R	E	C,P
luzna	36.4 ^d	5.5 ^e	— ^f	—	100 000 ^g	—	estática	G,R,A	E	C,P
bagre (canal)	33.5 ^d	3.3 ^e	— ^f	37.5 ⁱ	85 000 ^g	—	estática a lenta	De	T	C,S
otros (rueda)	30.2 - 35.0 ^d	3.3 ^e	— ^f	—	166 000 ^g	—	estática a lenta	G,A,R	E	I,C
Peces resistentes										
rennora	31.2 ^d	—	— ^f	6	—	—	estática a fluida	De	N	O,H
carpe	35.7 ^d	3.7 ^e	— ^f	2.0	181 000 ^g	—	estática a lenta	D,M,A,G	N	O,H
otros (peces pequeños)	33.8 ^d	—	— ^f	180 ⁱ	183 000 ^g	—	estática a fluida	M,G,De	—	—
(b) INVERTEBRADOS										
Sensibles										
trichoptera	29 ^d	1.0 ^e	— ^f	—	—	—	fluida	R,G ^a	R ^d	D,A,F
libélulas	33 ^d	3 ^e	— ^f	—	—	—	fluida	R,G ^a	R ^d	Z,D
otros (diptera)	39.5 ^d	1.2 ^e	— ^f	—	—	—		R,G ^a	R ^d	Z,D
Tolerantes										
gusanos del sedimento	<35 ^d	—	— ^f	—	—	—	estática	M,S	R ^d	F,B,De
larvas de peñes	41.6 ^d	—	— ^f	—	—	—	fluida	R,G	R ^d	De
otros (quironómidos)	35 ^d	—	— ^f	—	—	—		R,G,S,M	R ^d	De
(c) PLANTAS ACUÁTICAS										
Algas verdes	25 - 35 óptima			0.4	— ^g		estática	—	—	—
Plantas vasculares	22 - 35 óptima				nada		estática	D,M,G,R	—	—

^aG = grava; R = roca; S = arena; De = detritus; M = asfuerzo;
^bPE = esencial; t = turbidez; N = no esencial; Rd = roca y desechos;
^cCC = carnívoro; P = pasívoro; S = carroñero; I = insectívoro; O = omnívoro; H = herbívoro; D = diatomeas; A = algas; F = hongos; Z = zooplankton; D = vegetación muerta; B = bacterias; De = detritus.
^dTLm significa tolerancia media límite o nivel necesario para matar el 50% de los organismos en un periodo especificado (por ejemplo 96 h TLm).
^eEA temperaturas inferiores los niveles de supervivencia son inferiores por ejemplo el nivel de supervivencia de la trucha es 1.9 mg/l a 10°C y 3.0 mg/l a 16°C.
^fEstas formas de vida crecen muy bien en agua salobra de varios miles de partes por millón de total de sólidos disueltos. Algunas pueden incluso vivir en agua marina. La trucha sobrevive en aguas que tienen 35 000 mg/l de Cl y 11 000 mg/l de PO₄.
^gPara la trucha, el TLm = piedra diatomeas. Para la luzna y otros peces turbidez fatal como la arcilla.
^h15 mg/l de NO₃ -N no resultan tóxicos para la trucha arcoiris en 24 horas.
ⁱPuede ocurrir una superabundancia de plantas y algas perjudiciales para los peces si son foresto rara vez alcanza niveles tóxicos para los peces.
^jComo cloruro de amonio 96 h TLm referencia TLm para la trucha = 30 mg/l de cloruro de amonio.
^kMuchos invertebrados sobreviven a >35°C, pero la población disminuye, las temperaturas letales son muy variables según los factores que influyen en la reacción del organismo a la temperatura.
^lValor caso para la velocidad de corriente de 2 fpl en ninguna corriente se necesitan 4 mg/l.
^mPerjudica porque obstruye las delicadas membranas de las gallas.
ⁿLa arena movediza y el girirre ligero del fondo son medios especialmente perjudiciales para la mayoría de los invertebrados acuáticos.
^oReducir la cantidad de luz solar.

Cuadro 7. Vectores de las variables del estado del agua, en relación al cumplimiento de los objetivos sociales: región inferior del río South Platte, Colorado (Hendricks y Bluestein, 1976)

Objetivo	Variables del Estado del Río*							
	Flujo	Calidad del agua	Uso de la tierra adyacente y propiedad de la tierra	Acceso a los ríos	Vegetación ribereña	Biota acuática	Vegetación de las vegas, aves acuáticas y vida terrestre	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Satisfacción:								
Potencial recreativo	I	S	I	I	S	I	S	
Integridad ecológica	I	S	S	S	S	S	S	
Potencial de cinturón verde urbano	I	S	I	I	S	S	S	
Goce estético	I	S	I	I	S	S	S	
Supervivencia:								
Agua municipal	S	S	S	S	S	S	S	
Agua industrial	S	S	S	S	S	S	S	
Agua de irrigación	S	S	S	S	S	S	S	

Nota: Las designaciones son juicios con propósitos ilustrativos. Los criterios se basaron en proyecciones de las condiciones para 1983 y se aplicaron a las llanuras de South Platte desde la parte inferior a Denver hasta Julesburg.

ciada a los diferentes niveles de tecnología de control que incluyen el diseño del proceso en la planta y el tratamiento. El cuadro 8 ilustra los requisitos generales actuales en Estados Unidos. Se han agregado directrices específicas para desechos industriales y municipales. Se han fijado directrices sobre contaminantes industriales para cada industria. El tratamiento secundario de las aguas servidas municipales se interpreta como estándar "30-30", lo cual significa 30 mg/l en demanda de oxígeno biológico y 30 mg/l de sólidos en suspensión. En la actualidad hay una tendencia hacia un estándar "10-10", que implica un tratamiento terciario.

