PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS

Lunes 30 de Oct.	Martes 31 de Oct	Miércoles 1°de Nov.	Jueves 2 de Nov.	Viernes 3 de Nov.	Sábado 4 de Nov.
INAUGURACION TRATAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA	HIDRAULICA QUIMICA DEL AGUA	QUIMICA DEL AGUA MICROBIOLOGIA DEL AGUA	VACACIONES	BOMBAS PROTECCION DE LAS FUENTES DE CAPTACION	PRACTICAS DE QUIMICA Y MICROBIOLOGIA
Lunes 6 de Nov.	Martes 7 de Nov.	Miércoles 8 de Nov.	Jueves 9 de Nov.	Viernes 10 de Nov.	Sábado 11 de Nov.
FUNC. UND. CONST. DE UNA PLANT. DE POTABILIZACION.	COAGULACION Y FLOCULACION	SEDIMENTACION	FILTRACION	DESINFECCION	PRACTICAS DE DESINFECCION
DESARENADORES Y AERACION	COAGULACION Y FLOCULACION	SEDIMENTACION	FILTRACION	DESINFECCION	
Lunes 13 de Nov.	Martes 14 de Nov.	Miércoles 15 de Nov.	Jueves 16 de Nov.	Viernes 17 de Nov.	Sábado 18 de Nov.
TRATAMIENTO - COMPLEMENTARIO Y PREVENTIVO.	NUEVA TECNOLOGIA EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA.	SISTEMAS DE CONTROL Y TALLERES			
Lunes 20 de Nov.	Martes 21 de Nov.	Miércoles 22 de Nov.	Jueves 23 de Nov.	Viernes 24 de Nov.	Sábado 25 de Nov.

PRACTICAS EN LA CIUDAD DE MORELIA

DICTORIO DE PROFESORES

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS

ING. EDMUNDO IZURIETA RUIZ
Profesor del C.E.C.
Tacuba No. 5
Tel.- 512-80-94

ING. FRANCISCO SUSAN COLOMBRES
Investigador - Sec. Ing. Sanitaria
Instituto de Ingeniería - UNAM.
Tel.- 550-52-15 ext. 3603 ó 3604

ING. FRANCISCO MONTEJANO URANGA
Profesor de tiempo completo "B"
DESFI - UNAM.
Tel.- 550-52-15 ext. 4472

SRA. GABRIELA MOELLER DE JALIFE
Secretaria Académica Auxiliar
DESFI - UNAM.
Tel.- 548-58-77

ING. ARMANDO ADAME SAENZ
Oficina de Plantas de Tratamiento, D.D.F.
San Antonio Abad No. 231 - 7°piso
Col. Obrera México 8, D.F.
Tel.- 588-33-16

ING. RODRIGO SOLIS ALBA
Subdirector de Area de Investigación y Entrenamiento - Dirección General de Protección y Ord. Ecológica -SARH
Av. San Bernabé No. 549
México 20, D.F.
Tel.- 595-29-88

ING. GASTON MENDOZA GAMEZ
Jefe de la Oficina de Desarrollo
Tecnológico. Dirección General
de Contrucción y Operación Hi-
dráulica, D.D.F.
San Antonio Abad No. 231 - 7°piso
Col. Obrera México 8, D.F.
Tel.- 578-30-20

ING. DONATO GUTIERREZ AGUIRRE
Residencia en Torreón, Coah.
Dir. Gral. de Protección y -
Ordenación Ecológica - SARH.
Tel.- 4 29 72 (lada 171)

ING. ARNULFO PAZ SANCHEZ
Oficina de Plantas de Tratamiento D.D.F.
San Antonio Abad No. 231 - 7 °piso
Col. Obrera México 8, D.F.
Tel. 578-32-18

ING.ROBERTO COSSIO
Wallace & Tiernan de México
Apartado Postal 348 ó 349
Ecapetpec, Estado de México
Tel.- 564-58-11 y 569-13-22

ING. ROGELIO GONZALEZ RODRIGUEZ
Servicio de Agua y Drenaje de Monterrey
Matamoros No. 1717 Pte.
Col. Obispado
Monterrey, N.L.
Tel.- 47-20-00 ext. 170 (lada 83)

ING. JORGE TRIVIÑO MORALES
Consultor de la OSP/OMS
Plan Nacional de Adiestramiento-SAHOP.
Reforma No. 51 - 18° piso
México 4, D.F.
Tel.- 535-53-17

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS

P R O G R A M A

1. TRATAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA

Importancia de la operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable en México. Ciclo hidrológico e impurezas del agua. La calidad del agua potable y el tratamiento. Revisión de los principales parámetros. Normas. La calidad del agua y el impacto en la salud.

Número de horas: 2

Profesor:

ING. EDMUNDO IZURIETA R.

2. REVISION DE LOS PRINCIPIOS GENERALES DE HIDRAULICA EN CONDUCTOS.

Leyes que rigen la circulación de líquidos en conductos. Concepto de caudales y gastos. Conductos abiertos. Conductos cerrados. Presión hidrostática. Carga piezométrica. Pérdida de carga. Medición de caudales: Métodos prácticos, vertedores y aparatos más utilizados.

Número de horas: 2

Profesor:

ING. FRANCISCO SUSAN COLOMBRES

3. REVISION DE LOS RPINCIPIOS DE QUIMICA Y MICROBIOLOGIA APLICADOS AL TRATAMIENTO DEL AGUA.

Toma de muestras. Turbiedad. Color. Olor. Dureza. Alcalinidad. pH. Estabilidad del carbonato de calcio. Prueba del vaso para la coagulación y floculación (métodos de las jarras). Ablandamiento. Cloro residual. Hierro. Manganeso. Floruros. Determinación del fluor. Cloruros. Sustancias tóxicas. Bacteriología del agua. Recuento en placa. Grupo coliforme. Indice NMP. Técnica del filtro membrana. Examen microscópico del agua. Microorganismos que causan olores y sabores. Microorganismos que obstruyen los filtros. Microorganismos presentes en las aguas contaminadas. Olores y sabores. Normas de calidad. Prácticas de laboratorio.

Número de horas: 6

Profesor:
ING. FRANCISCO MONTEJANO URANGA
Q.F.B. GABRIELA MOELLER DE JALIFE

4. PRINCIPIOS GENERALES DE BOMBAS, MOTORES Y APARATOS DE MEDICION.

Principios de funcionamiento de bombas, motores y medidores. Válvulas. Principales problemas de la operación, mantenimiento y accesorios. Instalaciones eléctricas. Sistemas de control. Mantenimiento preventivo.

Número de horas: 2

Profesor:
ING. ARMANDO ADAME SAENZ

5. PROTECCION DE LAS FUENTES DE CAPTACION.

Contaminación, intrusión salida, control de algas. Aguas subterráneas. Aguas superficiales. Medidas aplicables a los embalses.

Número de horas: 2

Profesor:

ING. RODRIGO SOLIS ALBA

6. FUNCION DE LAS UNIDADES CONSTITUTIVAS DE UNA PLANTA DE POTABILIZACION.

Revisión de los procesos más generalizados de tratamiento del agua. Funciones y esquemas. Pruebas para determinar la eficiencia de los procesos de tratamiento.

Número de horas: 2

Profesor:

ING. GASTON MENDOZA GAMEZ

7. DESARENADORES Y AERACION.

Función del tratamiento preliminar. Normas de operación y mantenimiento de los desarenadores. Revisión de los fundamentos de la aeración: Métodos y equipo.

Número de horas: 2

Profesor:

ING. FRANCISCO MONTEJANO URANGA

8. COAGULACION Y FLOCULACION.

Principios generales. Coloides. Adsorción. Ionización. pH. Coagulantes e interferencias. Preparación de soluciones de coagulantes y propiedades. Equipos dosificadores: en solución y en seco. Mezcladores y acondicionamiento del flóculo.

Número de horas: 4

Profesor:

ING. GASTON MENDOZA GAMEZ

9. SEDIMENTACION

Principios generales. Período efectivo de sedimentación. Funcionamiento y control de los sedimentadores. Vertedores de entrada y salida. Altura de la capa de sedimentos. Evacuación de los sedimentos. - Sedimentadores de contacto con sólidos en suspensión (manto de lodos). Sedimentadores de flujo horizontal y vertical. El pulsador Degremont. El Accelator Infilco. Control del proceso de sedimentación. Ensayos para determinar la eficiencia de los sedimentadores. Comportamiento hidráulico de los sedimentadores.

Número de horas: 4

Profesor:

ING. DONATO GUTIERREZ

10. FILTRACION.

Revisión de los principios básicos. Objetivos. Funcionamiento: velocidad de filtración, pérdida de carga, lavado de la arena, comprobacio-

nes de laboratorio. Filtros lentos de arena. Filtros rápido de arena El lecho del filtro: especificaciones de la arena, especificaciones de la grava, partes integrantes del filtro. Técnicas de lavado. Lavado con aire. Reguladores de gasto. Indicadores de carga. Válvulas y tuberías. Filtros de presión. Control del proceso de filtración. Precisión de los instrumentos de control. Operación y eficiencia de los filtros. Mantenimiento de las partes constitutivas de los filtros (reguladores y controladores).

Número de horas: 4

Profesor:

ING. ARNULFO PAZ SANCHEZ

11. DESINFECCION

Revisión de la teoría. Objetivos. Compuestos de cloro. Precauciones en el manejo. Instalación y funcionamiento de los cloradores. Mantenimiento de los dosificadores. Empleo de hipocloritos. Funcionamiento de los equipos hipocloradores. Punto de cloración. Cloro residual. Recomendaciones de seguridad. Ejercicios. Pruebas de laboratorio y prácticas.

Número de horas: 4

Profesor:

ING. ROBERTO COSSIO

12. TRATAMIENTO COMPLEMENTARIO Y PREVENTIVO.

Remoción de hierro y manganeso: problemas y métodos. Ablandamiento y desmineralización: métodos y operación del sistema. Corrosión y métodos anticorrosivos. Floruración: métodos y control. Desfloruración.

Número de horas: 4

Profesor:

ING. HERNANDO CORREAL

13. NUEVA TECNOLOGIA EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA.

Coagulación-floculación. Proceso de sedimentación de alta velocidad - (laminar). Filtros con lecho de materiales diferentes. Simplificación del tratamiento.

Número de horas: 4

Profesor:

ING. JORGE TRIVIÑO

14. SISTEMAS DE CONTROL Y TALLERES.

Programa de operación de la planta. Instrumentación. Formas de control. Archivos. Informes. Laboratorio de calidad del agua. Papel del taller en la operación y mantenimiento de la planta. Sistemas de organización. Personal. Equipo, materiales y herramientas. Adiestramiento de los recursos humanos.

Número de horas: 2

Profesor:

ING. ROGELIO GONZALEZ

15. PROFESORES Y NUMERO DE HORAS:

Nombre del profesor	Tema	n° horas
Ing. Edmundo Izurieta (CEC)	1-Tratamiento y calidad del agua	2
Ing. Francisco Suzán C. (Inst. Ing. UNAM)	2-Revisión principios Hidráulica	2
Ing. Francisco Montejano (DESFI)	3-Revisión de los principios de química.	4
Sra. Gabriela Moeller	3-Microbiología aplicada al tratamiento del agua	2
Ing. Armando Adame (DDF)	4-Principios de Bombas, Motores y aparatos de medición	2
Ing. Rodrigo Solís (SARH)	5-Protección de las Fuentes de Captación.	2
Ing. Gastón Mendoza (DDF)	6-Función de las und. constitutivas de una planta de potabilización	2
Ing. Francisco Montejano (DESFI)	7-Desarenadores y Aeración	2
Ing. Gastón Mendoza (DDF)	8-Coagulación y floculación	4
Ing. Francisco Montejano (DESFI). Ing. Donato Gutiérrez (SARH)	9-Sedimentación	4
Ing. Arnulfo Paz S. (DDF)	10-Filtración	4
Ing. ROBERTO COSSIO	11-Desinfección	4
Ing. Hernando Correal C.	12-Tratamiento complementario y preventivo.	4
Ing. Jorge Triviño (OSP)	13-Nueva tecnología en el tratamiento del agua.	4
Ing. Rogelio González (Monterrey)	14-Sistemas de control y talleres.	4
PRACTICAS:		
Ing. Francisco Montejano y Sra. Gabriela Moeller	3-Prácticas de laboratorio (sábado)	4

	1 cuna		No. horas
ING. ROBERTO COSSIO	11-Prácticas de campo	(sábado)	4
Ing.Francisco Montejano e Ing. Edmundo Izurieta	Prácticas planta Morelia	(1 semana)	

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS.

TRATAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA

ING. EDMUNDO IZURIETA R.

OCTUBRE, 1978.

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20

TRATAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA

La dotación de agua de buena calidad ha sido una permanente preocupación del hombre. Actualmente, hay mayor conciencia sobre este particular por el hecho de que al irse constituyendo, a través del tiempo, grandes conglomerados humanos, los riesgos son mayores si se exponen grandes número de personas al consumo de agua que no reúne condiciones de potabilidad.

En términos generales, las plantas de tratamiento tienden a mejorar la calidad del agua de consumo doméstico o la que se emplea para fines industriales y recreativos. Las plantas de tratamiento deseñadas en América Latina han seguido los patrones técnicos de los paises industrializados introduciendo ligeras modificaciones; prácticamente, hasta 1950 los parámetros de diseño permanecieron casi sin cambios, unicamente en los últimos 25 años se han introducido inovaciones sustanciales.

CRITERIOS SOBRE CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua de consumo doméstico se sujeta a normas definidas, las que tienen pequeñas variaciones de un país a otro. Tales normas se han fijado en base a dos criterios fundamentales que podrían resumirse así.

- no debe ser peligrosa para la salud o la vida de los consumidores.

- el sistema debe poderse operar a un costo razonable.

Para poder cumplir con el primero, el agua no debe contener microorganismos patógenos, ni substancias tóxicas para la salud. Para lograr el segundo, las características deben ser tales que no produzcan daño a la red de distribución, a las industrias, ni a la economía privada; como ocurrirá cuando exísten en el agua altos niveles de hierro, sulfatos y carbonatos, principalmente.

Las normas internacionales para agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS) establecen cifras y porcentajes sobre el contenido de gérmeness califormes, generalmente asociados a la contaminación fecal.

Tales normas, entre sus principales puntos, recomiendan:

1. En el curso del año, el 95% de las muestras no debe contener ningún germen coliforme en 100 ml.
2. Ninguna muestra ha de contener E. coli en 100 ml.
3. Ninguna muestra ha de contener más de 10 gérmenes coliformes por 100 ml.
4. En ningún caso han de hallarse gérmenes coliformes en 100 ml. de dos muestras consecutivas.

El Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos (USPHS) también tiene normas de potabilidad que se aplican a porciones de 10 y 100 ml. de las muestras de agua.

En lo que respecta a normas químicas sobre potabilización exísten criterios con el objeto de fijar límites de las sustancias

que pueden producir determinadas enfermedades.

Tanto la OMS y el USPHS fijan límites permisibles para ciertas sustancias tóxicas como el arsénico, bario, cromo hexavalente, cianuro, plomo, selenio, mercurio, cobre; compuestos orgánicos tales como hidrocarburos polinucleares, compuestos fenólicos; y sales como cloruros, nitratos y sulfatos.

En forma similar, la OMS y el USPHS, y los países establecen, con el objeto de lograr ciertas características sobre la aceptabilidad del agua por parte del público consumidor, costos de operación y mantenimiento de las redes y economía de algunos - procesos industriales. Se establecen límites para las características físicas, turbiedad, color, olor, y sabor y sólidos totales; características químicas; rango de pH, dureza total, calcio, hierro, manganeso, magnesio, zinc, boro.

PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA

El tratamiento del agua puede dividirse en 4 grupos:

- procesos de clarificación
- procesos de desinfección
- procesos de acondicionamiento químico
- procesos de acondicionamiento organoléptico

En las gráficas No. 1 y No. 2, se sintetiza las distintas etapas del tratamiento.

En los últimos años ha habido una clara tendencia para mejorar la clarificación del agua; así por ejemplo, las normas de los Estados Unidos para el año de 1942 recomendaban que el agua de abastecimiento público no debería tener una turbiedad mayor a 10 unidades; en cambio, en 1962, recomiendan que sea reducido a 5 unidades. Debemos hacer el comentario que cuando el agua ha sido tratada mediante el proceso de clarificación se pueden obtener turbiedad que no excede a 1 unidad; por esta razón, las normas serán revisadas para ajustarlas a ese límite. Aún más, en 1968 la American Water Works Asociation adoptó ciertas metas para la calidad del agua y recomendó que la turbiedad no debería exceder de 0.1 unidades.

Originalmente, el propósito de la clarificación o tratamiento del agua fué el de proveer un líquido aceptable estéticamente. Actualmente, se reconoce que el proceso de la clarificación es muy efectivo para reducir el contenido bacteriano, la remoción de un alto porcentaje de cualquier virus que podría estar presente y en la remoción de todos los quistes de ameba histolítica.

La clarificación también incrementa la efectividad de la desinfección mediante el empleo de cloro; ya que removidas las partículas se disminuye la protección a los microorganismos existentes en el agua; además, con la clarificación se reduce el sedimento que podría depositarse en el sistema de distribución y dificultar el control de los problemas de olor y sabor.

ASPECTOS SANITARIOS DEL TRATAMIENTO.

Para mejorar la calidad del agua convirtiéndola en inofensiva para la salud, será necesario cuidar los aspectos sanitarios en todos los procesos integrantes del tratamiento, aún más, debe tenerse presente que el almacenamiento del agua en los embalses tiene también efecto sobre el contenido bacteriano, ya que está asociado con: sedimentación, cambios químicos, condiciones ambientales desfavorables para las bacterias, tales como la temperatura del agua, ausencia de alimento, acción germicida de la luz solar en los tres primeros metros del agua que tienen baja turbiedad, y el consumo de bacterias por parte de los organismos depredatorios tales como los protozuarios.

Por esta razón, los lagos que tienen agua clara poseen grados bajos de contaminación bacteriológica; así por ejemplo el Río Mississipi tiene un promedio coliforme de 1,680 organismos por 100 ml., en los períodos de almacenamiento en los lagos, tal promedio se reduce a 22 por 100 ml.

En lo referente a otro proceso de tratamiento, como es la aeración, debemos mencionar que mediante éste se logra la solubilidad del oxígeno en las aguas claras, cifras que varían de 14.62 ppm para 0°C., 9.74 ppm para 17°C. y 7.63 ppm cuando la temperatura alcanza los 30°C. La aeración; por esta razón, es una causa importante de la corrosión de las tuberías, hecho que se debe principalmente a la adsorción de oxígeno, a pesar de

que haya remoción del anhidrido carbónico. Muchas sustancias productoras de sabores y olores son de baja volatibilidad, de ahí que la aeración no es efectiva para eliminarlos, a pesar de que hay un concepto generalizado que es contrario. La aeración por sí sola no sirve como método para ese control, lo que es cambio si se logra mediante dosis de cloro y el empleo de carbón activado.

En muchas unidades del proceso de tratamiento se originan problemas debidos al crecimiento de algas sobre sus paredes, lo que requiere un control mediante la utilización de soluciones de sulfato de cobre (10 gramos por litro). Este control evita la presencia de problemas de color, olor, sabor y turbiedad, - principalmente; así como también, dificultades que se originan en los filtros porque las algas ocasionan obturaciones en los poros de medio filtrante.

Los operadores de plantas de tratamiento deberán estar atentos a la importancia que tiene el laboratorio para poder suprimir el crecimiento de organismos, de ahí la importancia de la denomada biología y bacteriología de las aguas de consumo. De todas maneras, los organismos que tienen importante significado - en los procesos de tratamiento son los siguientes:

Plantas	Animales
- bacterias	- protozuarios
- hongos	- rotíferas
- algas	- esponjas

- vegetación acuática con raíces.
- malezas
- vermes
- crustáceos

El estado coloidal en las aguas tiene una importancia muy grande y está constituído principalmente por sólidos insolubles tanto inorgánicos como orgánicos, finamente divididos cuyas partículas tienen tamaño intermedio entre las dispersiones moleculares y las verdaderas soluciones, por esta razón, son visibles al microscópio. La materia orgánica colorante proveniente de las hojas de los árboles frecuentemente adquiere las dimensiones de los coloides y puede estar constituida de ácido húmico o tánico o por compuestos complejos de hierro y materia orgánica. Una propiedad importante del estado coloidal es que las partículas tienen una carga eléctrica; por ejemplo, la arcilla coloidal y la materia orgánica tienen cargas negativas en las aguas naturales, estas cargas ocasionan que los coloides repelen a los otros lo que ocasiona que se mantengan en suspensión a pesar de que el agua se mantiene en reposo por largos períodos de tiempo.

Las grandes áreas superficiales de los coloides favorecen la adsorción o adhesión de capas extremadamente finas de moléculas de gases o líquidos o sustancias disueltas, con los que los coloides entran en contacto. En esta forma el carbón activado adsorberá sabores y olores producidos por sustancias.

Los coloides que ocasionan el color y que están cargados eléctricamente negativos, se coagulan en forma más efectiva en las zonas ácida cuyo pH varía de 4.4 a 6, porque los iones de aluminio son positivos, provenientes del coagulante, neutralizando los coloides negativos que ocasionan el color; por esto, los - flocs del hidróxido de aluminio no intervienen en la coagulación de los coloides que ocasionan el color;en efecto, el hidróxido de aluminio no se constituye en valores bajos de pH usado en la remoción del color. La coagulación efectiva de aguas altamente coloreadas, a bajo pH puede efectuarse seguida de un segundo paso que consiste en aplicación de cal al efluente de la sedimentación primaria.

UNIDADES CONSTITUTIVAS DEL PROCESO DE TRATAMIENTO.

Básicamente, la potabilización del agua esta constituída de los siguientes elementos:

1. Captación
2. Separación de partículas gruesas (rejillas y desarenación).
3. Mezcla rápida.
4. Floculación química
5. Sedimentación.
6. Filtración
7. Desinfección
8. Almacenamiento

Dependiendo de la calidad del agua, pueden haber otros procesos para complementar el tratamiento, tales como el acondicionamiento químico: estabilización (adición de cal o soda), ablandamiento (reducción de la dureza ocasionada por los iones Ca y Mg), remoción de Fe y Mn, remoción de metales tóxicos y desalinización.

El agua puede aparecer turbia y/o coloreada, la turbiedad es la capacidad del líquido para diseminar la luz, se debe a partículas de arcilla provenientes de la erosión del suelo, a algas o crecimientos bacterianos.

El color está constituído por sustancias químicas, la mayoría de las veces proveniente de la degradación de la materia orgánica (hojas, plantas acuáticas, etc.).

Las soluciones tienen partículas cuyas dimensiones son menores a una milimicra; en cambio, en el estado coloidal las dimensiones son de 1 a 100 micras.

COAGULACION-FLOCULACION.

El proceso de la coagulación-floculación supone 3 pasos principales:

1. Adición de coagulantes
2. Dispersión de coagulantes
3. Aglutinación de las partículas

Los coagulantes constituídos por sales de aluminio y hierro - siempre deben aplicarse en soluciones verdaderas, si se hace en suspensión o en polvos disminuye la efectividad del proceso y se desperdicia la sustancia química.

En el proceso de la coagulación-floculación debe considerarse el pH, ya que se forman diferentes cuerpos. En el caso de los coagulantes que contienen aluminio, a mayor pH se remueve la turbiedad por constituirse flóculos de $Al_2(OH)_3$ que atrapan las partículas. El pH modifica también las cargas electrostáticas de - las partículas coloidales.

En los últimos 15 años se ha venido usando compuestos naturales o sintéticos ya sean como coagulantes o como ayudantes de la coagulación, son los denominados "polielectrolitos", polímeros de alto peso molecular, se clasifican como aniónicos y catiónicos, según que los grupos ionizantes sean negativos o positivos. Uno de los polielectrolitos más usados de antaño es la sílica activada.

En el proceso denominado "mezcla rápida" el coagulante se distribuye a través del agua que va a ser tratada, esa agitación rápida se ejecuta en tanques especiales con capacidades equivalente a un minuto del flujo, en el cual se agitan las aspas de dispositivos movidos por motores eléctricos.

Hay varios tipos de mezlcadores entre los que se tienen, princi_

palmente, los dispersores con orificios, mezcladores hidráulicos y mecánicos, con el objeto de producir turbulencia de la sustancia química coagulante .

FLOCULACION

Una vez dispersados los coagulantes hay que producir una lenta agitación en el agua para permitir el crecimiento del flóculos

Hay que cumplir con ciertas condiciones para lograr la condición anterior, entre las cuales tenemos:

1. Forma de producir la agitación
2. Gradiente de velocidad
3. Tiempo de detención

Por medio del floculador se desea reunir o agrupar los microflócu los para formar partículas mayores con peso específico superior al agua y compactar el floc (disminuyendo su grado de hidratación) para producir una baja concentración volumétrica que permitirá una alta eficiencia en la sedimentación.

Los floculadores se clasifican en hidráulicos y mecánicos, según la energía que se emplee. Los primeros son de flujo horizontal, vertical o helicoidal. Los mecánicos emplean dispositivos eléctricos para mezclar la sustancia química (coagulante) con el agua.

Las sustancias químicas utilizadas como coagulantes son muy varia

das en composición, ordinariamente son compuestos de aluminio o de hierro, que al disolverse con el agua forman flóculos que van aumentando de peso para depositarse en el fondo del tanque. Esto permite que los flóculos arrastren o lleven consigo el material disperso en el agua que ocasiona la turbiedad, aún más, a las bacterias que deterioran la calidad del agua.

El empleo de las sustancias químicas o coagulantes requiere la aplicación de una tecnología para el almacenamiento, maniobra y dosificación de los productos químicos.

Los dosificadores pueden ser, en solución o en seco, según el caso. Detalles sobre este asunto se tratará detalladamente en otro tema del curso.

SEDIMENTACION

Tiene como objeto separar los flóculos de mayor tamaño y reducir la concentración de sólidos de suspensión. El material restante será posteriormente retenido por los filtros.

Hay varios factores importantes que deben tomarse en cuenta para el funcionamiento del sedimentador, entre los principales pueden mencionarse:

1. Carga superficial
2. Profundidad
3. Período de retención

4. Velocidad horizontal
5. Forma del tanque y relación de las dimensiones
6. Distribución del influente
7. Sistemas de recolección del efluente.
8. Condiciones de acumulación y remoción de los lodos.

El proceso de sedimentación es interferido con mucha frecuencia por los movimientos superficiales de la masa líquida (viento), acción de la temperatura que ocasiona ascensos y descensos del agua, cortos circuitos en el desplazamiento del líquido, etc.

Logicamente también deben tomarse en cuenta otros factores que interfieren en la buena operación de la planta como son la forma de los sedimentadores, el número, la longitud. No sólo el período de retención juega un papel importante en la eficiencia del sedimentador.

Si el funcionamiento de los sedimentadores se han tomado en cuenta los factores antes mencionados se obtienen efluentes de calidad satisfactoria, y no se requiere el ejercicio de maniobras especiales.

En muchas ocasiones es necesario realizar adaptaciones en el sedimentador para amortiguar el efecto del agua de entrada mediante la instalación de pantallas o tabiques que permiten una uniforme distribución del líquido. Un problema generalizado en los sedimentadores radica en los vertedores de salida, los que ocasio-

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS.

TRATAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA

ING. EDMUNDO IZURIETA R.

OCTUBRE, 1978.

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

nan velocidad excesiva que levanta el flóculo ocasionando efluentes con alta turbiedad y contenido de flóculos. Será por esta razón indispensable tomar en cuenta la carga superficial y la velocidad en el vertedor.

Para el buen funcionamiento de los sedimentadores hay que tener en cuenta la distribución de los sedimentos y su altura. Su remoción puede ser de tipo hidráulico o mecánico, según el funcionamiento del tanque sedimentador.

Para garantizar una buena calidad de efluente, que posteriormente será pulida en el proceso de filtración, será indispensable vigilar la operación de sedimentación, no sólo por observaciones oculares sino ejecutando pruebas de laboratorio, principalmente para la determinación del pH, turbiedad, exceso de flóculos en el efluente, indice coli, etc.

La prueba del cloruro de sodio puede emplearse para conocer el "período de tránsito" en el sedimentador.

FILTRACION

La filtración es el proceso empleado en el tratamiento del agua con el objeto de separar el material en suspensión que no pudo ser retenido en el sedimentador. Para esto se emplea un material poroso de variadas especificaciones, según sea el caso. La filtración tiene la caraterística de que también realiza la re-

moción de los microorganismos o bacterias.

En términos generales, los filtros pueden ser lentos (el agua fluye despacio) y rápidos (tienen mayor velocidad de filtración y requieren tratamiento previo de coagulación y sedimentación).

Tanto los filtros lentos (FL) como los filtros rápidos (FR) tienen ventajas y desventajas. Los FL no requieren instalación especial para el proceso de coagulación, el equipo utilizado no es complejo, el lecho filtrante (arena) es de fácil adquisición, son de fácil operación, el efluente o agua filtrada es menos corrosiva y de calidad uniforme, eliminan las bacterias en forma uniforme, requieren arenas extensas para su construcción, no son flexibles en lo referente a cantidad de agua filtrada, no son de funcionamiento adecuado durante períodos prolongados en los que la turbiedad es superior a 50 ppm, no son eficientes para la remoción del color, no operan eficientemente si hay abundancia de algas.

Los FL están constituidos básicamente por una capa de grava de 0.30 metros (es el medio de sostén), una capa de arena de 0,90 a 1.10 metros de espesor (tamaño efectivo de 0.30 a 0.35 mm y coeficiente de uniformidad de 1.8 a 2.0) y una capa de agua que varía de 1.0 a 1.50 metros.

Los FL operan con una tasa de filtración variable que, por lo general, es de 6.0 a 9.0 $m^3/m^2/día$, lo que quiere decir una velocidad de filtración de 25 a 38 cm/hora.

En las plantas de tratamiento integradas por FL es recomendable tener dos ó tres unidades, debiendo cada filtro estar provisto de un medidor de pérdida de carga, un flotador para regular la velocidad. Los FL no deben funcionar con cargas negativas para evitar la fijación del aire.

En la operación de las unidades es importante evitar que el agua caiga libremente sobre la capa de arena, cuando el filtro es - nuevo o haya sido "descabezado". El control del laboratorio debe incluir la realización de algunas pruebas para hacer exámenes periódicos de la arena, determinaciones de turbiedad, color, número de microorganismos, tanto en el influente como en el efluente.

Los FR funcionan con velocidades mayores a los FL.Originalmente se les denominó filtros mecánicos porque tenían unos rastrillos que facilitaban la agitación de la arena durante el lavado.

Están constituidos por una capa de grava de 0.30 a 0.45 metros de espesor, una arena de 0.60 a 0.75 metros (tamaño efectivo de 0.45 a 0.55 y coeficiente de uniformidad de 1.50 a 1.70) y una capa de agua que fluctua entre 1.40 a 1.80 metros de espesor.

La tasa de filtración es de $87.5/m^3/m^2/$día a $157.0/m^3/m^2/$día, lo que significa una velocidad de 6 a 11 centímetros por minuto.

Entre los factores que influyen en la operación del FR podemos mencionar principalmente la calidad y especificaciones del medio filtrante, la velocidad de filtración, la clase del influente, -

la temperatura del agua y la dureza del flóculo.

Por mucho tiempo los FR fueron diseñados para una tasa de filtración de 118 $m^3/m^2/día$, equivalente a la clásica cifra de 2 GPM/pie^2, la que ha servido también para la operación de las unidades filtrantes. Desde hace pocos años se ha logrado incrementar totalmente la tasa de filtración gracias al empleo de medios múltiples.

Para tener una buena operación de los FR hay que eliminar los copos o flóculos pequeños y residuales del coagulante que escaparon de la sedimentación, para lo que hay que considerar los factores antes anotados.

Al fijar la velocidad de filtración es indispensable tener presente:

1. La calidad del agua que se desea producir, recordando que a mayor velocidad de filtración la calidad del agua puede desmejorar.
2. La competencia del personal responsable de la operación de la planta.
3. La confianza que se tenga de los procesos previos a la filtración, como son los de floculación y sedimentación.
4. Los consumos mínimo, máximo y promedio diario de la población.
5. La calidad del agua cruda y las fluctuaciones en relación con el tiempo.
6. La eficacia de la desinfección y la que se requiere.

En lo que respecta al lecho del filtro o medio filtrante debe tener características tales para que pueda cumplir con la velocidad de filtración fijada, se recomienda en promedio de 4.8 m/hr.

La granulometría de la arena se define por medio de dos factores, el coeficiente uniformidad (Cu) y el tamaño o diámetro efectivo (Te).

El coeficiente de uniformidad es:

$$Cu = \frac{\text{abertura del tamiz que pasa 60\% (mm.)}}{\text{abertura del tamiz que pasa 10\% (mm.)}}$$

el tamaño efectivo es:

Te= tamaño del tamiz que deja pasar el 10%

Si hay seguridad en el proceso de tratamiento, se puede aumentar el Te antes recomendado, de 0.4 - 0.5 mm, a 0.5 - 0.7 mm. Es una buena práctica poner sobre la grava una capa de arena de 7.5 cm un poco más gruesa y de Te de 0.8 a 2.0 mm.

La limpieza del FR se efectúa en forma ascendente, con agua que tiene un caudal de 0.8 a 1.2 m^3/m^2/minuto y una velocidad de 0.8 a 1.20 m/minuto. La duración de funcionamiento de un filtro entre dos lavados se denomina "carrera del filtro".

En el FR, como consecuencia de la pérdida de porosidad ocasionada por el movimiento de los flóculos y el material en suspen-

sión, se ocasiona una pérdida de carga que induce al lavado del filtro. Esa pérdida de carga es de 1.8 a 2.70 m.

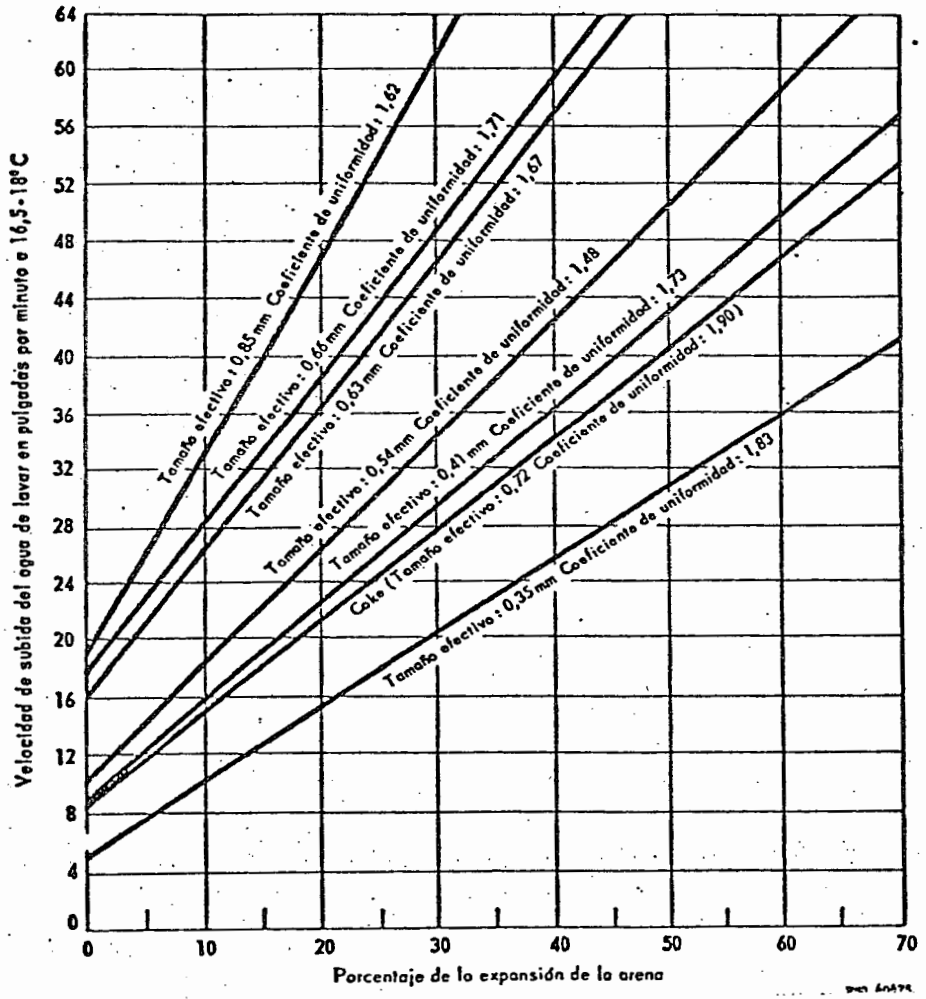
El lavado de FR produce una expansión del medio filtrante o arena, pudiendo variar del 30 al 50% de su espesor. En las gráficas de la página se puede apreciar que la expansión está relacionada con el Te y la velocidad del agua de lavado. En la curva de la página se relacionan diferentes tasas de filtración con distintas carreras del filtro y el porcentaje de agua usada en el lavado.

Los FR tienen dispositivos mecánicos que permiten: control del nivel del influente, control del caudal del efluente, control del nivel del agua en el filtro, medidor de pérdida de carga. Estos dispositivos son de variado diseño hasta tener plantas automáticas que presentan problemas de mantenimiento debido a la falta de personal altamente especializado.

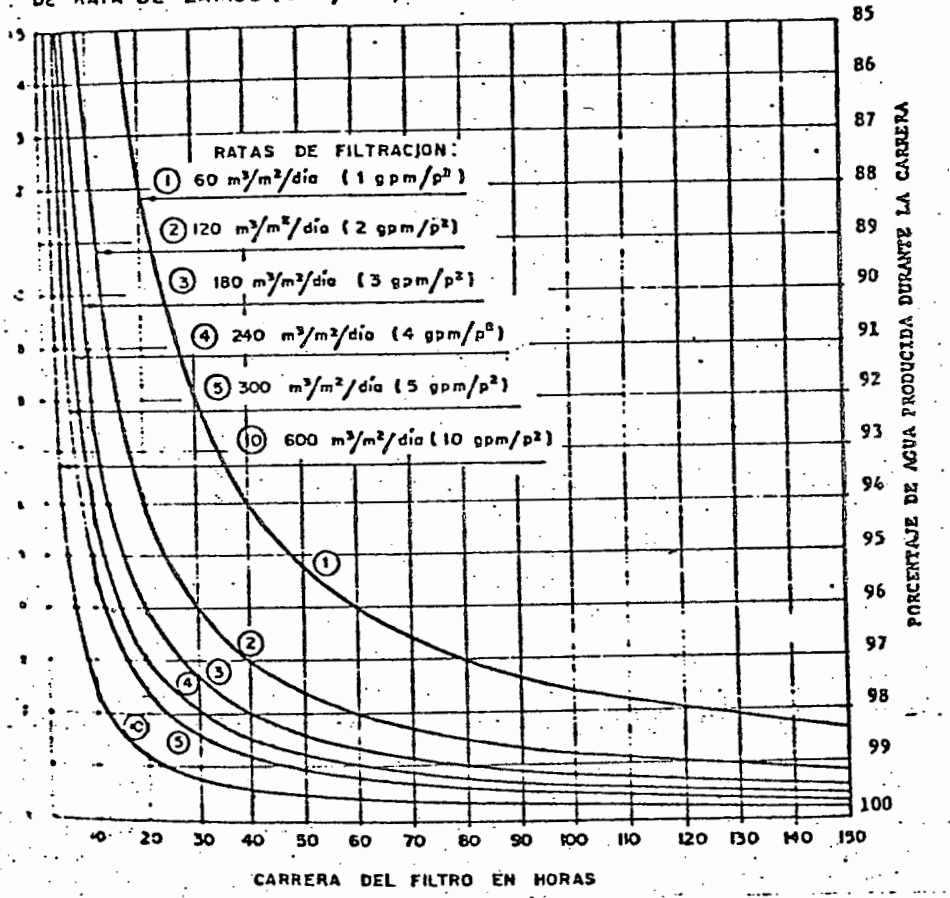
Para vigilar la buena operación de la filtración es necesario recurrir al laboratorio, con el objeto de practicar pruebas para determinar la turbiedad y el color y hacer exámenes bacteriológicos. Como la turbiedad debe ser inferior al 1 ppm, para su determinación se emplean turbidímetros especiales que aprecian 0.1 ppm. Es una buena práctica mantener un dispositivo óptico para observar continuamente la claridad del agua filtrada, mediante una luz instalada en el depósito de agua filtrada.

Sin el recurso del laboratorio es muy difícil evaluar la eficiencia de la filtración en lo que respecta a la calidad bacteriológica. De todas maneras se conoce que es casi 100% eficiente, para dar un ejemplo, una agua cruda que tiene un NMP de coliformes igual a 5000/100 ml. después de la filtración las características bacteriológicas deben ser inferiores a NMP 1/100 ml., aún más, el agua clorada será de mejor calidad.

PORCENTAJES DE LA EXPANSION DE LA ARENA



PORCENTAJE DE AGUA DE LAVADO USADA PARA DIFERENTES CARRERAS DE FILTRACION – SE CONSIDERÓ UN LAVADO DE 8 min a 0.75 m^3/m^2/min. DE RATA DE LAVADO (6 m^3/m^2 por lavado)



NORMAS SOBRE POTABILIZACION

	MAXIMA PERMISIBLE		
	MEXICO	OMS	USPHS
1. SUSTANCIAS TOXICAS			
Arsenico (As) mg/l	0.05	0.05	0.05
Bario (Ba.) mg/l	-	-	1.00
Cadmio (Cd.) mg/l	-	0.01	0.01
Cromo Hexav: (Cr^{+6}) mg/l	0.05	-	0.05
Cianuro (Cn) mg/l	-	0.05	
Plata (Ag) mg/l	-	-	0.05
Plomo (Pb) mg/l	0.10	-	-
Mercurio (Hg) mg/l	-	0.001	-
Selenio (Se) mg/l	-	0.01	0.01
Cobre (Cu) mg/l	3.00	1.50	1.00
2. COMPUESTOS ORGANICOS			
Hidrocarburos Palinucl. Aromaticos	-	0.20	-
Compuestos orgánicos fenolicos	-	-	0.001
3. SALES			
Cloruros (Cl^-)mg/l	250	600	250
Fluoruros (F^-)	1.50	06-17	1.4-2.4
Nitratos (No3)	-	45*	45*
Sulfatos (So4)	250	400*	250*
4. CARACTERISTICAS FISICAS			
Turbiedad (Uj)	10	25	5*
Color (unidades)	20	50	15*
Olor y sabor	-	ning.	3*
Sólidos totales mg/l	1,000	1,500	
Rango de pH	6.0-8.0	6.5-9.2	

NORMAS BACTERIOLOGICAS

MEXICO:

1. MENOS DE 20 ORGANISMOS (COLI+COLIF) POR LITRO
2. MENOS DE 200 COLONIAS POR CC. (37°C-24 HRS.)

OMS:

1. AGUA SIN DESINFECTAR. NO DEBE TENER LA MUESTRA E. COLI - POR 100 ML.
2. DE CUMPLIRSE EL 1, PUEDEN TOLERARSE HASTA 3 GÉRMENES COLIFORMES POR 100 ML. DE AGUA NO DESINFECTADA.
3. EN EL CURSO DEL AÑO, EL 95% DE LAS MUESTRAS NO DEBE CONTENER GERMEN COLIFORME POR 100 ML.
4. NINGUNA MUESTRA HA DE CONTENER MÁS DE 10 GÉRMENES COLIF. - POR 100 ML.
5. EN NINGÚN CASO GÉRMENES COLIF. EN 100 ML. DE DOS MUESTRAS CONSECUTIVAS.