En lo que se refiere a la construcción de represas, debería fijarse el concepto de estándares de descarga a fin de que existiesen requisitos para descargar en la presa agua de las zonas circundantes y con flujos que sean compatibles con los estándares de calidad del agua en la parte inferior del río. Por lo tanto, no debería salir agua del hipolimnio en un período en que sea anaerobio. Además, la temperatura del agua que sale debe ser lo más cercana posible a la de la corriente natural del río, y no hay que permitir cambios repentinos.

Infraestructura para el control continuo de la calidad del agua

Los objetivos de la calidad del agua no se alcanzarán sin la estructura de una agencia reguladora adecuada, respaldada por un financiamiento apropiado y por autoridad legal. La agencia debe encargarse, por ley, de fijar estándares en el río, determinar estándares de descarga de aguas servidas, administrar un programa de permisos de descarga de aguas servidas, vigilar la calidad del agua ambiental y el cumplimiento del

Cuadro 8. Requisitos* sobre la descarga de aguas servidas, de acuerdo con PL 92-500, Sección 301

Año	Descargas de desagües industriales	Descargas de desagües municipales
1	2	3
1977	Mejor tecnología practicable	Tratamiento secundario
1983	Mejor tecnología disponible	Mejor tecnología practicable
1985	Ninguna descarga de contaminantes	Ninguna descarga de contaminantes

* La "descarga cero" para 1985 está definida como meta en la ley, en la sección 101; no es un requisito específico.

permiso de descarga de aguas servidas, expedir emplazamientos por violaciones a los permisos, financiar la educación de profesionales, subvencionar proyectos de investigación, realizar investigaciones de campo, etcétera.

En resumen, la vigilancia de la calidad del agua es un programa continuo y activo. Por esta razón, debe tener perspectivas amplias y una infraestructura de ejecución proporcional al esfuerzo *ad hoc* mostrado por unas cuantas personas. Aunque una infraestructura eficiente exige años para su consecución, el elemento más importante para alcanzarla es el compromiso político continuo de hacerlo.

Referencias

- Colorado Department of Health, *Water Quality Standards for Streams and Lakes*, Denver, 1971.
- Colorado Department of Health, *Water Quality Standards for Streams and Lakes*, Denver, 1974.
- Hendricks, D. W. y M. W. Bluestein. Response of the South Platte to Effluent Limitations, *Journal of the Environmental Engineering Division*, American Society of Civil Engineers, agosto 1976.
- Vlachs, E. y D. W. Hendricks. *Technology Assessment for Water Supplies*, Water Resources Press, Fort Collins, Colorado, 1977.

Bibliografía comentada

No hay ninguna referencia completa para cualquiera de las áreas discutidas en la sección de la calidad del agua. Se recomienda más bien una pequeña biblioteca que cubra las diversas facetas de cada tema. Los libros enumerados a continuación pueden proporcionar orientaciones. Se han seleccionado entre un gran número de libros e informes que componen la literatura relacionada con los temas.

1. Administración del control de la calidad del agua.

McGayhey, P. H. *Engineering Management of Water Quality*, McGraw-Hill, Nueva York, 1968.

Este libro presenta una buena orientación general sobre el tema.

Camp, T. R. y R. L. Meserve, *Water and Its Impurities*, 2a. edición, Dowden, Hutchinson, and Ross Inc., Stroudsburg, Pennsylvania, 1974.

Es un excelente libro de consulta, práctica y general, sobre el tema de la calidad del agua. Trata los principios básicos de los procesos químicos y físicos pertinentes, estándares que han de usarse, y problemas tales como la dispersión y mezcla de las descargas de aguas servidas, la desaparición gradual de bacterias, perfiles de oxígeno, etcétera. Explica y utiliza principios en relación con problemas prácticos, características muy típicas de Camp.

2. Criterios de la calidad del agua.

McKee, J. L. y H. W. Wolf. *Water Quality Criteria*, 2a. edición, Publicación Nº 3-A, California Water Quality Control Board, Sacramento, California, 1963.

Es un libro de consulta que ofrece información sobre los criterios acerca de la mayoría de los parámetros de calidad de agua.

3. Valores sociales:

Vlachs, E. y D. W. Hendricks, *Technology Assessment for Water Supplies*, Water Resources Press, Fort Collins, Colorado.

Este libro proporciona una orientación y una base racional que conecta el desarrollo de un proyecto a los valores sociales.

Technical Committee of the Water Resources Centers of the Thirteen Western States, *Water Resources Planning, Social Goals and Indicators: Methodological Development and Empirical Test*, Utah Water Research Laboratory, Logan, Utah, 1974.

Este documento es un informe sobre un proyecto de investigación interdisciplinario que trata los temas de los valores y las metas en relación al desarrollo.

James, L. E. y R. R. Lee. *Economics of Water Resources Planning*, McGraw-Hill, Nueva York, 1971.

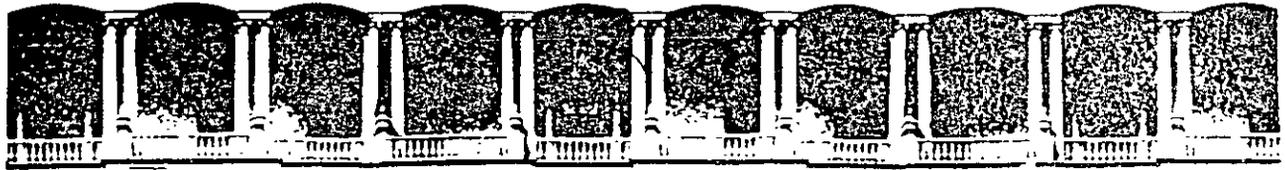
Trata las bases racionales de la economía aplicadas a cuestiones del desarrollo de recursos.

4. Diseño de modelos para la calidad del agua:

Shen, H. W. (ed.). *Modeling of Rivers*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1979.

Shen es el editor de un gran tratado sobre mecánica fluvial. Hay 4 capítulos prácticos sobre modelos para la calidad del agua, que también dan orientaciones sobre el tema; se enumeran a continuación:

- 1) Sanders, T. G., "Data Collection Planning and Survey of Water Quality Models", (capítulo 16).
- 2) Krenkel, P. A. y V. Novotny, "River Water Quality Model Construction", (Capítulo 17).
- 3) Krenkel, P. A. y R. J. Ruane, "Basic Approach to Water Quality Modeling", (capítulo 18).
- 4) Hendricks, D. W., "Application of Water Quality Models", (capítulo 19).



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

CURSOS INSTITUCIONALES

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Del 22 de junio al 4 de julio de 1998.

Recolección y Conducción de Aguas Residuales

Ing. Héctor Montoya Montiel
Palacio de Minería
1998.

TEMA: SIETE

RECOLECCION Y CONDUCCION DE AGUAS RESIDUALES

POR: ING. HECTOR MONTOYA MACIEL

- 1.- CONDUCTOS**
- 2.- BAJADAS PLUVIALES Y DE AGUAS NEGRAS**
- 3.- ALBAÑALES**
- 4.- REGISTROS Y PENDIENTES RECOMENDABLES**
- 5.- PARTES DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO**
- 6.- OBRAS ACCESORIAS**
- 7.- CALCULO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO
EJERCICIOS Y PROBLEMAS**

30 DE JUNIO 98

RECOLECCION Y CONDUCCION DE AGUAS RESIDUALES.

A través del tiempo una de las mayores preocupaciones -
del hombre, ha sido el abastecimiento de agua potable -
para sobrevivir y progresar en base a las diferentes ac-
tividades que él mismo ha tenido y creado.

Es necesario hacer notar la gran importancia que tiene -
el realizar adecuadamente la recolección, conducción, -
tratamiento y vertido o reuso de aguas residuales generadas
por el uso del agua potable en diferentes actividades
ya que en la actualidad y debido principalmente a la ex-

plosión demográfica, se ha generado día a día un reto -
mayor a vencer ya que hasta nuestros días no se ha podido
solucionar adecuadamente como lo exigen las necesidades
del país.

RECOLECCION Y CONDUCCION DE AGUAS RESIDUALES

CONDUCTOS CERRADOS.

BAJADAS PLUVIALES:

FIERRO FUNDIDO

FIERRO COLADO

FIERRO GALVANIZADO

P.V.C.

DESCARGAS DE MUEBLES:

FIERRO GALVANIZADO

P.V.C.

ALBAÑALES:

CONCRETO SIMPLE

ATARJEAS:

CONCRETO SIMPLE

CONCRETO REFORZADO

SISTEMAS DE ALCANTARILLADO:

— SISTEMAS DE AGUAS RESIDUALES

— SISTEMAS DE AGUAS PLUVIALES

— SISTEMAS DE AGUAS COMBINADAS

PARTES DE UNA RED DE ALCANTARILLADO

ALBAÑALES:

ALBAÑAL INTERIOR

ALBAÑAL EXTERIOR (desc. dom.)