USPHS:

1. ESTABLECE NORMAS PARA PORCIONES DE 10 Y 100 ML.
2. NO MÁS DE 5% DE MUESTRAS CUANDO SE EXAMINAN MENSUALMENTE MÁS DE 20 MUESTRAS (10 ML.)
3. NO MÁS DE 20% DE MUESTRAS CUANDO SE EXAMINAN MENSUALMENTE MÁS DE 5 MUESTRAS)100 ML.)

MUESTREO PARA EL EXAMEN BACTERIOLOGICO (1)

POBLACION ABASTECIDA	INTERVALO MAXIMO MUESTREO	NUMERO MINIMO DE MUESTRAS
MENOR 20,000 HAB.	1 MES	
20,000-50,000 HAB.	2 SEM.	1 MUESTRA POR CADA 5,000 HAB. Y POR - MES.
50,001-100,000 HAB.	4 DÍAS	
MAYOR 100,000 HAB.	1 DÍA	1 MUESTRA POR CADA 10,000 POR MES

(1) EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN. NORMAS OMS

EFECTO DEL TRATAMIENTO DE PLANTAS POTABILIZADORAS

	AERACION 1	SEDIMENTACION SIN COAGULACION 2	SEDIMENTACION CON COAGULACION 3	FILTRACION LENTA 4	COAGULACION SEDIMENTAC. FILTRACION RAPIDA 5	DESINFECCION 6
BACTERIA	0	++	+++	++++	++++	++++
COLOR	0	0	+++	++	++++	++
TURBIEDAD	0	++	+++	++++	++++	0
OLOR Y COLOR	++	+	+	++	(++)	++++ (--)
DUREZA	+	0	--	0	--	0
CORROSION	+++	0	--	0	--	0
HIERRO Y MANGANESO	+++	+	+	++++	++++	0

EFECTOS DEL TRATAMIENTO EN LA CALIDAD DEL AGUA

	turbiedad ppm.	No. de bacterias (cc.)	Indice Coli (100 cc.)
AGUA CRUDA	108	12,623	1,155
AGUA SEDIMENTADA	65	7,083	754
COAGULADA Y SEDIMENTADA	4	1,128	52
FILTRADA	0	0.56	0
AGUA CRUDA	1,400	17,000	9,300
PRESEDIMENTADA	850	--	--
COAGULADA	130	10,000	600
SEDIMENTADA	23	350	350
FILTRO (influente)	7	80	46
FILTRO (efluente)	0.2	14	2.8
SISTEMA	0.2	7	0.01
CRUDA	6	6,993	2149
PLATA (influente)	4	1,383	10.1
FILTRO (efluente)	0	409	0.95
PLATA (efluente)	0	6	0
SISTEMA	0	137	0.51
CRUDA	1.905	40,948	37,547
SEDIMENTADA	--	21,156	6,201
FILTRO (influente)	26	133	0.418
FILTRO (efluente)	0.65	42	0.445
SALIDA PLATA	--	24	0.304

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS

A E R A C I O N

Ing. Francisco Montejano U.

Noviembre, 1978.

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

A E R A C I O N

Fuentes de los gases disueltos en el agua.

De la atmósfera, la superficie del agua toma aire (absorbe principalmente Oxígeno y nitrógeno, cantidad pequeña de CO_2, H_2S)

Del suelo y del subsuelo, el agua absorbe grandes cantidades de CO_2 que tiene origen en la descomposición de la materia orgánica, y oxígeno, del proceso fotosintético.

Objetivos de la Aeración

Oxigenos (absorbes)
Remoción de Gases (CO_2)
Agitación
Para oxidar el F_e++
Para eliminar olores y sabores
Remoción de CH_4

Aereadores

Cuatro Tipos:
1) Degravedad
2) Aspersores
3) Difusores
4) Mecánicos

1) Degravedad

Airador de cascada - Escalonado
Planos inclinados
Chimeneas Verticales
Charolas o canaletas perforadas

2) Aspersores

Lanzan gotas de agua desde chiflones estacionarios o móviles.

Fuentes

3) Difusores

4) Aeradores Mecánicos

Paletas Sumergidas

Paletas superficiales o cepillos

5) Helice en el fondo.

6) Turbinas

En potabilización, como los fines de la aereación son la precipitación del - F_e+ + en forma de F_e + + o la eliminación de la dureza temporal: o la eliminación del CO_2, los más comunmente usados son los aereadores de aspención.

Aereador de Fuente

Exposición de 2 segundos bajo la concentración de CO_2 en 70 u 80%.
Para la eliminación de CO_2, se puede usar Cal.
Si CO_2 = 10mg/ℓ, es más economía la Cal.
Si CO_2 > 10mg/ℓ, es más economía el aereador de fuente.

D I A G R A M A

Desarenadores

Finalidad.

Las aguas que se han de someter a procesos de tratamiento, pueden traer en suspensión particular de arena que en caso de no eliminarlos, no van a sufrir cambios durante dichos procesos, y si pueden entorpecerlos, así como pueden también dañar los dispositivos a los que tienen lugar esos procesos;- tales dispositivos pueden ser las bombas, los mecanismos y agitación para mezcla de reactivos, para floculación, etc. Así que hay que eliminar esa arena - en los llamados desarenadores.

Puntos Previos

Una forma de eliminar la arena consiste en aplicar los principios - básicos de sedimentación por gravedad, y en particular, sedimentación de partículas separadas.

Principios Básicos

Las particulas separadas, (las que no se aglomeran al asentarse) como es el caso de los granos de arena, lo hacen con velocidad constante.

Si mediante cribado, se obtiene en el laboratorio, muestras de arena formadas por particulas, por ejemplo, de 0.1 mm de diámetro y si en una probeta de un litro, se les dejó sedimentarse y se les mide su tiempo y la profundida del corren, es posible determinarsele v_s velocidad de sedimentación, la - cual resultó aproximadamente de 2.3 ó 2.4 cms/seg. estas particulas se mantienen en suspención porque la corriente que las contiene tiene velocidades de - arrastre de 60cms/seg. o mayores.

Si en un depósito se logra disminuir la velocidad de la corriente de agua, a un valor menos que la velocidad de arrastre, de esas particulas, entonces se sedimentan. Ese depósito constituye el desarenador.

Tiempo de Retención

Para un depósito de forma prismático rectangular con flujo continuo el tiempo de retención es t_r, es el tiempo que tarda una particula de agua, en ir desde la entrada hasta la salida del depósito. Este tiempo se puede calcular así:

$$t_r = \frac{V}{Q}$$

Siendo V el volúmen del tanque y
Q el gasto que pasa por el tanque

Tiempo de Sedimentación

Conocida mediante pruebas de laboratorio, ν_5 velocidad de sedimentación de las particulas de tamaño mínimo, que se quieren eliminar, se puede calcular el tiempo que tarda en asentarse en el tanque, al recorrer la profundidad H del tanque:

$$t_5 = \frac{H}{\nu_5}$$

Al desarenador se le puede imaginar, como un tanque a lo largo del cual camina una probeta con la misma velocidad con que avanzó el agua del tanque.

Dentro de la probeta se sedimenta una particula de arena, y la probeta avanza.

Para que la particula alcance el fondo antes de que la probeta salga del tanque, es necesario que

$$t_r = t_5$$

$$\frac{V}{Q} = \frac{H}{\nu_5}$$

Si dividimos entre H ambos miembros de esa expresión

$$\frac{\text{Area Horizontal}}{Q} = \frac{1}{\nu_5}$$

Por el hecho de que en la última expresión no figure la profundidad H del tanque, se concluye que en el fenómeno de sedimentación de particulas separadas, no influye la profundidad

Tambien

$$\nu_5 = \frac{Q}{\text{Area Horiz. de Tanque}}$$

Esta expresión conduce a imaginar que el agua corre verticalmente - aun cuando de hecho no sea así, y por eso al valor de ν_5 se le llama carga superficial C_5.

Tambien de esa expresión se ve, que una vez conocidos:

a) la velocidad de sedimentación o C_5 de las particulas que se requieren eliminar, y

b) el gasto que se desea desarenar, es posible calcular el área horizontal del desarenador, al cual, por lo dicho, se le puede dar cualquier profundidad, con la única condición de que la velocidad horizontal de la corriente de agua dentro del tanque, saque a las particular por arrastre.

Ejemplo:

Calcular las dimensiones de un desarenador, para eliminar particulas de 0.1 mm de diámetro de un gasto de Q = 240 litros/seg., sabiendo - que la velocidad de sedimentación de las particulas de 0.1 mm de diámetro es de 2.4 ó ν_5 = 0.024 m/seg.

$$\text{Area horizontal} = \frac{0.240}{0.024} = 10 \text{ m}^2$$

La profundidad puede ser cualquiera. Cuando se proyecta un desarenador, no se diseña uno solo sino dos como mínimo en el presente y uno más para el futuro 3 en total.

El tirante H o profundidad del agua en el desarenador puede ser cualquiera, con tal de que no haya velocidad horizontal de arrastre que pordría sacar a las particulas ya asentadas.

ν de arrastre para las particulas de 0.1 mm de diámetro es 0.60 m/s.

Suponer que nos decidimos por una velocidad horizontal un poco - menor 0.50 m/s

Q = ν horizontal por área transversal

0.024 m^3/seg. = 0.5 m/s por área transversal

$$\text{Area transversal es} = \frac{0.024}{0.5} = 0.048\ m^2$$

$$H = \frac{\text{Area transversal}}{\text{Ancho en Area Transversal}} = \frac{0.048}{0.5\ m} = 0.096\ m$$

o cualquiera mayor

Diseño Operación Manual y Mecánica

Gasto variable Vertedor proporcionado
Diseño Hidrogramo
Dimensión y Detalles
Cantidades de arena

Casos en que hay que proyectar desarenador
Tanques en ríos

o

Canales de riego
Cd. Mante - Canal de Riego
abajo lleva arena

VELOCIDADES DE SEDIMENTACION 50° F.

mm

Diámetro	1.0	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01	0.005
Arena Cuarzo	330	170	54	16	4	0.2	0.04
Carbón (Coal)	100	50	17	5	1	0.05	0.01
Salidas de agua	80	40	12	2	0.5	0.02	0.005

La cantidad de agua varía de 1 a 12 pies^3/ milla de carbón.

DIVISION
DEPTO. DE ING. SANIT. (UNAM)
Q u í m i c a

Distribución de electrones en los átomos de los elementos.

Elemento	No. Atomico	K 1s	L 2s	L 2p	M 3s	M 3p	M 3d	N 4s	N 4p	N 4d	N 4f	O 5s	O 5p	O 5d	P 6s	P 6p	P 6d	Q 7s
H	1	1																
He	2	2																
Li	3	2	1															
Be	4	2	2															
B	5	2	2	1														
C	6	2	2	2														
N	7	2	2	3														
O	8	2	2	4														
F	9	2	2	5														
Ne	10	2	2	6														
Na	11	Corazón de 10, Ne			1													
Mg	12				2													
Al	13				2	1												
Si	14				2	2												
P	15				2	3												
S	16				2	4												
Cl	17				2	5												
A	18	2	2	6	2	6												
K	19	Corazón de 18, A						1										
Ca	20							2										
Sc	21						1	2										
Ti	22						2	2										
V	23						3	2										
Cr	24						5	1										
Mn	25						5	2										
Fe	26						6	2										
Co	27						7	2										
Ni	28						8	2										
Cu	29	2	2	6	2	6	10	1										
Zn	30	Corazón de 28, Cu^+						2										
Ga	31							2	1									
Ge	32							2	2									
As	33							2	3									
Se	34							2	4									
Br	35							2	5									
Kr	36	2	2	6	2	6	10	2	6									
Rb	37	Corazón de 36, Kr										1						
Sr	38											2						
Y	39									1		2						
Zr	40									2		2						
Cb	41									4		1						
Mo	42									5		1						
Ma	43									6		1						

Continuación

Elemento	No. Atomico	K 1s	L 2s	L 2p	M 3s	M 3p	M 3d	N 4s	N 4p	N 4d	N 4f	O 5s	O 5p	O 5d	P 6s	P 6p	P 6d	Q 7s
Ru	44		Corazón		de					7		1						
Rh	45		36 Kr							8		1						
Pd	46									10								
Ag	47	2	2	6	2	6	10	2	6	10		1						
Cd	48											2						
In	49											2	1					
Sn	50		Corazón		de							2	2					
Sb	51											2	3					
Te	52		Pd^{o} or Ag^{+}									2	4					
I	53											2	5					
Xe	54	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6					
Cs	55														1			
Ba	56														2			
La	57													1	2			
Ce	58										1			1	2			
Pr	59										2			1	2			
Nd	60		Corazón		de						3			1	2			
Il	61										4			1	2			
Sm	62										5			1	2			
Eu	63		54		Xe						6			1	2			
Gd	64										7			1	2			
Tb	65										8			1	2			
Dy	66										9			1	2			
Ho	67										10			1	2			
Er	68										11			1	2			
Tu	69										12			1	2			
Yb	70										13			1	2			
Lu	71	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	1	2			
Hf	72													2	2			
Ta	73													3	2			
W	74		Corazón		de									4	2			
Re	75													5	2			
Os	76		68		Lu^{+++}									6	2			
Ir	77													9				
Pt	78													9	1			
Au	79	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	1			
Hg	80														2			
Tl	81														2	1		
Pb	82		Corazón		de										2	2		
Bi	83		78		Pt^{o} or Au^{+}										2	3		
Po	84														2	4		
–	85														2	5		
Rn	86	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	2	6		
–	87																	1
Ra	88																	2
Ac	89		Corazón		de												1	2
Th	90																2	2
Pa	91		86		Rn												3	2
U	92																4	2

Aireadores por gravedad (Fig. 24-1). Los diseños característicos incluyen los siguientes:

De cascada, en los cuales la caída disponible se subdivide en una serie de etapas.

Planos inclinados, provistos generalmente de placas de *retención* colocadas en planos en posición angular para romper la lámina de agua que, en otra forma, se produciría.

Columnas verticales, a través de las cuales caen gotas de agua y ascienden corrientes de aire en flujo a contracorriente.

Columnas de charolas o canales perforados, frecuentemente llenos con material de contacto como coque o piedra, el agua cae libremente de una charola a otra o de canal a canal y gotea sobre las superficies del medio de contacto presente.

Los aireadores de gravedad de esta clase son comunes en las plantas de purificación de agua, pero raros en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, el lecho de los filtros goteadores proporciona aireación por gravedad, así como contacto interfacial (Fig. 35-2*b*).

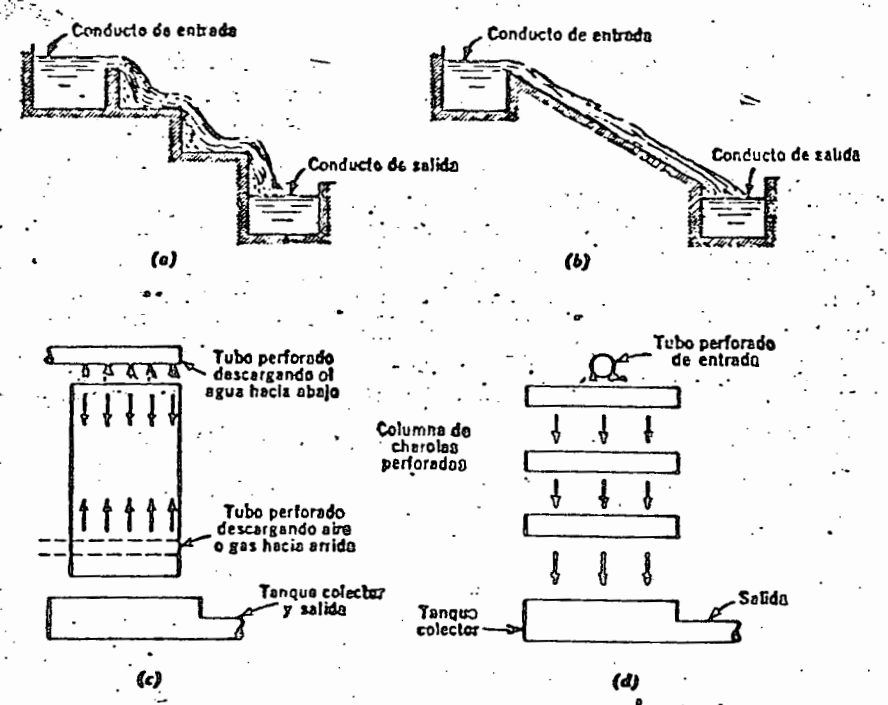


Fig. 24-1. Aireadores por gravedad. *a*) De cascada; *b*) de plano inclinado, posiblemente dotado de placas de retención; *c*) de torre con flujo a contracorriente de aire (gas) y agua; *d*) columna de charolas perforadas conteniendo posiblemente medio de contacto.

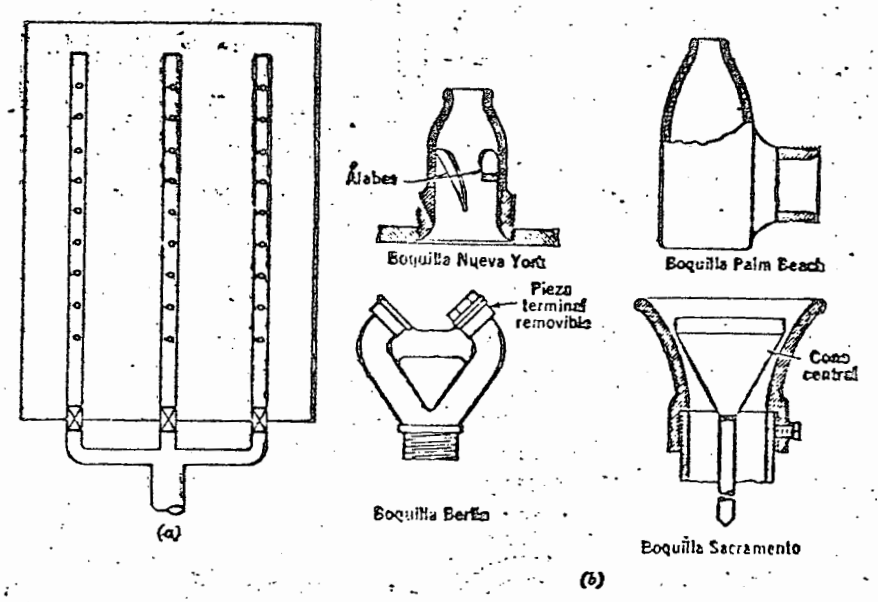


Fig. 24-2. Aireador por aspersión y boquillas. *a*) Aireador dotado de boquillas; *b*) boquillas para aireadores. Los coeficientes de descarga de estas boquillas varían de 0.85 a 0.92.

Aireadores por aspersión. Los aireadores por aspersión o a presión, atomizan gotas de agua del seno del aire a partir de orificios o boquillas estacionarios o móviles. Un movimiento rotativo que se imparte a las gotas causa la turbulencia en la superficie de contacto aire-agua.

Orificios o boquillas en tubos estacionarios (Figs. 24-2 a 24-4). El agua asciende, ya sea verticalmente o en ángulo, y cae a un vertedero colector, un lecho de contacto, o a un estanque colector que sirven para algún otro propósito útil. La exposición más larga en los chorros verticales se contrarresta en parte, por el acceso más libre del aire a la trayectoria de los chorros inclinados.

Orificios o boquillas en tubos móviles (Fig. 35-2). Los chorros se proyectan horizontalmente desde las aberturas y coadyuvan a la rotación de tubos radicales suspendidos desde una columna central de entrada, impulsando tubos móviles sostenidos en ambos extremos por carros que ruedan sobre un riel. Tanto los tubos distribuidores rotativos como los de movimiento rectilíneo pueden accionarse hidráulica o eléctricamente (Sec. 35-6).

Los orificios y boquillas estacionarios se emplean mucho en las plantas de purificación de aguas y los distribuidores móviles, en plantas de tratamiento de aguas residuales (filtros goteadores).

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS

COAGULACION Y FLOCULACION

ING. FRANCISCO MONTEJANO

Noviembre, 1978.

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

C O A G U L A C I O N

Coagulantes.

1) $Al_2 (SO_4)_3 \ 18 \ H_2O$ Sulfato de aluminio comercial.

2) $Al_2 (SO_4)_3 \ 14 \ H_2O$ Sulfato de aluminio.
(Filter Alum)

3) Se especifica a base del contenido de óxico de aluminio, (Al_2O_3) que debe ser el 17%.

4) Aluminato de Sodio.

5) Sulfato doble de aluminio y amonio.

6) Alumbre activado.

Sulfato de aluminio con aproximadamente 15% de silicatos - insolubles que sirven como núcleos en el proceso de coagulación, en el caso de aguas de poca turbiedad.

7) "Alumbre negro" (Black Alum)

Mezcla de sulfato de aluminio y carbón activado, para coagulación y para eliminación de olores y sabores.

8) Sulfato ferroso (Copperas) $FeSO_4 \ 7 \ H_2O$

Coagulante efectivo para pH de 8,5 y 11.

9) Sulfato férrico $Fe_2(SO_4)_3$

10) Cloruro férrico $Fe \ Cl_3$

11) Sulfato ferroso clorado (chlorinated Copperas)

12) Ayudas de Coagulación

Arcilla
Sílice activado
Polielectrólitos

<u>Propósitos generales</u> de la coagulación y floculación

Procesos aplicados como tratamiento de aguas superficiales para eliminar <u>turbiedad</u>, <u>color</u>, <u>olor</u> y <u>sabor</u>.

Origen de la turbiedad y del color.

Materia suspendida en el agua en forma coloidal. No se puede eliminar por sedimentación.

Estos coloides de turbiedad y color generalmente son partículas cargadas eléctricamente, con carga (-) negativa.

Origen del olor y del sabor.

Materia orgánica en descomposición
Gases disueltos
Residuos industriales
El cloro usado para la desinfección
Substancias producidas por ciertos microorganismos.

Diatomeas.

Asterionella - Olor a tierra húmeda cuando son menos de 500 unidades estandar.
Cuando son 500 a 1,000, dan olor ligeramente aromático.
Cuando son más de 1,000, dan olor a geranio.
Varios miles dan olor a pescado.

Lo mismo la Tabellaria Cianoficeas

Anabaena
Afanizomenen
Coelosfaerium
Clatrocistis
Microcistis

500 a 1,000 unidades dan olor a pasto recién cortado.
Si más de 1,000, dan olor picante.
Cuando mueren dan olor a chiquero.

Protozooarios.

Uroglanea
Simura

Olor aceitoso y a pescado.
El cloro refuerza el olor y el sabor.

La simura produce un sabor desagradable tan intenso, que las quejas de los usuarios surgen antes de que la simura pueda apreciarse en el microscopio.

MECANISMO DE LA COAGULACION

Tres acciones definidas

1) El coagulante se disuelve.

Los iones trivalentes comienzan a neutralizar las partículas coloidales de color y turbiedad cargadas negativamente. Es la fase más importante.

Al^{+3} + Coloid Coloid de Al menos cargado (-)

Cuando se agrega sulfato de aluminio al agua, pueden formarse $Al(OH)^{+}$ $Al(OH)_3$ ó $Al(OH_{\bar{a}}$ (complejo)

El Al^{+3} y las complejo positivas son las que anulan el coloide de aluminio, haciendo apto para que haya FLOCULACION.

En esta fase es en lo que se requiere la mezcla rápida para obtener las microflóculas.

2) Las microflóculas adsorben iones H^{+}, de la solución, retienen cargas positivas y continúan neutralizando partículas coloidales negativas de color y turbiedad constituyendo la 2a. fase de la coagulación.

3) Floculación. Se requiere agitación lenta. Es una fase de adsorción superficial. Formación de superficie activa. Las impurezas del agua son adsorbidas.

Las dosis de coagulantes para producir estas tres fases en forma óptima, deben llenar las siguientes condiciones:

a) Que sean las dosis mínimas para que su uso sea económico.

b) Que produzcan flóculos, no sólo grandes sino también pesados, que puedan sedimentarse en el menor tiempo.

c) Que no sólo se sedimenten en poco tiempo, sino que también eliminen el color, olor, turbiedad a valores inferiores a los de los límites permisibles.

REACCIONES QUIMICAS

Cuando se agrega sulfato de aluminio al agua, se combina con los iones OH^{-} para formar $Al(OH)_3$ el cual ioniza poco y se for-

man también iones H^+ y SO_4"

$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \quad 2Al(OH)_3 + 6H^+ + 3SO_4^{=} \text{ ----(1)}$$

Los iones H^+ bajan el pH al grado que disminuyendo los OH^- se interrumpe la formación de $Al_2(OH)_3$, a menos que esos iones H^+ sean removidos por los bicarbonatos presentes que sirven como reguladores de pH.

$$HCO_3^- + H^+ \quad H_2CO_3 \quad CO_2 + H_2O$$

Es así como interviene la alcalinidad 2 propia del agua.

Para aspectos cuantitativos es mejor escribir las reacciones en forma molecular.

$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \quad 2\,Al(OH)_3 + 3H_2SO_4 \text{ --- } 3$$

$$3Ca(HCO_3)_2 + 3H_2SO_4 \text{ -- } 3Ca\,SO_4 + 6CO_2 + 6H_2O \text{ ---4}$$

$$Al_2(SO_4)_3 + 3C_a(HCO_3)_2 \text{ --- } 2\,Al(OH)_3 + 3C_aSO_4 + 6CO_2 \text{ --- } 5$$

Para relaciones de peso, la última sección debe escribirse

$$Al_2(SO_4)_3\,14H_2O + 3C_a(HCO_3)_2$$

600 $\quad$ 3 x 100 = 300

Alc. como C_aCO y

$$2Al(OH)_3 + 3\,C_a\,SO_4 + 6\,CO_2 + 14\,H_2O$$

6 x 44 = 264

600 partes de alumbre destruyen 300 partes de Alc. ó 1 mg/l de alumbre produce 0.44 mg/l de CO_2

Estos cambios dan como resultado una baja en el pH. Como el bicarbonato de calcio se convierte en sulfato de calcio, parte de la D.C se cambia a DNC, lo cual representa una desventaja en cuanto a dureza se refiere.

Estas cifras sólo sirven para guiar los experimentos de coagulación, que hay que hacer, en cada caso particular, con la prueba de jarras.

SELECCION DEL COAGULANTE

Ph óptimo

Se hace a base de la prueba de jarras y el pH depende del -- coagulante.

Para las sales de aluminio:

pH entre 5.8 a 6.8

Para las sales de fierro 3.5 a 13

pero en la zona de 6.5 a 8.5 de pH, la precipitación se efectúa en forma más lenta e incompleta.

La eliminación de color tiene lugar en general, a pH bajo.

EQUIPO PARA LA PRUEBA DE JARRAS

1) Dispositivo mecánico
2) Vasos de precipitado de 1 a 2 litros
3) Pipetas
4) Embudos y papel filtro
5) Solución de coagulante

Disolver 10 g de coagulante en agua destilada y llévese a 1 litro. 1 ml de esta solución en 1 litro de agua da 10 mg/l ó sean 10 ppm.

DOSIS APROXIMADAMENTE DE COAGULANTE

CRITERIO DE LA ALCALINIDAD

1o. Determinar la alcalinidad total

2o. Sustraer 1/3 de la alcalinidad total y multiplicar por 2.

Ejemplo:	Alc. Total	60
	Menos 1/3	20
	Result.	40
		x2
		80 mg/l de coagulante.

CRITERIO DE LA TURBIEDAD

Turbiedad	Dosis aprox. de sulfato de aluminio en ppm.
0 a 20	10
50	10 a 15
100	15 a 20
150	20 a 30
200	30 a 40
300	30 a 50
500	30 a 80

Procedimiento

1) Colóquense muestras de 1 a 2 litros en el depósito de jarras.

2) Agréguense las dosis de coagulantes

3) Mezcla rápida; 0.5 a 3 minutos a 80 R.P.M.

4) Mezcla lenta; 10 a 20 minutos 20 a 30 R.P.M.

5) Observar el tiempo en que el flóculo en cada vaso.
Observe la apariencia de cada vaso a los 30 minutos.
Registre Alc., pH y Sulfato de Al residual, así como Fe y Mm

Seleccione la dosis que lleva las condiciones enumeradas en puntos anteriores.

Métodos para eliminar olores y sabores

1) Preventiva
2) Para eliminación una vez producidas

1) Uso de algicida; sulfato de cobre 1 a 2 ppm; previo prueba de laboratorio.
Aplicar de Sedgwich-Rafter y examen microscópico.

2) a) Aireación
b) Recloración
c) Supercloración
d) Cabrón activado
e) Ozono

SISTEMAS Y EQUIPOS

Dosificadores

a) Dosificación en solución

b) Dosificación en seco

Volumétricos
Gravimétricos

Floculación Mecánica

Tanques para la mezcla rápida

Tanques para mezcla lenta

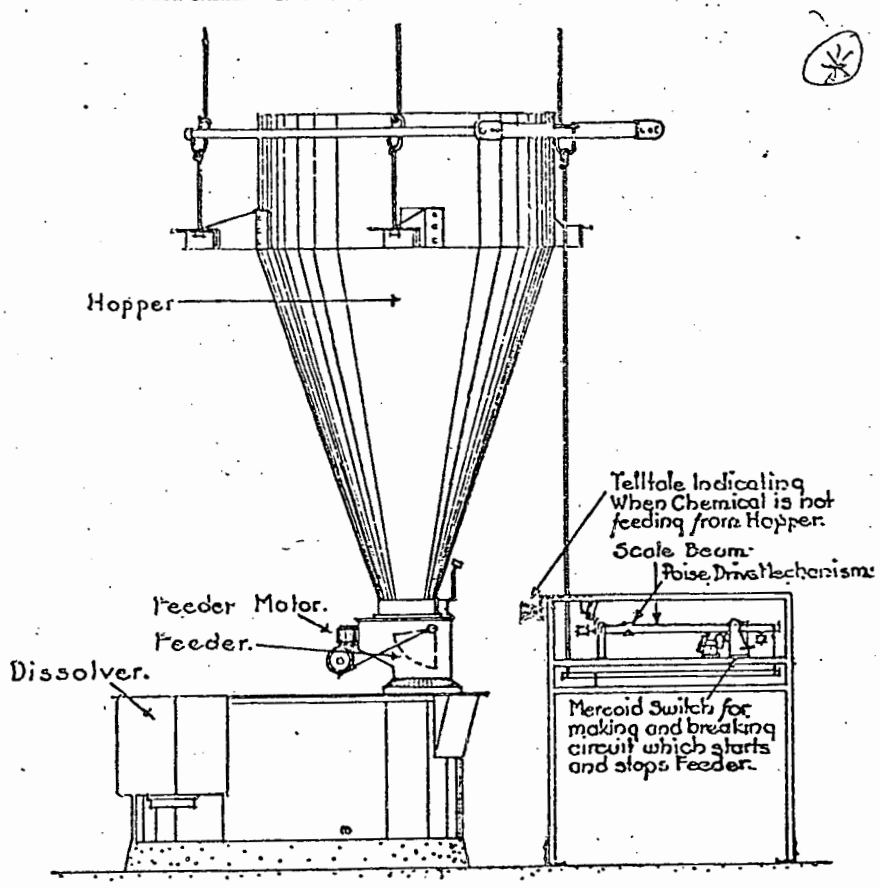
Floculación Hidráulica

Mezcla rápida y mezcla lenta

Canales con mamparas

The quantity of chemicals required to condition water for filtration usually is very small. It may vary in amount from a maximum of 1000 pounds to a minimum of less than 100 pounds per million gallons. Unless the water plant is a large one treating millions of gallons of water daily, or a softening plant requiring large quantities of chemicals,

CHEMICAL FEEDING DEVICE FOR CONTINUOUSLY WEIGHING AND DISSOLVING CHEMICALS



How Scale Operates

1. Poise is set to balance weight of chemical in hopper.
2. Poise is driven inward on beam at desired rate.
3. Inward movement of poise unbalances scale beam completing electrical circuit which starts feeder.
4. Discharge of chemical from hopper causes scale beam to gain balance, thus breaking contact and stopping feeder.
5. Th' cycle continues until hopper is empty.

Producto Químico y fórmula	Peso aparente Kg/m³ (o bien ° Bé)	Disolución Recomendada (máxima)	Solubilidad gr. 100/ml. 0°C 20°C	Materiales adecuados de manejo
Carbón Activado (C)	192 (polvo)	120 grs/lt.	Insoluble Suspensión máx. 120 grs./lt.	Seco: Hierro, acero. Húmedo: Acero inox. goma, conductores de bronce.
Sílice Activada (SiO_2)	1000 (líquido)	Preparado activando el silicilato de sodio	Insoluble	Hierro, goma, aceros en gral.
Sulfato de Alúmina $Al_2(SO_4)_3$ $14 H_2O$, (aprox.)	960 a 1200 (granulado)	60 grs/lt.	60 — 71	Seco: Hierro, acero, hormigón. Húmedo: Plomo, goma, cerámica, cipriés, acero inox. 316, plásticos.
Sulfato de Aluminio líquido $Al_2(SO_4)_3 \times H_2O$	Solución de — 27° Bé — 32.2° Bé — 36.4° Bé	3 %	Completamente mezclable	Tanques revestidos de plomo, goma. Conductos de ebonita o plásticos.
Amoníaco Anhidro (NH_3)	———	———	47,3 — 34,6	Hierro, acero, vidrio, níquel, metal monel.
Sulfato de amonio $[(NH_4)_2SO_4]$	960	Aparatos en seco: 60 grs. lt. Aparatos en solución: 120 grs. lt.	70,6 — 75,5	Seco: Hierro, acero. Húmedo: Acero inox. goma, plásticos, cerámica.
Cal hidratada $[Ca(OH)_2]$	650	Aparatos en seco: 60 grs. lt. Aparatos en solución: 60 grs. lt.	0,18 — 0,16	Hierro, acero, goma, etc. No usar plomo.
Carbonato de sodio $[Na_2CO_3]$	Desde 650 a 1000	Aparatos en seco: 60 grs. lt. Aparatos en solución: 120 grs. lt.	7.0 — 21,5	Hierro, acero, conductos de goma, plásticos.
Sulfato ferroso $[FeSO_4 7H_2O]$	1000	120 grs./lt.	23,7 — 43,5	Seco: Hierro, acero, hormigón. Húmedo: Hierro, plomo, goma, cerámica, plásticos, plásticos, acero inox.
Sulfato férrico $Fe_2(SO_4)_3$ $3H_2O$	1140	240 grs. lt.	Muy soluble	Acero inox. 316, goma, plomo, cerámicas.
Metasilicato de sodio (Na_2SiO_3)6	800	120 grs./lt.	Muy soluble	[illegible] cerámicas, revestidos de asfalto.

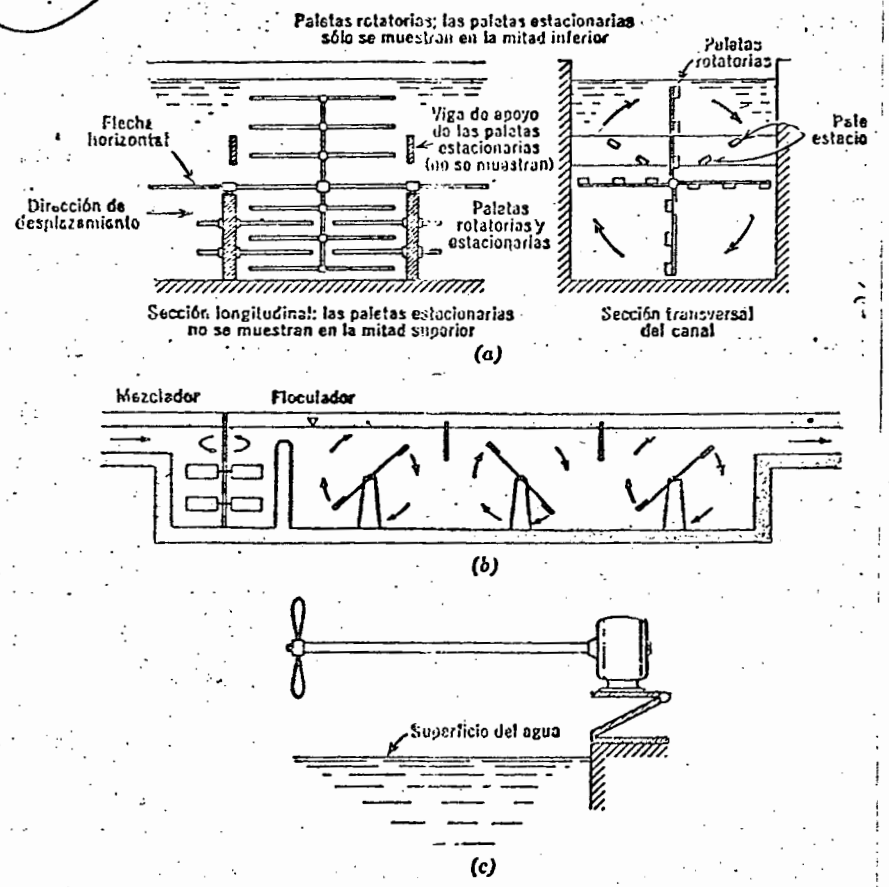


Fig. 26-2. Impulsores para mezclado y mezclado lento. *a*) Mezclador paletas u hojas con flecha horizontal longitudinal y paletas rotativas y cionarias. *b*) Mezclador de turbina con flecha vertical seguido de canal cruce, con agitación lenta, flecha horizontal y resuspensión de los flóc sedimentados en forma a contra corriente. *c*) Hélice mezcladora colo en posición horizontal.

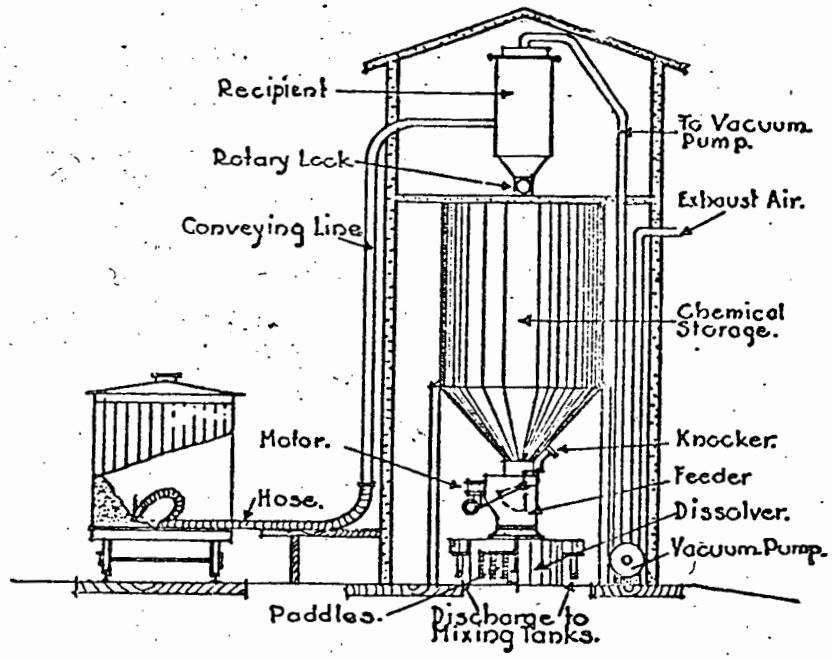
26-2*c*). Las hélices se emplean frecuente y principalmente en mezclad instantáneos.

La alimentación de potencia útil para mezclado y mezclado lento dis nuye por el movimiento rotativo de las masas de agua como conjunt por la formación de vórtices. Los gradientes de corte se reducen por la diferencial en velocidad entre el impulsor y el agua disminuye, y potencia gastada en los niveles cambiantes por la formación de vórt no se emplea para propósito de mezclado. Los estatores son aditame útiles para todos los tipos de impulsores. En la Fig. 26-5*c* y *d* se muest dispositivos combinados para mezcla y sedimentación.

labor-saving devices are not generally needed. However, softening for even a relatively small community may justify the installation of rather elaborate chemical handling devices.

Methods for handling, storing, and applying large quantities of chemicals were in the past very crude but now large quantities can be handled economically. Power shovels and pneumatic conveying devices have come into use. Elevation into bins from which the chemicals subsequently are fed into the water by gravity costs little. An explana-

PNEUMATIC UNLOADING, STORAGE AND FEEDING OF CHEMICALS



The pneumatic unloading system consists of an intake pipeline, including flexible hose and intake nozzle, receiving station, the filters for cleaning the conveying air, and the vacuum pump. To unload a car of chemicals, the vacuum pump and motor to drive the discharge mechanism under the receiving station are started. Atmospheric air is drawn in at the intake nozzle, and when the nozzle is immersed in the material, the inflow of air picks up the chemical and conveys it in a steady stream at high velocity to the receiving station. There the abrupt decrease in velocity causes the precipitation of the material in the hopper, when the conveying air is drawn up through the filters, which consist of three cylindrical housings containing cloth tubes. The air passes up through the tubes, but the cloth retains the fine dust particles, so that only cleaned air is drawn through the pump and discharged to the atmosphere. There is an automatic arrangement to clean the dust regularly from the cloth tubes in each filter compartment, so the dust feeds out of the system continuously with the coarser particles. The chemical is discharged through the rotary lock in the hopper, from which it is measured or weighed into the slaker or dissolver and thence into the water being treated.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS.

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES
CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

Q:F:B: GABRIELA MOLLER DE JALIFE

OCTUBRE DE 1978

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

BACTERIOLOGIA DEL AGUA

Los microorganismos que más frecuentemente se encuentran en el agua, son las bacterias. Pueden encontrarse en el agua atmosférica; abundan en las aguas superficiales y existen en pequeñas cantidades en aguas subterráneas, a estos organismos le siguen, en cuanto a su abundancia en el agua, las algas y protozoarios flagelados. Otros organismos que se encuentran a veces en el agua son los protozoarios patógenos, los virus, las larvas de tremátodos, las tenias y lombrices. Estos organismos, así como muchas variedades de bacterias, tienen una importancia grande desde el punto de vista sanitario, puesto que pueden ser agentes de enfermedad.

En general, la presencia de un número excesivo de bacterias o de organismos patógenos como los mencionados, convierte el agua en peligrosa, mientras que la presencia de algas y protozoarios flagelados le da solamente mal sabor.

Las bacterias que se encuentran en el agua pueden agruparse en 3 clases: bacterias naturales del agua, bacterias del suelo y bacterias de origen intestinal o de aguas negras.

Entre las bacterias naturales del agua, las más comunes son las del género Pseudomonas (Ps fluorescens y Ps aeruginosa), que producen un pigmento soluble en agua, a la que imparten fluorescencia verde, y que generalmente licúan la gelatina, y varias especies de los géneros Serratia, Flavobacterium y Chromobacterium, que producen

pigmentos insolubles de color rojo, amarillo anaranjado y violeta, respectivamente.

Estas bacterias naturales del agua se consideran generalmente como no patógenas para el hombre.