ÁTARJEAS

SUBCOLECTORES

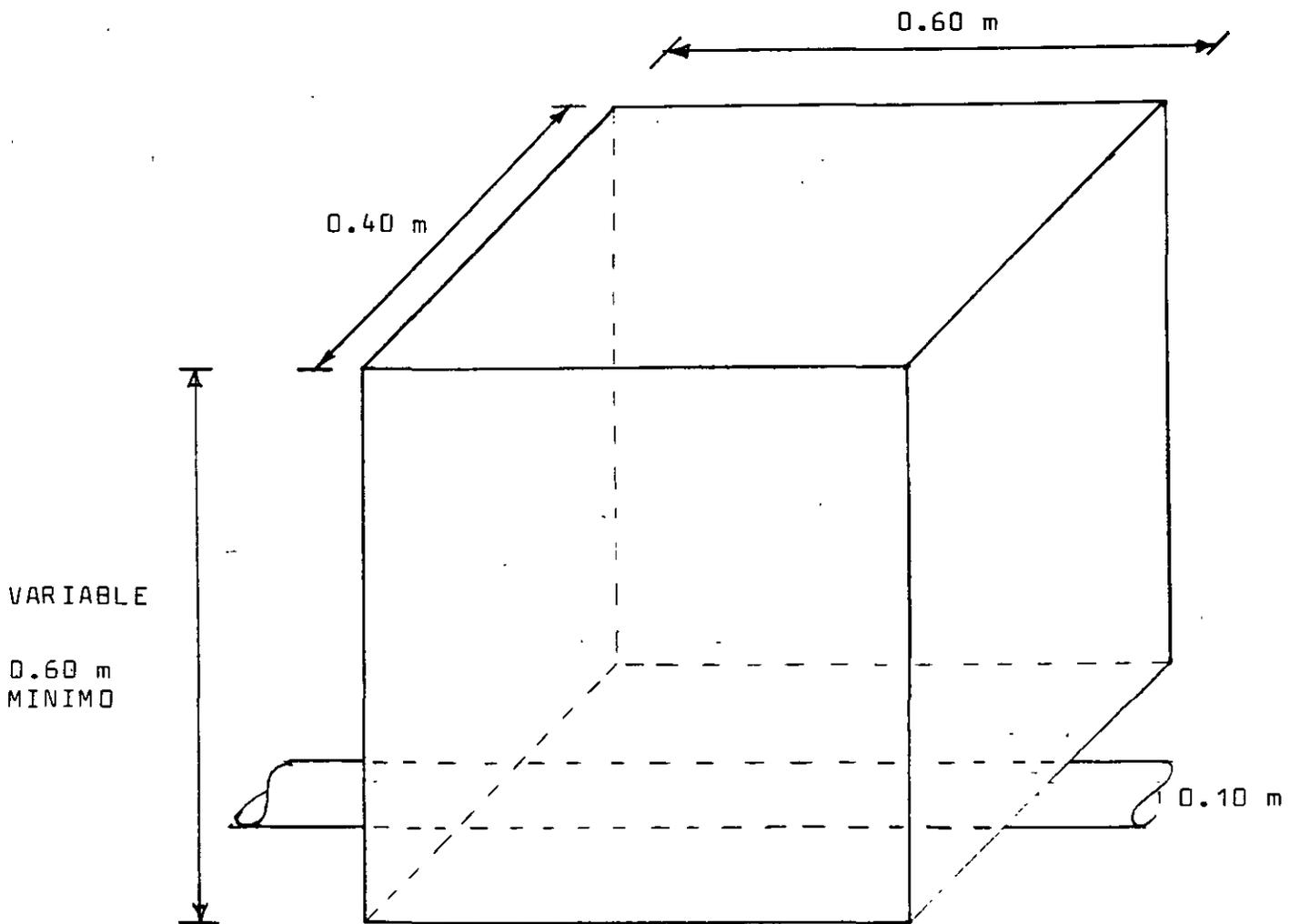
COLECTORES

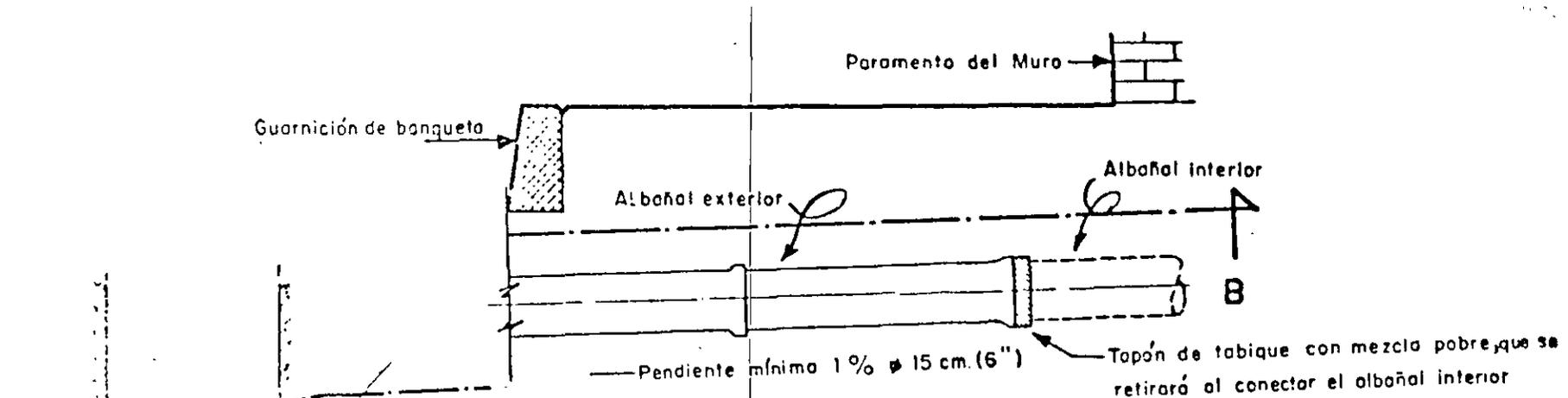
EMISORES

INTERCEPTOR

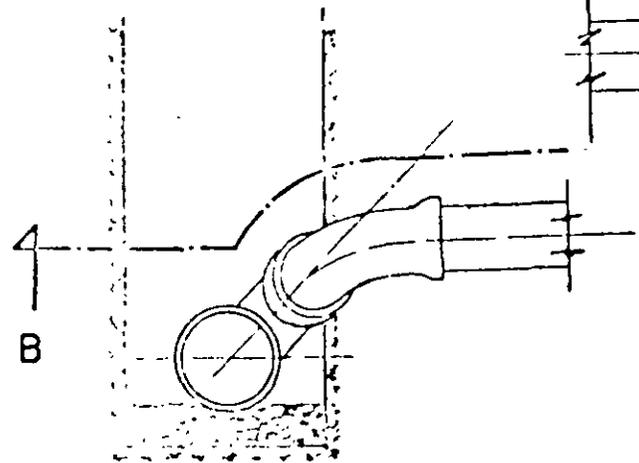
DISPOSICION FINAL

REGISTRO DE ALBAÑAL

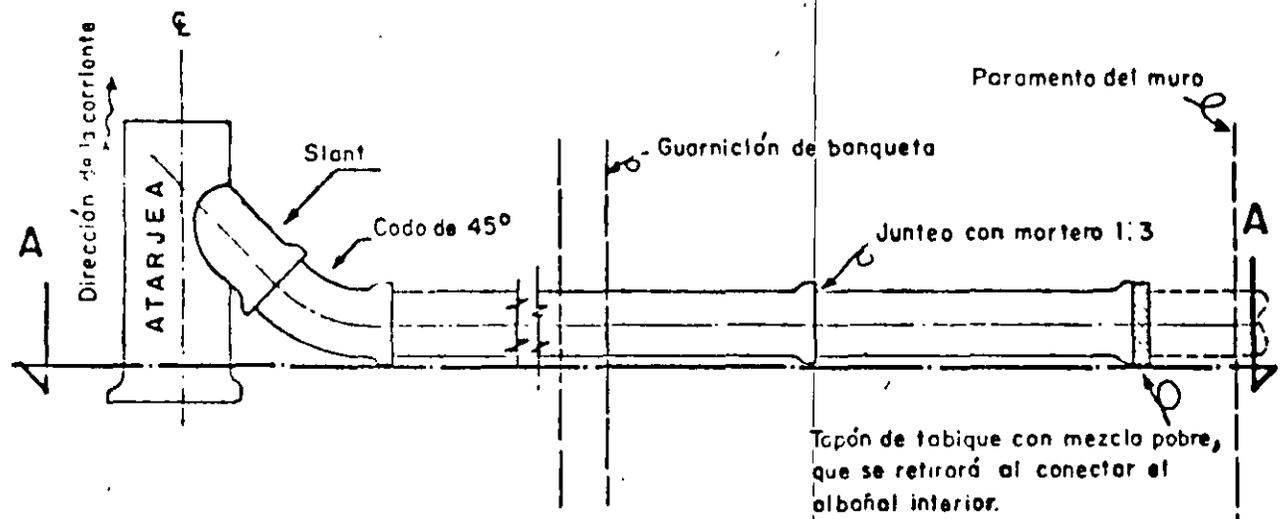




VISTA A-A



MATERIALES	UNIDADES	ALBAÑAL	
		100M PROF.	2.00M PROF.
Excavaciones	m ³	6	12
Cemento	Kgs.	6	6
Arena	lts.	14	14