Las bacterias provenientes del suelo se encuentran en gran cantidad en las aguas superficiales en época de lluvias intensas. Normalmente, estas bacterias no viven mucho tiempo fuera de su ambiente natural y su eliminación del agua es activa por la sedimentación de la turbiedad que acompaña su presencia. Entre las especies más comunes se encuentran las del género Bacillus (B. cereus, B. subtilis), gram positivo, aeróbico, productor de esporas, que no produce gas a partir de carbohidratos. Otro grupo de bacterias que se encuentra especialmente en las aguas subterráneas puede clasificarse como plaga. La especie más conocida de este grupo Cremothrix polyspora, una de las llamadas bacterias ferruginosas, que oxida ciertas formas de hierro y ocasiona depósitos de óxido de este metal en las tuberías de agua.

Las bacterias manganesianas, que oxidan los compuestos de manganeso a dióxido de manganeso, se encuentran también en las aguas subterráneas. Aunque estas formas no son patógenas, son de gran interés en las plantas de tratamiento de agua, pues son la causa de frecuentes quejas por la coloración del agua potable y por formar depósitos que obstruyen las cañerías.

Entre los organismos encontrados comunmente en el intestino del

hombre y de los animales y que por lo tanto, podrían considerarse como indicadores posibles de contaminación, se pueden enumerar los siguientes: los bacilos del género Clostridium, grampositivos, formadores de esporas, anaeróbicos y productores de gas; los cocos del género Streptococcus, grampositivos; los bacilos gramnegativos no esporulados de los géneros Escherichia, Aerobacter y Proteus que, generalmente se consideran no patógenos, y los géneros Salmonella, que incluyen muchas especies patógenas.

EXAMEN BACTERIOLOGICO DEL AGUA

Desde el punto de vista del técnico que tiene a su cargo una estación de tratamiento de agua el objetivo principal del examen bacteriológico del agua es proporcionar toda la información relacionada con su potabilidad, es decir, evitar el peligro de ingerir organismos que puedan producir enfermedades. El procedimiento lógico y natural sería la detección, en el agua que se examina, de microbios patógenos específicos, como la Salmonella typhosa. Sin embargo, una tarea de esta naturaleza requiere mucho, tiempo, es difícil de llevar a cabo y no es práctica para un análisis rutinario del agua. Por la dificultad del aislamiento directo de bacterias que producen enfermedades específicas, se han ideado procedimientos indirectos que permitan obtener la información necesaria sobre la probable presencia de estos microorganismos patógenos.

Estos procedimientos los describiremos a continuación

Muestreo

Es necesario tomar en cuenta para cualquier tipo de análisis bacteriológico de agua los siguientes puntos:

1. La muestra de agua debe ser recolectada en un envase estéril (*)

2. La muestra debe ser representativa del abastecimiento del cual es tomada.

3. Debe evitarse la contaminación de la muestra durante el muestreo y después de este.

4. La muestra debe analizarse tan rápido como sea posible después de la toma.

5. Si el análisis de la muestra se retarda, ésta debe ser almacenada entre 0 y 10° C

(*) Si la muestra de agua para análisis ha sido previamente clorada debe usarse un agente que elimine el cloro residual. Comunmente se usa .1ml de una solución al 10% de tiosulfato de sodio que se agrega en el envase en que se tomará la muestra antes de su esterilización.

Los procedimientos bacteriológicos rutinarios consisten en; (I) cuenta en placa para determinar el número de bacterias presentes y (II) una prueba para revelar la presencia de bacterias coliformes

(I) Cuenta en Placa

Es una técnica empírica para determinar la densidad bacteriana de las aguas. Generalmente 1ml de la muestra se siembran en un medio determinado (agar nutritivo o triptona glucosa agar). Las placas se incuban a 20° C por 48 h o a 35° C por 24 h. Posteriormente se procede a contar las colonias y se calcula el número de bacterias por ml en la muestra.

La cuenta en placa es útil para determinar la eficiencia de operaciones utilizadas para remover o destruir organismos. Por ejemplo en la sedimentación, filtración y cloración. Se hace una cuenta antes y después del tratamiento específico y los resultados indican a que grado se redujo la población microbiana.

La muestra debe ser agitada vigorosamente y tomarse con una pipeta estéril para pasarse a una caja de petri o tubo para dilución. El volumen de muestra tomado dependerá de las características del agua. Un volumen muy usado es el de 1ml y .1ml y si se sospecha que el agua está muy contaminada hacer las diluciones pertinentes Una vez puesta la cantidad de muestra en la caja petri previamente esterilizada se vierten 10ml o más del medio seleccionado, licuado y a una temperatura de 43 a 45° C. La tapa de la caja de petri

debe ser levantada solamente para permitir el que se introduzca la pipeta para poner la muestra o el vertir el medio de cultivo.

El medio de cultivo y la muestra deben mezclarse perfectamente trás de lo cual se incuban a la temperatura indicada anteriormente. Después del tiempo de incubación se cuentan las colonias, escogiendo aquellas cajas que tengan un número de colonias entre 30 y 300. El resultado será el promedio de todas las cajas que caigan dentro de ese rango.

El conteo debe hacerse en un cuenta colonias Quebec.

(II) Prueba para revelar la presencia de bacterias coliformes

Como ya se mencionó, se podría pensar que el objetivo de un análisis de agua sería el de aislar microorganismos patógenos, cosa que no es verdadera por las siguientes razones:

> Los microorganismos patógenos pueden estar en el agua esporádicamente y no sobreviven por periodos largos de tiempo, por lo tanto podrían no estar presentes en las muestras enviadas al laboratorio.
>
> Como están presentes en muy pequeñas cantidades pueden no detectarse en los procedimientos de laboratorio.

Se sabe que los microorganismos patógenos llegan a los cuerpos de agua por medio de descargas intestinales. Se sabe también que ciertas especies bacterianas particularmente Escherichia

coli y algunos organismos relacionados denominados coliformes, estreptococo fecal (Streptococus faecalis) y clostridium perfringens habitan normalmente en el intestino delgado del hombre y otros animales y por consiguiente están presentes en las heces, por lo tanto, la presencia de cualquiera de estas especies bacterianas es evidencia de contaminación por excretas.

Si estos organismos están presentes en el agua, el camino está también abierto para que los microorganismos, patógenos contaminen el agua, ya que también están presentes en las heces, ya que el análisis de laboratorio para microorganismos patógenos presenta los problemas mencionados anteriormente. Se ha enfocado la atención a la identificación de especies bacterianas de origen fecal, particularmente del grupo coliforme, esto ha sido satisfactorio en la práctica y tiene las siguientes ventajas:

Los coliformes particularmente Escherichia coli, está siempre presente en grandes cantidades en el intestino delgado de los humanos.

Estos microorganismos viven más tiempo en el agua que los microorganismos patógenos.

Una persona sana no excretará microorganismos patógenos, pero si tuviera tifoidea, estos microorganismos si estarían presentes en sus heces, por lo tanto, la presencia de coliformes en el agua es una señal preventiva; esto quiere decir que el agua está sujeta a una contaminación potencial

y peligrosa.

El grupo de bacterias coliformes incluye todos los bacilos gram negativos aeróbicos, anaeróbicos y facultativos, no esporulados que producen ácido y gas a partir de la fermentación de la lactosa. Las especies clásicas de este grupo son Escherichia coli y Aerobacter aerogenes.

El examen para la identificación de microorganismos consta de tres etapas sucesivas:

(1) La prueba presuntiva; (2) la prueba confirmativa y (3) la prueba completa

(1) Prueba ~~confirmativa~~ presuntiva

Se ha encontrado que los coliformes son una de las pocas bacterias que fermentan el disacárido lactosa, con la producción de gas. Es posible detectar la presencia de coliformes en una muestra de agua agregándola en un medio de caldo lactosado que contenga un pequeño tubo invertido e incubando a 35° C por 24 ó 48 horas. La presencia de peptona en el medio, estimula el crecimiento de todas las bacterias; pero los coliformes tienen en la lactosa una fuente adicional de alimento que otras bacterias no pueden usar. Conforme los coliformes metabolizan la lactosa bajo condiciones anaeróbicas, forman ácido que disminuye el pH desprendiéndose bióxido de carbono e hidrógeno. Estos dos gases se atrapan en el tubo invertido siendo esto una

evidencia de la fermentación de la lactosa.

Si los coliformes fueran las únicas bacterias capaces de formar gas a partir del caldo lactosado, la prueba sería perfecta, pero desgraciadamente, otras bacterias también producen gas a partir del caldo lactosado. Estos productos de gas que no pertenecen al grupo coliforme, incluyen a aquellos microorganismos aerobios , formadores de esporas o bien debido a una acción de sinergismo entre dos o más especies bacterianas por lo que la producción de gas debe confirmarse que sea producida por microorganismos del grupo coliforme.

(2) Prueba confirmativa

Cuando se analiza agua potable o aguas en proceso de potabilización, todos los tubos gas positivo en la prueba presuntiva deben ser sometidos a procedimientos confirmativos.

Se aplica también a aguas de balnearios, efluentes clorados de las plantas de depuración de aguas negras y en general, a cualquier muestra de agua en la que se conoce por experiencia que no es aplicable la prueba presuntiva.

Para esta prueba se utilizan tubos de fermentación que contienen caldo lactosado bilis verde brillante o también pueden ser utilizadas placas de agar Endo o de agar EMB(eosina azul de metileno-lactosa).

A partir de los tubos de caldo lactosado inocular de inmediato

tubos que contienen caldo lactosado bilis verde brillante. Incubar a 35°C ± 0,5°C por 24 y 48 horas. Se considera como prueba confirmativa positiva la formación de gas (menor o mayor) en el interior del tubo invertido del caldo lactosado bilis verde brillante, en cualquier periodo de tiempo dentro de las 48 ± 3 horas.

Si se utilizan medios selectivos sólidos para la prueba confirmativa se debe inocular por estrías, de tal modo que después de incubarlas a 35°C ±0.5°C por 24 ± 2 horas se obtengan colonias aisladas, separadas unas de otras por 0,5 cm.

Pueden ser consideradas como positivas las colonias típicas que son nucleadas, con o sin brillo metálico. Las colonias atípicas son opacas, anucleadas, mucoides y de color rosa.

Se consideran como negativas a las colonias incoloras. Si al observar las placas sólo se han desarrollado colonias atípicas, el resultado es dudoso y debe efectuarse la prueba completa.

(3) Prueba Completa

Se aplica como etapa siguiente a la prueba confirmativa en el examen de muestras de agua si los resultados son aplicados en el control de la calidad del agua potable. También se recomienda cuando existe alguna duda sobre la validez de la prueba confirmativa.

El número de procedimientos requeridos para establecer la validez de la prueba confirmativa será determinado por la frecuencia de

interferencias de la flora del agua. Aproximadamente 20 pruebas durante cada tres meses serían suficientes donde existe una buena correlación con la prueba complementaria. Para pruebas comparativas, las muestras seleccionadas deberían incluir todas las muestras de agua de consumo en las cuales se encuentren coliformes en las pruebas confirmativas.

El procedimiento de la prueba completa consiste en tomar una o más colonias aisladas (típicas o atípicas) de cada placa de agar selectivo utilizado e inocular en tubos de caldo lactosa o caldo lauril triptosa para demostrar la fermentación de la lactosa, incubando a 35°C por 24 - 48 horas, y simultáneamente, efectuar un aislamiento de las colonias en tubos de agar inclinado para efectuar una coloración Gram después de la incubación de los tubos a 35°C por 18 - 24 horas. Al pasar las colonias al agar inclinado se debe tener el cuidado de seleccionar aquellas bien aisladas y separadas y tocarlas ligeramente con el asa para evitar el riesgo de transferir cultivos mixtos.

Transcurrido el tiempo de incubación, la formación de gas en el tubo de caldo lactosado o caldo lauril triptosa así como la visualización de bacilos Gran negativos, no esporulados, en el cultivo de agar inclinado, indican resultados positivos para bacterias del grupo coliforme en el volumen de muestra examinada.

EXAMEN DE COLIFORMES FECALES

Con sólo un pequeño esfuerzo adicional se puede llevar a cabo la

prueba de coliformes fecales por el procedimiento de tubos múltiples.

Este examen generalmente está hecho para investigar; casos de contaminación de corrientes de agua, fuentes de agua potable, sistemas de tratamiento de aguas residuales, aguas de balnearios, aguas marinas y en general, para monitoreo de calidad de agua. No se recomienda sustituir este examen de coliformes totales en agua potable puesto que en este caso ningún organismo coliforme debe estar presente.

A partir de cada uno de los tubos gas positivo, en caldo lactosado o caldo lauril triptosa en la prueba, presuntiva, se inoculan tubos que contienen caldo EC.

Los tubos de caldo EC se incuban a 44.5°C ± 0.2°C por 24 horas en un baño de agua con tapa para mantener estable la temperatura.

Los tubos sembrados deben ser colocados en el baño de agua dentro de los 30 minutos luego de la inoculación, así el crecimiento está relacionado a la exposición a temperatura elevada.

Cualquier inoculación directa de alícuotas de muestra en tubos de caldo EC, sin enriquecimiento preliminar sea en caldo lactosado o caldo lauril triptosa, es inadecuada.

Luego del periodo de incubación, los tubos son retirados del baño de agua, se agitan suavemente y se observa la producción de gas. La presencia de gas en cualquier cantidad es una prueba positiva.

Se calcula el número más probable (NMP), basándose en las combinaciones de tubos positivos y negativos, reportando los resultados como coliformes fecales por 100 ml.

CALCULO DEL NUMERO MAS PROBABLE (NMP)

Un cálculo matemático de la densidad probable de bacterias en una muestra se puede efectuar combinando los resultados positivos y negativos obtenidos en las pruebas de tubos múltiples. Aunque los cálculos del número más probable pueden ser hechos en base a cualquier combinación de porciones de muestra empleada, la combinación de tubos múltiples más frecuentemente utilizada es la de cinco porciones de 10 ml. para exámenes de agua potable, y de cinco porciones de tres diferentes diluciones decimales para obtener datos válidos en fuentes de agua cruda, en investigación de aguas contaminadas, y para controlar la calidad de tratamiento de los efluentes.

La práctica de utilizar series de tres tubos en lugar de cinco para acumular datos de NMP que son utilizados para establecer estándares de calidad del agua, da como resultado un NMP de precisión significativamente reducida.

La mayoría de las tablas de NMP están generalmente limitadas a valores de pruebas que comienzan con porciones de muestra de 10 ml. Los resultados de pruebas que empiecen por diluciones decimales requieren para su interpretación la siguiente fórmula:

$$\text{Valor en la tabla del NMP} \times \frac{10}{\text{volumen de muestra}} = \text{NMP por 100 ml.}$$

Por ejemplo, para una serie sembrada con volúmenes de muestra de 1 ml, 0.1 ml, 0.01 ml, y con tubos positivos correspondientes a 4, 2 y 0, tenemos que:

$$22 \times \frac{10}{1} = 220 \text{ NMP por 100 ml.}$$

Es costumbre registrar los resultados de los exámenes colimétricos en forma de quebrado, expresando en el numerador el número de tubos positivos y en el denominador en número de tubos inoculados; por ejemplo:

Para 5 porciones de 10 ml: 3/5

Para 3 series de 3 tubos cada una con 10 ml, 1 ml y 0.1 ml: 3/3 1/3 0/3

Para tres series de 5 tubos cada una con 10 ml, 1 ml y 0.1 ml 1/5 1/5 0/5

La prueba IMViC. La palabra IMVic es solo una nemotecnia de las pruebas de diferenciación para los organismos coliformes fecales y no fecales. Su estructura se deriva de:

I por Indol, o sea la prueba del indol;

M por Metilo, o sea la prueba del Rojo de metilo;

V por Vogues, o sea la prueba de Vogues-Proskauer;

i una vocal sin significado, usada unicamente como enlace; y

C por citrato, o sea la prueba del medio citratado de Koser.

Otro aspecto de la nemotecnia es que Escherichia coli, típicamente fecal, responde a las cuatro pruebas en la forma ++-- mientras que Aerobacter aerogenes, que se considera como coliforme no fecal, responde en la forma --++. Con un poco más de detalle los tres organismos que se diferencían en esta prueba responden así:

	Indol	Rojo de metilo	Vogues Proskauer	Citrado Koser
Escherichia coli				
Variedad I	+	+	-	-
Variedad II	-	+	-	-
Escherichia freundii				
Variedad I	-	+	-	±
Variedad II	+	+	-	±
Aerobacter aerogenes				
Variedad I	-	-	+	±
Variedad II	±	-	+	±

El fundamento de las pruebas diferenciales se basa en lo siguiente:

Indol.- Esta prueba se basa en que E. coli tiene la capacidad

de producir indol, mientras que A. aerogenes no lo produce.

Rojo de Metilo.- La cantidad de ácido producida en un medio glucosado y detectada por un indicador que es el rojo de metilo. Ambos organismos producen ácido a partir de la glucosa. Sin embargo E. coli produce un pH más bajo que hace que el indicador vire a rojo; mientras que los cultivos de A. aerogenes no producen este cambio de coloración.

Vogues Proskauer.- Esta prueba se basa en la habilidad para producir un compuesto, el acetilmetil carbinol en un medio peptonado y glucosado. E. coli no produce dicho compuesto, mientras que A. aerogenes sí.

Citrato.-

Se basa en la utilización del citrato de sodio. A. aerogenes es capaz de utilizar el citrato de sodio como única fuente de carbono. E. coli no puede aprovecharlo.

NOTA:

Para mayor detalles, consultar el Anexo 1 (prácticas de laboratorio).

EXAMEN DE COLIFORMES POR LA TECNICA DE FILTRO DE MEMBRANA

La mayoría de las muestras de agua puede ser analizada por los métodos de filtros de membrana. Actualmente, la prueba de filtro de membrana está siendo utilizada como un método normalizado para evaluar la calidad sanitaria del agua y definir su potabilidad.

Con esta técnica es posible examinar volúmenes muy variables de agua y ofrece un resultado directo de la concentración de bacterias coliformes en lugar de un estimado estadístico, como es el caso de la técnica de tubos múltiples.

Cada laboratorio debe realizar pruebas comparativas con la técnica de tubos múltiples a fin de establecer la validez de la prueba FM. Este estudio comparativo se basa en la interpretación sanitaria de la calidad del agua y no requiere que las dos pruebas proporcionen el mismo valor en cuanto a la concentración de coliformes.

Algunos tipos de muestras no pueden ser filtrados debido a la presencia de turbiedad, poblaciones excesivamente altas de bacterias no coliformes, o compuestos metálicos pesados. Estas dificultades pueden encontrarse al examinar muestras de algunas aguas de pozo, reservorios, lagos pequeños, efluentes industriales y efluentes clorados de baja calidad. En muestras turbias con pocos coliformes es recomendable usar el procedimiento de tubos múltiples.

Se recomienda filtrar un volumen de 100 a 200 ml para agua potable. La limitación en volumen depende también de la presencia de turbiedad. En este caso se recomienda que la muestra del

agua se analice por duplicado filtrando, por ejemplo, 50 ml. en cada membrana.

Para aguas contaminadas es necesario diluir previamente las muestras. Al efectuar la dilución, es necesario tener en consideración que el número ideal de colonias en el filtro membrana es de 20 a 80 en la determinación de coliformes totales.

El equipo de filtración debe estar esterilizado al comienzo de cada serie de filtraciones que pueden ser 30 o más muestras.

Una filtración en serie se considera interrumpida si hay un intervalo de 30 minutos o más entre las filtraciones de las muestras.

La esterilización del equipo normalmente se hace en el autoclave a 121°C durante 15 minutos. Para protegerlo de la contaminación durante su almacenamiento se le debe envolver en papel grueso resistente o en papel de aluminio. Si es necesario reesterilizar el equipo durante el día de trabajo es aconsejable exponer el embudo y el soporte a la luz ultravioleta durante 2 minutos.

GUIA PARA VOLUMENES DE MUESTRA A SER FILTRADOS EN LA PRUEBA DE COLIFORMES FECALES POR EL METODO DE FILTROS DE MEMBRANA

Fuente de Agua	Cantidad filtrada (ml)						
	100	50	10	1	0.1	0.01	0.001
Lagos, reservorios	X	X					
Pozos, vertientes	X	X	X				
Fuentes superficiales de plantas de agua potable		X	X	X			
Aguas naturales para bañistas		X	X	X			
Efluentes de plantas secundarias de tratamiento de aguas residuales.			X	X	X		
Estanques de granjas, ríos				X	X	X	
Corrientes de aguas de lluvia en áreas urbanas					X	X	X
Aguas residulaes municipales							
Area de engorde de animales					X	X	X

Para asegurar que no existe contaminación al comenzar las pruebas se deben someter 100 ml de agua de dilución al procedimiento de los FM, antes de iniciar el procesamiento de las muestras de agua.

El procedimiento de filtración consiste en hacer pasar por medio de vacío la muestra de agua a través de una membrana de celulosa de 0.45 u.

Luego de filtrada la muestra se lava el embudo tres veces con volúmenes de 20-30 ml de agua de dilución estéril.

Con una pinza estéril se retira la membrana de la unidad de filtración y se coloca con sumo cuidado en una placa de agar Endo o almohadilla embebida con medio Endo MF.

Es necesario evitar que se aprisionen burbujas de aire en la membrana. Si esto ocurre, se pueden eliminar fácilmente presionando suavemente en los bordes de la membrana o dislocándola con una pinza estéril.

Los filtros de membrana son extremadamente delicados y se dañan con facilidad. Por este motivo es recomendable utilizar pinzas adecuadas.

El caldo M-Endo y el agar M-Endo se usan para coliformes totales.

El tiempo transcurrido desde la filtración hasta iniciar la incubación no debe exceder de 20 minutos.

Los cultivos de membranas para coliformes totales se incuban durante 22-24 horas a 35°C ± 0.5°C, en posición invertida. Se debe utilizar incubadoras con un alto nivel de humedad (aproximadamente 90%). Un valor inferior podría causar que la superficie de la membrana pierda humedad más rápidamente de lo que pueda reponerse por difusión del medio proveniente de la almohadilla absorbente. Esto puede inhibir el crecimiento o producir colonias pequeñas no bien diferenciadas.

Un baño de agua a temperatura constante se puede transformar en una excelente incubadora. El baño de agua debe ser cubierto

y tener una plataforma apropiada, justo encima de la superficie del agua, sobre la cual pueden ser colocados los recipientes de cultivo para ser incubados. Se obtienen mejores resultados si se coloca una toalla húmeda sobre los recipientes de cultivo durante la incubación.

También se puede utilizar un incubador convencional. En este caso, los recipientes de cultivo deben ser colocados en recipientes herméticamente cerrados, con un papel o paño húmedo en su interior, para mantener las condiciones necesarias de humedad. Se puede usar para este fin un recipiente del tipo de los que son utilizados para guardar verduras en las refrigeradoras domésticas. Si en una incubadora no se puede mantener el alto grado de humedad requerida, se pueden realizar los cultivos en cajas de Petri plásticas colocadas en envases herméticamente cerrados. En estos recipientes se establece el nivel de humedad necesario por evaporación de una parte del medio de cultivo dentro de la caja de Petri.

Para el recuento de colonias de coliformes se recomienda el uso de un microscopio estereoscópico con luz fluorescente.

Tanto en el medio M-Endo como en el medio M-Endo agar LES las colonias típicas de coliformes tienen un color rosa o rojo obscuro con un brillo metálico dorado o verde amarillento.

Se recomienda la verificación de las colonias, sembrándolas en caldo lactosado y posteriormente en caldo lactosado bilis verde brillante. Las colonias expuestas al secado por más de algunos minutos no podrán ser capaces de desarrollarse cuando sean transferidas a los tubos de caldo lactosado.

Existen casos en que se encuentran en el agua ciertas bacterias coliformes que no llegan a producir colonias típicas. Por lo tanto, si se observa un gran número de colonias atípicas se debe proceder a identificarlas.

Puede suceder también que desarrollen en las aguas ciertos organismos no coliformes que produzcan colonias típicas del grupo coliforme. Muchos bacteriólogos han reportado la presencia de grupos de Aeromonas que presentan este tipo de colonias. En este caso hay que recurrir a la prueba de la citocromo-oxidasa para dirimir cualquier duda.

Los resultados de la densidad de coliformes totales determinados por el procedimiento de FM se reportan siempre como "coliformes totales por 100 ml", independiente de la dilución y naturaleza de la muestra utilizada.

Para el cálculo de la densidad de coliformes totales se utiliza la expresión siguiente;

$$\text{Colonias coliformes totales por 100 ml} = \frac{\text{colonias de coliformes contadas X 100}}{\text{volumen de muestra filtrada}}$$

La densidad de coliformes es expresada, por lo tanto, en términos de coliformes totales por 100 ml.

Las membranas idealmente seleccionadas para efectuar el recuento de coliformes totales en aguas contaminadas son aquellas que tienen entre 20 y 80 colonias y no exceden de 200 colonias. Si el crecimiento de colonias no está bien definido se puede informar como "crecimiento conglomerado".

Si el número de colonias es excesivamente grande, el resultado se informará como "número excesivo para ser contado". En estos casos se deberá colectar una nueva muestra seleccionando los volúmenes apropiados para la filtración.

Olores y sabores

Es importante también, además de suministrar un agua libre de microorganismos patógenos, el suministrarla también libre de cualquier tipo de olores y sabores extraños. Algunos sabores y olores son de orígen químico, pero muchos tienen origen microbiológico. De aquí, que sea muy importante el conocer que microorganismos los causan y como pueden controlarse.

Varios estudios han llegado a la conclusión de que ciertas algas y actinomycetos son las responsables de la mayoría de olores y sabores producidos. Estos sabores y olores son causados por ciertos aceites esenciales producidos por estos microorganismos y que son liberados a su muerte. Se sabe que los actinomycetos viven en una relación parasitaria con las algas. Estas son el alimento de los actinomycetos y que producen ciertos compuestos que causan olores y sabores al agua, que son productos finales normales de los materiales liberados por las algas. Cuando el alga muere y se lisa, gran cantidad de este material es liberado a la solución y ocurre un rápido crecimiento de actinomycetos.

La muerte de las algas y el crecimiento de los actinomycetos es pues la causa de olores y sabores en el agua.

Control de algas

El control de cualquier tipo de crecimiento biológico es función de los nutrientes requeridos para la energía y producción del proto

plasma de las células. Ya que las algas utilizan luz solar como fuente de energía, su control está relacionado con la síntesis protoplásmica. El elemento crítico para el crecimiento de las algas es el fósforo; en algunos casos, el nitrógeno también lo es.

En la mayoría de las aguas naturales el contenido de fósforo es bajo y el crecimiento de las algas está limitado. Pero en áreas agrícolas, donde los escurrimientos de las aguas superficiales llevan consigo fertilizantes, el contenido de fósforo aumenta y aumenta también el crecimiento de algas. El uso de polifosfatos como constituyentes de los detergentes aumenta también el problema de control del crecimiento de algas en los cuerpos de agua que reciben la descarga de las aguas residuales tratadas o no tratadas a menos que el proceso de tratamiento incluya la remoción del fósforo.

Si no es posible prevenir que las aguas superficiales se contaminen con los fosfatos, debe prevenirse el crecimiento excesivo hasta un cierto nivel en que los microorganismos no causen olores y sabores. ESto puede hacerse por adición de algicidas en el momento adecuado. El algicida más comunmente usado es el sulfato de cobre.

Por un examen microscópico regular del cuerpo de agua es posible determinar la tasa de cambio de los microorganismos en cuestión y precedir cuando empieza a aumentar la población. A una tasa predeterminada de cambio de población, el cuerpo de agua puede ser tratado antes de que ocurra el crecimiento masivo. La adición de

sulfato de cobre a un cuerpo de agua antes del máximo crecimiento puede prevenir un crecimiento excesivo con una dosis mínima. Una vez que el crecimiento de las algas está fuera de nuestro control la concentración de sulfato de cobre requerida es más alta, y al morir las algas, los materiales que causan olores y sabores son liberados.

Las dosis de sulfato de cobre varían con las características químicas del agua y con el tipo de alga que se quiere combatir. En aguas duras, el cobre se precipita como carbonato y se requieren dosis mayores. Las aguas que contienen materia orgánica también atrapan al cobre y solamente el cobre en forma libre e iónica es algicida. La dosis de cobre libre requerida para el control de algas varía de o.1 a 1.o mg/l. Un efecto lateral del tratamiento con sulfato de cobre es un aumento repentino de la población bacteriana en el cuerpo de agua tratado, ya que el cobre es tóxico a las algas y también a los protozoarios. La muerte de estos protozoarios ocasiona un aumento en la población bacteriana que no se afecta por la concentración de cobre utilizada. Este aumento es temporal ya que el número de protozoarios pronto es restablecido controlándose entonces el número de bacterias.

Existen varios métodos disponibles para tratar los olores y sabores. El carbón-activado, la cloración y la aereación son tres de los métodos más comunmente usados.

El carbón activado tiene un gran poder de adsorción para pequeñas concentraciones de materia orgánica y se usa donde se emplean la

filtración y la coagulación química. La cloración se usa en aguas con bajo contenido de materia orgánica. Las sustancias productoras de olor y sabor son químicamente oxidadas. La aereación es el método más simple para el control de olor pero resulta efectivo sólo si estas sustancias productoras son altamente volátiles a la temperatura normal del agua.

MICROORGANISMOS QUE OBSTRUYEN LOS FILTROS

Para purificar y desinfectar el agua para abastecimiento de la municipalidad, se usan tres procedimientos principalmente:

1) Sedimentación
2) Floculación y filtración y
3) Desinfección

Los detalles de estos procesos no son nuestro principal punto de interés pues serán estudiados en otro capítulo.

Después de la sedimentación, el agua clarificada pasa através de filtros de arena, de los cuales existen varios tipos.

El agua se pasa através de un lecho de arena de donde gotea lentamente. Conforme la filtración se lleva a cabo y el tiempo transcurre, se van acumulando alrededor de cada grano de arena y en los intersticios, especialmente en la parte superior del filtro una capa gelatinosa llamada"Schmutzdecke"(del alemán:"capa sucia") compuesta de millones de bacterias, protozoarios, algas y otros microorganismos. Esta capa va lentamente cerrando los poros entre los gramos de arena y hace que el lecho filtrante sea más efectivo. Por la acción enzimática y por los procesos de oxidación y reducción y la ingestión de las bacterias por miles de protozoarios que están presentes en la capa, el contenido bacteriano y químico del

agua se reduce grandemente.

Cuando esta capa gelatinosa es ya muy gruesa y obstruye el filtro, éste se deja fuera se servicio y se remueve esta capa.

La efectividad de la filtración se prueba constantemente por bacteriólogos en la planta quienes determinan el número y clase de bacterias presentes en el agua durante las diferentes etapas de la filtración. Estos filtros pueden remover hasta el 99% de las bacterias presentes en el agua de entrada.

MICROORGANISMOS PRESENTES EN LAS AGUAS CONTAMINADAS

Todas las aguas naturales contienen microorganismos vivientes en número limitado y las aguas contaminadas en un número elevado de vida microscópica. Para fines prácticos el agua es peligrosa como portador de enfermedad solamente cuando es contaminada con aguas negras de origen humano, por lo que es necesario su purificación.

Las aguas contaminadas contienen incontables microorganismos que son la parte viva natural de la materia orgánica que existe en las aguas negras. Son importantes por lo que se refiere a la salus pública porque pueden contener microorganismos patógenos perjudiciales al hombre. Dentro de estos organismos microscópicos están las bacterias y otros organismos vivos más complejos.

Las bacterias pueden ser saprófitas y parásitas. Las bacterias parásitas son las que viven normalmente a expensas del huésped ya que necesitan recibir el alimento preparado para consumirlo. Las bacterias parásitas que tienen importancia en las aguas negras provienen por lo general del tracto digestivo de las personas y de los animales cuyas deyecciones van a parar a las aguas negras. Entre estas existen ciertos tipos específicos que durante su desarrollo en el huésped producen compuestos tóxicos y venenosos que causan enfermedad al huésped; estas bacterias se conocen con el nombre de bacterias patógenas. Pueden estar presentes en las aguas negras que reciben las deyecciones de personas afectadas por

enfermedades como la fiebre tifoidea, la disentería, la cólera u otras infecciones intestinales.

La mayoría de las bacterias patógenas que se encuentran en el agua pertenecen a la familia Enterobacteriacea (bacílos entéricos), con excepción de Vibrio comma que pertenece a la familia Spirilleae.

Las bacterias patógenas más comunes pertenecen a los siguientes géneros:

Salmonella
Shigella
Vibrio comma

Estas bacterias son de gran importancia debido al tipo de enfermedades que producen. La Salmonella typhosa produce la fiebre tifoidea que se transmite al beber agua contaminada con heces humanas; es un bacilo gram negativo, facultativo, no esporulado y móvil el cual entra al cuerpo casi exclusivamente por el aparato digestivo. La diseminación de la enfermedad es por lo tanto por contaminación de aguas y alimentos con materias fecales.

La Salmonella paratyhi, S. Schotmulleri, y S Hirschfeldi, son los causantes de la fiebre paratifoidea que se designa como paratifoidea A, B y C respectivamente. Es clínicamente indistinguible de la fiebre tifoidea, su diferenciación es basicamente por reacciones serológicas. Se elimina en las heces y la infección es por el tracto gastrointestinal por lo que su transmisión es igual que la fiebre tifoidea.

La disentería baciliar es causada por una bacteria llamada Shigella dysentería. Se caracteriza por un periodo corto de incubación (48 h), dolor abdominal y diarrea, La severidad de la enfermedad varía de acuerdo con la especie de Shigella que la cause; es un bacilo gram negativo, no esporulado, facultativo. Su vía de acceso al organismo es digestiva, es excretado por las heces por lo tanto, para diseminarse deben ser contaminadas las aguas y las comidas.

El Vibrio Comma, un bacilo gram negativo no esporulado, aeróbico en forma de coma, causa la cólera asiática. El periodo de incubación es de 1 a 5 días, el vibrio se establece en el intestino, elaborando una endotoxina, estable al calor, altamente venenosa que al liberarse en el organismo por citólisis del microorganismo es responsable de la severidad de la enfermedad. La vía de acceso de los vibrios es el tracto gastrointestinal y por lo tanto la diseminación ocurre por el contacto de heces o vómito con los alimentos y el agua.

Otras bacterias patógenas comunes de la familia Enterobacteriaceae son:

Escherichia
Aerobacter
Serratia
Proteus, etc

La diarrea es la enfermedad más comunmente encontrada por ingestión de agua contaminada. Es una alteración no-específica del tracto gastrointestinal, ha sido atribuída a diferentes microorganismos como:

Escherchia coli
Pseudomonas aeruginosa
Proteus vulgaris
Chlostridium perfringens y varios estafilo cocos y estreptococos.

Existen otros microorganismos patógenos que ocasionalmente se encuentran en las aguas negras y que pueden ser diseminados por ésta.

Mycobacterium tuberculosis.

Bacillus anthracis. Virus de la hepatitis, virus de la poliomielitis.

La posible presencia de estos microorganismos en las aguas negras es una de las razones por las cuales deben colectarse cuidadosamente, tratarse en forma adecuada y disponerlas de manera segura, para prevenir cualquier transmisión de estas bacterias patógenas de una persona a otra.

Las bacterias saprófitas son las que se alimentan de materia orgánica muerta descomponiendo los sólidos orgánicos para obtener el sustento necesario y produciendo a su vez sustancias de desecho que consisten en sólidos orgánicos e inorgánicos. Por esta actividad son de suma importancia en los métodos de tratamiento de aguas negras ideados para facilitar o acelerar la descomposición natural de los sólidos orgánicos.

Hay muchas especies de bacterias saprófitas y cada una de ellas desempeña un papel específico en la descomposición de los sólidos orgánicos. Algunas bacterias saprófitas importantes son del género:

Sphaerotilus
Leptothrix
Crenotrix

bacterias del fierro (Gallionella ferruginea)
bacterias del azufre (Beggiatoa), que almacena azufre en la célula y los oxida a sulfato.
Bacterias nitrificantes (Nitrosomonas, Nitrobacter), que hacen uso de la energía de las reacciones químicas.

La descomposición que llevan a cabo estas bacterias puede ser aerobia y anaerobia.

Además de las bacterias existen otros organismos microscópicos presentes en las aguas contaminadas como son los virus, las algas, los hongos y los protozoarios (Entamoeba histolytica). La disentería amibiana es causada por este protozoario. La vía de acceso al organismo es por la boca, siendo los quistes la única forma de infección.

En general, la microbiología de las aguas contaminadas está constituida por los microorganismos existentes como flora normal del tracto digestivo de las personas; ya que estos microorganismos están contenidos en las heces que son la fuente de contaminación

del agua. Estos microorganismos son no-patógenos pero puede existir la posibilidad de que haya en las aguas negras microorganismos patógenos provenientes de las heces de personas infectadas o de portadores sanos.

Existen también en las aguas contaminadas microorganismos provenientes de las aguas y del suelo que provienen de diferentes orígenes y que llegan a formar parte de aquellas; estos microorganismos son no patógenos y muy útiles para la purificación de las aguas negras (bacterias saprófitas).

Debido a que la concentración de microorganismos patógenos en las aguas es pequeño, no puede analizarse directamente, por lo que se busca una evidencia indirecta de su presencia con los llamados microorganismos indicadores de la contaminación que son las bacterias del grupo coliforme que habitan normalmente en el tracto gastrointestinal de los seres humanos.

La eliminación de las bacterias coliformes de las aguas negras y la velocidad de su destrucción y muerte es paralela a las velocidades de destrucción de las bacterias patógenas intestinales. El estreptococo fecal es otra bacteria usada como indicador de la contaminación del agua.

Normas de calidad:

El muestreo debe hacerse en puntos representativos del sistema de distribución.

Los estándares para agua potable que establece el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos determina un número mínimo de muestras que deben analizarse. La frecuencia de muestreo para análisis bacteriológico es función de la población abastecida por el sistema de distribución.

población abastecida	No. mínimo de muestras por mes
0-2,500	1
10,000	7
25,000	25
100,000	100
1,000,000	300
2,000,000	390
5,000,000	500

debido a la densidad tan baja de coliformes en el agua potable no es necesario correr las tres series de 5 tubos para el NMP. Solamente se requiere un juego de tubos usando 10 ml. o 100 ml.

Límites: Según se indique por las muestras que se examinen, la presencia de organismos del grupo coliforme no debe exceder de los siguientes límites:

1) Cuando se examinen porciones normales de 10 ml, no más del 10 por ciento deben mostrar, en cualquier mes, la presencia

del grupo coliforme. No será permisible la presencia del grupo coliforme en tres o más de las porciones de 10 ml. de una muestra normal cuando ocurran:

a) En dos muestras consecutivas,

b) En más de una muestra mensual, cuando se examinen mensualmente menos de 20 muestras; o,

c) En más del cinco por ciento de las muestras, cuando se examinen mensualmente más de 20 muestras.

Cuando se presenten organismos del grupo coliforme en tres o más de las porciones de 10 ml. de una muestra normal aislada, se deben tomar inmediatamente muestras diarias del mismo punto de muestreo y se deben examinar, hasta que los resultados que se obtengan cuando menos con dos muestras consecutivas demuestren que el agua es de una calidad satisfactoria.

Cuando se examinen porciones normales de 100 ml, no más del 60 por ciento deben mostrar, en cualquier mes, la presencia del grupo coliforme. No será permisible la presencia del grupo coliforme en todas las cinco porciones de 100 ml. de una muestra normal cuando ocurra:

a) En dos muestras consecutivas;

b) En más de una muestra mensual, cuando se examinen menos de cinco muestras mensuales; o

c) En más del 20 por ciento de las muestras, cuando se examinen mensualmente cinco o más muestras.

Cuando se presenten los organismos del grupo coliforme

en todas las cinco porciones de 100 ml. de una muestra normal aislada, se deben tomar inmediatamente muestras diarias del mismo punto de muestreo y se han de examinar, hasta que los resultados que se obtengan con dos muestreos consecutivos, cuando menos, demuestren que el agua es de una calidad satisfactoria.

Cuando se aplique la técnica de filtros de membranas, la media aritmética de la densidad coliforme de todas las muestras normales que se examinen en un mes no debe exceder de un organismo por 100 ml. El número de colonias coliformes por muestra normal no ha de exceder de 3/50 ml, 4/100 ml, 7/200 ml o 13/500 ml en:

a) Dos muestras consecutivas;

b) Más de una muestra normal cuando se examinen mensualmente menos de 20 muestras; o

c) Más de cinco por ciento de las muestras normales, cuando se examinen mensualmente 20 o más muestras.

Cuando en una muestra normal aislada las colonias coliformes exceden de los valores anteriores, se deben tomar inmediatamente muestras diarias del mismo punto de muestreo y se deben examinar, hasta que los resultados que se obtengan, cuando menos en dos muestras consecutivas, demuestren que se tiene agua de una calidad satisfactoria.

Todos los detalles de las técnicas para la determinación de las bacterias de este grupo, incluyendo la selección y preparación de los aparatos y medios de cultivo, la

recolección y manejo de las muestras, los intervalos y las condiciones de almacenamiento permisibles entre la recolección y examen de las muestras de agua, se deben verificar de acuerdo con "Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water" ("Métodos Estandar para el Examen de Aguas y Aguas de Desecho"), edición en vigor, y los procedimientos que se sigan deben ser los que se especifican en los mismos.

ANEXO I

PRACTICAS DE LABORATORIO

ANALISIS BACTERIOLOGICO DEL AGUA

Colimetría, número más probable y determinación con filtros de membrana. Coliformes fecales. Streptococcus faecalis, número más probable.

OBJETO. La determinación de la calidad de un agua es de vital importancia para el bienestar de la comunidad, ya que un agua contaminada puede provocar epidemias en una población.
La determinación de la potabilidad de un agua puede hacerse utilizando diferentes índices de contaminación. Entre los más comunes se cuentan Escherichia coli y Streptococcus faecalis.

I. COLIMETRIA

A. Cuenta estándar en placas

Material: Muestra de agua
Tubos con solución para dilución
Pipetas graduadas de 1 ml, esterilizadas
Cajas de Petri esterilizadas
Agar nutritivo o agar triptona glucosa

TECNICA

1. Agitar vigorosamente el frasco que contenga la muestra unas 25 veces o 40 veces en un 1 min. y tomar 1 ml para hacer las diluciones convenientes.
2. Colocar 1 ml de cada dilución en sendas cajas de Petri y verter encima el agar nutritivo previamente fundido y enfriado a una temperatura entre 43 y 45°C.
3. Homogeneizar, dejar solidificar e incubar invirtiendo.
4. Hacer observaciones a las 24 y 48 h respectivamente, si la muestra se incuba a 35°C o a 20°C. Contar y tomar como bueno el número en aquellas placas en las que haya entre 30 y 300 colonias.
5. Hacer los cálculos para determinar el número de microorganismos en 100 ml de la muestra original.

B. Técnica del número más probable

Material: Tubos con caldo lactosado
Muestra de agua
Pipetas graduadas, estériles, de 1 ml y 10 ml.
Tubos con solución para dilución.