VISTA SEGUN B-B

ALCANTARILLADO
DISPOSICION TIPICA PARA
CONEXIONES DE ALBAÑAL

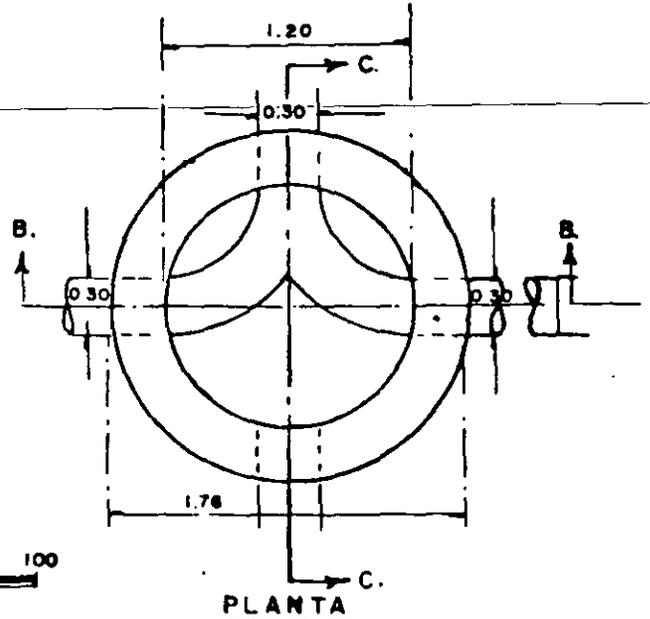
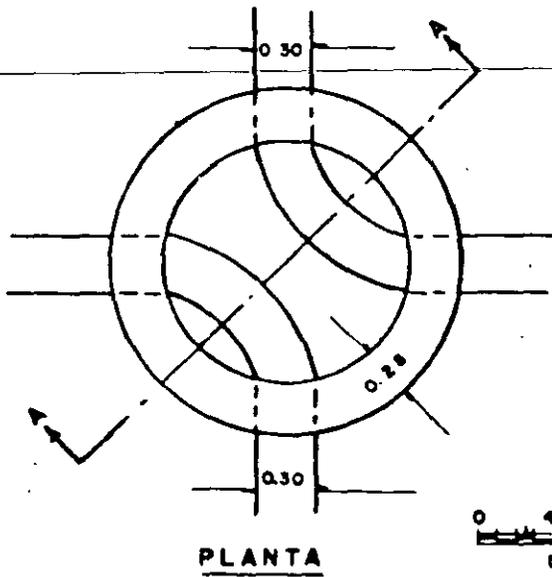
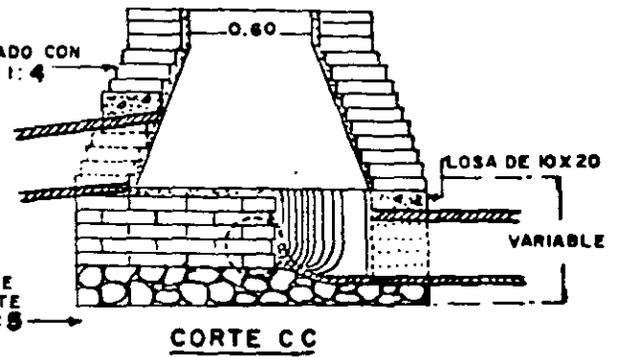
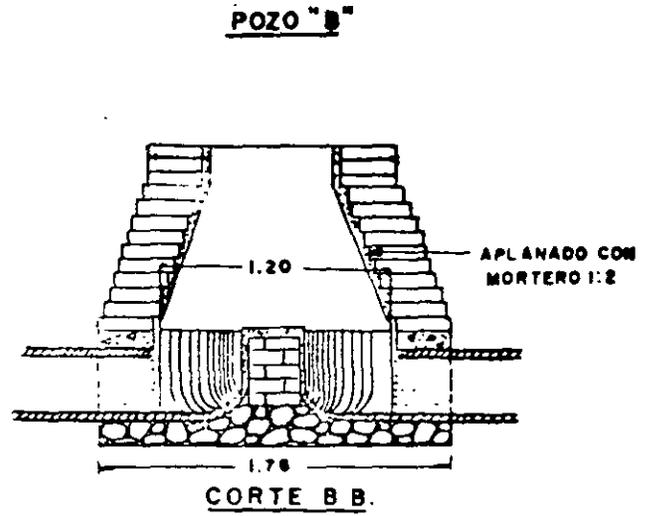
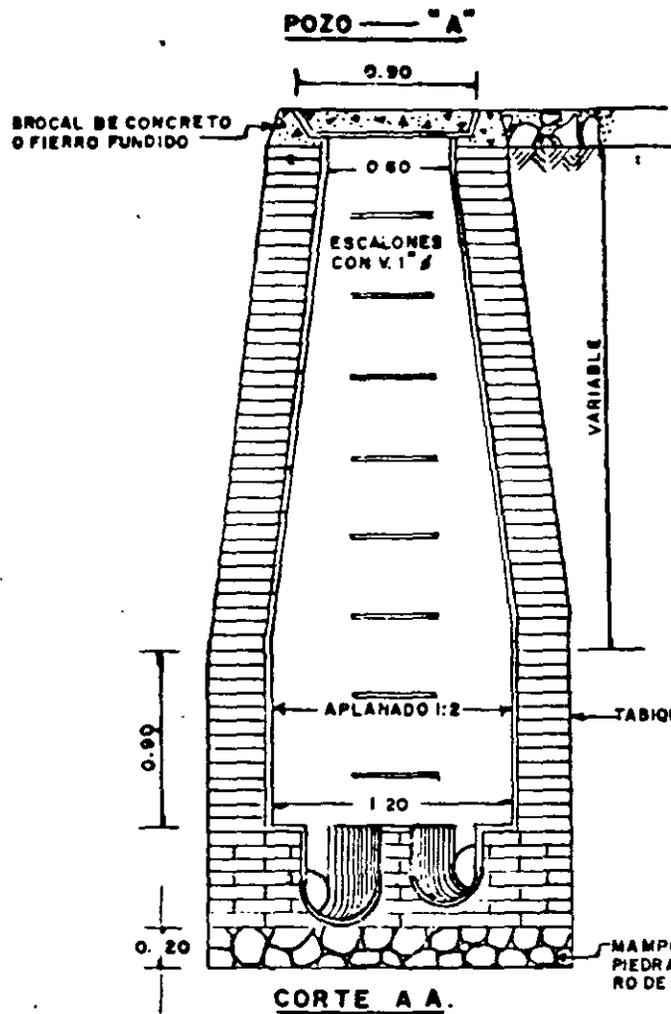
AVANCES DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

Con relación al diseño destaca el desarrollo de nuevas técnicas de cálculo en hidrología urbana y el empleo de computadoras para el diseño de alcantarillados con optimización económica empleando programación dinámica.

En lo que respecta a la construcción, se cuenta con métodos modernos para la programación de tiempos de construcción y control de obras. Mejores equipos para excavación, perforación y compactación. Nuevos materiales para las tuberías. Empleo de rayos láser para el trazo de ductos, tuneles y canales y empleo de sistemas hidráulicos de descarga integrados en alcantarillado para reducir el pico de avenidas.

Se dispone actualmente con mejores materiales y equipos más eficientes de bombeo. Equipos de medición más confiables y de simple operación.

En el área de mantenimiento se han desarrollado múltiples y ventajosos dispositivos para limpieza.



NOTA:
 El pozo tipo "A" se usará para profundidades mayores de 2.30m.
 El pozo tipo "B" se usará para profundidades menores de 2.50m y mayores o iguales a 1.10m.

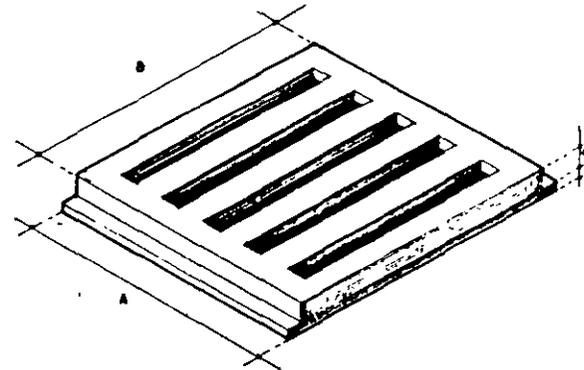
ALICATA PULCADO

POZO DE VISITA TIPO

R E J I L L A S F I J A S

R E J I L L A S

CARACTERISTICAS	D I M E N S I O N E S		P E S O
	A x B	A x B	APROXIMADO
	CM.	PULG.	KILOS
SIN BISAGRA Y FIJA	40 x 60	15 3/4 x 23 5/8	50
SIN BISAGRA Y FIJA	45 x 45	17 5/8 x 17 5/8	47
SIN BISAGRA Y FIJA	60 x 70	23 1/2 x 27 1/2	134