TECNICA

1. Proceder como en A.1. Tomar 1 ml y hacer las diluciones convenientes, o bien, si se trata de agua potable, sembrar 1 tubo con 50 ml. otros 5 con 10 ml y 5 más con 1 ml. o bien adoptar cualquiera de los sistemas que recomiendan las normas. Si se utilizan porciones de 10 ml en adelante, utilizar un volumen de caldo igual al de siembra, pero utilizando caldo de doble concentración.
2. Incubar durante 48 h a 35°C.

3. Observar la aparición de gas. Cualquier cantidad se considera como positiva
4. Determinar el número más probable consultando las tablas en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

C. Técnica de los tubos de fermentación. Prueba completa.

Material: Igual que el de la prueba B y además:
Tubos de fermentación con caldo-bilis-lactosa-verde brillante
1 caja de Petri con gelosa Endo o con gelosa-eosina azul de metileno
1 alambre para siembra, con asa
1 Mechero
Tubos con gelosa nutritiva
Tubos de fermentación con caldo lactosado
1 Alambre recto para siembra
Portaobjetos
Colorantes y reactivos para coloración de Gram

1. Prueba presuntiva

Procedimiento

a. Inocular los tubos como se explicó en B. Incubar a 35°C 24 h
b. Tomar los tubos positivos para continuar la prueba, o si no hay dejar incubar otras 24 h más. Si a las 48 h no hay tubos positivos la prueba se da por concluida y se considera que no hay presencia de Escherichia coli.
c. Si hubo tubos que dieron positivo se prosigue el análisis para confirmar la presencia de miembros del grupo coliforme.

2. Prueba confirmativa

Procedimiento:

En cuanto los tubos de la prueba presuntiva muestre gas, proceder de inmediato a efectuar la siembra en los medios para la prueba confirmativa, de la manera siguiente:

a. Tomar del tubo positivo y transferir 1 asada al tubo con caldo-bilis-lactosa-verde brillante, Incubar a 35°C durante 48 h
b. Tomar de alguno de los tubos que dieron la prueba positiva presuntiva una cantidad muy pequeña con el asa. Sembrar sobre la caja de Petri con Endo o con eosina-azul de metileno, utilizando alguna de las técnicas de aislamiento. Incubar a 35°C 24 h invirtiendo las cajas.

Interpretación

La formación de gas en cualquier cantidad, dentro de las 48 h, constituye una prueba positiva, debiendo entonces continuarse la prueba hasta la fase de prueba completa

En las cajas de Petri con Endo se consideran colonias típicas todas aquellas que son nucleadas, tengan o no brillo metálico, como atípicas las opacas, no nucleadas, mucoides, después de 24 h de incubación y que presenten color rosa y como negativas todas las demás.

En el medio con eosina-azul de metileno se consideran típicas todas aquellas que tengan centro negro (cuando se ven desde abajo, contra la luz) y se denominan nucleadas. Las colonias atípicas son las no nucleadas de color rosa y opacas. El resto se considera como no -

coliformes.

3. Prueba completa

Procedimiento:

a. Si se desea utilizar los tubos con verde brillante para proseguir la prueba, siémbrese entonces sobre placas con Endo o eosina-azul de metileno, en cuanto en dichos tubos aparezca gas sin esperar a que pasen las 48 h.
b. En el caso de preferir las cajas de Petri, escójase una colonia típica o atípica y siémbrese en un tubo de fermentación con caldo lactosado y en otro con gelosa inclinada, utilizando el alambre recto para evitar tocar otra colonia.
c. Incube ambos tubos a 35°C durante 24 y 48 h. Observe la presencia o ausencia de gas en el tubo de fermentación. A las 24 h tome un poco de cultivo del tubo de gelosa, con el alambre recto y haga una coloración de Gram.

Interpretación:

La formación de gas en el tubo de fermentación y la presencia de bacterias Gram negativas, no esporuladas, en forma de bacilos cortos se considera como una prueba positiva completa.

4. Prueba diferencial. Reacciones IMVIC

a. Prueba de Indol

Material: Tubos con caldo triptófano
Tubos positivos de la prueba anterior o cajas Petri con colonias típicas o atípicas
Reactivo de Kovac o de Ehrlich
Alambre recto para siembras
Pipetas graduadas de 1 ml

Procedimiento:

1). Selecciones una colonia típica, bien aislada, de alguna de las placas de la prueba confirmativa y siembre de ahí, tomando con el alambre recto, en un tubo con caldo triptófano. Incube 24 h a 35°C.
2). Agregue 0.2 a 0.3 ml del reactivo de Ehrlich o 0.5 ml de la solución de Kovac. Deje reposar durante 10 min y observe el resultado.

Interpretación:

El color rojo que aparece en la capa superficial de alcohol amílico constituye una prueba positiva. Si se observa una coloración anranjada puede ser indicativa de la presencia de escatol y la reacci se considera como ± . Si persiste el color original del reactivo (amarillo) la prueba se considera como negativa.

b. Prueba del rojo de metilo

Material: Tubos con 10 ml de caldo peptonado. Alambre recto
Solución indicadora de rojo de metilo Mechero

Procedimiento:

1) Sembrar de alguna de las colonias típicas de los medios de Endo o eosina-azul de metileno, al tubo con caldo peptonado, utilizando el alambre recto.
2) Incubar 5 días a 35°C.

3) Añadir 10 gotas del indicador

Interpretación:

Si aparece un color rojo la prueba se considera positiva, si el color es amarillo la prueba es negativa.

C. Prueba de Voges Proskauer

Material: Cajas de Petri de la prueba confirmativa
Tubos con 10 ml de caldo peptonado
Solución de alfa-naftol
Solución de hidróxido de potasio
Tubos de hemólisis
Pipetas graduadas de 1 ml.

Procedimiento:

1) Inocular el tubo de caldo peptonado con alguna de las colonias típicas seleccionadas en las cajas de Endo eosina-azul de metileno, tomándola con el alambre recto.
2) Incubar a 35°C 49 h
3) Tomar 1 ml del cultivo y anadirle 0.6 ml de solución de alfa-naftol y 0.2 ml de solución de KOH.

Interpretación:

Si aparece una coloración rosa o rojiza en los tubos, al cabo de 2 a 4 h, la prueba se considera positiva. La lectura debe hacerse precisamente en ese lapso, pues los resultados leídos después de las 4 h no tiene válidez.

d. Prueba del citrato de sodio

Material: Cajas de Petri con colonias típicas o atípicas en los medios de Endo o eosina-azul de metileno
Tubos con una superficie inclinada pequeña, de medio de citrato de Simmons.
Alambre recto para siembras

Procedimiento:

1) Inocule una pequeñísima cantidad de cultivo en la superficie inclinada del tubo con medio de Simmons.
2) Incube de 72 a 96 h a 35°C.

Interpretación:

El crecimiento, aunado al vire del indicador, constituye una prueba positiva. Si no se ve que haya cambiado el color del medio la prueba se considera como negativa.

Tabla con la interpretación de las reacciones IMVIC

Bacteria	Indol	Rojo de metilo	Voges-Proskauer	Citrato
Escherichia coli				
Variedad I	+	+	-	-
Variedad II	-	+	-	-
Escherichia freundii (intermedia)				
Variedad I	-	+	-	±
Variedad II	+	+	-	+
Aerobacter aerogenes				
Variedad I	-	-	+	±
Variedad II	+	-	+	±

D. Colimetría por el método de los filtros de membrana

Material: Aparato para filtración sobre membrana
Filtros de membrana esterilizados
Cajas de Petri de 50 ó 60 mm de diámetro
Frascos para muestra
Frascos con solución esterilizada para dilución
Pipetas y probetas graduadas
Tubo o frasco con medio de cultivo
Pinzas metálicas con la punta lisa
Microscopio
Medio MF-Endo.

Procedimiento:

1. Coloque un disco absorbente en cada caja de Petri y añádale 2.2 ml del medio MF-Endo
2. Con unas pinzas coloque sobre el aparato de filtración, previamente esterilizado, la membrana.
3. Filtre, después de agitar convenientemente la muestra, el volumen adecuado sobre la membrana.
4. Cierre el vacío y retire la membrana colocándola a continuación, con las pinzas, encima del disco absorbente impregnado de medio, dentro de la caja de Petri.
5. Incube a 35°C durante 20-22 h, con la caja en posición normal
6. Haga el recuento de las colonias de organismos coliformes.

Interpretación:

Se consideran organismos coliformes todos aquellos que producen una colonia obscura (generalmente de color verde-púrpura) con brillo metálico. El brillo puede cubrir toda la colonia, sólo el área central o bien toda la superficie. Para observarlo mejor hacer la observación al microscopio, como se indicará.

Resultados: (Consigne sus resultados indicando el número de coliformes en 100 ml.

E. Coliformes fecales

Esta es una prueba CONFIRMATIVA que se aplica a las pruebas presuntivas positivas y NO DIRECTAMENTE A LA MUESTRA.

Material: Tubos positivos de la prueba presuntiva
Tubos con caldo EC
Baño María a 44.5°C ± 0.5°C
Asa para siembras

Procedimiento:

1. Inocular por cada tubo positivo, uno con caldo EC, utilizando un asa.
2. Incubar a 44.5°C durante 24 h. No dejar pasar más de media hora entre la inoculación y la incubación.

Interpretación:

Se considera una reacción positiva, que indica origen fecal, la producción de gas en el tubo de fermentación, a las 24 h o antes de ese lapso.

Resultados:

Consigne, tabulándolos, sus resultados.

II. Streptococcus faecalis, DETERMINACION DEL NUMERO MAS PROBABLE

Material: 15 tubos con caldo-glucosa-azida
Tubos con solución para dilución, esterilizados
Muestra de agua
Pipetas de 1 ml y de 10 ml, graduadas, esterilizadas
Tubos con caldo-azida-violeta de etilo (EVA)
Asa para siembras

Procedimiento:

A. Prueba presuntiva
1. Inocule su serie de tubos con caldo-glucosa-azida, utilizando 1 ml de las diluciones adecuadas de la muestra.
2. Incube los tubos inoculados a 35°C 24 y 48 h.
3. Examine cada tubo, después de las 24 h, para ver si hay presencia de turbiedad y si en el fondo se ha formado un sedimento. Vuelva a observar a las 48 h. los tubos que a las 24 h dieron negativo.
4. Retenga todos los tubos positivos para la prueba confirmativa.
5. Si al final de período de incubación no presentan los tubos ni turbiedad ni sedimento, la prueba se considera negativa y eso significa que el agua es apta para ser bebida.

B. Prueba confirmativa
1. Todos los tubos con caldo-glucosa-azida que después de las 24 ó 48 h mostraron turbiedad se someten a la prueba confirmativa.
2. Transfiera tres asadas de cada tubo positivo a sendos tubos con medio EVA. El asa deberá tener un diámetro mínimo de 5 mm.
3. Incube los tubos inoculados a 35°C 48 h. La presencia de Streptococcus faecalis queda demostrada por la presencia de un sedimento violeta en el fondo del tubo, u ocasionalmente, por una turbiedad densa.

4. Comprueba la presencia de microorganismos esféricos que -- forman cadenas, tomando un poco del sedimento con un asa y haga un frote y tíñalo con Gram.

Resultados:

Consigne todos sus resultados, compare por cuál técnica le han - dado más fácilmente coincidencia los resultados. Determine el número más probable de estreptococos utilizando las mismas tablas que se -- usan para coliformes.

BIBLIOGRAFIA

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA. 19 th edition. 1971.

NOMBRE DEL ALUMNO FIRMA DEL PROFESOR

NMP Y LÍMITES DE CONFIANZA DEL 95 POR 100 PARA DIVERSAS COMBINACIONES DE RESULTADOS POSITIVOS EN LAS SIGUIENTES SERIES DE SIEMBRAS:

A) Cinco tubos de 10 ml, cinco de 1 ml y cinco de 0.1 ml.

Número de tubos positivos de:			NMP por 100 ml	Límites del NMP	
Cinco tubos de 10 ml	Cinco tubos de 1 ml	Cinco tubos de 0.1 ml		Inferior	Superior
0	0	1	2	<0.5	7
0	0	2	4	<0.5	11
0	1	0	2	<0.5	7
0	1	1	4	<0.5	11
0	1	2	6	<0.5	15
0	2	0	4	<0.5	11
0	2	1	6	<0.5	15
0	3	0	6	<0.5	15
1	0	0	2	<0.5	7
1	0	1	4	<0.5	11
1	0	2	6	<0.5	15
1	0	3	8	1	19
1	1	0	4	<0.5	11
1	1	1	6	<0.5	15
1	1	2	8	1	19
1	2	0	6	<0.5	15
1	2	1	8	1	19
1	2	2	10	2	23
1	3	0	8	1	19
1	3	1	10	2	23
1	4	0	11	2	25
2	0	0	5	<0.5	13
2	0	1	7	1	17
2	0	2	9	2	21
2	0	3	12	3	28
2	1	0	7	1	17
2	1	1	9	2	21
2	1	2	12	3	28
2	2	0	9	2	21
2	2	1	12	3	28
2	2	2	14	4	34
2	3	0	12	3	28
2	3	1	14	4	34
2	4	0	15	4	37
3	0	0	8	1	19
3	0	1	11	2	25
3	0	2	13	3	31
3	1	0	11	2	25
3	1	1	14	4	34
3	1	2	17	5	46
3	1	3	20	6	60
3	2	0	14	4	34
3	2	1	17	5	46
3	2	2	20	6	60
3	3	0	17	5	46
3	3	1	21	7	63
3	4	0	21	7	63
3	4	1	24	8	72
3	5	0	25	8	75

Número de tubos positivos de:			NMP por 100 ml	Límites del NMP	
Cinco tubos de 10 ml	Cinco tubos de 1 ml	Cinco tubos de 0.1 ml		Inferior	Superior
4	0	0	13	3	31
4	0	1	17	5	46
4	0	2	21	7	63
4	0	3	25	8	75
4	1	0	17	5	46
4	1	1	21	7	63
4	1	2	26	9	78
4	2	0	22	7	67
4	2	1	26	9	78
4	2	2	32	11	91
4	3	0	27	9	80
4	3	1	33	11	93
4	3	2	39	13	106
4	4	0	34	12	96
4	4	1	40	14	108
4	5	0	41	14	110
4	5	1	48	16	124
5	0	0	23	7	70
5	0	1	31	11	89
5	0	2	43	15	114
5	0	3	58	19	144
5	0	4	76	24	180
5	1	0	33	11	93
5	1	1	46	16	120
5	1	2	63	21	154
5	1	3	84	26	197
5	2	0	49	17	126
5	2	1	70	23	168
5	2	2	94	28	219
5	2	3	120	33	281
5	2	4	148	38	366
5	2	5	177	44	515
5	3	0	79	25	187
5	3	1	109	31	253
5	3	2	141	37	343
5	3	3	175	44	503
5	3	4	212	53	669
5	3	5	253	77	788
5	4	0	130	35	302
5	4	1	172	43	486
5	4	2	221	67	698
5	4	3	278	90	849
5	4	4	345	117	999
5	4	5	426	145	1 161
5	5	0	240	68	754
5	5	1	348	118	1 005
5	5	2	542	180	1 405

B) Cinco tubos de 10 ml.

Número de tubos positivos de cinco tubos de 10 ml	NMP por 100 ml	Límites del NMP	
		Inferior	Superior
0	0	0	6.0
1	2.2	0.1	12.6
2	5.1	0.5	19.2
3	9.2	1.6	29.4
4	16.0	3.3	52.9
5	∞	8.0	∞

GRUPO COLIFORME—TECNICA DE TUBOS MULTIPLES

NMP Y LÍMITES DE CONFIANZA DEL 95 POR 100 PARA DIVERSAS COMBINACIONES DE RESULTADOS POSITIVOS, CUANDO SE USAN TRES TUBOS DE CADA DILUCIÓN CON VOLÚMENES DE 10, 1 Y 0.1 ML.*

Número de tubos positivos de:			NMP por 100 ml	Límites del NMP		Número de tubos positivos de:			NMP por 100 ml	Límites del NMP	
Tres tubos de 10 ml	Tres tubos de 1 ml	Tres tubos de 0.1 ml		Inferior	Superior	Tres tubos de 10 ml	Tres tubos de 1 ml	Tres tubos de 0.1 ml		Inferior	Superior
0	0	0		0		2	0	3	26		
0	0	1	3		9	2	1	0	15	2.8	44
0	0	2	6			2	1	1	20		
0	0	3	9			2	1	2	27		
0	1	0	3	0.085	13	2	1	3	34		
0	1	1	6.1			2	2	0	21	3.5	47
0	1	2	9.2			2	2	1	28		
0	1	3	12			2	2	2	35		
0	2	0	6.2			2	2	3	42		
0	2	1	9.3			2	3	0	29		
0	2	2	12			2	3	1	36		
0	2	3	16			2	3	2	44		
0	3	0	9.4			2	3	3	53		
0	3	1	13			3	0	0	23	3.5	120
0	3	2	16			3	0	1	39	6.9	130
0	3	3	19			3	0	2	64		
1	0	0	3.6	0.085	20	3	0	3	95		
1	0	1	7.2	0.87	21	3	1	0	43	7.1	210
1	0	2	11			3	1	1	75	14	230
1	0	3	15			3	1	2	120	30	380
1	1	0	7.3	0.88	23	3	1	3	160		
1	1	1	11			3	2	0	93	15	380
1	1	2	15			3	2	1	150	30	440
1	1	3	19			3	2	2	210	35	470
1	2	0	11			3	2	3	290		
1	2	1	15	2.7	36	3	3	0	240	36	1 300
1	2	2	20			3	3	1	460	71	2 400
1	2	3	24			3	3	2	1 100	150	4 800
1	3	0	16			3	3	3		460	
1	3	1	20								
1	3	2	24								
1	3	3	29								
2	0	0	9.1	1.0	36						
2	0	1	14	2.7	37						
2	0	2	20								

* Para valores no especificados, los límites *aproximados* inferior y superior se pueden estimar como del 31 por 100 del NMP para el inferior y del 395 por 100 del NMP para el superior. Los límites de confianza que se presentan son las cifras de cálculos más exactos para los resultados que son más probables; los resultados para los que no se precisan los límites de confianza es probable que no ocurran en más del 1 por 100 de los resultados que se observen comúnmente.

ESQUEMA DE LAS PRUEBAS PRESUNTIVAS, CONFIRMATIVA Y COMPLETA.

A. Prueba presuntiva.

Inocular tubos de fermentación con caldo lactosado e incubar 24 ± h. a 35°C ± 0.5°C.

(1) Producción de gas. Prueba positiva presuntiva

(2) No hay gas o la producción de gas es dudosa. Incubar otras 24 h. (total 48±3 h).

(2.1) Producción de gas Prueba positiva

(2.2) No hay producción de gas. Prueba negativa. Grupo coliforme ausente.

B. Prueba confirmativa

Inocular tubos de fermentación con caldo lactosado o incubar 24±2 h. a 35°C ± 0.5 °C

- (1) Producción de gas Transferir a
  - (1.1) Confirmativa, caldo bilis-lactosa-verde brillante, Incubar 48 ± 3 h. a 35°C ± 0.5°C
    - (1.1.1) Producción de gas. Grupo coliforme confirmado.
    - (1.1.2) No hay prod. de gas. Prueba negativa. Grupo coliforme ausente.
  - (1.2) Placas Endo o EMB Incubar 24 h ± 2h. a 35°C ± 0.5°C
    - (1.2.1) Colonias coliformes típicas. Grupo coliforme confirmado.
    - (1.2.2) Colonias coliformes no típicas. Completar como en C (3)
    - (1.2.3) Colonias negativas. Grupo coliforme ausente.
- (2) No hay gas o la producción de gases dudosa. Incubar otras 24 h. (total 48±3h)
  - (2.1) Producción de gas o dudosa. Confirmar como en B (1).
  - (2.2) No hay producción de gas. Prueba negativa Grupo coliforme ausente.

C. Prueba completa

.nocular tubos de fermentación con caldo lactosado o incubar 24 ± 2 h. a 35ª C ± 0.5°C.

(1) Producción de gas Transferir a

(2) No hay gas o la producción de gas os dudosa. Incubar otras 24 h (total 48 - 3 h).

(1.1) Confirmativa, caldo bilis-lactosa-verde brillante. Incubar 48± 3 h a 35°C±0.5°C

(1.2) Placas Endo o EMB Incubar 24±2h a 35°C± 0.5°C

(2.1) Producción de gas o dudosa. Confirmar como en C (1).

(2.2) No hay producción de gas. Prueba negativa. Grupo coliforme ausente.

(1.1.1.) Producción de gas Transferir a placas de Endo o EMB y continuar como 1.2.1. o 1.2.2

(1.1.2) No hay producción de gas. Prueba negativa. Grupo coliforme ausente.

(1.2.1) Colonias coliformes típicas

(1.2.2) Colonias coliformes no típicas.

(1.2.3) Colonias negativas Grupo coliforme ausente.

(3) Transferir a agar inclinado y a tubo de fermentación con caldo lactosado. Incubar la gelosa inclinada 24 a 48 ±3h y el caldo lactosado 48±3h a 35°C± 0.5°C

(3.1) Producción de gas. Teñir con Gram una porción del cultivo de gelosa inclinada

(3.2) No hay producción de gas. Prueba negativa Grupo coliforme ausente

(3.1.1) Bacilos Gram negativos presentes. No hay esporas. Prueba completa: grupo coliforme presente

(3.1.2) Esporas o bacilos Gram negativos presentes y presencia de esporas. Transferir una porción del cultivo de gelosa inclinada a caldo ricinoleato-formiato e incubar 48± 3 h a 35°C ±0.5°C

(3.1.2.1) Producción de gas. Transferir una porción del cultivo como en 1.1.1 y proceder como en 3 hasta que se obtenga resultado como en 3.1.1 o en 3.2

(3.1.2.2) No hay producción de gas. Prueba negativa Grupo coliforme ausente

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS

PROTECCION DE LAS FUENTES DE CAPTACION.

ELABORADO POR:

ING. RODRIGO SOLIS ALBA

NOVIEMBRE 1978

CONTENIDO

I. CONTAMINACION DEL RECUROS HIDRAULICO.

La calidad del medio ambiente se ha visto en las últimas décadas seriamente afectada por el manejo y disposición inadecuados de considerables cantidades de desechos, generados en los grandes núcleos de población y centros industriales.

El deterioro en la calidad de los diferentes cuerpos de agua, en consecuencia directa del vertido sin previo tratamiento de las aguas residuales municipales, agrícolas e industriales, que contienen grandes cantidades de sustancias contaminantes; la naturaleza de éstas y sus efectos sobre los cuerpos de agua, variarán dependiendo del origen de las aguas residuales, las concentraciones de las sustancias contaminantes, los volúmenes descargados y de las características de los propios cuerpos de agua.

I.1. Fuentes de contaminación.

Las principales fuentes de contaminación pueden ser clasificadas en cuatro grandes grupos:

- Urbanas
- Industriales
- Agrícolas
- Naturales

I.1.1. Fuentes urbanas.

Las concentraciones urbanas de población, constituyen una de las mayores fuentes de contaminación debido a los grandes volúmenes de aguas residuales domésticas producidas; las cuales,

en su mayor parte, son colectadas por los sistemas de alcantarillado.

Debido al rápido crecimiento de las ciudades, la mayoría de las áreas suburbanas no se encuentran conectadas a los sistemas de alcantarillado y disponen sus aguas residuales en fosas sépticas o directamente a los cuerpos de agua.

La facilidad del manejo de las aguas residuales dependerá del tipo de fuente de que se trate, considerándose controlables las conducidas por los sistemas de alcantarillado separados y no controlables a todas aquellas que no estén conectadas al sistema.

I.1.2. Fuentes industriales.

La actividad industrial nacional está integrada por una variedad muy amplia de procesos, contándose entre los principales a los de la industria química, la petroquímica, la metalúrgica, la de la pulpa y el papel, la textil, la del azúcar y la de los alimentos. Cada una de estas industrias descarga volúmenes considerables de aguas residuales, cuya naturaleza físico-química dependerá del tipo de proceso a que se refiera, pudiendo ser materia orgánica, nutrientes, metales pesados, ácidos, bases, sustancias inorgánicas, grasas, aceites, etc.

Actualmente muchas de estas factorías descargan sus aguas residuales sin tratamiento alguno a los cuerpos receptores, pero en virtud a lo establecido por las leyes mexicanas para el control de la contaminación de las aguas, todas las industrias tendrán que tra-

tar en algún grado sus descargas.

Por regla general las industrias tienen un sistema de drenaje particular, lo que facilita el manejo y conducción de las aguas residuales hasta los sistemas de tratamiento.

I.1.3. Fuentes agrícolas.

Como consecuencia del uso en la actividad agrícola de herbicidas, plaguicidas y fertilizantes, para el control de plagas y aumento de la productividad, las aguas de retorno agrícola arrastran restos de estos compuestos hasta los cuerpos receptores; esto, aunado a los arrastres de las excretas animales por los escurrimientos pluviales, produce una fuente considerable de contaminación, que altera los ecosistemas acuáticos.

El control y manejo de las aguas de retorno agrícola es difícil, debido a que las grandes áreas de riego tienen varias descargas, principalmente en época de lluvias.

Cuando los restos de fertilizantes llegan a los cuerpos de agua, se provoca un indeseable crecimiento de plantas acuáticas.

I.1.4. Fuentes naturales.

Aunada a la contaminación producida por las aguas residuales de las diferentes actividades del hombre, está otro tipo de contaminación debida a causas naturales, tales como los arrastres de la materia orgánica muerta por los escurrimientos del agua pluvial, así como los productos inorgánicos producidos por la erosión en los suelos.

En épocas de lluvias los ríos crecidos pueden llegar hasta las zonas pantanosas y arrastrar a sus corrientes aguas de estos pantanos que degradan la calidad de los ríos.

En el sentido estricto, todos los cuerpos de agua presentan algún grado de contaminación, ya que con la sola presencia de organismos vivos en estos cuerpos, nos indica una determinada concentración de nutrientes.

I.2. Tipos de contaminantes.

Después de ser descargadas las aguas residuales provenientes de fuentes urbanas, industriales, agrícolas o naturales a un cuerpo de agua grande, los desechos pierden su identidad y se obtienen mezclas heterogeneas de contaminantes.

Los diferentes tipos de sustancias contaminantes que se encuentran en las aguas residuales, pueden ser clasificadas como sigue:

- Sustancias Orgánicas
- Organismos Microbianos
- Sustancias Radioactivas
- Sustancias Inorgánicas
- Contaminación Térmica

I.2.1. Sustancias orgánicas.

Los principales compuestos orgánicos que se encuentran en las aguas residuales son las proteinas, carbohidratos y lípidos. Estas sustancias son susceptibles de ser biodegradadas por poblaciones heterogeneas de microorganismos, mediante una fermentación aeróbia o anaeróbia.

En la descomposición aeróbia se utiliza el oxígeno libre, dando como productos finales, dioxido de carbono, agua, alcoholes, amoníaco, nitratos y ácidos orgánicos principales.

La fermentación anaeróbia, se lleva a cabo en ausencia de oxígeno libre, y sus productos finales se caracterizan por producir olores desagradables, tales como el ácido sulfhídrico, metano, mercaptanos, indoles, hidrógeno y fenoles.

I.2.2. Organismos microbianos.

La contaminación microbiana de los cuerpos receptores es de gran preocupación por sus repercusiones sobre la salud del hombre, ya que muchos de los microorganismos cuasantes de enfermedades son ampliamente distribuidos por las aguas.

Entre los principales organismos patrógenos que son descargados en las aguas residuales están las Salmonellas, Endamoeba histolytica, Micobacterium tuberculosis, Vidrio comma, el virus causante de la hepatitis, los de Coxsackie, los ECHO y poliovirus.

Este tipo de contaminación proviene en su mayoría de las excretas humanas y animales.

I.2.3. Sustancias radiactivas.

Este tipo de contaminación es causada por los residuos radiactivos de algunas plantas industriales, centros de investigación y hospitales, que manejan y utilizan estos compuestos.

Afortunadamente esta clase de desecho tienen una disposición final bastante controlada, además de que en nuestro país este tipo de actividades es reducida.

I.2.4. Sustancias inorgánicas.

Los compuestos inorgánicos de las aguas residuales provenientes de todas las fuentes de contaminación, se presentan en forma de disoluciones, soluciones coloidales y material suspendido.

La mayor parte de estas sustancias son sales inorgánicas (cloruros, sulfatos y silicatos, y oxídos metálicos), que son relativamente estables y no están sujetos a los procesos de biodegradación.

El grado de autopurificación que presenten los cuerpos de agua, con respecto a estos contaminantes, estará en función de su poder de dilución y de la sedimentabilidad de los compuestos.

I.2.5. Contaminación térmica.

La contaminación térmica de los cuerpos receptores, es debida a la descarga de aguas residuales con temperaturas mayores que las de condiciones naturales.

Los principales procesos donde se descargan aguas a temperaturas elevadas, son las plantas generadoras de electricidad y las aguas de enfriamiento y condensación industrial.

I.3. Efecto de los contaminantes sobre los cuerpos de agua.

La intensidad del efecto de las descargas de aguas residuales sobre los

cuerpos receptores dependerá de ambos, es decir de las concentraciones y gastos de las descargas, así como del volumen, condiciones ambientales y movimientos de los cuerpos de agua.

En terminos generales, los efectos de los contaminantes, son los siguientes:

I.3.1. Materia orgánica.

La descarga de materia orgánica provoca un decremento en la concentración del oxígeno disuelto del ucerpo de agua, lo cual pone en peligro a la vida acuática, ya que se requiere cuando menos de 3 a 4 mg/l de oxígeno disuelto para mantener un nivel de vida aceptable.

Cuando se llega un abatimiento total del oxígeno disuelto, se crean condiciones sépticas que producen malos olores y sabores en los cuerpos, además de matar a los peces y demás organismos deseables.

I.3.2. Contaminación microbiana

Los efectos de este tipo de contaminación repercute directamente en la salud del hombre y animales que consumen estas aguas contaminadas, produciendo enfermedades como el cólera, disentería bacilar, fiebre tifoidea, gastroenteritis, entre otras.

I.3.3. Contaminantes inorgánicos.

Podemos considerar que una de las principales repercusiones de éstos, es la toxicidad que presentan los metales pesados (plomo,

mercurio, cadmio); los nitratos y nitritos que producen la meta hemoglobinemia a concentraciones mayores de 45 mg/l; el arsénico que en concentraciones de 0.6 a 0.8 mg/l ocasiona intoxicación endémica y cancer; y las fluorosis y ostiofluorosis provocadas por los floruros.

I.3.4. Contaminación térmica

Las diferentes formas de vida de los ecosistemas acuáticos, tienen un ámbito definido de temperatura para el desarrollo de sus procesos biolgicos, los cuales no suelen dañarse con elevaciones moderadas de temperatura, sin embargo un cambio rápido y más allá del ámbito permisible reduce su tasa de reproducción e incluso puede llegar a matarlos

II. FUENTES DE AGUAS SUPERFICIALES PARA ABASTECIMIENTO.

II.1. Agua de lluvia.

Normalmente el agua se lluvia se utiliza en granjas y licalidades rurales, en regiones semiáridas carentes de aguas subterráneas o superficiales de buena calidad.

En casas habitación el agua que escurre de los tejados se conduce a través de canales y ductos de bajada a barriles o cisternas de almacenamiento sobre el piso o en el suelo. El almacenamiento transforma la recepción intermitente del agua de lluvia en una fuente de suministro continuo.

La recolección del agua de lluvia se efectúa mediante la preparación de un área suficientemente extensa como para colectar el agua de lluvia necesaria para el abastecimiento de la localidad a servir, de acuerdo con la pluviometría y características locales de la zona.

La capacidad de la cisterna se calcula tomando en cuenta el tiempo que dura la temporada de lluvias, la precipitación media anual, el área de captación y el consumo que se va a hacer durante el año.

La capacidad se considera como el volumen necesario para la época de secas, afectado por un coeficiente mayor que la unidad para que la unidad para que se absorban las variaciones anuales, las pérdidas probables y para asegurar un mejor equilibrio con respecto al consumo.

Duración del período seco (meses)	Capacidad
3	1/4 Rn
4	1/3 Rn
5	1/2 Rn

Rn = 2/3 a 3/4 Rt = rendimiento neto

Rt = rendimiento total = área de captación x precipitación media anual

Demanda = número de habitantes x dotación x período seco

Si la demanda es menor que la capacidad o volumen captado no existirá problema, pero si se presenta el caso contrario, entonces se tendría que construir un área de recolección mayor o el volumen de la cisterna quedará fijado por el volumen captado (fig. 1).

II.2 Ríos.

Los abastecimientos por agua de los ríos, requieren de los mayores recursos para su tratamiento; ya que la turbiedad, el contenido mineral y su grado de contaminación varían considerablemente de un día a otro; así como también el aumento de la temperatura del agua durante los meses calurosos de verano pueden hacerla indeseable. Este tipo de abastecimiento se prefiere solamente cuando no es posible obtener agua de otras fuentes seguras; sin embargo, tiene la ventaja sobre abastecimientos de

embalses de que los costos son menores ya que no es necesario construir muros de retención costosos, ni canales, ni grandes extensiones de terreno ni adquirir derechos sobre el agua.

Los sitios de toma en los ríos se construyen en sitios colocados bastante arriba de los puntos de descarga de aguas negras y residuos industriales; dicha localización tomará en cuenta la profundidad del agua, un fondo estable y calidad adecuada del agua, con una protección adecuada contra crecientes, escombros, hielo y tránsito en el río.

Las obras de toma en ríos tienen las siguientes características:

II.2.1. Para grandes variaciones en los niveles de la superficie libre

- Torres para captar el agua a diferentes niveles; en las márgenes o en el punto más profundo del río. Se recomienda para grandes abastecimientos ya que es muy costosa, requiriendo que el fondo de la corriente sea estable.
- Estaciones de bombeo flotantes;

  para los casos en que la variación entre los niveles máximo y mínimo sea mayor que la altura máxima de succión y por lo tanto sea imposible disponer una estación de bombeo fijo. La balsa se ancla en tres puntos, dos en tierra y uno en el agua y las tuberías de succión y descarga son flexibles.
- Estaciones de bombeo sobre plataformas móviles;

  Se utilizan cuando se tengan corrientes fuertes, fondo inestable que dificulta el anclaje, acceso difícil durante el nivel de estiaje, orilla vertical o tráfico fluvial intenso. El equipo de bombeo

está instalado en tierra firme pero sobre una plataforma móvil - y sólo puede usarse cuando se cuente con terrenos buenos para cimentación y orillas estables.

II.2.2. Para pequeñas variaciones en los niveles de la superficie libre

- Estaciones de bombeo fijas, con toma directa en el río o en un carcamo; con bomba centrífuga horizontal. Su altura es de 4 a 6 m en la mayoría de los modelos y para alturas moderadas sobre el nivel del mar; se ubican en terreno firme con suelo adecuado para cimentación en sitio accesible y protegido contra inundaciones. En ríos pequeños las aguas se represan para asegurar el tirante mínimo necesario para el gasto requerido. Si el río es profundo, la succión se realiza debajo del nivel mínimo con la sumergencia necesaria. Cuando se desee captar agua de mejor calidad, se hace la selección por medio de un dispositivo de flotación en donde se ubica la succión que operará con carga constante; cuando se dificulta este anclaje se usan estructuras fijas y accesibles desde tierra.
- Canales de derivación con o sin desarenadores.
- Captación directa por gravedad, usando tubería anclada en estructura de concreto.

II.2.3. Para escurrimientos con pequeños tirantes.

- Presas derivadoras o diques con toma directa;

El dispositivo de captación es un tubo sumergido orientando la en

trada de manera que no quede frente a la dirección de la corriente y protegiéndola con malla metálica. La tubería se instala arriba del nivel de la avenida máxima en conducciones por gravedad con lo que se simplifica la instalación y se logra una economía apreciable en el costo de la obra.

La carga sobre la toma debe ser por lo menos igual a 3 veces su diámetro para garantizar el funcionamiento de la obra de captación, eliminando la entrada de aire y el impacto de los cuerpos flotantes y con una velocidad del líquido en la entrada comprendida entre 45 y 60 cm/s.

- Diques con vertedor lateral;

Cuando la toma directa está expuesta a impacto considerable, se instala un depósito provisto de un vertedor lateral. Esta captación se recomienda para grandes gastos y su instalación en ríos que arrastran mucha arena.

- Diques con vertedor y depósito central;

Para todos los casos vistos, se presentan las figuras 2 y 3.

II.3. Lagos naturales.

Los lagos pueden proporcionar agua de buena calidad, excepto cerca de sus márgenes y en la vecindad de descargas de drenajes o de corrientes fuertes. Una ventaja de esta fuente de abastecimiento es que requiere un tratamiento mínimo y la disponibilidad de agua es muy grande.

Por desgracia, los medios más socorridos para disponer las aguas residuales de las poblaciones consisten en descargarlas al mismo lago del que

se suministra el agua.

Por esta razón es muy importante tener cuidado tanto en los puntos de toma como de descarga de drenajes con el objeto de que a la planta de tratamiento de agua potable, llegue un agua con el mínimo de contaminación.

En algunas ocasiones es tan grande la distancia que hay desde la orilla al punto en donde puede obtenerse un agua de calidad satisfactoria, que el costo de las instalaciones resulta prohibitivo para poblaciones pequeñas; en tal situación debe localizarse otro punto de abastecimiento el cual, si bien no ofrezca una excelente calidad de agua, aún con el tratamiento requerido, resulte más económico el abastecimiento.

Como norma y tomando en consideración las fuentes de contaminación, los vientos que prevalecen, corrientes superficiales y subsuperficiales y río de tráfico, se establece que las tomas para captar agua limpia deben quedar en el fondo cuando el viento sopla hacia afuera de las márgenes y en la superficie cuando el viento sopla hacia las riberas (figura 4).

II.4. 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 en época de estiaje.

Los embalses tienen la ventaja de eliminar la mayor parte del lodo o en turbiamiento del agua así como la disminución de bacterias; pero sin embargo, se producen olores y sabores debidos a las algas.

Las obras de toma se encuentran en la parte más profunda y frecuentemente se les incorpora a la estructura misma de almacenamiento (figura 5).

II.4.1. Medidas de saneamiento aplicables a embalses

Siempre es preferible prevenir la contaminación de los abastecimientos de agua que confiar totalmente en los procesos de tratamiento, lo cual es aplicable en aquellos embalses en los que determinadas cantidades de contaminantes pasan más alla de la toma de agua.

Conviene 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. Para lograr este objetivo, se recomienda reforestar y proponer los usos más adecuados de la tierra en toda el área tributaría; pero de no contar con los medios económicos suficientes, debe reforestarse cuando menos, el área inmediata que rodea al embalse.

Si en algún caso existieran pantanos en el área de captación es conveniente darles atención, ya que sus escurrimientos imparten color al agua; además, de que los charcos poco profundos propician las proliferaciones de microorganismos. Pueden drenarse por

medio de zanjas y pequeños canales que los desaguen lentamente.

En suma, para poder utilizar el agua superficial como abastecimiento, es necesario obtener y analizar la siguiente información:

- Datos hidrológicos, entre lo que se encuentra:
  - gastos (mínimo, medio y máximo).
  - niveles de agua (mínimo, normal y extraordinario).
  - características de la cuenca (erosión y sedimentación).
  - usos del agua (calidad fisicoquímica y bacteriológica).
  - Estudio de posibles inundaciones y arrastres de cuerpos flotantes.

Esta información servirá para establecer el tipo necesario de captación para obtener el gasto máximo diario demandado; evaluándose otros datos como precipitaciones, pérdidas por evapotranspiración, infiltración, etc.

- Aspectos sanitarios como:
  - origen y evaluación de posibles contaminaciones, ubicando la toma aguas arriba de descargas.
  - tipo y grado de tratamiento para potabilizar las aguas.
  - medidas de control para reducir la contaminación en vasos de almacenamiento y lagos.
  - aprovechamiento para otros usos (hidroeléctrico, riego).
- Aspectos económicos, para los cuales es necesario realizar estudios que definan la alternativa que presente las mejores faci-

lidades de construcción, operación y mantenimiento, estableciendo un análisis económico de la intercorrelación entre las obras de captación, conducción y adquisición de terrenos, de la siguiente manera:

. obras de captación que implican:

+ estudio para localizar los mejores accesos para el transporte de materiales, movimiento de personal y electrificación.

+ estudio de las obras de protección contra inundaciones.

+ establecimiento de las oscidlaciones de la superficie libre del agua.

+ localización adecuada de la planta potabilizadora.

+ dictámen geológico y de mecánica de suelos para el diseño de cimentaciones.

. líneas de conducción, analizándose:

+ tipos de conducción y su longitud

+ trazo de las líneas de conducción

+ facilidades de ejecución y conservación

. Adquisición de terrenos, examinando:

+ pertenencia y su valor

+ costos para caminos, derechos de vía y residencia para el personal

III. FUENTES DE AGUAS SUBTERRANEAS PARA ABASTECIMIENTO.

III.1. Pozos poco profundos.

Se consideran como poco profundos aquellos cuya profundidad es hasta 30 m.

Pueden construirse por excavación y por hincado en seco y en agua.

A continuación se presentan las características de los diferentes métodos de construcción.

III.1.1. Pozos excavados

Estos pozos no son recomendables desde el punto de vista sanitario, a menos que se protejan bien y que capten aguas que no esten a menos de 6 m de profundidad; en su defecto, pueden captarse aguas a menor profundidad si se hacen pruebas bacteriológicas que indiquen la buena calidad de las aguas.

Generalmente la excavación se hace con pico y pala, extrayendo el material suelto mediante recipientes manejados con poleas y cables; tienen diámetros que van de 1.2 0 a 1.80 m. La profundidad de excavación llega a su límite cuando la entrada de agua sea mas rápida que su extracción. Por seguridad y para construcción, se coloca un revestimiento (ademe) de madera para apuntalar las paredes, el cual se perfora o se le dejan aberturas para la entrada del agua apoyándose firmemente en el fondo.

El recubrimiento debe extenderse desde unos 30 cm sobre la superficie del suelo hasta cuando menos 3 m bajo la misma debiendo ser impermeable para evitar escurrimientos e infiltraciones super-

ficiales. El hormigón es el material más adecuado para recubrir la parte superior del pozo y el ladrillo, la piedra brasa o la baldosa vidriada para recubrir la sección permiable que queda dentro del estrato acuífero.

Las bombas que se utilizan para profundidades del espejo de agua menores de 6 m son del tipo jarra de operación manual y para profundidades de 6 a 30 m se emplean bombas tipo pozo profundo (centrífugas verticales).

Un pozo escabado adecuadamente en un acuífero permeable puede rendir de 30 a 90 l/s, aunque la mayoría de los pozos domésticos rinden menos de 6 l/s figura 6.

III.1.2. Pozos hincados

III.1.2.1. Hincado en seco.

Se utilizan cuando el agua subterránea se encuentra en formaciones porosas poco profundas (arena). Se recomiendan en valles y margenes de ríos, playas y dunas costeras en donde no se presente el peligro de extraer agua de mar y en depósitos glaciales.

El sistema consiste en una serie de tramos de tubo conectados que se hincan por impactos repetidos. El agua entra al pozo a través de una punta de hincamiento en el extremo del tubo, la cual consiste de una sección cilíndrica ranurada protegida durante el hincado por un cono de acero.