REJILLA RECTA FIJA

M Y M A C O

TEL. 515 58 87

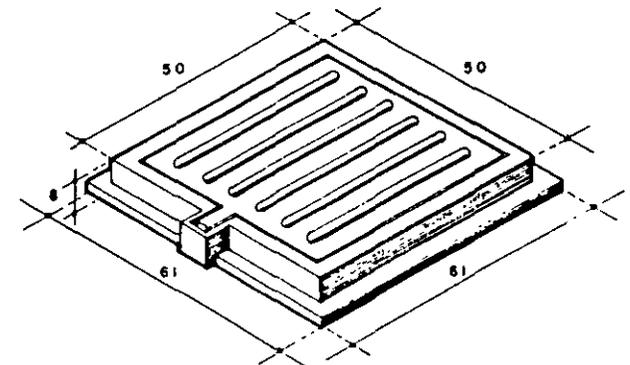
515 45 13

515 01 55

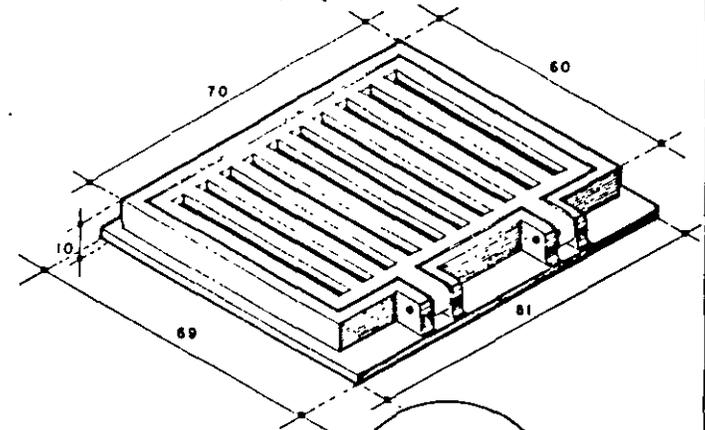
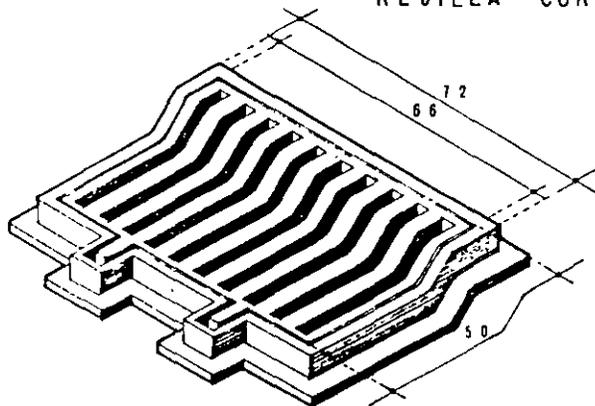
23

REJILLAS CON BISAGRAS

C-A R A C T E R I S T I C A S	D I M E N S I O N E S		P E S O
	C M	P U L G.	K I L O S
CON MARCO Y TAPA	45 x 45	17 5/8 x 17 5/8	80
CON MARCO Y TAPA	50 x 50	19 11/16 x 19 11/16	105
CON MARCO Y TAPA	60 x 70	23 1/2 x 27 1/2	180
CON MARCO Y TAPA	40 x 60	15 13/16 x 23 1/2	105



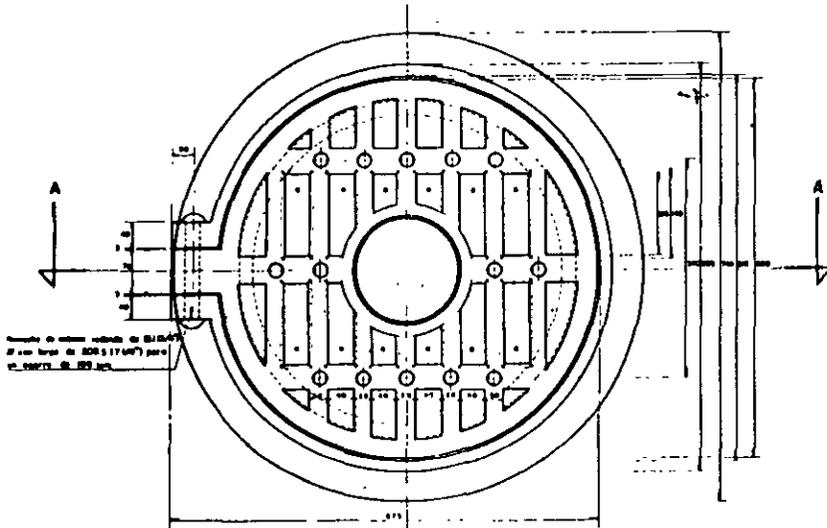
REJILLA CURVA CON BISAGRA
PESO 92.00 Kg.