Las profundidades de estos pozos rara vez exceden los 15 m siendo comunes las profundidades de hasta 10 m y si se quiere obtener un suministro de agua continuo, es necesario que la superficie freática se encuentre cercana a la superficie entre 3 y 4 .5 m para mantener un abatimiento adecuado.

Sus rendimientos son del orden de 1 a 3 l/s y se consideran adecuados para abastecimientos domésticos, temporales y para propósitos de exploración.

Su construcción se puede realizar por:

- golpe de mazo sobre un cabezal de hincamiento
- barra de acero unida a un cable, dejándose caer libremente en el interior de la tubería hasta golpear la punta de hincamiento.
- martinete mecánico que golpea sobre una barra unida por arriba a la tubería del pozo.
- martinete neumático empleado con tuberías resistentes.

Las ventajas de estos pozos es que se pueden construir en un tiempo corto, con un costo mínimo y por una persona. Para profundidades del espejo de agua mayores de 5 ó 6 m se necesita un cilindro de succión que va unido al tubo hincado por la parte superior al resto de la tubería del pozo.

La tubería de ademe debe tener una profundidad mínima de 3 m con un diámetro suficiente para permitir la inser-

ción del cilindro de la bomba a la tubería del pozo.

Aquella tubería debe sobresalir de la cubierta un tramo corto y la base de la bomba se lleva a una altura tal que permita bajar el pedestal y manipular una llave de tuercas para en caso de reparaciones sujetar la tubería del pozo, quitar la bomba y extraer el cilindro sin mover el tubo ni la punta de hincamiento. Se utilizan coladores en función del tamaño de las partículas en el acuífero.

La losa de cubierta del pozo se construye de 1.20 m de diámetro figura 7.

III.1.2.2. Hincado con agua.

Los pozos se construyen por la acción cortante de un chorro de agua que extrae por su alta velocidad el material mientras el ademe dentro del agujero conduce el agua y los cortes fuera del pozo.

Se preparan agujeros de 3 a 6 cm de diámetro, aunque se pueden hacer de hata 30 cm o más con profundidades mayores de 15 m.

Sus rendimientos son pequeños y se adaptan mejor a formaciones no consolidadas.

Para penetrar en arcillas y tepetate, la tubería de hincado se levanta y se baja rápidamente rompiendo con la broca la formación y durante esta operación la tubería de hincado se gira lentamente para asegurar un agu

jero recto.

Una vez que el ademe se extiende bajo el nivel freático se baja la tubería con el colador.

III.2 Pozos profundos.

Se considerna así, aquellos cuya profundidad es mayor de 30 m. cuyos diámetros más comunes van de 15 a 30 cm. Se recurre a este tipo de pozos cuando se requieren grandes caudales de calidad satisfactoria desde el punto de vista bacteriológico, aunque pueden tener altas concentraciones de sales minerales disueltas.

Pueden construírse por percusión estándar y el método rotatorio directo e inverso.

III.2.1. Percusión estándar

La perforación se logra por golpes sucesivos de una barrena suspendida de un cable de acero. Las partes del equipo a partir del extremo superior son: enchufe del cable, juego de percusores, vástago de perforación, una barrena de perforación y una cuchara figura 8.

Las barrenas tienen una longitud de 0.9 a 3.0 m y pesos de hasta 1.5 ton; el vástago es una barra larga de acero que añade peso y longitud a la perforadora a fin de que corte rápida y verticalmente, su longitud varia de 1.8 a 9.0 m, de 6 a 15 cm de diámetro y peso de 50 a 1,500 kg; los percusores sueltan las herramientas que se introducen en el agujero; el enchufe une el cable perforador con la fila de herramienta; la cuchara es una sección de tubería de 3 a 9 m.

de longitud con una válvula check en el fondo que al introducirla en el agujero levanta la válvula y comienza a llenarse, su capacidad varía de 8 a 350 kg Figura 9 y 10.

III.2.2. Método de rotación.

Para grandes profundidades es más conveniente que el de percusión y en formaciones de arena, grava y materiales no consolidados. Se emplea una tubería hueca de perforación que en su extremo inferior lleva una barrena o broca de diseño especial que es la que corta los materiales por medio de movimientos giratorios y de presión. El material cortado es extraído del fondo de la perforación por medio de la inyección de lodos que circulan por la tubería hueca y por el espacio anular formado entre la tubería y el agujero; estos lodos sirven de cementante de las paredes del pozo con lo que se evitan los derrumbes.

III.2.2.1. Rotación directa

Son los mas usados y se utilizan para grandes profundidades.

Con una bomba del tipo reciprocante o centrífuga los lodos se inyectan a presión en la tubería hueca de perforación saliendo por los orificios que tiene la barrena. Después de alcanzar el fondo del agujero cambian el sentido de su movimiento y se elevan entre la tubería y las paredes del pozo. El material cortado se lleva a la superficie

en donde se pasan a un tanque decantador para sedimentar los sólidos y de ahí, al cárcamo de succión de la bomba completándose el circuito

III.2.2.2. Rotación inversa.

Se utiliza cuando se quieren perforar pozos de mayor diámetro y a profundidades de más o menos 100 m y en materiales no consolidados.

En este sistema el cárcamo de lodos está conectado directamente al agujero perforado por donde descienden los lodos entre la tubería de perforación y las paredes del pozo.

Al llegar al fondo, los lodos son extraídos por una bomba centrífuga que tiene conectada su tubería de succión con la tubería de perforación, de manera que los lodos después de alcanzar el fondo invierten su sentido, pasan por la barrena y ascienden por la tubería de perforación. En la superficie la bomba descarga los lodos en el depósito decantador de donde pasan al cárcamo cerrándose así el circuito.

III. 3. Manantiales.

Las obras de captación de manantiales deben impedir la filtración a ellas de escurrimientos superficiales. Son cajas cerradas de concreto reforzado o mampostería de piedra o tabique y el agua se debe extraer por una tubería que atraviese la caja. La caja debe tener una tapa movible como

registro hombre y los muros sobresaldrán de la superficie del terreno por lo menos 15 cm.

III.3.1. Manantiales de ladera.

Se deben proteger de los escurrimientos superficiales por medio de cunetas que los intercepten y desaguen en lugares que no estén cerca del manantial. Las cunetas se excavan a una distancia de 10 m de los manantiales Figura 11 .

III.3.2. Manantiales de piso.

Si se tiene un manantial de fisura en roca dura, la captación se hace por medio de una caja que la rodee, pero las paredes de la estructura tendrán un duplante poco profundo y la unión de ésta con la roca debe ser impermeable rellenando con mortero de cemento Figura 12 .

III.4 Galerias Filtrantes

Es el sistema que capta el agua subterránea que fluye hacia una corriente o lago y está formado por una estructura que cubre de preferencia la profundidad del acuífero para un mayor rendimiento, localizándose en ángulo recto al flujo o paralela a la corriente. Se construyen de mampostería de piedra o concreto con numerosas aberturas, en zanjas a cielo abierto o en túneles a través del suelo y se rodea de grava para incrementar la captación . Pueden producir gastos de 1,200 m^3/día por cada 100 m de galería Figura 13.

La determinación del gasto de captación se hace aplicando la ecuación de Dupuit para flujo estable en acuíferos no confinados, $Q = \frac{K}{2X} (ho^2 - h^2)$.

K = coeficiente de permeabilidad Figura 14 .

Q dado en m^3/S/metrolineal de galería

En la figura 15 se presentan las obras de captación para diferentes localizaciones.

IV. CONTROL DE ALGAS.

Las algas originan olores y sabores que pueden ocasionar problemas en el tratamiento del agua de abastecimiento, por lo cual, pueden darse dos tipos de tratamiento preventivo y correctivo.

IV.1. Tratamiento preventivo

Consiste en añadir sulfato de cobre pudiendo usarse concentraciones de hasta 12 mg/l o mayores sin que exista el peligro de envenenamiento por cobre entre los consumidores; sin embargo se ha determinado que pueden producirse sabores y olores desagradables a concentraciones mayores de 4 mg/l concentración a la cual la mayoría de los microorganismos son destruídos. Casí todos los peces pueden tolerar dosis de 0.5 mg/L y practicamente no se afecta a ninguno con 0.3 mg/l, (3 gr/m^3), a reserva de realizar análisis microscópicas.

La cantidad de sulfato de cobre requerido se calcula tomando como base una profundidad de 3 m y debe aplicarse a intervalos de 2 a 4 semanas durante la época mas calurosa del año.

En las Figuras 16 y 17 se presentan las algas que ocasionan olores y sabores y las que obturan los filtros respectivamente.

Puede realizarse un tratamiento eficaz durante el año, si para el agua que llegue al depósito o tanque de almacenamiento se le aplica 0.18 mg/l (1.8 gr/m^3).

Aplicación:

Se realiza por cualquiera de los siguientes métodos:

- remolcando en una embarcación sacos de sulfato de cobre en costales
- remolcando cajas especiales con mallas que contengan sulfato de cobre en cristales sujetas a los costados de la embarcación
- usando pulverizadores mecánicos.

Por su facilidad de aplicación, por su dosificación y por su menor costo se prefiere éste al cloro.

El cloro se aplica en concentraciones que van de 0.2 a 1.0 mg/l para destruir la mayoría de los ; sin embargo es difícil mantener esta concentración de cloro residual en depósitos grandes y descubiertos ya que reacciona con la materia orgánica y es disipado, por la luz solar. La estabilización del cloro con amoniaco proporciona un modo sencillo para mantener concentraciones adecuadas y especialmente si el tratamiento es continuo. y se intenta prevenir mas que destruir la proliferación de algas.

Las algas proliferan en las partes poco profundas de las áreas pantanosas y por lo tanto, deben eliminarse las que se encuentren dentro del área tributaria y evitarse las partes poco profundas en los depósitos y cuando las haya se les debe prestar especial atención al tratarlas con sulfato de cobre.

Los depósitos profundos deben estar provistos de estructuras de toma que permitan extraer el agua a distintas profundidades, asegurando que se esté tomando de la más adecuada.

Tratamiento correctivo:

Para disminuir los olores y sabores ya producidos se utilizan otros tipos de tratamiento como la aeración, carbón activado, cloración y ozono. La aeración disminuye la carga de olor y sabor en otros procesos de control, pudiendo realizarse por aspersores pulverizando el agua en la atmósfera hasta formar una neblina o gotas muy pequeñas; Descargando el agua por una tubería elevada que la lleve a una serie de artesas de las que caiga el agua a través de pequeños agujeros del fondo o derramándose por los bordes; dejar que el agua salpique y escurra por una serie de artesas o lechos que contengan coke o piedra triturada y forzar el paso de aire comprimiendolo dentro del agua que se va a tratar.

El carbón activado es muy eficaz para eliminar la mayoría de los sabores y olores que se encuentran en un abastecimiento de agua. Generalmente se emplea en forma de polvo fino en dosis de 1.2 a 6 gr/m^3 y cuando se tratan aguas residuales industriales concentradas se usa hasta 36 gr/m^3 durante períodos cortos.

Aplicación :

Si se aplica al agua sin tratar se disminuye la descomposición de depósitos de lodo en los estanques de sedimentación; sin embargo se considera que es mas efectivo cuando está en la superficie de los filtros que es donde se asegura un contacto íntimo con el agua que se filtra; por estas razones se agregan pequeñas dosis al agua cruda o sin tratamiento y dosis mayores y variables al agua sedimentada en función de las necesidades.

Sus desventajas son:

- díficil conseguir hacer una capa uniforme sobre la superficie del filtro
- y posible disminución de la eficiencia de remoción de sabores y olores al aproximarse la terminación del ciclo de filtración.

La cloración es también eficiente si se aplica en cantidades adecuadas, sin embargo, a veces se requieren tan grandes concentraciones que se necesita de una decloración posterior para que no se presenten olores y sabores de cloro. Una técnica de cloración relativamente nueva, es el uso de cloruro de sodio junto con la cloración ordinaria. En esta reacción se produce bióxido de cloro que aunque tiene propiedades desinfectantes sólo se ha empleado para controlar el olor y el sabor.

El tratamiento con ozono tiene propiedades desinfectantes pero como es mas caro que el cloro su uso se ha limitado al control de olores y sabores; no produce olores y sabores posteriores y no requiere control cuidadoso se obtiene por medio de ozonificadores, en los cuales una descarga eléctrica transforma en ozono parte del oxígenfo del aire, comprimiéndolo y haciéndolo burbujear a través del agua que se está tratando en unidades especiales de aereación.

V. INTRUSION SALINA.

En donde el agua subterránea encuentra salida hacia el océano u otras aguas salobres, el bombeo intenso tierra adentro puede invetir la dirección del flujo y atraer una cuña de aguas salada a tierra; sin embargo, este tipo de salinización puede demorarse o evitarse mediante pozos o zanjas de recarga para crear una barrera de agua dulce entre mar y tierra.

Para mantener estacionaria la cuña de agua salada, el potencial dentro de la cu-

ña, expresada como pies de aguas salada, debe ser el mismo en todas partes.

Se aplica en este caso el principio de Ghyben - Herzberz, el cual requiere para el equilibrio, que el potencial de agua dulce a lo largo de la superficie inclinada de la interfase entre agua dulce y salada disminuya hacia el océano, lo cual se logra si el agua fluye hacia éste. Del estudio de modelos y de consideraciones teóricas se obtiene la siguiente relación entre el flujo de agua dulce y los parámetros geométricos mostrados en la Figura 18;

$$q = \frac{1}{2} \quad (S_s - 1) \quad (\frac{M}{L}) \quad T$$

En la cual :

q = descarga de agua dulce por pie de frente de océano

S_s = peso específico de agua salada

M = espesor del acuífero saturado

L = longitud de la cuña

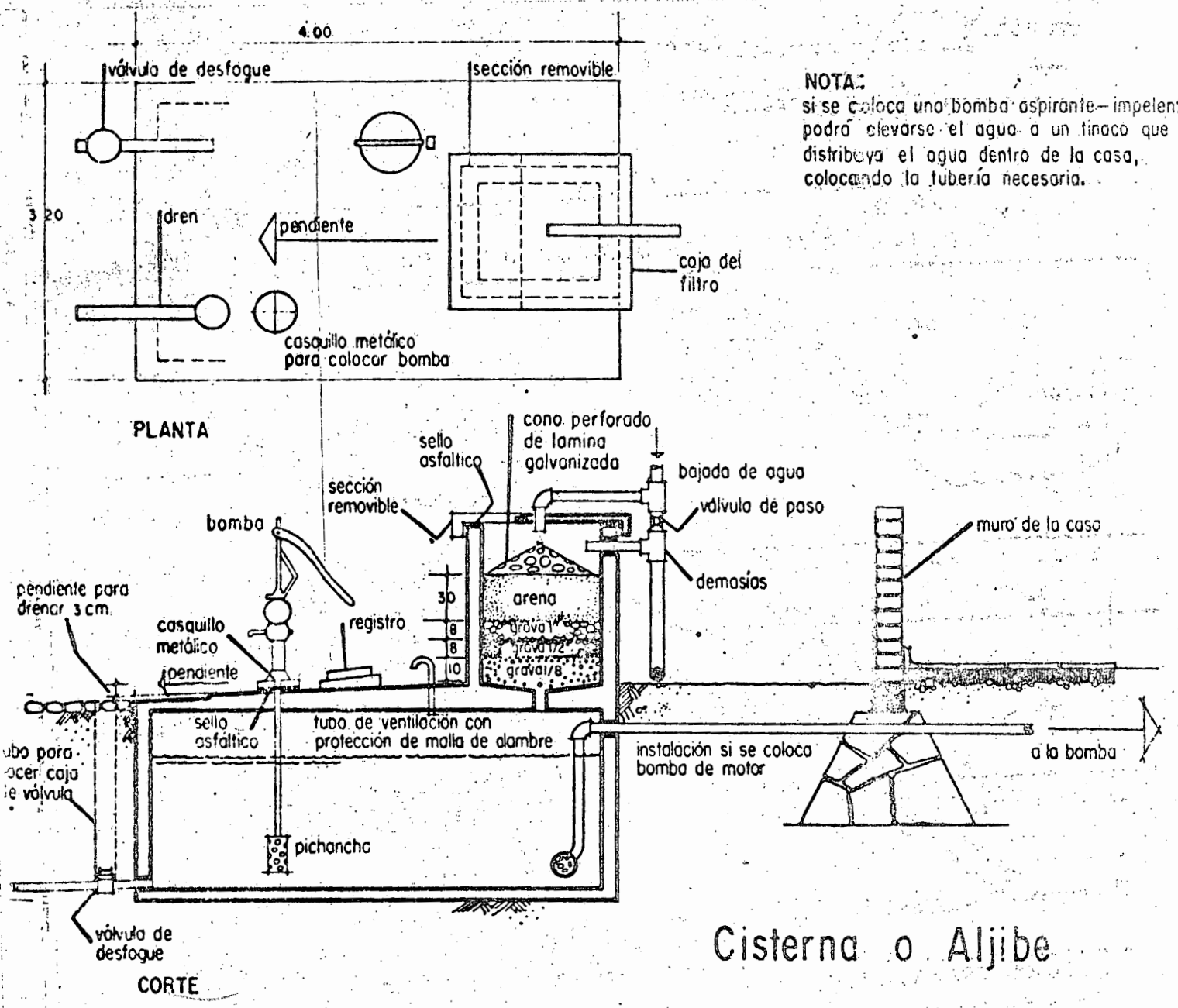
T = coeficiente de transmisibilidad a gradiente unitario

Cuanto más larga es la cuña (L) menor es la pérdida hacia el mar; por lo tanto, para erigir una barrera de agua dulce efectiva contra la intrusión de agua salina habiendo disminuido el bombeo tierra adentro el nivel del agua dulce bajo el del mar, la recarga paralela al frente del océano debe igualar a la suma de los flujos hacia el océano y hacia la tierra.

El espaciamiento de los pozos está determinado por:

- limitaciones sobre la columna de la recarga y sobre la capacidad del pozo.
- la necesidad de llevar la cresta en el nivel freático entre pozos lo suficiente para prevenir la incursión de la cuña entre dos pozos adyacentes.

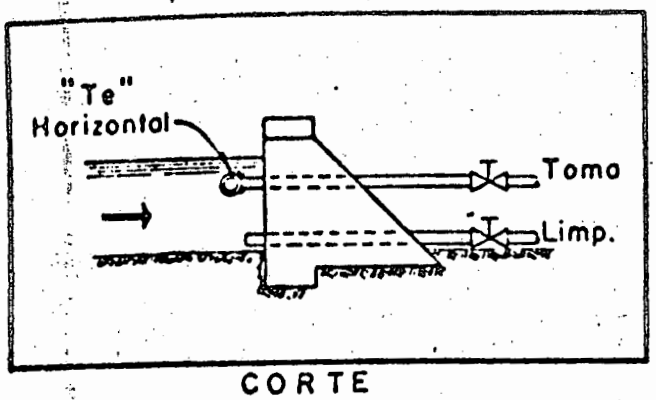
VI. FIGURAS



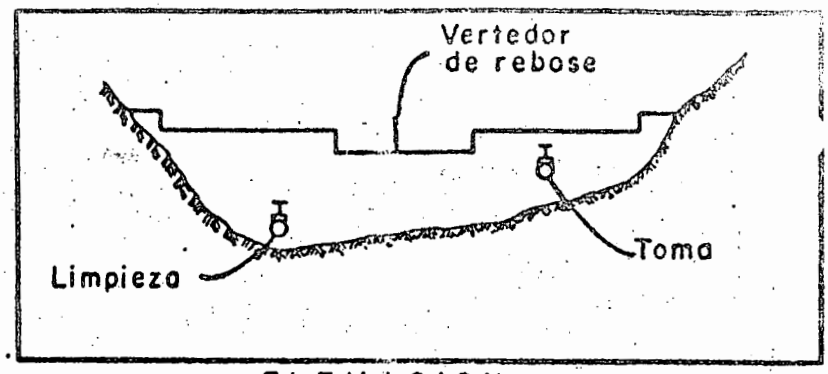
NOTA:
si se coloca una bomba aspirante-impelente podrá elevarse el agua a un tinaco que distribuya el agua dentro de la casa, colocando la tubería necesaria.

Cisterna o Aljibe

Dique-toma y captación directa por medio de una "Te" horizontal

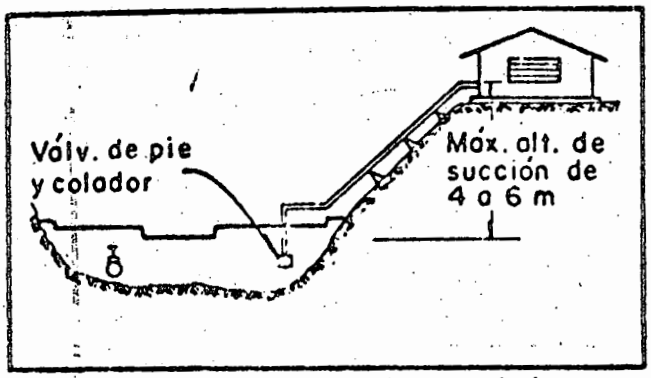


CORTE

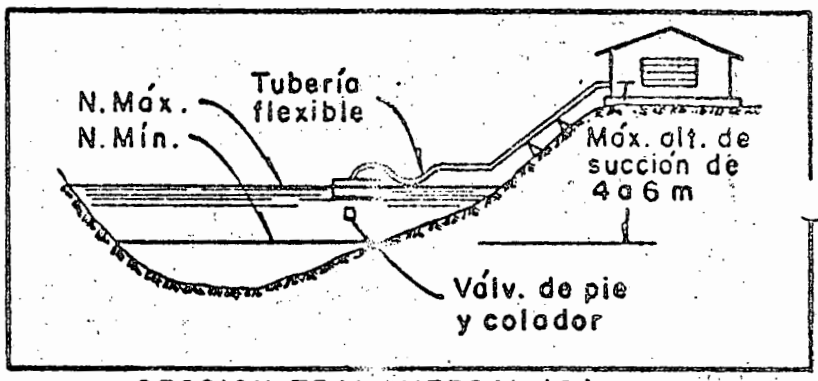


ELEVACION

Captación directa por bombas con succión fija ó flotante

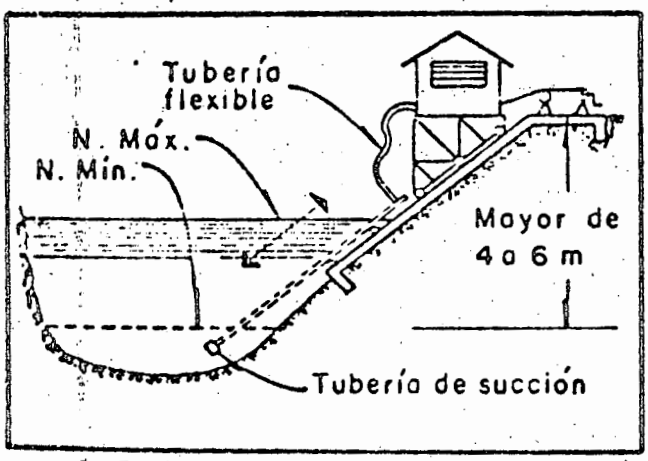


SECCION TRANSVERSAL (1)

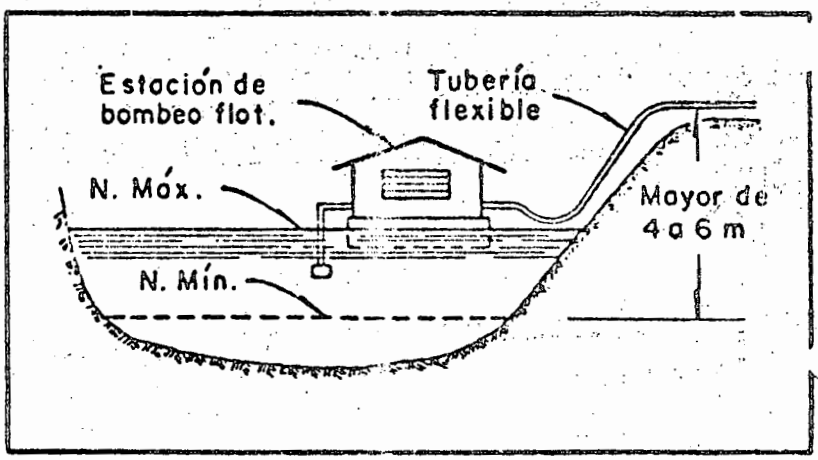


SECCION TRANSVERSAL (2)

Captación directa por bombas, estación móvil ó estación flotante

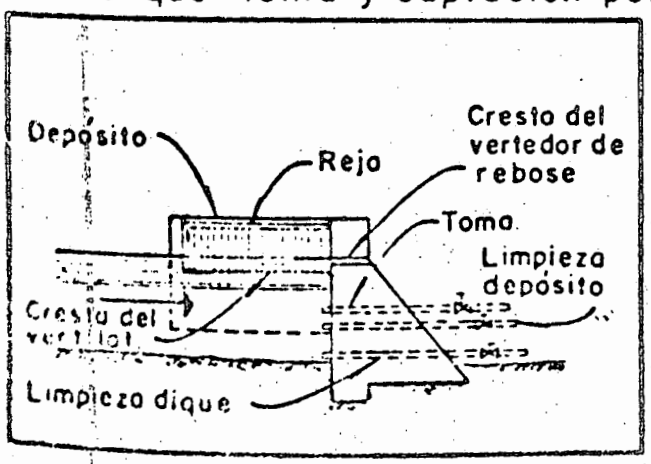


SECCION TRANSVERSAL (1)

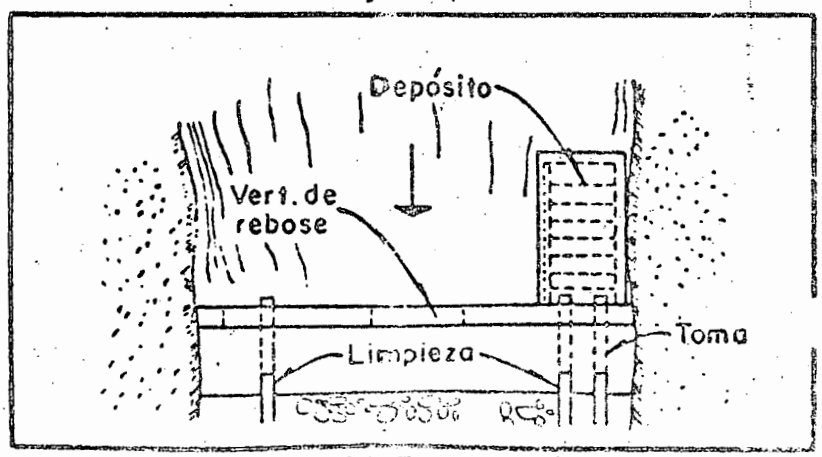


SECCION TRANSVERSAL (2)

Dique-toma y captación por medio de vertedor y depósito lateral



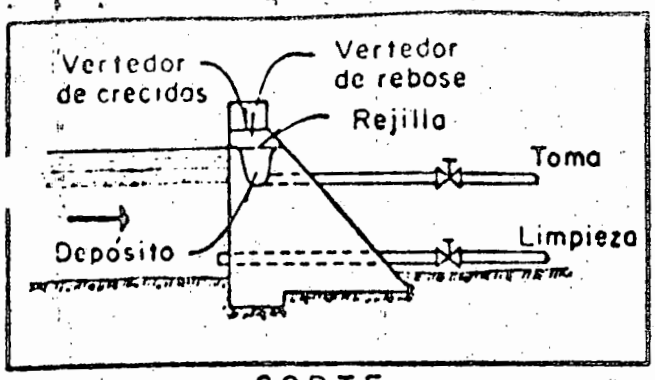
CORTE



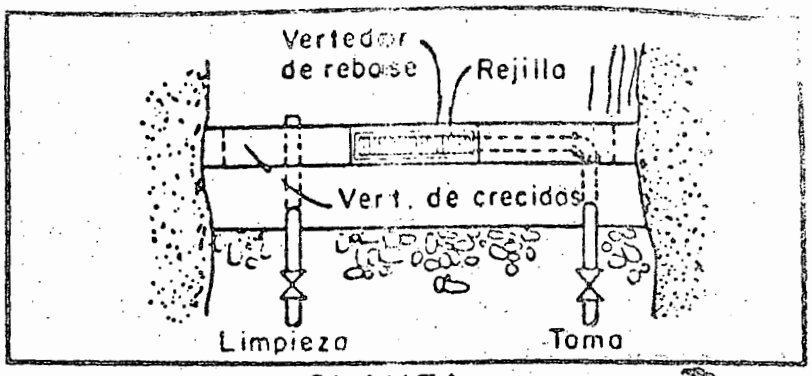
PLANTA

Diferentes métodos de captación

Dique-toma y captación por medio de depósito central

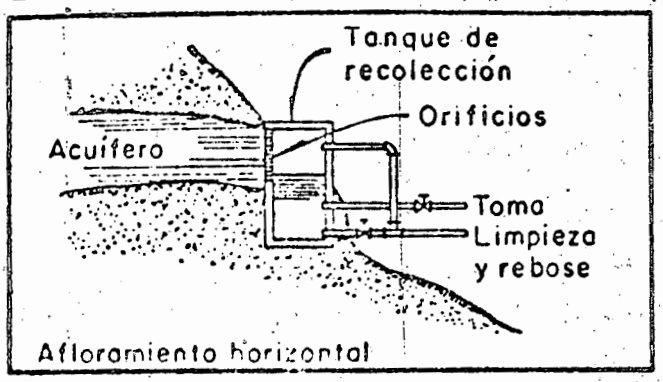


CORTE

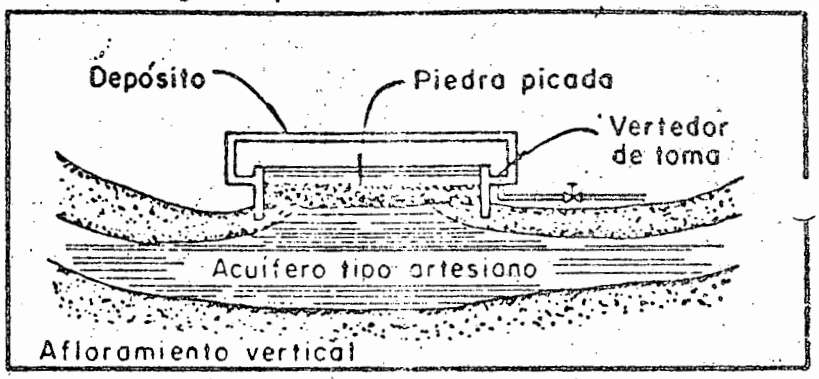


PLANTA

Estructuras especiales para la captación de aguas provenientes de manantiales

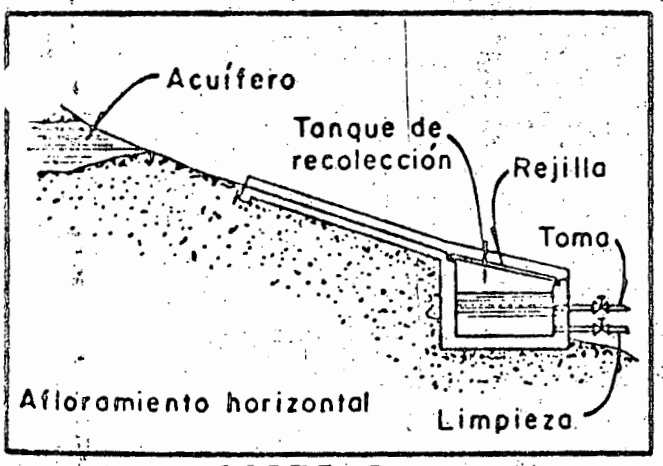


CORTE 1

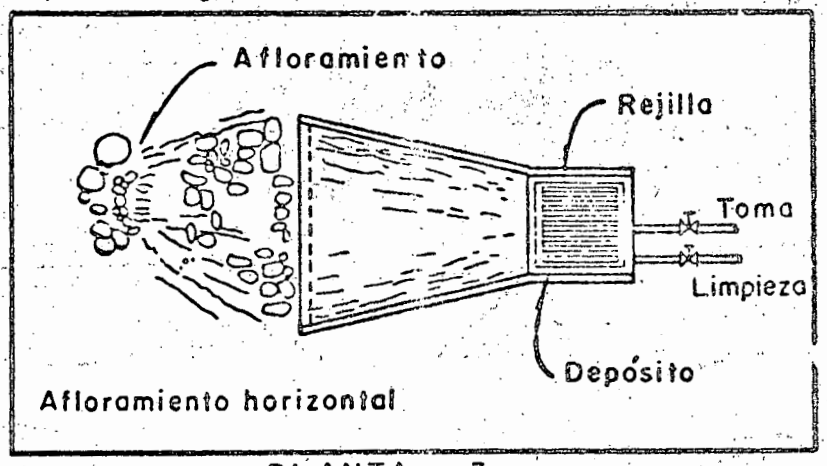


CORTE 2

Estructuras especiales para la captación de aguas provenientes de manantiales

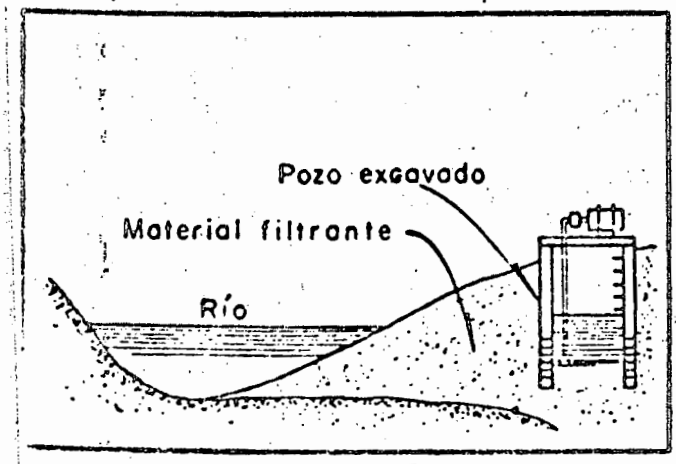


CORTE 3

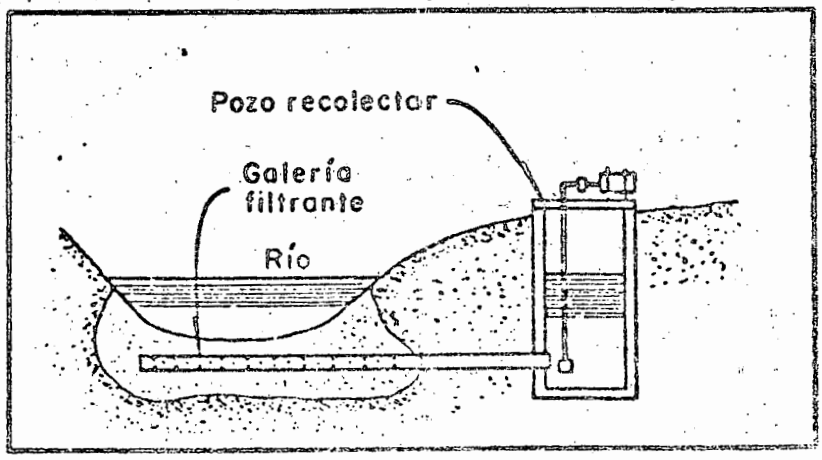


PLANTA 3

Captación indirecta por medio de pozos excavados o galerías filtrantes

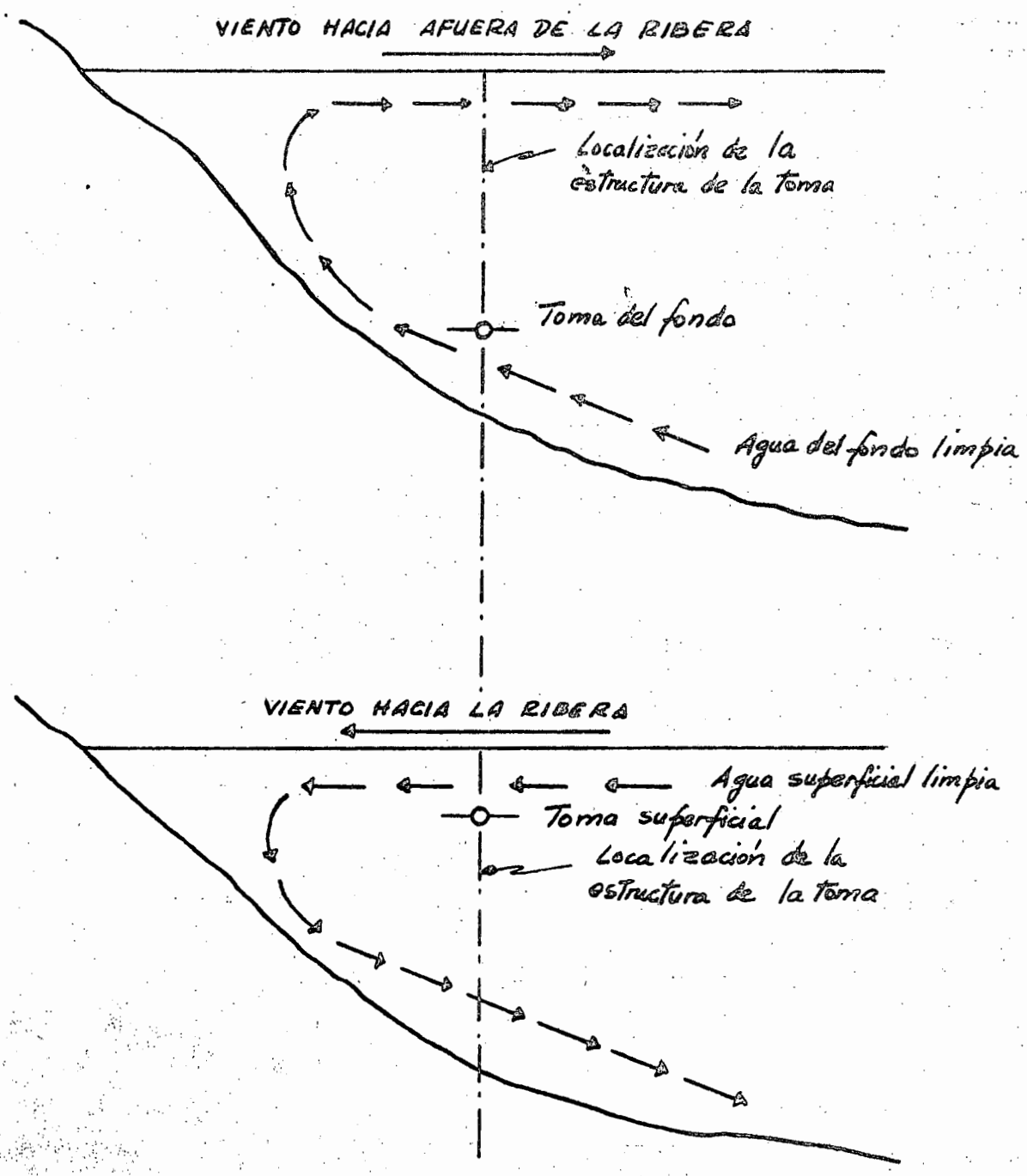


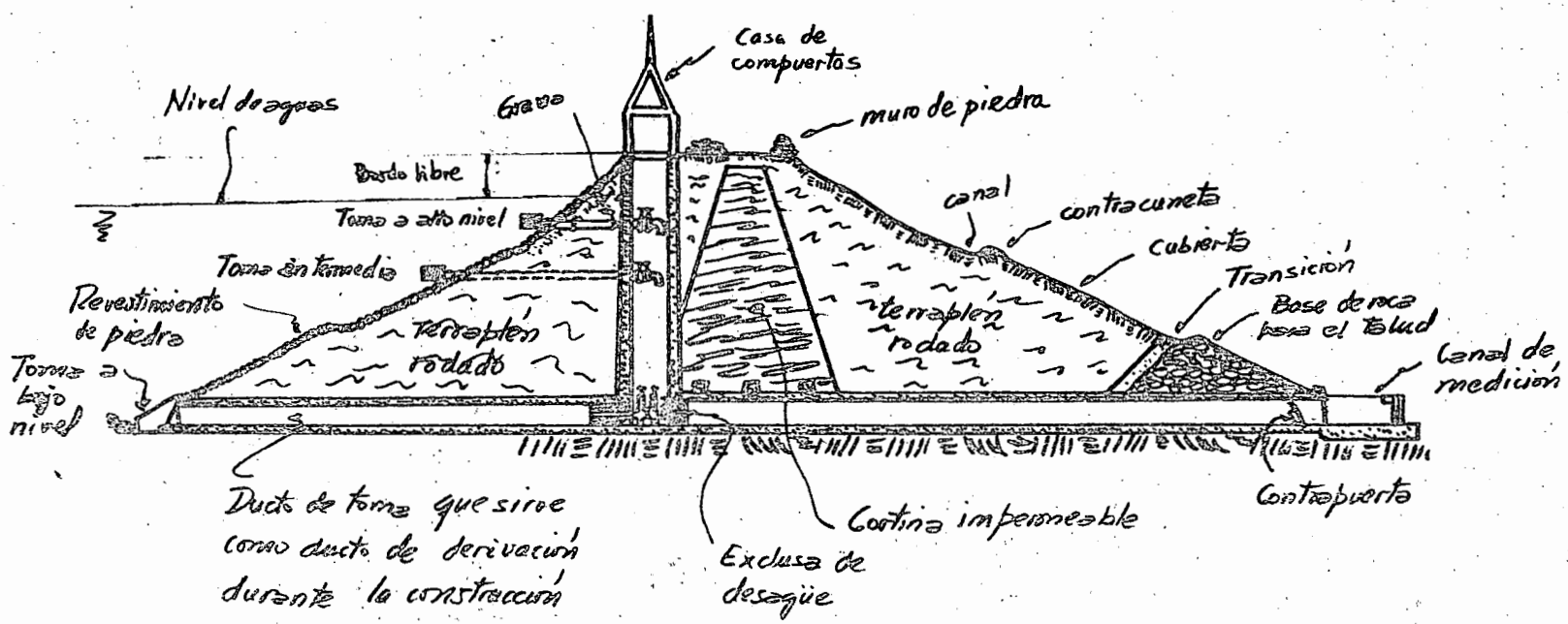
CORTE 1

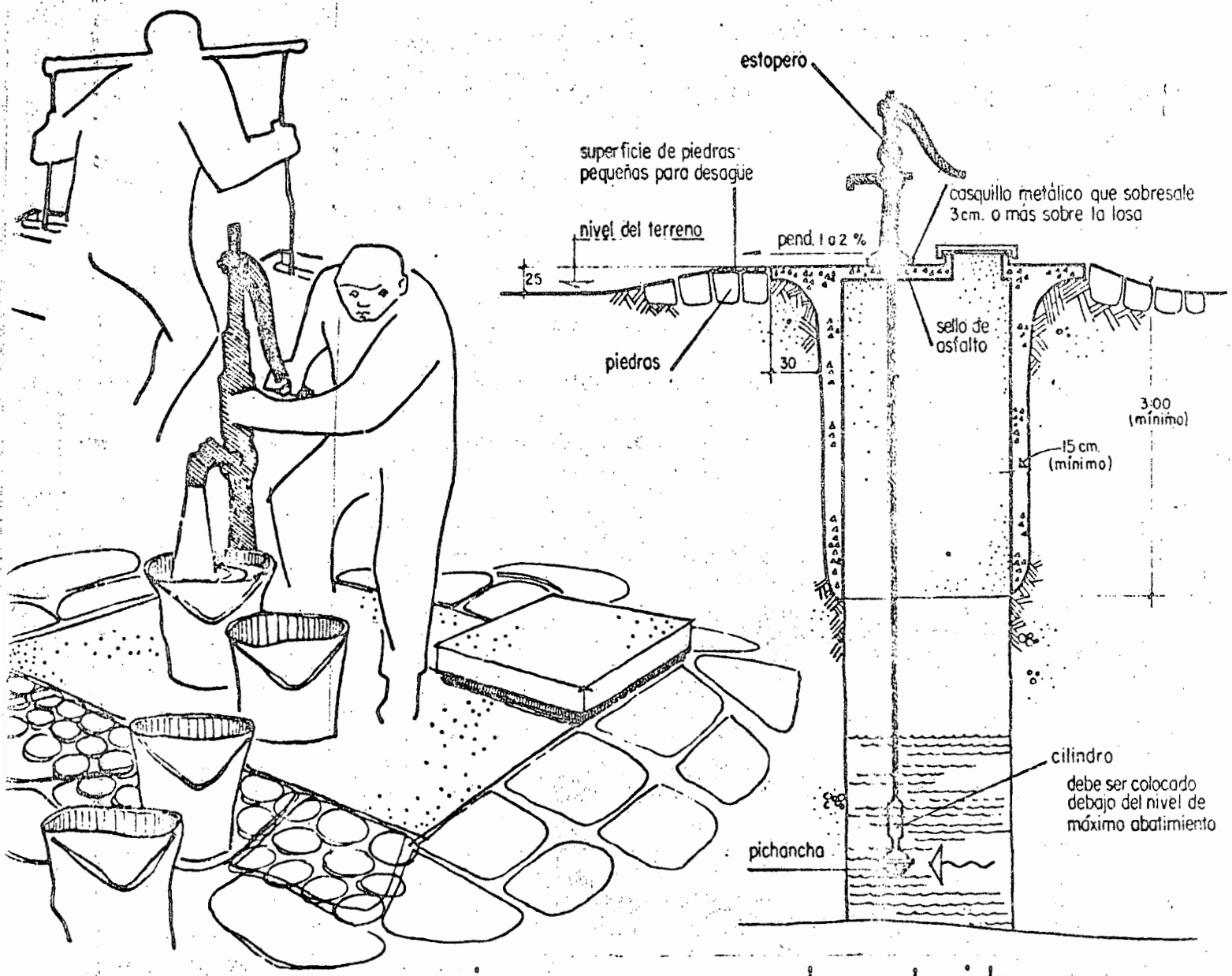


CORTE 2

Diferentes métodos de captación

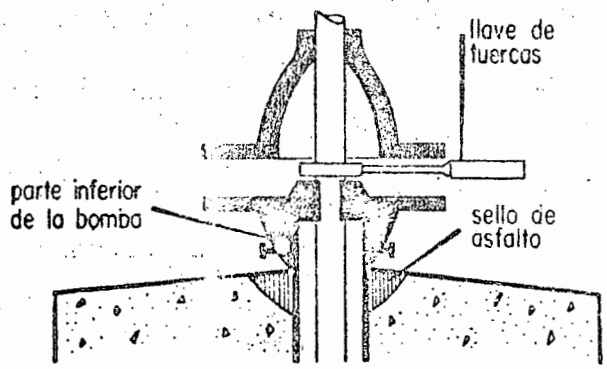

VIENTO HACIA AFUERA DE LA RIBERA
Localización de la estructura de la toma
Toma del fondo
Agua del fondo limpia
VIENTO HACIA LA RIBERA
Agua superficial limpia
Toma superficial
Localización de la estructura de la toma