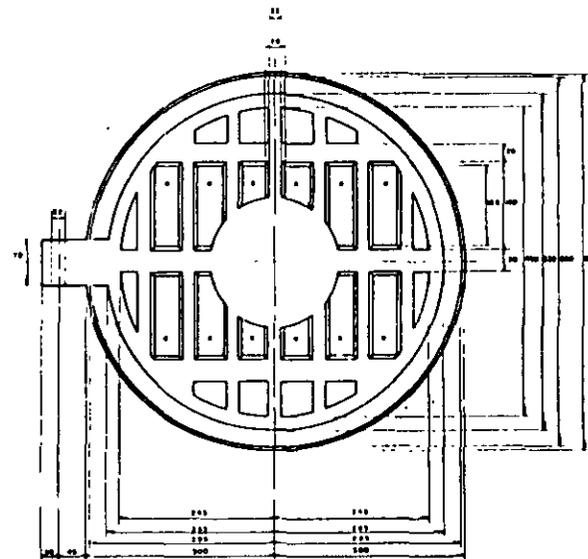
M Y M A C O

TELS 515 58 87 515 45 13 515 01 55

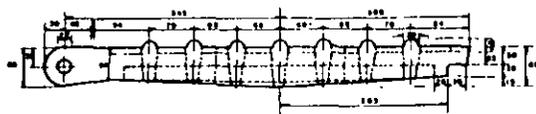
22



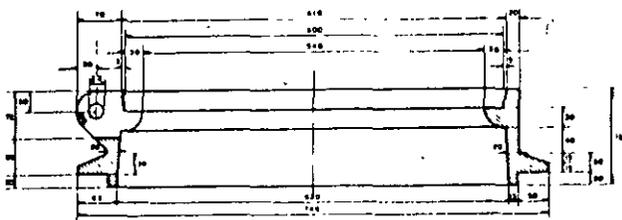
PLANTA



VISTA INFERIOR DE LA TAPA



CORTE A-A DE LA TAPA



CORTE A-A DE LA BASE

Autor: *[Signature]*
 Diseñador: *[Signature]*
 Escala: 1:10
 Material: *[Text]*

Peso del bracci 72 Kg
 Peso de la tapa 87 Kg
 Peso conjunto 159 Kg

ESCALA GRAFICA



Este plano anula y sustituye al V.C. 1254

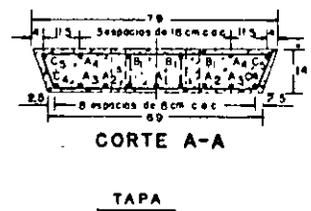
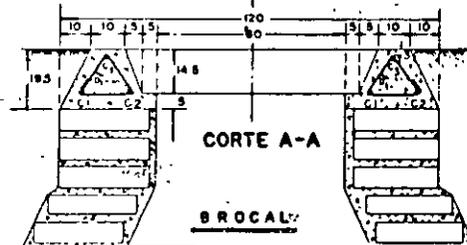
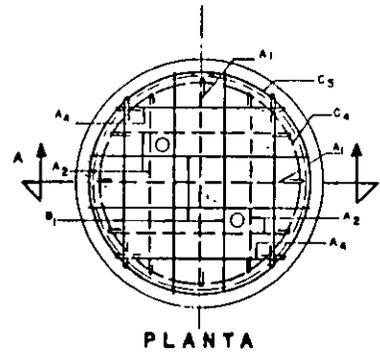
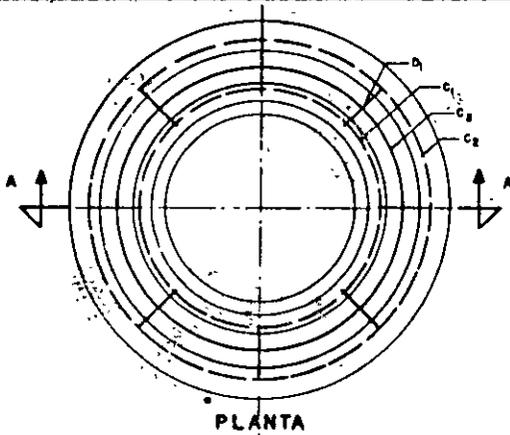
Nov 1960

NOTAS -

- 1) Aclaraciones en milímetros
- 2) La fundición debe ser de primera
- 3) 0 indica aberturas

SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS
 SUBSECRETARIA DE BIENES INMUEBLES Y OBRAS URBANAS
 DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION DE SISTEMAS DE
 AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
 SUBDIRECCION DE PROYECTOS

ALCANTARILLADO
 BRIDAL Y TAPA DE F.F.O.
 Conforme: *[Signature]*
 MEXICO DE JUNIO DE 1979
 V.C. 1494



LISTA DE VARILLAS										
TIPO	No	Ø	L	S	E	4	6	8	10	CHD OUI 3
BROCAL										
C ₁	1	3/8"	333	106				10	11	145
C ₂	1	3/8"	238	78				10	20	208
C ₃	1	3/8"	282	80				10	12	252
D ₁	8	7/8"	15	14				8	51	408
TAPA										
A ₁	2	3/8"	53					13	10	150
A ₂	4	3/8"	47					13	75	292
A ₃	4	3/8"	37					13	63	252
A ₄	4	3/8"	47					13	75	292
B ₁	4	3/8"	75	85	12	11		10	108	740
C ₄	1	3/8"	201	64				10	211	211
C ₅	1	3/8"	225	71				10	233	233
CANTIDADES DE OBRA										
Concreto 1 ^o - 18' - 48' / m ²										BROCAL TAPA TOTAL
										0.106 m ³ 0.064 m ³ 0.172 m ³
Hierro de Refuerzo										
										1/4" 11 Kg 11 Kg
										3/8" 5.0 Kg 12.4 Kg 17.4 Kg

Este plano anula y sustituye al VC 1461 de Julio 1962

Diseñó: *[Signature]*
 Carlos Arlés N.
 Revisó: *[Signature]*
 Ricardo Borrero E.

NOTA: Todas las acotaciones estan en centímetros

ALCANTARILLADO
 BROCAL Y TAPA DE CONCRETO
 REFORZADO

Hecho el 17 de Julio de 1978 VC 1491