Casa de compuertas
Nivel de aguas
Grava
muro de piedra
Bordo libre
Toma a alto nivel
canal
contracuneta
Cubierta
Toma intermedia
Transición
Revestimiento de piedra
Base de roca para el talud
terraplén rodado
terraplén rodado
Canal de medición
Toma a bajo nivel
Ducto de toma que sirve como ducto de derivación durante la construcción
Cortina impermeable
Contrapuerta
Exclusa de desagüe



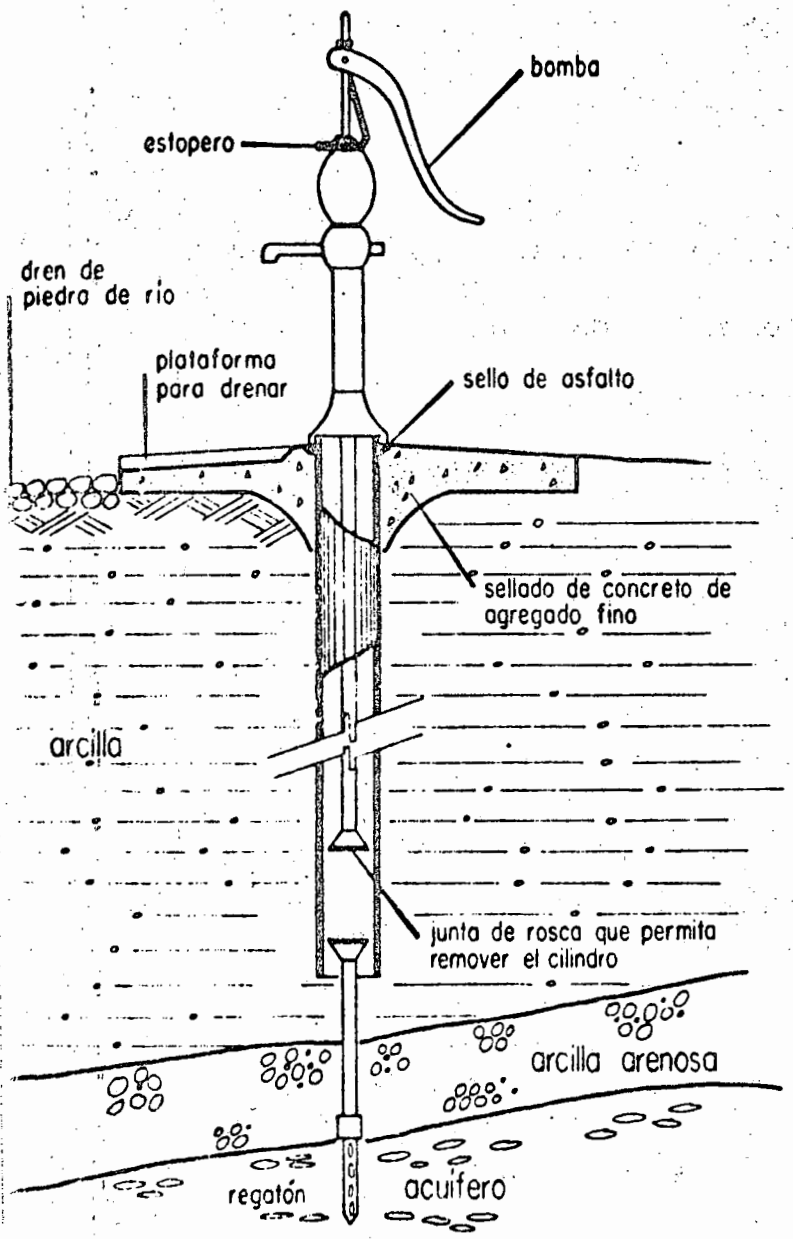
noria o pozo excavado protegido

el montaje de la bomba para ajustarla se hará de arriba hacia abajo para permitir el empleo de la llave de tuercas y ajustar así el tubo.

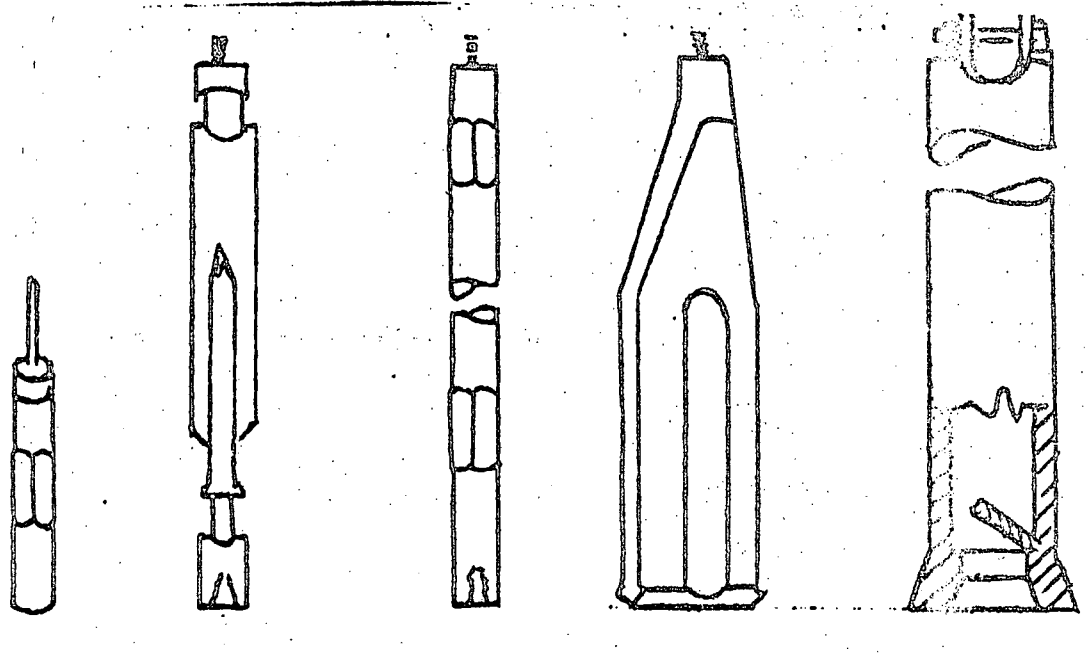


DETALLE DE AJUSTE BOMBA

nota:
el soporte de la bomba y su base debe ser de una pieza, ensamblados por ajuste de pestaña o atornillados.



pozo clavado



ENCHUFE DEL CABLE

PERCUSORES

VASTAGO DE PERFORACION

BARRENA PERFORADORA

CUCHARA

pozo perforado

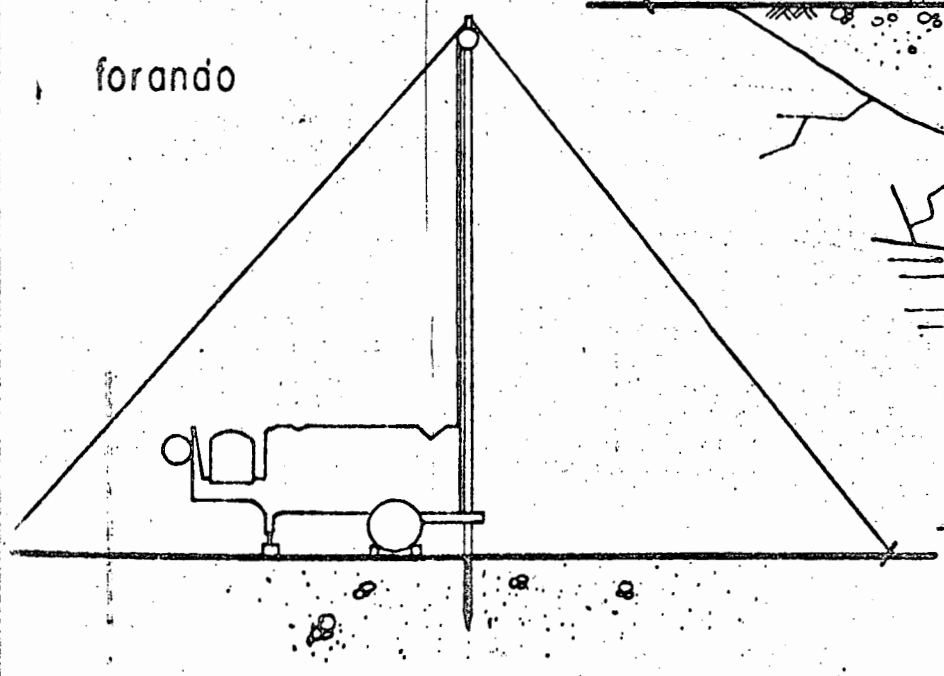
Se llaman pozos perforados, los construidos con máquinas fabricadas especialmente para esa finalidad. Estas máquinas pueden ser de percusión, de rotación o combinadas. La máquina de percusión, es la más sencilla y de mayor uso; asciende y desciende alternativamente, en el interior del pozo. Los diámetros más comunes para este tipo de pozos son de 16 a 40 cms.

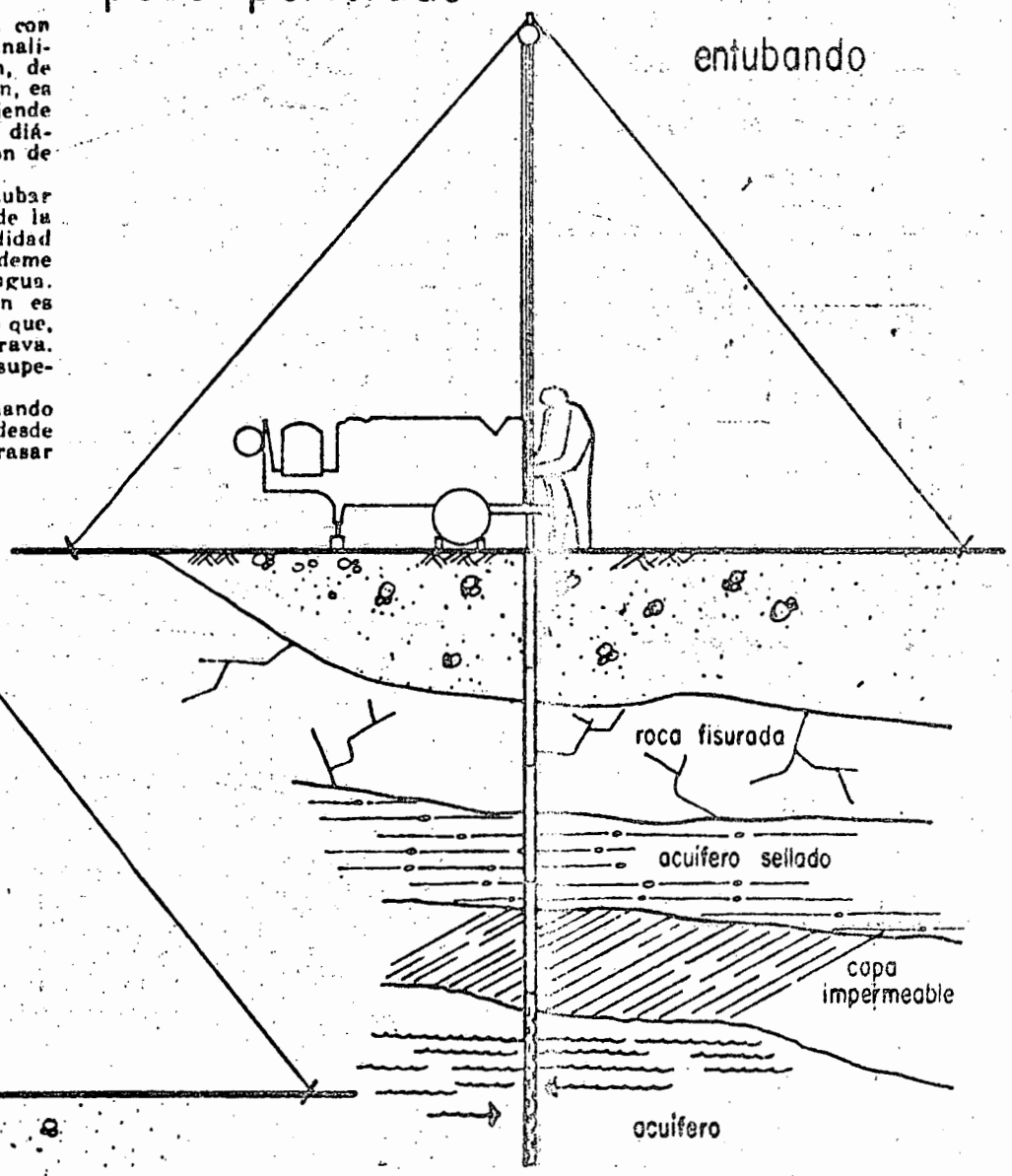
Para evitar los derrumbes, se procede a entubar o ademar el pozo, con lo que también se impide la entrada de aguas contaminadas. A la profundidad del acuífero que se va a utilizar, el tubo de ademe estará ranurado para permitir la entrada del agua.

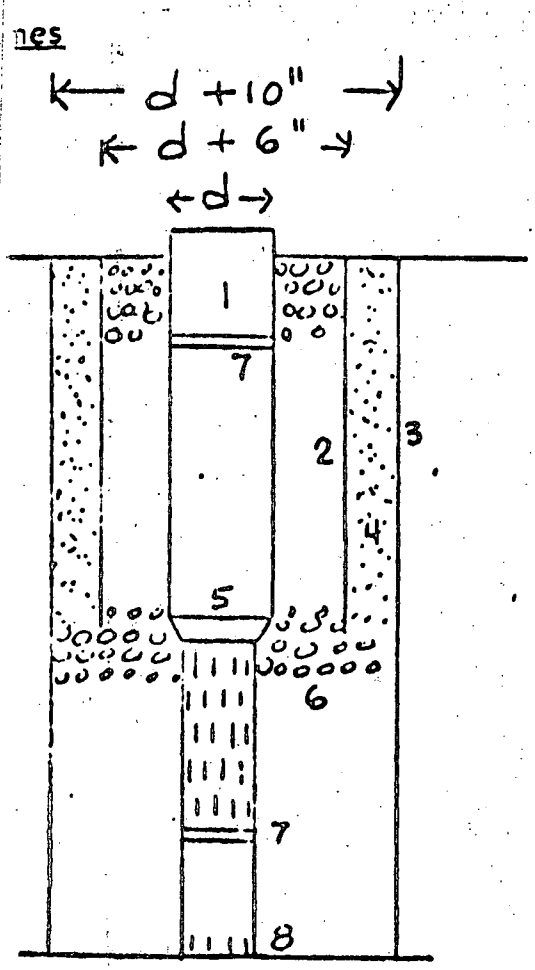
Generalmente el diámetro de la perforación es mayor que el diámetro del tubo de ademe, por lo que, el espacio que queda libre debe rellenarse con grava.

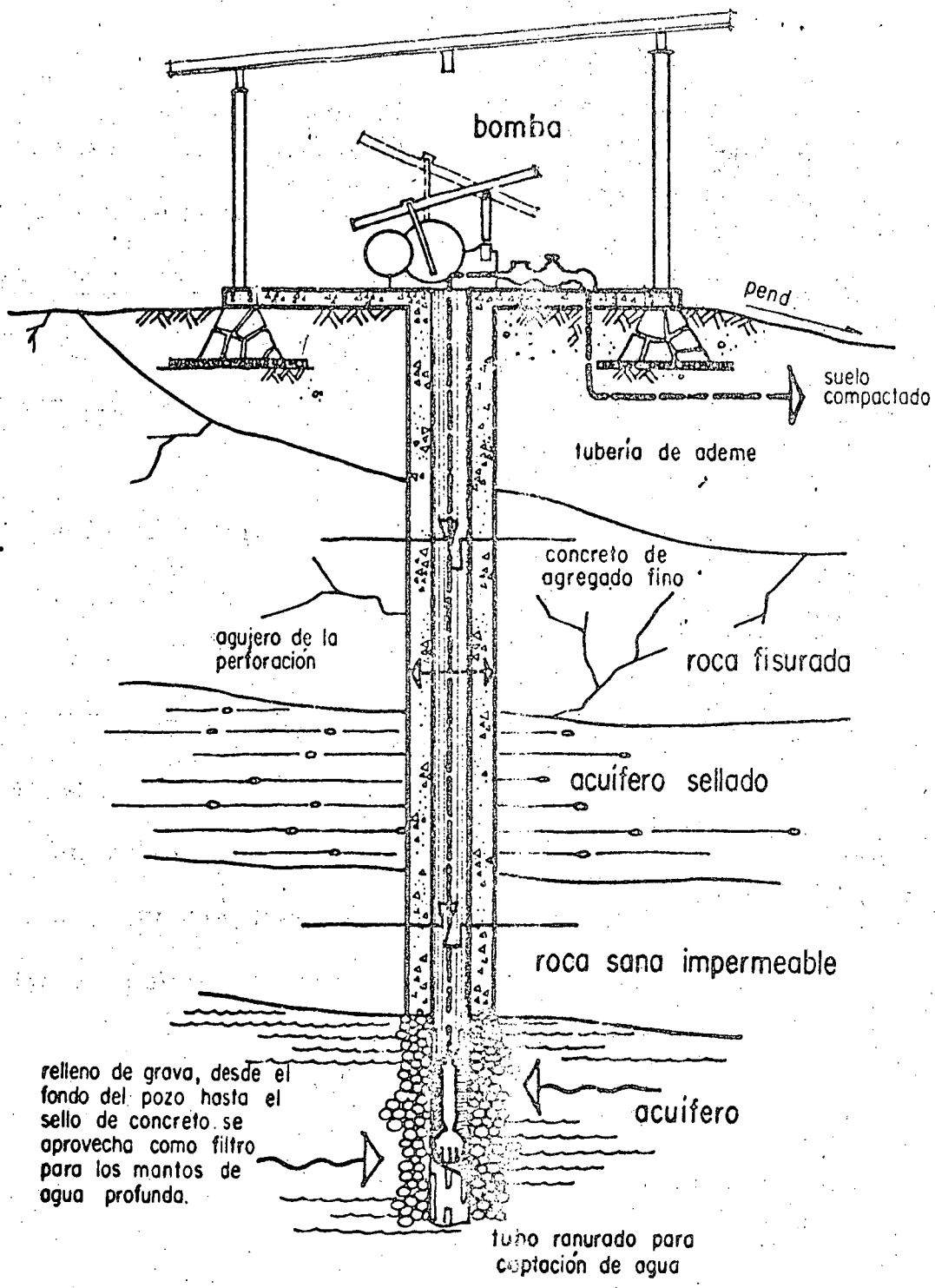
Este relleno formará un filtro hasta el nivel superior del acuífero utilizable.

El pozo se protegerá sanitariamente, rellenando con concreto la parte libre de la perforación, desde donde termine el relleno de grava, hasta enrasar con el piso.









1) Ademe ciego

2) Ademe de sello

3) Perforación

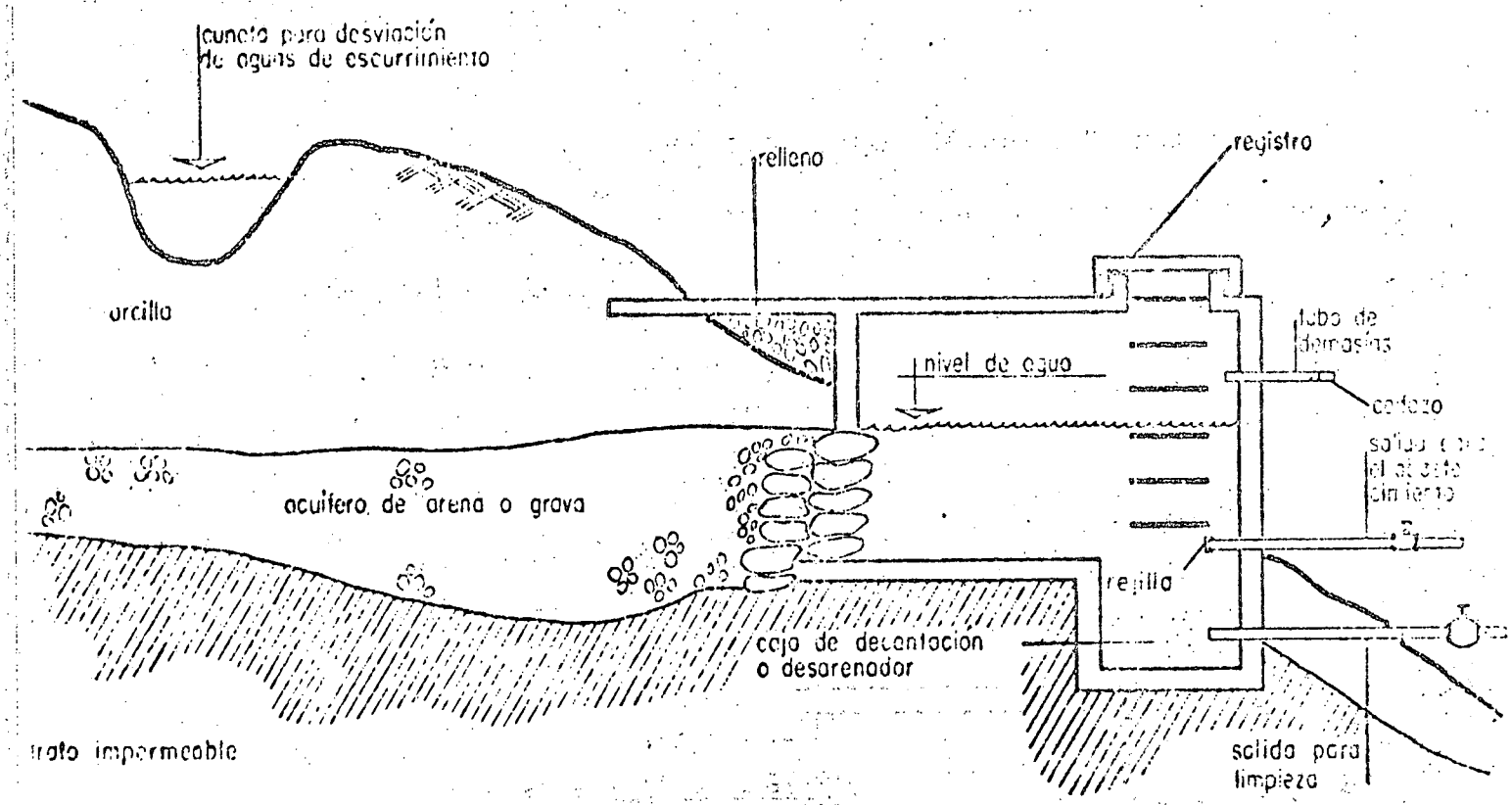
4) Espacio anular cementado

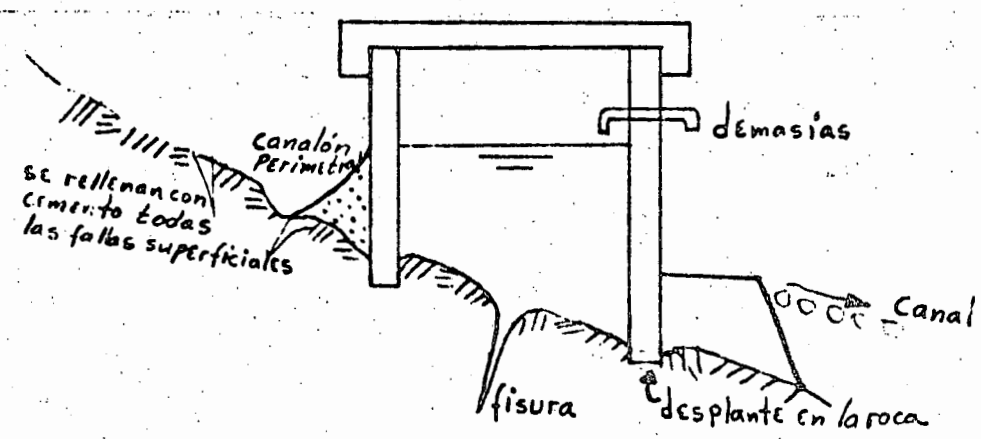
5) Reducción de acero (si se requiere

6) Filtro de grava graduada (cantos rodados)

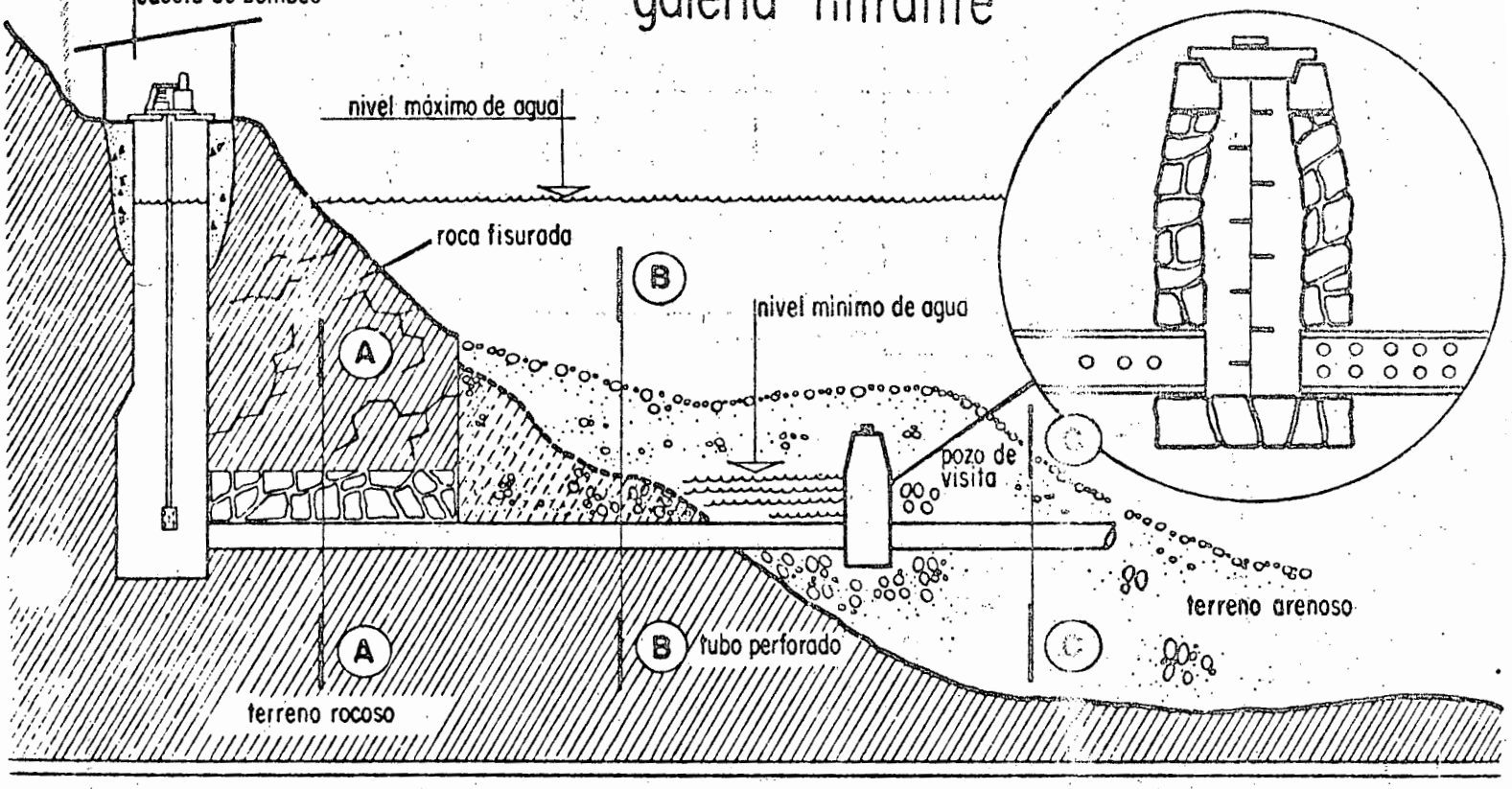
7) Cople de acero soldado

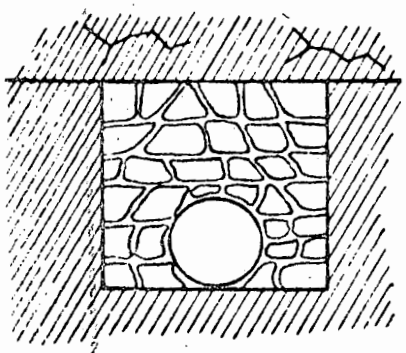
8) Ademe ranurado


cuneta para desviación
de aguas de escurrimiento
relleno
registro
arcilla
tubo de
demasías
nivel de agua
cerrojo
salida
acuifero de arena o grava
rejilla
caja de decantación
o desarenador
trato impermeable
salida para
limpieza

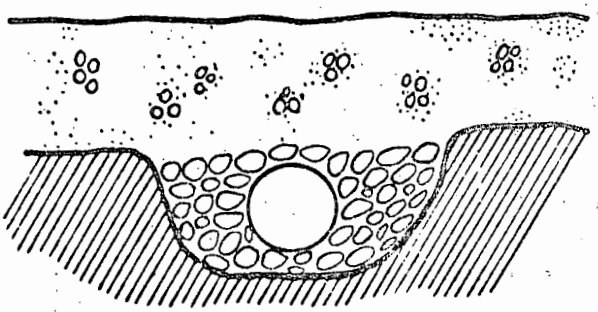

demasías
canalón perimetral
se rellenan con cemento todas las fallas superficiales
canal
fisura
desplante en la roca

galeria filtrante

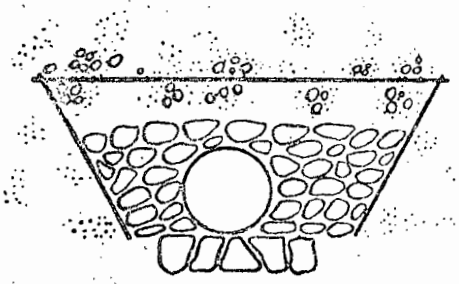




CORTE A-A



CORTE B-B



CORTE C-C

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD PARA DIFERENTES CLASES DE SUELOS

K, cm/seg a un gradiente hidráulico unitario

10^2 10 1 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} 10^{-6} 10^{-7} 10^{-8} 10^{-9}

Grava limpia	Arenas limpias, Mezclas de arenas limpias y gravas	Arenas muy finas; limos; mezclas de arena, limo y arcilla; acarreos glaciares, arcillas estratificadas.	Arcillas no intemperizadas	Naturaleza de los suelos.
Acuíferos buenos		Acuíferos pobres	Impermeables	Características del flujo.
Drenaje bueno		Drenaje pobre.	Sin drenaje.	Características de la retención
Partes permeables de presas y diques.		Partes impermeables de presas y diques.		Uso en presas y diques.

10^6 10^5 10^4 10^3 10^2 10 1 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4}

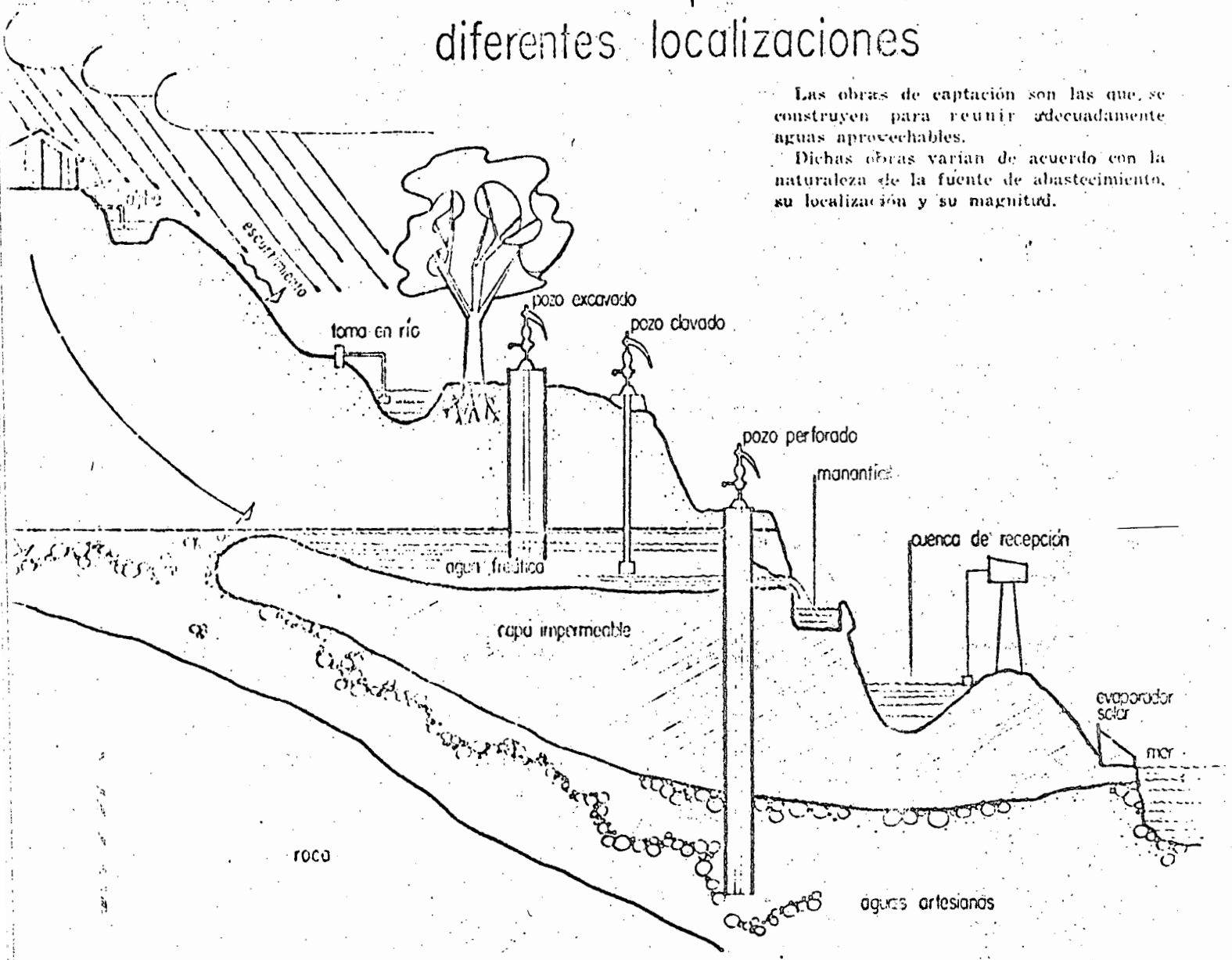
K estándar, gpd/pie^2 a un gradiente de 1 pie/pie

1 cm/seg = 3.28 pie/seg = 2835 pie/día

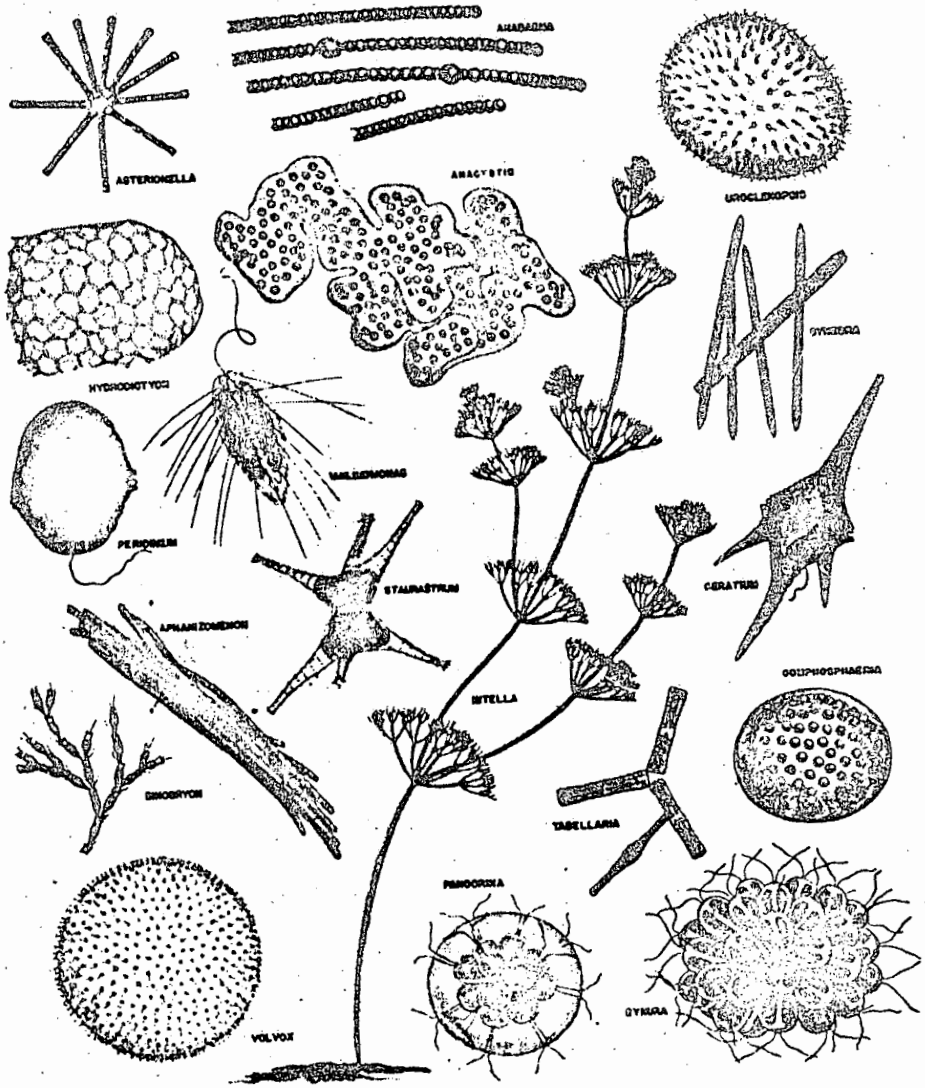
obras de captación diferentes localizaciones

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.



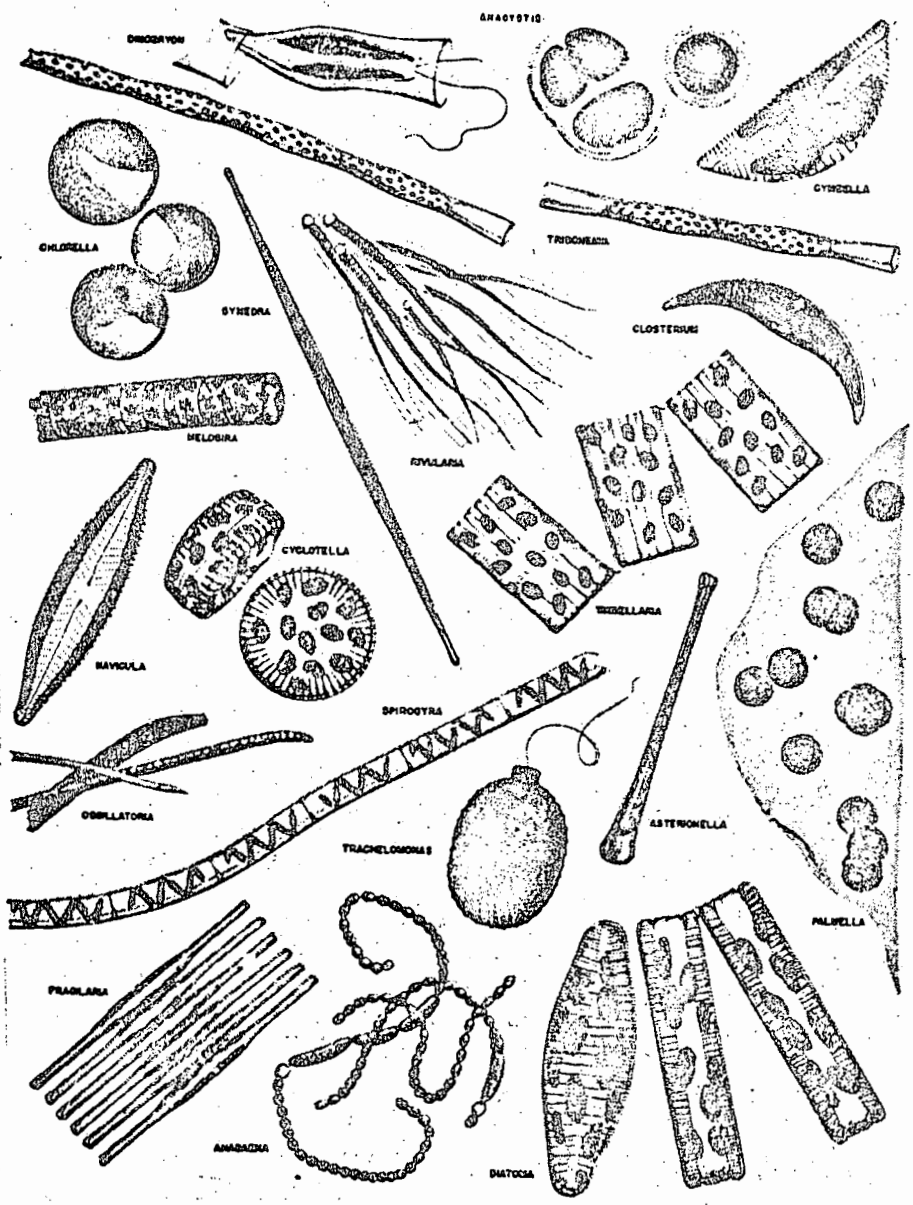
ALGAS SAPIDAS Y OLOROSAS



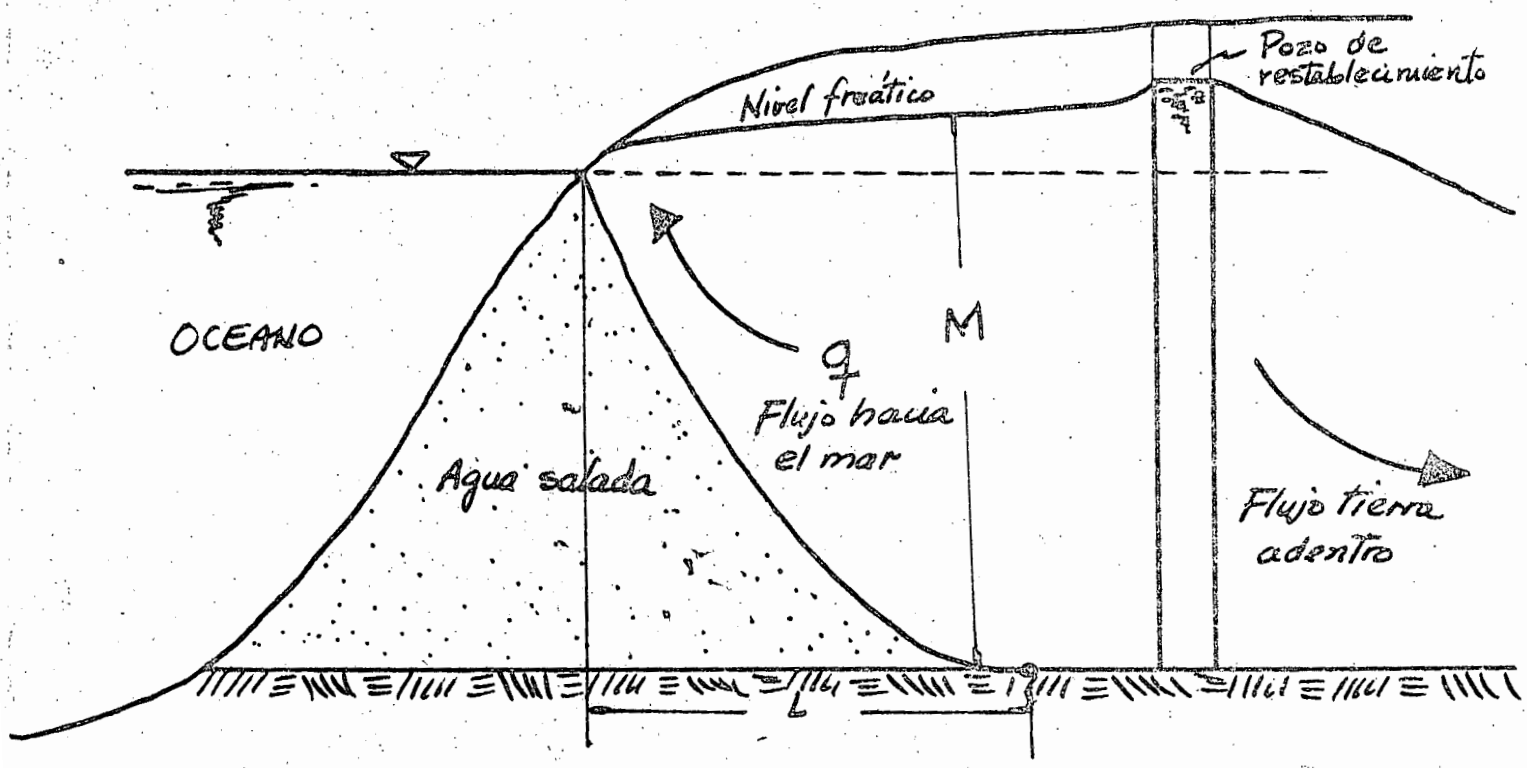
ALGAS QUE OCASIONAN OLORES Y SABORES

Reproducción por permiso especial de "Algae of Importance in Water Supplies", Palmer, Tarzwell y Walter, Public Works Magazine, junio de 1955.

ALGAS QUE OBTURAN LOS FILTROS



ALGAS QUE OBTURAN LOS FILTROS
Reproducción por permiso especial de "Algae of Importance in Water Supplies", Palmer, Tarzwell y Walter, Public Works Magazine, junio de 1955.



CONTROL DE LA INTRUSION DE AGUA SALADA MEDIANTE UNA LINEA DE POZOS DE RECARGA FORMANDO UNA BARRERA DE AGUA DULCE

VII. BIBLIOGRAFIA

1. Abastecimiento de agua potable; Ing. Ubaldo Gutiérrez B. UNAM 1978
2. Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales, Vol. 1 Fair, Geyer y Okum 1978. Editorial Limusa - Wiley, S.A. México.
3. Manual de tratamiento de aguas. Depto. de Sanidad del Estado de N.Y. Albany, 1976

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO, FACULTAD DE INGENIERIA

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS

SEDIMENTACION

PROF. ING. DONATO GUTIERREZ AGUIRRE

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

La sedimentación es un proceso empleado en el tratamiento de aguas para remover sólidos en suspensión por medio de asentamiento gravitacional. La separación de sólidos más densos que el agua puede realizarse sin ninguna ayuda externa, siempre que esto se efectúe en un tiempo económicamente aceptable. Materia finamente dividida o sustancias coloidales (turbiedad, color, etc.) - pueden separarse provocando o ayudando su aglomeración mediante productos químicos (floculación), de tal manera de formar partículas de mayor tamaño y peso que puedan asentarse gravitacionalmente. Para separar impurezas en solución (dureza, fierra, etc.) se utilizan productos químicos con los cuales reaccionan y forman productos facilmente sedimentales (precipitación química).

La sedimentación en un proceso de tratamiento de agua puede ir precedida por una floculación o precipitación química, aunque estas pueden realizarse - conjuntamente con la sedimentación, proceso que se conoce con el nombre de sedimentación de flujo vertical con manto de lodos. Generalmente a la sedimentación le sigue una filtración.

Después de la cloración, la sedimentación es el proceso más ampliamente usado en el tratamiento de agua. Los tanques de sedimentación son básicamente operados en forma contínua, quedando hace mucho tiempo fuera de uso - los sedimentadores con flujo intermitente o de carga - sedimentación - descarga.

TIPOS DE SEDIMENTACION.

Las partículas sedimentarán en las suspensiones de diferentes formas, de

pendiendo de la concentración de la suspensión y de las características de las partículas. Fitch (1958) describió cuatro distintos tipos de sedimentación basados en la concentración de la suspensión y las propiedades floculentas de las partículas. Se denomina clarificación clase - 1 a la sedimentación de una suspensión diluída de partículas las cuales no tienen, o tienen poca, tendencia a flocular. La remoción de una suspensión diluída de suspensiones de partículas floculentas es referida como clarificación clase - 2. En suspensiones coagulantes de concentraciones intermedias donde las partículas están suficientemente juntas para permitir que las fuerzas entre ellas las mantengan en una posición fija relativa una de otra de tal manera que la masa de partículas se asienten como un conjunto se efectúa una sedimentación en régimen de "zona de asentamiento". Cuando la concentración es suficientemente alta para que las partículas queden en contacto real una con otra, y el peso de las partículas es soportado, en parte, por la estructura formada por la masa compacta se efectúa una sedimentación en régimen conocido como "zona de comprensión". Ver figura 1.

Ejemplos de estos tipos de sedimentación son los siguientes : "clase -1", desarenación; "clase - 2 ", sedimentación precedida de floculación, ya que en el sedimentador se seguirán aglomerando las partículas en cierta medida; "zona de asentamiento", sedimentación con manto de lodos; y "compresión", recolección de lodos de los sedimentadores.

CLASIFICACION DE LOS SEDIMENTADORES.

Para el tratamiento de agua existen tres tipos principales de sedimentado-

res :

I. Sedimentadores de flujo horizontal.

II. Sedimentadores de flujo vertical con manto de lodos.

III. Sedimentadores de alta carga superficial.

En este artículo se estudiarán los dos primeros. El tercero se verá más adelante en este curso.

I. SEDIMENTADORES DE FLUJO HORIZONTAL.

La sedimentación con flujo horizontal se hace en tanques rectangulares o circulares, en los cuales la masa líquida se traslada de un punto a otro con una velocidad V_o, mientras las partículas caen con una velocidad V_s .

Cuatro zonas pueden considerarse en un sedimentador de flujo horizontal contínuo :(a) la de sedimentación, (b) la de entrada, (c) la de salida y (d) la de lodos, como lo muestra la figura 2.

ZONA DE SEDIMENTACION.

Para comprender el fenómeno de sedimentación es útil describir las trayectorias de sedimentación de partículas discretas en un tanque rectangular ideal de flujo contínuo. Se entiende por partículas discretas aquellas que mantienen su individualidad y no cambian de tamaño, forma o densidad durante el proceso de sedimentación. Un tanque ideal lo define Camp como un decantador hipotético en el cual la sedimentación se realiza exactamente en la misma forma que en un recipiente de igual profundidad que contenga un líquido en reposo y fija al respecto las tres siguientes suposiciones simplificativas :

1. La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos de la zona de sedimentación.
2. La concentración de partículas de cada tamaño es la misma en todos los puntos de la sección vertical, al comienzo de la zona de entrada.
3. Una partícula queda removida cuando llega a la zona de lodos.

En un tanque idela, como el definido anteriormente, las trayectorias de todas las partículas discretas serán líneas rectas y todas las partículas con la misma velocidad de sedimentación se moverán en trayectorias paralelas determinadas por la suma vectorial de la velocidad de sedimentación V_s de cada partícula y la velocidad de desplazamiento v_o del fluído. El patrón de sedimentación mostrado en la figura 2 será el mismo para toda la sección longitudinal. Todas las partículas con velocidades de sedimentación v_s mayores que v_{sc} se removerán, siendo v_{sc} la velocidad de las partículas que caen a través de la profundidad total o de la zona de sedimentación en el tiempo de retención t_o. La porción de partículas con velocidad de sedimentación v_s menores que v_{sc}, que se removerá es igual a la relación de velocidades v_s / v_{sc}.

De la misma figura 2, se deduce que $v_{sc} = h_o / t_o$, donde $t_o = V/Q$ siendo V el volumen de la zona de sedimentación y Q la rapidez de flujo del agua. Y como $V = Ah_o$, donde A es el área superficial del tanque, se concluye que $v_{sc} = h_o / (Ah_o / Q) = Q / A$, a lo que se llama Carga Superficial.

Lo anterior demuestra que la remoción de material sedimentable en este caso es función únicamente de la carga superficial y es independiente de la profundidad del tanque y del período de retención.

En embargo, este modelo solamente sirve para el entendimiento del fenómeno de sedimentación, ya que en la realidad las suspensiones a clarificar están formadas generalmente con partículas floculentas que no siguen trayectorias rectas en su descenso, ya que su velocidad va aumentando a medida que caen y aumenta su tamaño, peso o densidad. Además, los tanques reales se ven afectados por una serie de variables que no están considerados en la teoría, entre los cuales podemos mencionar los siguientes :

a) Corrientes de densidad :	Térmicas
	de concentración
b) Corrientes debidas al viento .	
c) Corrientes cinéticas :	Alteraciones en la entrada
	Obstrucciones de la sedimentación
	Alteraciones a la salida

vamos a estudiar cada una de ellas :

a) CORRIENTES DE DENSIDAD.

Se llama así a las corrientes que se producen dentro del tanque por efecto de las diferencias de densidad en la masa de agua. Existen dos tipos : las corrientes térmicas y las corrientes de concentración. Las corrientes térmicas se producen cuando existe un cambio de temperatura mayor que 1 °C por hora.

Generalmente durante la noche en época fría, cuando el afluente llega al sedimentador con una temperatura más baja que la que existe en el tanque o cuando disminuye la temperatura de las capas superficiales, el agua que entra,

por su mayor densidad, desplaza a la que está más abajo, creando "corrientes de fondo" que avanzan a alta velocidad, y llegan hasta la salida en una fracción del tiempo nominal de detención arrastrando a su paso partículas de fango. El fenómeno inverso se presenta cuando el flujo que entra es más caliente que el que existe en el tanque, lo que sucede a veces durante el día, por el calentamiento de las masas de agua superiores. En este caso se forman "corrientes superficiales" que avanzan de la entrada a la salida, sin permitir el asentamiento de las partículas.

Para evaluar el valor de estas fuerzas que revuelven los sedimentadores, basta considerar que en un tanque de 100 000 m^3 a 4 °C, la masa de agua pesaría 100 000 ton. Si la temperatura subre a 8°C pesaría en cambio 99 988 ton., lo que da una diferencia de 12 grm por m^3.

Las corrientes de densidad, también pueden producirse por las diferencias en la concentración de partículas suspendidas en las distintas masas de agua, las cuales suelen crear fuerzas más importantes que las térmicas. Haciendo la misma consideración anterior, un volumen de agua de 100 000 m^3. con 20 mg/lt de caolín pesaría 100 560 ton. y con 80 mg/lt, 102 250 ton, lo que da una diferencia de 690 ton. ó 6.9 kg/m^3. Afortunadamente, la mayor concentración de partículas suele estar en el fondo pero cualquier perturbación en el flujo, ya sea por temperatura, obstrucciones, alta velocidad de las paletas de floculador etc., pueden alterar el equilibrio produciendo un flujo envolvente sobre sí mismo o sinuoso, muy diferente al teórico calculado, que es el que con más frecuencia aparece en los sedimentadores horizontales, aún en los bien diseñados.

b) CORRIENTES DEBIDAS AL VIENTO.

El viento, al soplar sobre la superficie de los sedimentadores, puede producir corrientes de suficiente intensidad, como para inducir cambios en la dirección del flujo y alterar el precario equilibrio de las masas de agua. En sedimentadores grandes puede crear oleajes de cierta magnitud, interfiriendo el proceso de sedimentación o desequilibrando la distribución del flujo en las canaletas de salida. Se recomienda por eso el uso de cortinas de árboles o vallas vegetales que impidan el impacto directo del viento sobre el agua.

c) CORRIENTES CINETICAS.

Las corrientes cinéticas pueden producirse por : 1. alteraciones en la zona de entrada; 2. obstrucciones en la zona de sedimentación; 3. diseño impropio de la zona de salida.

1. Las alteraciones en la zona de entrada pueden deberse a una velocidad excesiva del flujo en la entrada del sedimentador, o a que los orificios sean muy grandes y el movimiento de las paletas del floculador sea tal, que comunica demasiada energía al flujo. Al no haber disipación de esta energía en el tabique divisorio, las masas de agua entran con diferente gradiente de velocidad, creando turbulencias que pueden extenderse bastante dentro del tanque. Similarmente puede mencionarse como causa de corrientes cinéticas, la distribución desigual del flujo en la entrada del sedimentador (orificios de distintos diámetros o algunos parcialmente obstruidos), los tabiques que dejan pasar el agua solamente por el fondo, etc.

2. No es frecuente poner hoy en día obstrucciones en la zona de sedimentación, pero debe tenerse en cuenta que las columnas o vigas que puedan quedar sumergidas en el agua bajan la eficiencia de los decantadores.

3. Por último, la distribución desigual del agua en la zona de salida es una de las más frecuentes causas de corrientes cinéticas en el sedimentador. Las canaletas mal niveladas o impropiamente diseñadas inducen zonas muertas que inutilizan grandes áreas del tanque.

FACTORES A CONTROLAR EN LA ZONA DE SEDIMENTACION

Los factores que deben controlarse en la operación de un sedimentador son principalmente la carga superficial y el tiempo de retención. La carga superficial es como ya se mencionó, la velocidad crítica mínima de sedimentación Q/A, que tiene en promedio un cierto porcentaje (70 - 98%) de partículas de la suspensión. La determinación de la carga superficial puede hacerse experimentalmente efectuando un ensayo de sedimentación, ~~como el que se~~ describe adelante. Esta en la operación puede ajustarse regulando el gasto entrante considerando la calidad afluente del agua, ~~y~~ así como la deseada. La carga superficial varía normalmente entre 20 y 60 m^3/ día. Las cargas superficiales bajas (20 - 30 m^3/m^2 día) se usan en combinación con filtros de arena sola. Las altas (30 - 60 m^3/m^2/día) con filtros de lecho múltiple.

El tiempo de retención es el tiempo máximo que la partícula con la mínima velocidad de sedimentación escogida, tarda en llegar hasta el fondo. Por tanto,

es directamente dependiente de la profundidad del tanque. Cuanto menor se la profundidad, menor será el período de detención necesario para recolectar dicha partícula. Los decantadores de alta carga superficial que se estudiarán - posteriormente, hacen uso de este concepto. Sin embargo, los sedimentadores horizontales no pueden construirse con profundidades muy pequeñas debido a que la velocidad de escurrimiento horizontal no puede hacerse muy alta, a las interferencias que revuelven el sedimentador (corrientes térmicas, de densidad, etc.) y a las consideraciones estructurales y de operación. Por esto las profundidades varían entre 3.0 y 5.0 m y con más frecuencia entre 3.50 y 4.50 m. Con las actuales cargas superficiales, estas profundidades produce períodos de detención entre 5 y 1 - 1/2 hrs. De la ecuación $v_{sc} = ho/to = Cs$ se puede despejar t_o, el tiempo de retención, para calcular su valor: $t_o = ho/Cs$.

- Velocidad Horizontal -

. Ayuda a la floculación

. Arrastra y resuspende los sólidos ya sedimentadospor lo que a la velocidad debe de andar alrededor de 0.5 cm/seg (siempre menor de 1 cm/seg).

- Zona de Entrada -

El propósito de la estructura de entrada es :

a) Distribuir el afluente tan uniformemente como sea posible en toda el área transversal del sedimentador.

b) Evitar chorros de agua que puedan provocar movimientos rotacionales de la masa líquida, u otras corrientes cinéticas.

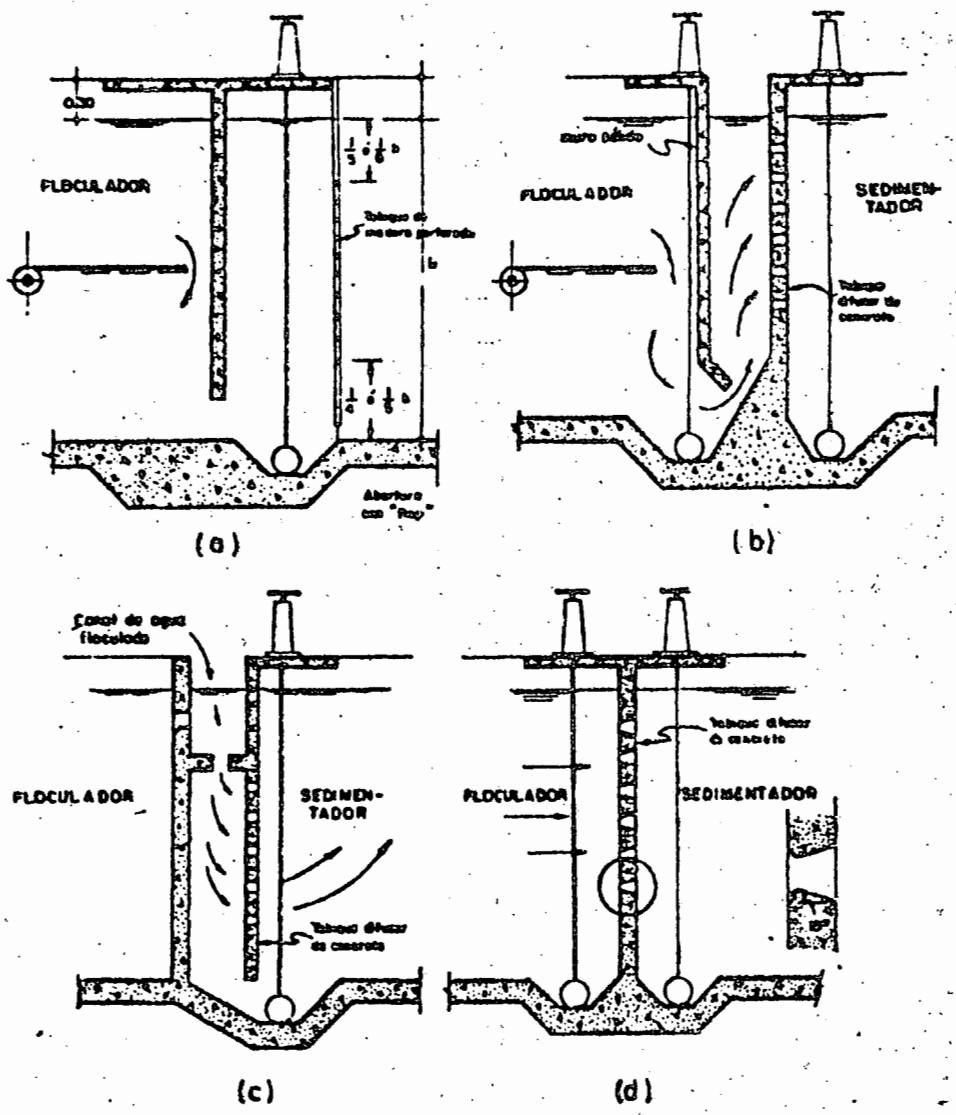


Fig. 5-8 Dispositivos de entrada para decantadores

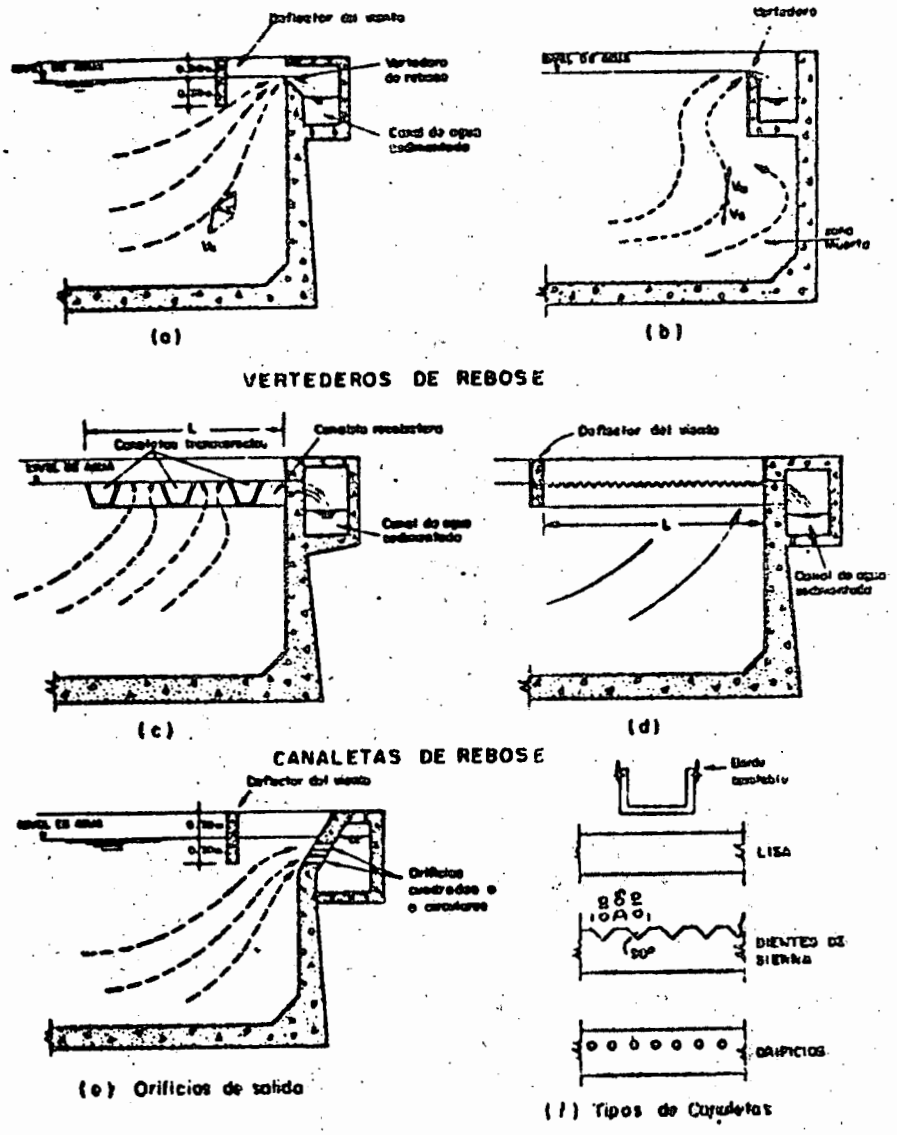


Fig. No. 5-10 ESTRUCTURAS DE SALIDA EN SEDIMENTADORES RECTANGULARES.

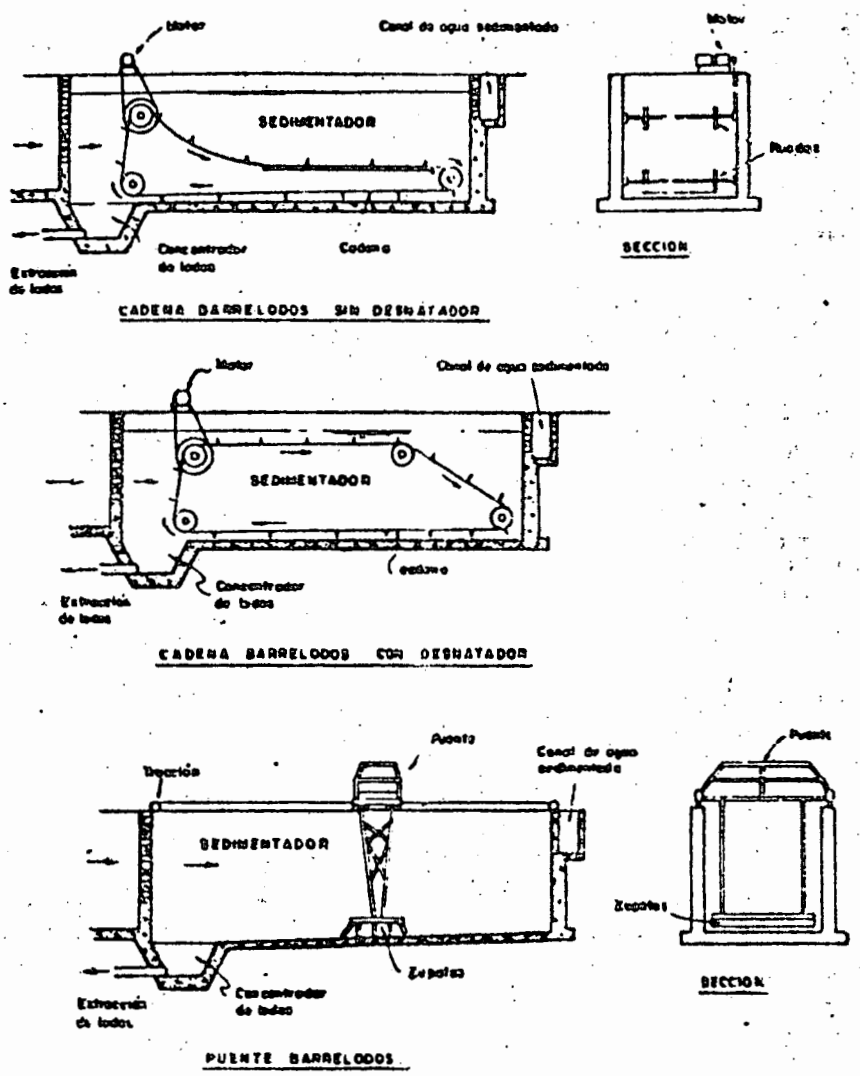


Fig. 5-12 SISTEMAS DE REMOCION DE LODOS

c) Disipar la energía que trae el agua.

d) Evitar altas velocidades que puedan perturbar los sedimentos del fondo.

La velocidad de entrada por los orificios deberá ser menor de 15 cm/seg.

- Zona de Salida -

Afecta a la masa de agua en la parte final del sedimentador. La longitud del vertedor debe ser tal que el gasto este comprendido entre 6 y 12 m^3/m^2/hora.

El nivel del agua en el decantador debe controlarse cuidadosamente, pues - cuando las canaletas trabajan ahogadas, el floc suele de suspenderse en gran cantidad por el aumento en la velocidad de salida

- Zonas de Lodos -

Los lodos se depositan en el fondo del sedimentador de manera desuniforme, el 60% y el 90% quedan almacenados al comienzo del mismo, en el primer tercio de su longitud. Los sedimentadores normalmente tienen un volumen adicional del 10 al 20% en el tanque sedimentador para almacenamiento de lodos.

SEDIMENTADORES DE FLUJO VERTICAL Y MANTO DE LODOS.

Este tipo de sedimentación se basa en el hecho de que cuando se agrega - lodo recientemente coagulado a un agua turbia, se precipita las partículas en suspensión de esta. Este fenómeno se empezó a usar cuando los constructores de - sistemas de tratamiento se dieron cuenta que la recirculación de los lodos sedimentados mejorado el proceso de separación de sólidos.

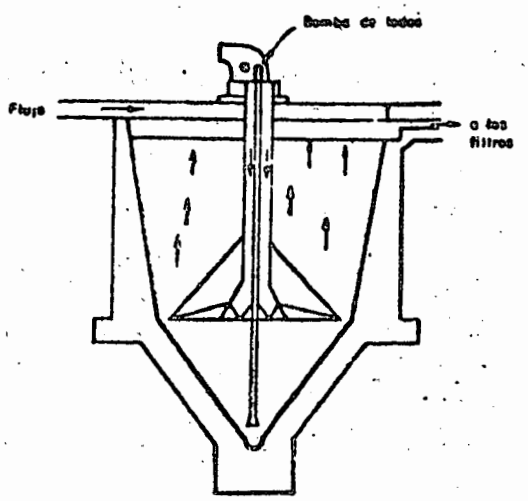


Fig. 5-13 TANQUE DORTMUND (1880)

Esencialmente consistía en una estructura de fondo cónico, a la cual entraba el agua cruda por la parte inferior y ascendía atravesando un manto de partículas en suspensión, hasta llegar a las canaletas superiores en las que se recogía el agua sedimentada. Para poder conservar las partículas del manto en suspensión, el flujo se hacía pulsante, inyectándolo cada cierto intervalo de tiempo.

Este tipo de unidad fue de uso común en Europa hasta principios de siglo (1910).

Desde el comienzo, los constructores se dieron cuenta que la recirculación de los lodos sedimentados mejoraba el proceso de separación de sólidos y así aparecieron los primeros equipos patentados de esta clase, como el "Precipitador acelerado" de Archbutt y Deeley (1892) y el "acelerador por lodos" de Declerq (1905) en los que los sedimentos del fondo eran succionados con bombas de vacío e inyectados de nuevo al agua que entraba. Sin embargo, a partir de 1910, debido a diversos problemas de operación, los sedimentadores de manto de lodo fueron usándose cada vez menos, en especial en los Estados Unidos, donde el tanque de flujo horizontal, no obstante ser más grande, se generalizó con preferencia al de flujo vertical.

Sin embargo, el interés por este último resurgió en 1934, cuando Spaulding obtuvo una patente para un "precipitador" que seguía los lineamientos generales de sus predecesores europeos. El "precipitador" era, según lo describía impropiamente Spaulding en su solicitud de patente, "un método de ablandamiento del agua".

Posteriormente los fabricantes empezaron a obtener patentes para una gran variedad de sedimentadores de manto de lodos, que no son sino modificaciones de los diseños básicos de los tanques de fines del siglo pasado.

Su uso vino a generalizarse en las Américas solamente después de la última guerra mundial, cuando las compañías fabricantes de equipos, se hicieron fuertes e impulsaron

15

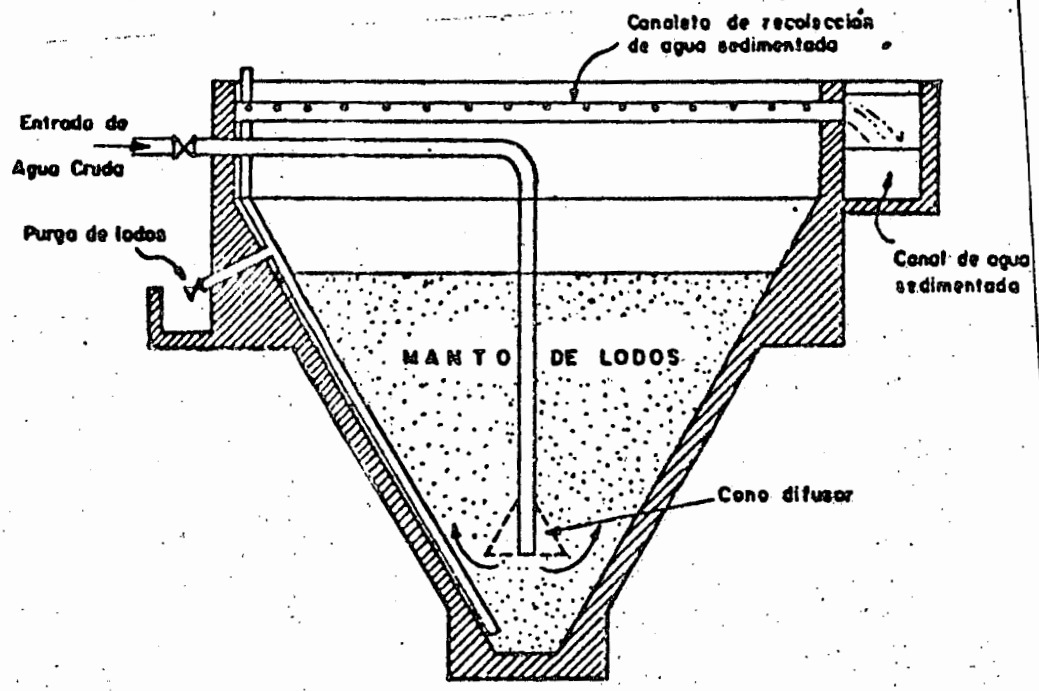


Fig. 5-14 CLARIFICADOR CON FONDO CONICO

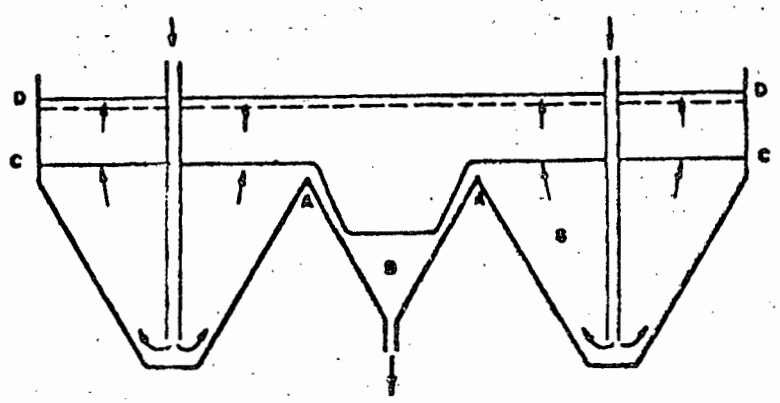


Fig. 5-15 SEDIMENTADOR DE BACCHUS MARSH

Algunos diseñadores prefieren dejarles vertederos en la parte superior para el control de la altura del manto de lodos, de modo que se viertan en un concentrador lateral. Tal sistema parece dar muy buenos resultados, aun en el caso de bruscos incrementos de la rata de flujo (1). El sedimentador de Bacchus Marsh (1), Australia, es de este tipo (ver fig. 5-15).

En el sedimentador de Brno (22), Checoeslovaquia, si bien tiene un sistema de floculación separado del de sedimentación, el manto de lodos queda suspendido hidráulicamente en las secciones tronco-piramidales laterales, y tiene una serie de vertederos sumergidos para controlar la altura del manto. El lodo que cae es recogido en los concentradores inferiores y extraído periódicamente.

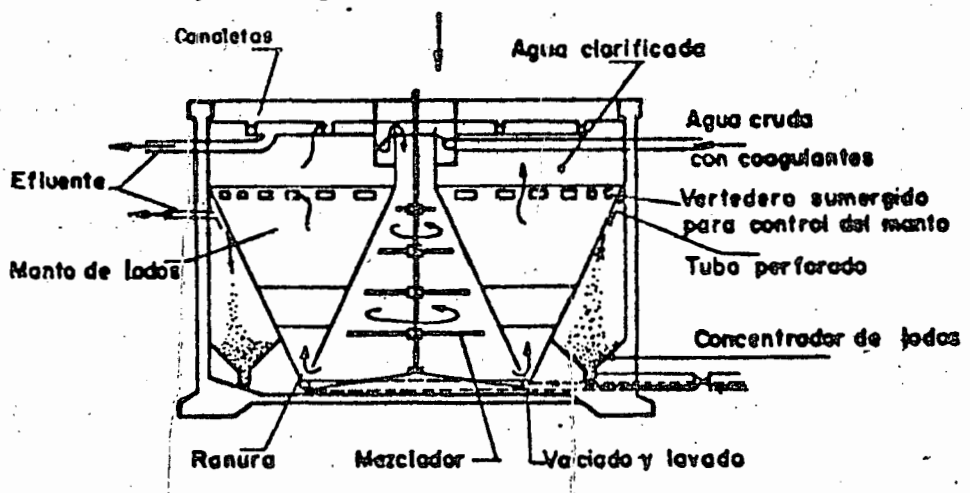


Fig. 5-16 SEDIMENTADOR DE BRNO (Checoeslovaquia)

2. **Unidades con manto de suspensión mecánica**

Las unidades que usan sistemas mecánicos para mantener la colcha de lodos en suspensión pueden ser en general de tres clases:

i. Pulsantes o de vacío
ii. De separación dinámica
iii. De agitación simple

i. **Pulsantes o de vacío**

El primer tipo de unidades consiste esencialmente en un tanque cuadrado o circular, en cuyo centro se coloca una campana o cápsula de vacío, en la cual periódicamente se disminuye la presión interna con una bomba especial, de modo que el agua ascienda por la campana, hasta un cierto nivel y luego se descargue en el tanque produciendo expansión de los lodos y botando el exceso de los mismos a los concentradores. Esta periódica expansión y contracción de la colcha se usa para homogeneizarla, evitando las grietas o canales que permiten el paso directo de la turbiedad y la sedimentación de las partículas más pesadas en el fondo.

El sistema requiere por tanto dos tiempos (véase la fig. 5-17). En el primer tiempo la válvula de aire A se encuentra cerrada. El flujo asciende por la campana C, mientras el agua en el decantador D permanece en reposo, de forma que puede sedimentar.

En el segundo tiempo, al alcanzar el agua el nivel S en la campana C, la válvula de aire A se abre y el agua de la campana C penetra en el decantador D. Entonces los fangos se elevan con el flujo y el exceso penetra en el concentrador B. El agua decantada se recoge en E. Cuando el flujo alcanza el nivel L en la campana C, se cierra la válvula A. Los fangos depositados en el concentrador B se extraen automáticamente por medio de las válvulas F.

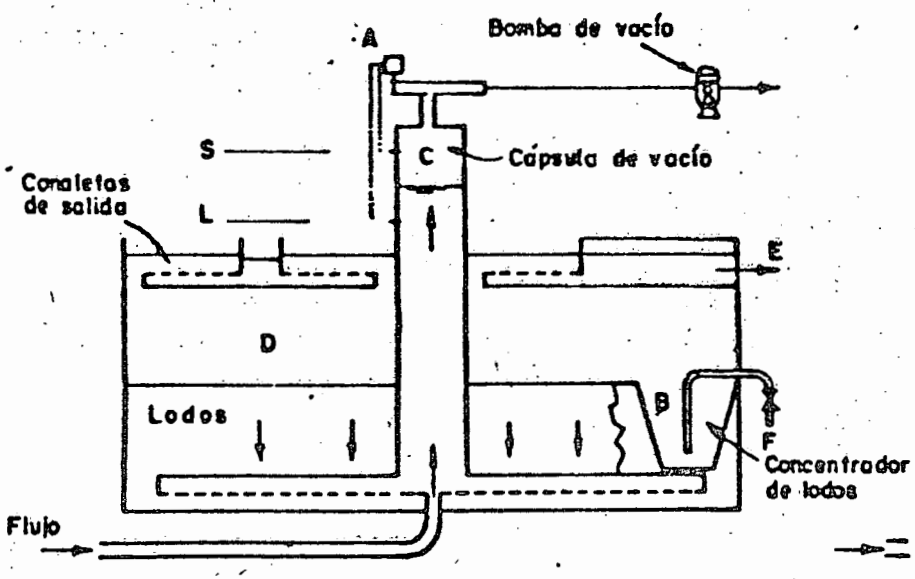


Fig. 5-17 PULSADOR DEGREMONT

ii. **Unidades con separación dinámica**

Las unidades que emplean lo que los fabricantes describen como separación mica, utilizan una turbina que gira a alta velocidad, colocada en el centro del tanq cual impulsa el flujo hacia abajo a través del orificio periférico A, de forma que las culas que descienden empujadas por la energía mecánica de la turbina choquen c que ascienden con el flujo del tanque.

En estos tanques se pueden considerar cuatro zonas. Una primera zona de m y reacción en la parte inferior donde se inyectan los coagulantes. Una segunda zo mezcla lenta y floculación. Una tercera zona en donde se establece el manto de lo por último, una cuarta zona en la que el agua clarificada sube hasta las canaletas de

Los lodos son recogidos en el concentrador C en un sector del tanque y extr automáticamente cada cierto tiempo según la turbiedad del agua. (Ver Fig.

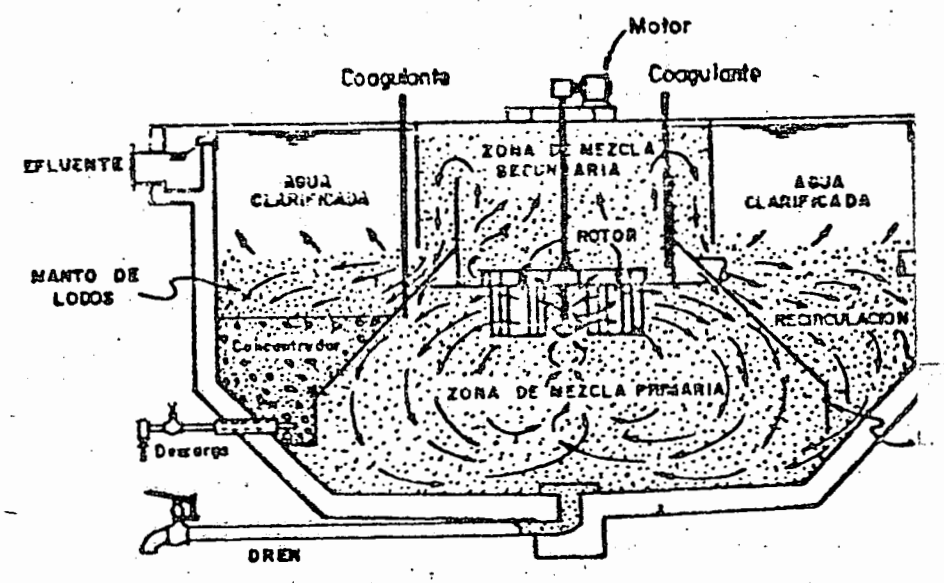


Fig. 5-18 EL ACCELATOR - INFILCO, Inc.

iii. **Unidades con agitación simple**

Las unidades con agitación simple consisten en tanques por lo general cir en los cuales el agua es inyectada por abajo, de tal forma se distribuya en el fond agitador mecánico que gira lentamente en el fondo, movido por un motor c presión, mantiene las partículas en suspensión y recolecta los lodos de donde son removidos periódicamente. [illegible] periféricas superiores, filtrándose en [illegible] culación de fangos como en [illegible]

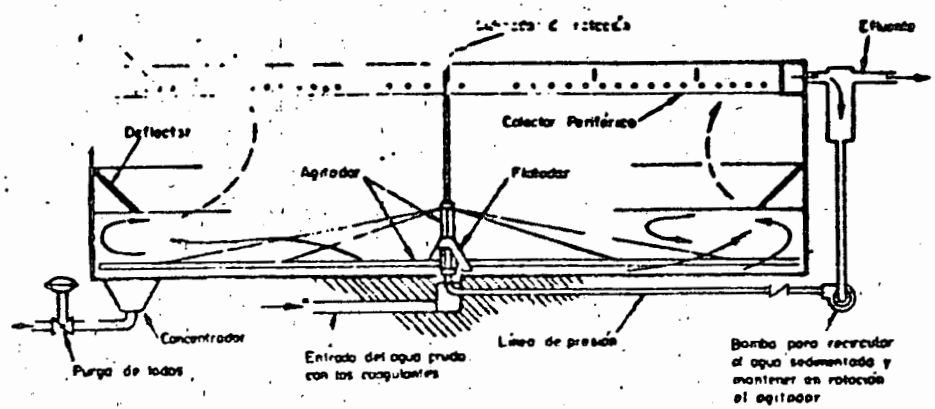


Fig. 5-19 PERMUJET (Permutit Co.)

Conceptos básicos sobre el manto de lodos

Dada la alta concentración de partículas que hay en un manto de lodos (del 10 % al 20 % del volumen) existe una mutua interferencia en la velocidad de sedimentación con que caen, de modo que el manto se puede considerar como un filtro de flujo ascendente, en el que los granos del medio filtrante están constituidos por coágulos predesestabilizados, suspendidos por la fuerza ascensional de fricción del flujo.

En el proceso, el floc no conserva su peso específico, su tamaño ni su forma constante. Antes bien, las partículas pequeñas que entran en el fondo son arrastradas por el flujo. Al chocar éstas con otras incrementan su tamaño, de acuerdo con la ecuación de Von Smolouchoski, hasta adquirir un volumen tal que, o se disgregan por el esfuerzo cortante, o suspenden su ascenso y caen chocando con las que suben.

El régimen que se establece dentro del manto de lodos es por tanto turbulento en el que las partículas suben y bajan "ad random" a veces con un movimiento rotacional.

Ahora bien, si dejamos sedimentar una suspensión concentrada (10,000 ppm o más) en un líquido en reposo, se formará un plano de separación entre éste y el manto de lodos (interfase). Inicialmente este plano de separación cae con una velocidad creciente (línea A-B Fig. 5-20), luego, por un tiempo más o menos largo, desciende con una velocidad constante v_s, (línea B-C) hasta que, llegado un momento, la velocidad disminuye bruscamente cuando los lodos empiezan a compactarse en el fondo (línea C-D).

Durante el proceso, el agua entrampada entre las partículas asciende desplazada por los sólidos con una velocidad v_d en dirección opuesta a la velocidad v_s de caída de las partículas individuales. Por tanto, la velocidad de asentamiento de la interfase será igual a:

$$v_i = v_s - v_d = \frac{h_1 - h_2}{t} \qquad (5\text{-}27)$$

Deben considerarse por consiguiente cuatro velocidades:

1º La velocidad ascensional del agua v_a Q/A en que Q es el gasto con que tr unidad y A es el área superficial de la misma.

2º La velocidad intersticial v_d del flujo que asciende por entre las partícula podría expresarse como Q/pA en donde p es el porcentaje de área libre no ocup las partículas.

Por tanto:

$$v_d = \frac{v}{p}$$

3º La velocidad de caída de la partícula v_s considerada como si descendiera sola quido en reposo sin interferencia de las otras. Se puede encontrar con la fórmu de este capítulo.

4º La velocidad de caída de la interfase v_i que es diferente a la velocidad de c las partículas individuales v_s.

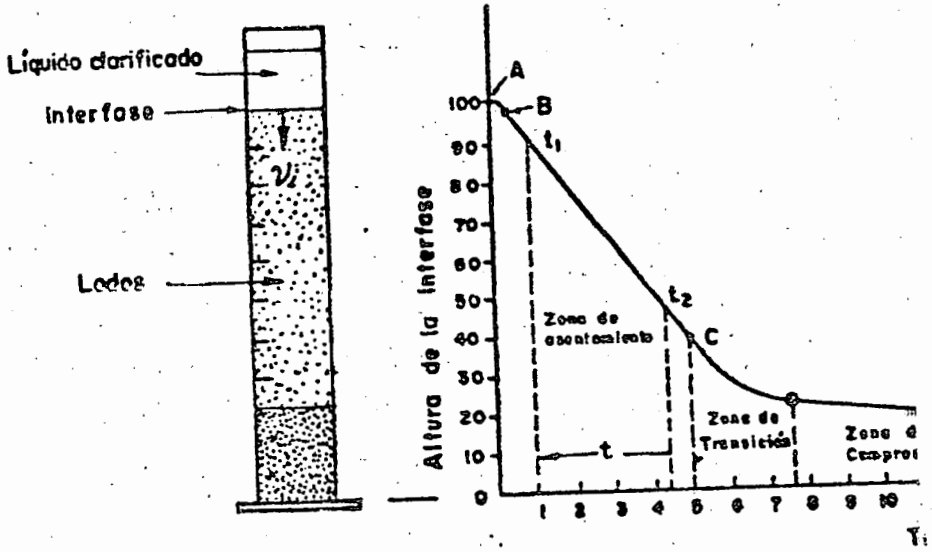


Fig. 5-20 Velocidad de asentamiento de lodos

Velocidad de asentamiento de la interfase

La figura 5-21 presenta las curvas de asentamiento de la interfase obtenidas laboratorios de la U.C.V. de Caracas (Venezuela). Se usaron diferentes concentrac de lodos añejados, a los cuales se había añadido 0.01 mg/lt de magnifloc, y que mantenidos en suspensión con flujo ascendente durante un tiempo más o menor hasta obtener un estado de equilibrio. Luego se suspendió el flujo y a diferentes los de tiempo se tomó la altura de la interfase.

Se ve claramente que cuanto mayor fue la concentración de partículas 8 %, y 17.8 %, menor fue la velocidad de caída de la interfase, y menor la velocida censo v necesaria para mantener el flujo en suspensión.

La primera aplicación de este descubrimiento fue hecho, en 1880, en un tanque sedimentador que se construye en Dortumund, Alemania, al que se llamó tanque Dortmund (ver figura). Esencialmente consistía de una estructura de fondo cónico, a la cual entraba el agua cruda por la parte inferior y ascendía atravezando un manto de partícula, en suspensión, hasta llegar a la canaleta superior en las que se recogía el agua sedimentada. Para poder conservar las partículas, del manto en suspensión, el flujo se hacía pulsante inyectando cada cierto intervalo.

Este tipo de sedimentación se fue desarrollando hasta la actualidad en que contamos con una serie de sedimentadores de flujo vertical y manto de lodos, - los cuales se pueden clasificar de la siguiente manera :

- Suspensión de lodos hidráulicos.
- Suspensión de lodos mecánicos.

En los primeros, las partículas de lodo quedan suspendidas debido a la fuerza de arrastre del agua que asciende hasta las canaletas de salida. En los segundos el sistema de agitación es mecánica, lo que produce la turbulencia necesaria para mantener cierta proporción de sólidos en suspensión.

Además, pueden tener o no vertedores para control del nivel del manto, o pueden recircularse o no los lodos sedimentados.

La velocidad de flujo del agua varía de dos a ocho cm. (30 - 120 $m^3/m^2/$día). Los aparatos patentados trabajan normalmente con 4 cm. /minuto (60 m^3 m^2/día). El tiempo de retención fluctua de 1 - a 1 1/2 horas. La concentración de sólidos de 10 a 20% del volumen. La profundidad del manto de 1 - 3 mts.

La eficiencia es función de la velocidad ascencional, profundidad del manto de lodos y del proceso químico empleado.

Los aspectos hidráulicos a controlar son la velocidad de entrada y su distribución tratando de mantener un ascenso uniforme y evitando chorros verticales.

ASPECTOS A CONTROLAR EN LA OPERACION DE LOS SEDIMENTADORES.

1. Gasto de Entrada.

   Lecturas del medidor y verificación periódica de los mismos mediante aforos en los casos en que sea posible.

2. Velocidad de Entrada.

   - Obstrucciones e incrustaciones de orificios repartidores.
   - Sedimentos y Canaletas.

3. Distribución del Flujo.

   - Prueba de atrasadores.
   - Nivel del agua.

4. Salida del Agua.

   Limpieza de canaletas.

   Ajuste de vertedores.

5. Remoción de Lodos.

   - Velocidad de arrastras y estado de las mismas.
   - Limpieza periódica.

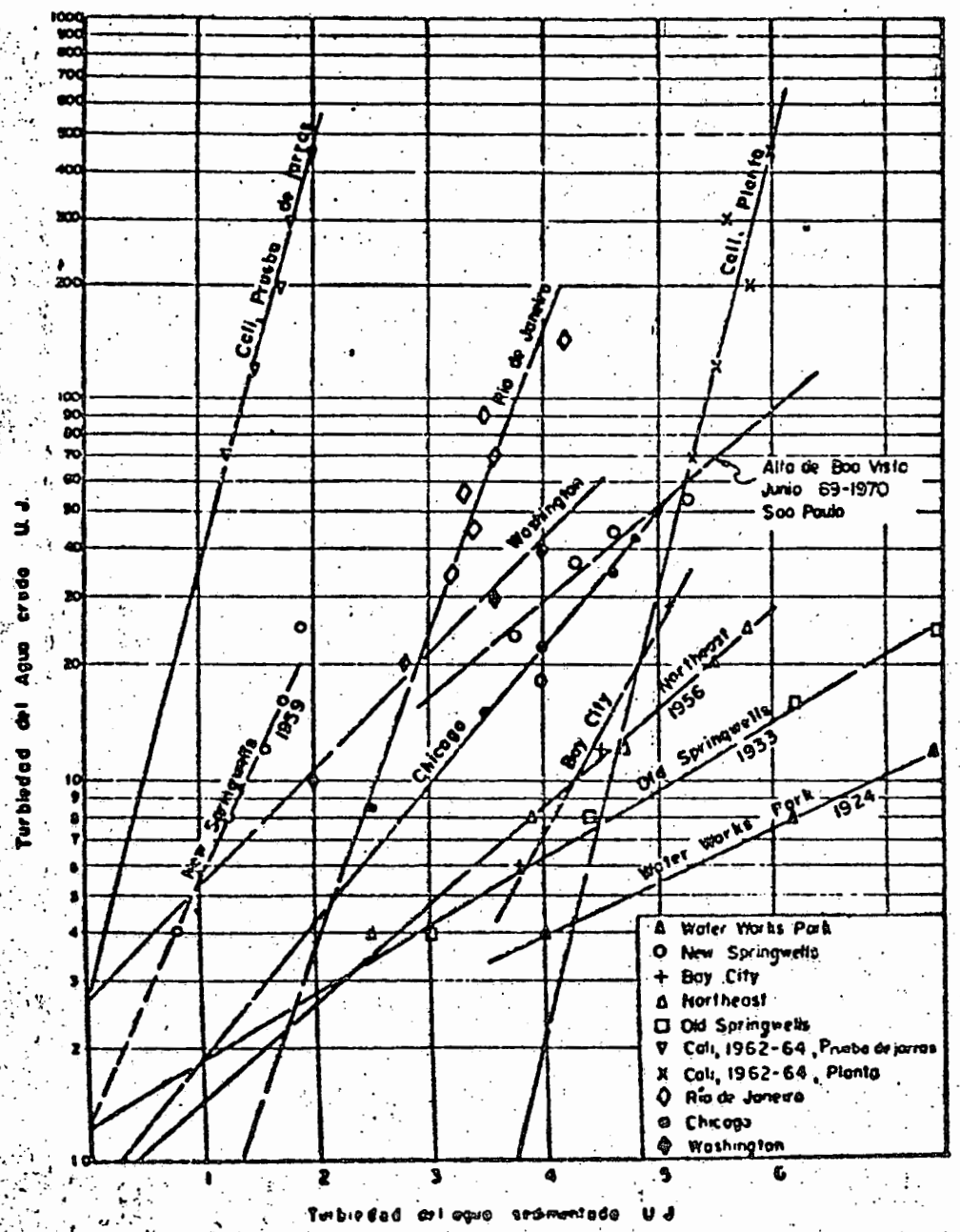


Fig. 64 Turbiedades [illegible]

Para mantos de lodos se tendrá control de los siguientes aspectos :

- Altura del manto.
- Concentración de lodos.
- Homogeneidad del manto.
- Distribución del flujo del agua.

CONTROL DEL PROCESO DE SEDIMENTACION.

El análisis del comportamiento de un sedimentador tiene que hacerse a través del tiempo, pues los resultados obtenidos en una prueba no son necesariamente iguales a los que se obtengan en otra prueba realizada en otro día.

En general tres series de ensayos pueden realizarse :

1. Ensayos para determinar la eficiencia.
2. Ensayos para determinar la estabilidad hidráulica.
3. Ensayos de análisis de lodos.

I. ENSAYOS PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA.

$$\text{Eficiencia} = \frac{Nt}{No} = 1 - \frac{\text{Turbiedad de salida}}{\text{Turbiedad de entrada}}$$

Máxima turbiedad 10 UTJ

Debe tomarse en cuenta el valor de No

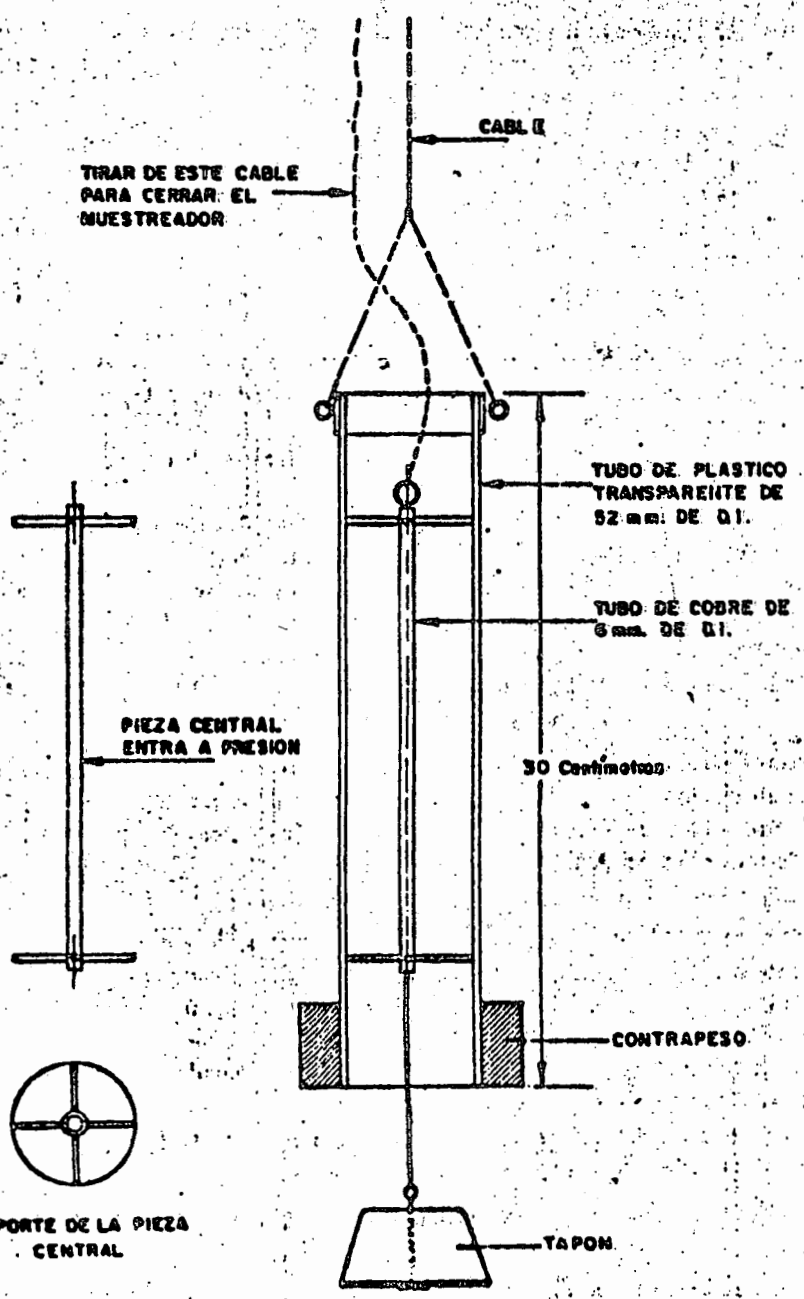
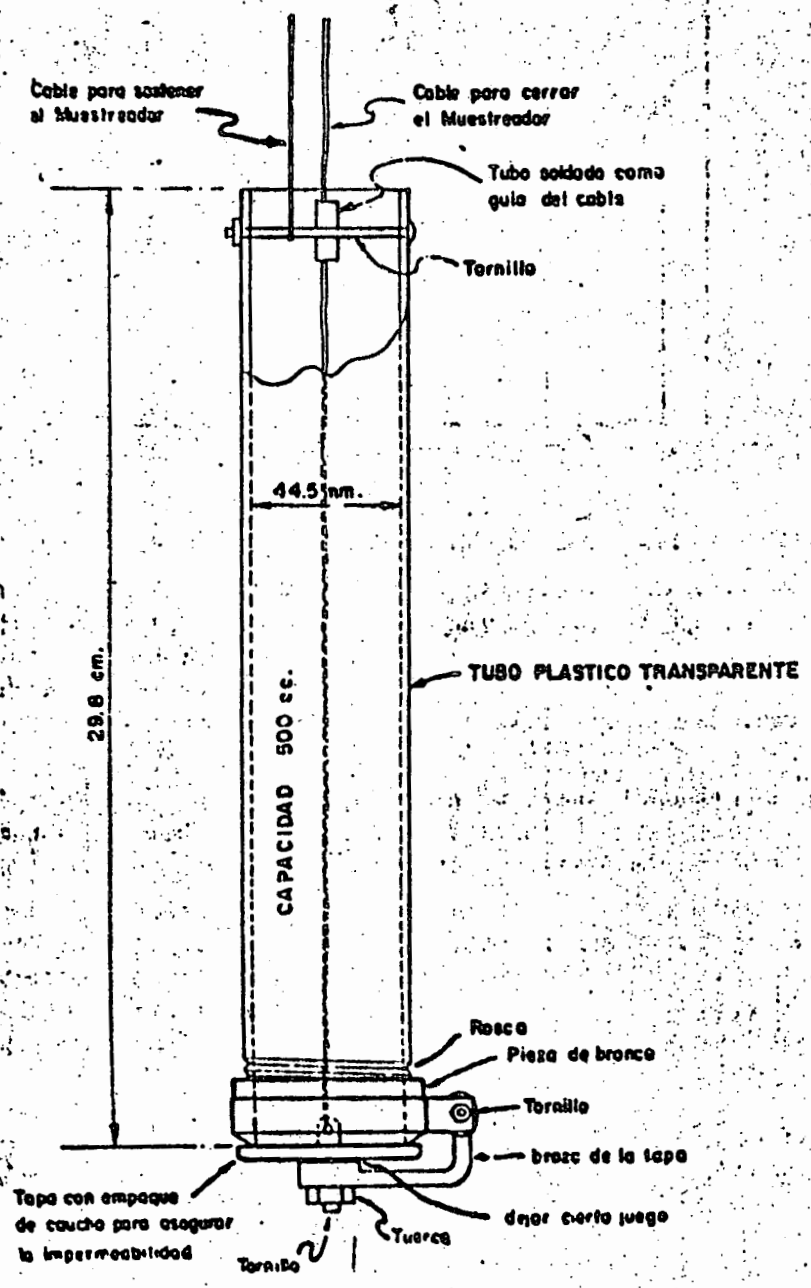


Fig. 6-8 Aparato para tomar muestras de un manto de lodos



Vertical

Fig. 5-10 Aparato para tomar muestras del manto de lodos en decantadores de flujo vertical

II. ESTUDIO ESTADISTICO DE LOS DATOS DE COMPORTAMIENTO DE LOS SEDIMENTADORES.

- Análisis estadístico de eficiencia (ver figura).
- Prueba de trazadores.

III. ESTUDIO DE LOS LODOS.

- Topografía. (cuando no hay equipo mecánico)
- Determinación de la velocidad de ascenso de la interfase.
- Determinación de la concentración volumétrica de lodos.
- Líneas de isoconcentración.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

OPERACION DE UNA PLANTA DE LODOS ACTIVADOS

M. en I. ARNULFO PAZ SANCHEZ

OPERACION DE UNA PLANTA DE LODOS ACTIVADOS

1.- GENERALIDADES.

El agua negra que se trata en el proceso secundario de lodos activados debe ser sometida a pretratamiento y comunmente a sedimentación primaria, aún cuando esta no es indispensable en algunas variantes, como en la de aeración extendida o en la de estabilización-contacto.

2.- BREVE REFERENCIA HISTORICA Y BASES DEL PROCESO.

En 1914, Arden y Lockett, cómo resultado de experimentos relacionados con la aeración del agua negra de Manchester presentaron en Londres, el descubrimiento de un nuevo y revolucionario método de tratamiento: "el proceso de lodos activados", que consiste esencialmente en la aeración, por un periodo suficiente de tiempo, de una mezcla de aguas negras con un lodo especial bacteriológica y microscopicamente activo; después de una sedimentación, se obtiene un efluente de calidad similar o superior al de un filtro rociador.

En los experimentos originales de laboratorio, se encontró que la aeración de aguas negras por varios días producía oxidación y nitrificación, depositándose un lodo floculento de color café oscuro. Después de una sedimentación, las aguas negras purificadas se extrafan y el lodo se retenía para ayudar a la oxidación de otro volumen de agua negra. Repitiendo varias veces esta operación, reteniendo siempre el lodo depositado, se encontró que la purificación ocurría en períodos de aeración progresivamente más cortos, debido a una mayor actividad del lodo.- Finalmente se obtuvo un lodo altamente activo que se denominó activado, con el cual puede purificarse aguas negras en unas cuantas horas.

En escala municipal, es posible obtener un volúmen apropiado de lodos activados en una a tres semanas, aerando las aguas negras y recirculando el lodo sedimentado. El tiempo puede reducirse "inoculando" o "sembrando" la nueva instalación con lodos de otra planta o "humus" de una planta de filtros rociadores.

El proceso se usa ahora en infinidad de poblaciones de todo el mundo, siendo particularmente atractivo donde se requieren altas eficiencias y se dispone de poco terreno o tiene alto valor.

Es de particular importancia asegurar que los sólidos suspendidos de la mezcla de lodos activados y aguas negras (licor mezclado) se mantengan en suspensión por suficiente turbulencia y que se tengan presentes concentraciones adecuadas de oxígeno. Esto se hace normalmente por difusión de aire u oxígeno o adoptando alguno de los diversos sistemas de aeración mecánica, hidráulica o combinaciones.

Con el proceso de lodos activados se oxida y remueve material soluble o finamente dividido no retenido en el tratamiento previo.

Se hace hincapié en que para controlar el proceso debe entenderse que el lodo activado es un cultivo de microorganismos aerobios cuyo alimento se obtiene del agua negra, siendo indispensable un balance entre el alimento disponible y la población de microorganismos en un medio con oxígeno suficiente.

3.- FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO.

a) Calidad del influente
b) Calidad del efluente
c) Cantidad de lodos activados
d) Concentración de oxígeno
e) Equirepartición del gasto ó carga orgánica en las unidades de tratamiento
f) Transferencia del material orgánico al cultivo biológico y separación de sólidos del agua tratada.
g) Control efectivo y disposición adecuada de residuos que reentran al proceso, como el licor sobrenadante de digestores
h) Mantenimiento de un medio apropiado para el desarrollo del cultivo biológico

Los dos primeros incisos deben ser considerados por el diseñador, siendo el operador el responsable de obtener, con una operación apropiada, la calidad deseada del efluente a partir de las características esperadas del influente.

Si hubiera cambios en la calidad del efluente, se debe recurrir a la aplicación de los reglamentos respectivos, para evitar la descarga de desechos que modifiquen las condiciones consideradas en el diseño y que afectan la calidad del agua tratada.

El aumento en cantidad debe ser prevista aumentando el número de unidades o efectuando modificaciones en el diseño para absorber el incremento de gasto.

La cantidad de lodos activados presentes en el proceso será función de la cantidad de alimento disponible (Gasto X DBO) debiendo el operador remover rutinariamente el lodo en exceso.

Es indispensable el control de la concentración adecuada de oxígeno en los tanques de aeración para obtener la maxima eficiencia de los microorganismos, con el mínimo de consumo de energía.

La equirepartición de flujo en unidades en paralelo es conveniente para el mejor control de la relación alimento a microorganismos.

La concentración de sólidos suspendidos (microorganismos) en el aerador y sedimentador, es uno de los factores más importantes en el control del proceso.

La primera mide indirectamente la cantidad de microorganismos en el aerador (volumen aerador x Concentración S.S. en el licor mezclado) y la segunda, permite saber si existe acumulación nociva de lodos activados en el sedimentador. Debe puntualizarse la necesidad de extraer inmediatamente los lodos sedimentados para evitar su deterioro.

Algunos residuos del tratamiento reentran al proceso, como el exceso de lodos activados, cuya disposición mas conveniente es en el sedimentador primario. No se recomienda bombearlas directamente a los digestores anaerobicos porque regresarán al tanque de aeración como sobrenadante, adicionando carga orgánica.

El mantenimiento de los microorganismos requiere una concentración apropiada de oxígeno, evitando ácidos, bases y substancias tóxicas en cantidades que dañan el cultivo.

El uso de cloro, en el pretratamiento, para el control de olores, debe hacerse cuidadosamente para evitar la muerte de algunos organismos componentes del lodo activado.

Una operación exitosa de una planta de lodos activados, requiere que el operador esté alerta en la consideración de los factores enumerados, sin embargo los puntos de mayor importancia se pueden reducir a mantener una concentración apropiada de sólidos en el aerador para la carga orgánica del influente ajustando el lodo recirculado y retirando oportunamente el exceso, y regulando el suministro de oxígeno para mantener el nivel apropiado.

4.- MEDICIONES Y DETERMINACIONES

A.- Sólidos Suspendidos Totales y volátiles
- a) Efluente del primario
- b) Licor mezclado (SS: 1000-4500 mg/lt)
- c) Lodos de retorno (SS: 2000-10000 mg/lt)
- d) Efluente del secundario

B.- D.G.O., D.Q.O. o C.O.T.
- a) Agua cruda
- b) Efluente del primario
- c) Agua tratada

Se recomienda la D.Q.O. por sencilla y de obtención más inmediata.

C.- Oxígeno disuelto.
- a) Aerador (2 a 4 mg/lt)
- b) Aguas tratadas (2 a 6 mg/lt)

D.- Sólidos Sedimentables
- a) Agua cruda
- b) Licor mezclado
- c) Sobrenadante de digestores
- d) Agua tratada

E.- pH
- a) Agua cruda
- b) Aerador
- c) Agua tratada (7 - 8.5)

F.- Claridad o Turbiedad
Medido con el disco de SECCHI
a) Agua tratada (1.8 a 2.4 m)

G.- Demanda de Cloro
a) Agua tratada

El cloro residual debe estar entre 0.5 a 2 mg/lt para períodos de contacto que varíen entre 10 a 20 minutos.

H.- Culiformes.
a) N.M.P. en el agua tratada.

I.- Temperatura
Importante sólo en lugares con climas extremosos o muy fríos.

J.- Mediciones y cálculos.
a) Gasto de aguas crudas
b) Kg. de sólidos en el aerador.
c) Kg. de lodos activados en exceso
d) Kg. de sólidos en el efluente.
e) Kg. de D.B.O. o D.Q.O. al aerador
f) Porcentaje de recirculación
g) Porcentaje de lodos en exceso
h) Cantidad de aire suministrado a los aeradores (Difusión de aire). En aeración mecánica, se registrarán las horas operadas a varias velocidades.
i) Edad del lodo
(Edad de Gould)
j) Kg. de sólidos en el lodo enviado al digestor
k) Kg. de sólidos en el sobrenadante del digestor.
l) Costo de la energía consumida.

5.- PARTES CONSTITUTIVAS DEL PROCESO QUE DEBEN SUJETARSE A REVISION AL ARRANCAR UNA PLANTA.

A.- Funcionamiento hidráulico
a) Válvulas
b) Compuertas
c) Placas vertedoras

B.- Suministro de aire
B 1.- Difusión de aire:
a) Sopladores
b) Filtro de aire
c) Medidores de aire
d) Tuberías y bajadas
e) Difusores

B 2.- Aeración mecánica.
a) Motor
b) Reductor
c) Impulsor

C.- Bombeo
a) Bombas de recirculación
b) Bombas de exceso de lodos

D.- Sedimentación
a) Sistema de extracción de lodos
b) Sistema de concentración y recolección de lodos

E.- Accesorios
a) Sistema de control de espuma

6.- ARRANQUE DE UNA PLANTA CON PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

a) Primer día:

En plantas de aeración mecánica, arrancar los sopladores antes de admitir el agua de los primarios en el aerador; esto evitará que puedan obturarse los difusores.

Llenar los tanques de aeración.

En estas condiciones puede optarse por suspender el gasto y dejar la aeración por 24 horas o bien pasar el agua a los secundarios. En este caso, cuando se han llenado al 75%, arrancar los mecanismos recolectores de lodos y las bombas de recirculación, de manera que su gasto sea del 20 al 40% del gasto de entrada.

Cuando se llenan los sedimentadores y empiecen a derramar los vertedores, poner en operación los cloradores.

Después de dos o tres horas revisar el oxígeno en los aeradores y ajustar el suministro de aire si la concentración es menor de 2 mg/lt.

En las plantas de aeración mecánica arrancar los equipos cuando el agua pueda ser bombeada o agitada. Llenar los aeradores; suspender el gasto y permitir un período de aeración mínimo de 6 a 24 horas antes de pasar el agua a los sedimentadores.

Verificar cada dos horas que la concentración de oxígeno en el licor mezclado en el efluente del aerador esté entre 2 y 4 mg/lt. Modificar el suministro del aire, de acuerdo con el gasto para mantener ese nivel.

b) Segundo día:

Efectuar pruebas de sedimentabilidad del licor mezclado, utilizando una probeta de 1000 ml y 60 minutos. El sedimento será del orden de 10 a 20 ml y el líquido contendrá partículas suspendidas.

c) Tercer a Quinto día:

Mantenimiento de los niveles adecuados de oxígeno y recirculación. Efectuar pruebas de sedimentabilidad para verificar el aumento de lodo activado.

Pueden hacerse observaciones al microscopio del lodo activado para verificar su condición.

d) Sexto día:

En general para este día el agua tratada será bastante clara. El contenido de sólidos suspendidos en el aerador estará cercano al óptimo de diseño en plantas convencionales, siendo necesario verificarlo para ver si ya es necesario eliminar exceso.

La muestra para determinación de sólidos suspendidos en el licor mezclado (SSLM) debe tomarse a la hora de gasto máximo en el efluente del aerador, preferentemente de 45 a 60 cm. abajo del nivel del agua. Se realizarán pruebas de sedimentabilidad, tanto en el licor mezclado como en los lodos de retorno.

Con los datos anteriores pueden calcularse los perímetros óptimos de control como se indica en el siguiente inciso.

7.- PARAMETROS DE CONTROL RUTINARIO

Normalmente se utilizan dos parámetros.

a) Indice volumétrico de lodos (IVL) ó Indice de NOHLMAN que se define como el volúmen de lodos en ml. que contiene 1 gramo de sólidos secos. El volumen se mide por sedimentabilidad a los 30 minutos en probeta de 1000 ml.

Su valor óptimo debe ser normalmente menor de 100 (40 a 50) variará con las horas del día y puede llegar a ser hasta de 150.

Volumenes mayores de 200 indican problemas de "abundamiento" (bulking), dando como resultado una pobre clorificación a el sedimentador.

b) Indice de Densidad de lodos (IDL) ó Indice de DONALDSON.

Es el porcentaje de lodos en el lodo sedimentado.

La relación entre los dos índices es la siguiente:

$$\text{Indice de MOHLMAN} = \frac{100}{\text{INDICE DE DONALDSON}}$$

El Indice de DONALDSON variará de 2 para un buen lodo a 0.3 o menos para uno malo.

c) Edad del Lodo ó Edad de Gould

Se recomienda este perimetro tanto por sencillo, como por involucrar dos de los factores importantes en el proceso: alimento que entra y microorganismos disponibles.

Se calcula como sigue:

$$\text{EDAD DEL LODO} = \frac{\text{S.S en el aerador (Kg)}}{\text{S.S en el efluente del primario (Kg/día)}}$$

Su valor será del orden de 3 a 5 para plantas convencionales y de 0.2 a 0.4 para plantas de alta velocidad.

EJEMPLO:

Determinar los parámetros de control de una planta, verificar el porcentaje de recirculación y determinar el gasto de lodos en exceso.

DATOS:

Gasto medio: 50 lt/seg.
Gasto de Recirculación: 15 lt/seg.
Volumen del Aerador: 900 m^3
SSLM: 2300 mg/lt
SS efluente del primario: 180 mg/lt
Volumen del lodo sedimentado
en 30 min.: 210 ml.
en 60 min.: 230 ml.
S.S en los lodos de retorno: 6100 mg/lt

Indice de MOHLMAN (IVL)

$$IVL = \frac{\text{VOLUMEN SEDIMENTADO EN \%}}{\text{S.S en \%}}$$

Volumen sedimentado en %

$$\frac{210 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} \times 100 = 21$$

S.S en %

$$\frac{2300 \text{ mg}}{1000\ 000 \text{ mg}} \times 100 = 0.23$$

(1 lt = 1000 ml = 1000 gr = 1,000,000 mg)

Por tanto: $IVL = \frac{21}{0.23} = 91.3$,

que se considera satisfactorio.

INDICE DE DONALDSON:

$$IDL = \frac{100}{IVL} = \frac{100}{91.3} = 1.09$$,

satisfactorio.

EDAD DEL LODO:

$$\text{EDAD DEL LODO} = \frac{\text{Volumen aerador} \times \text{SSLM}}{\text{Gasto} \times \text{SS efluente pri}}$$

$$\text{EDAD DEL LODO} = \frac{900 \text{ m}^3 \times 230}{}$$

que se sobrepase la Edad del lodo óptima (4 o 5 días).

REVISION DE LA RECIRCULACION:

GASTO DEL PRIMARIO AL AERADOR:	50 lt/seg.
GASTO DE RECIRCULACION:	15 lt/seg.
GASTO TOTAL AL AERADOR:	65 lt/seg.

Porcentaje de lodos que se sedimentan en 60 minutos:

$$\frac{230}{1000} \times 100 = 23\ \%$$

Tasa de Lodos de retorno:=

GASTO TOTAL AL AERADOR x SOLIDOS SEDIMENTABLES, %

= 65 x .23 = 14.9 lt/seg.

Por tanto, el gasto es adecuado.

Para el ejemplo, se preguntaría cual debe ser la concentración de SSLM si se considera una Edad de 4 días.

SS en el aerador (kg) = Edad x S.S en el Efluente (Kg/día).

$$= 4 \times \frac{50 \times 86400}{1{,}000{,}000} \times 130$$

$$= 3110 \text{ kg.}$$

$$SSLM = \frac{3110 \text{ Kg} \times 1000.000 \frac{mg}{Kg}}{900 \text{ m}^3 \times 1000 \frac{lt}{m^3}} = 3456 \frac{mg}{lt.}$$

En este caso la recirculación deberá aumentarse de acuerdo con el volumen de sedimentables.

Finalmente si la Edad fuera de 5.4 días, cual sería el gasto del exceso de lodos.

GASTO DE EXCESO EN lt/día =

$$\frac{\text{Sólidos a ser retirados Kg/día}}{\text{S.S lodos de retorno } \frac{mg}{lt}} \times 10^6$$

S.S en el Aerador (Kg) =

$$5.4 \times \frac{50 \times 86400}{1,000,000} \times 180 = 4199 \text{ Kg.}$$

Debe haber $4199 \times \frac{4}{5.4} = 3110$

Luego el exceso es:

4199 - 3110 = 1089 Kg.

Por tanto el gasto será:

$$\frac{1089 \times 1,000,000 \text{ mg/día}}{6100 \text{ mg/lt}} = 178524 \text{ lt/día.}$$

= 2.1 lt/seg.

PARAMETROS PARA MEDICION DE LA CARGA EN EL AERADOR.

Más racionalmente que los parámetros anteriores se pueden utilizar otros dos parámetros que requieren más determinaciones de laboratorio.

A.- La relación alimento a organismos medida como:

$$\frac{\text{Kg/día de D.B.O. o D.Q.O.}}{\text{Kg de SS volátiles en LM (SSVLM)}}$$

Los valores usuales convenientes son:

a) Plantas de alta velocidad.

Con D.B.O. : Más de 0.5

Con D.Q.O. : 1.0

b) Convencionales:

Con D.B.O. : 0.25 a 0.5

Con D.Q.O. : 0.5 a 1.0

c) Aeración Extendida.

Con D.B.O. : 0.05 a 0.10

Con D.Q.O. : Menos de 0.2

B.- Tiempo medio de residencia celular (TMRC). o tiempo de retención de sólidos (TRS)

$$\text{TMRC (días)} = \frac{\text{Kg. de S.S. en aerador y secundario}}{\text{Kg. de S.S. (exceso + efluente)}}$$

El TMRC deseado para plantas convencionales debe estar entre 5 a 15 días.

PROBLEMAS COMUNES DE OPERACION.

a) Abundamiento (Bulking).

Se aplica a un licor mezclado con baja tendencia a sedimentar y poco compacto.

El control se dirigirá al aumento de la Edad del lodo o decrecimiento de la rotación alimento/microorganismos.

Pueden utilizarse otras medias, como aumento de aeración, reducción del gasto de retorno y aumento del exceso, adición de coagulantes químicos en el secundario.

b) Lodos séptico.

Por extracción insuficiente del secundario.- Se corrige fácilmente aumentándo la recirculación.

c) Substancias tóxicas.

Causa la inhibición o muerte de los microorganismos. Su control está fuera del campo de acción del operador, quien se limitará a pedir la aplicación de reglamentos que impiden la descarga de residuos tóxicos.

d) Lodo ascendente.

No debe confundirse con el abundamiento. El lodo que asciende en el secundario se debe a desnitrificación o septicidad, producida por tiempos de retención prolongados. Su control puede lograrse con la colocación de mamparas antes de las canaletas recolectoras, retirando las natas manualmente.

e) Oclusión de difusores.

Esto ocurre generalmente en difusores de burbuja fina. Deben limpiarse periódicamente de otra forma causaran sobrecarga en los sopladores que puede conducir a rotura de impulsores y engranes.

f) Falta de limpieza en los filtros de aire.

Conduce a oclusión interior de los difusores.

g) Espuma.

Cuando la concentración de S.S.L.M. en baja, se presentan cantidades muy grandes de espuma en los aeradores, aumentando con el descenso de temperatura. Esto se debe al detergente aniónico que se usa en México.

La presencia de espuma será inevitable en el arranque de una planta y tenderá a disminuir a medida que aumente la concentración de S.S.L.M., por lo que es indispensable que las plantas dispongan de facilidades para su control por medio de aspersores.

El uso de productos antespumantes puede ser costoso y algunos productos son de valor dudoso.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

OPERACION DE PLANTAS DE FILTROS ROCIADORES.

M. en I. ARNULFO PAZ SANCHEZ.

OPERACION DE PLANTAS DE FILTROS ROCIADORES.

1.- GENERALIDADES.-

Los filtros rociadores fueron introducidos en escala municipal en 1893 en Lancashire, Inglaterra - por Joseph Corbett.

Sus partes principales son:

a) El medio y estructura de soporte.

b) El sistema de drenaje

c) El sistema de distribución.

Los medios usuales han sido de piedra. Actualmente se están utilizando placas de plástico o piezas especiales de plástico moldeado.

Los sistemas de drenaje no han variado y siguen siendo de concreto y barro comprimido o vitrificado.

La distribución se hace actualmente por medio de brazos rotatorios, no utilizandose los sistemas de rociado fijos.

2.- PRINCIPIOS DE OPERACION.-

El paso de las aguas negras sedimentadas a través del filtro causa el desarrollo de un cultivo biológico gelatinoso que se adhiere al medio. Este crecimiento absorbe y retiene gran parte del material coloidal y disuelto presente en el agua, utilizandolo como alimento para producción de nuevas células y oxidándolo a CO_2 y agua.

La materia orgánica parcialmente degradada junto con el recubrimiento muerto o en exceso, es periodicamente arrastrada y pasa a través del filtro.

Para la oxidación, la cubierta biológica requiere un suministro contínuo de oxígeno, que se absorbe - del aire que circula a través del filtro, por lo que debe -- proporcionarse una ventilación adecuada y evitar que se obstruyan los huecos en el medio filtrante.

Los filtros rociadores generalmente van seguidos de un sedimentador secundario o tanque de "humus", sin embargo, dependiendo de la eficiencia deseada, podría eliminarse.

Para aumentar la eficiencia del tratamiento, se recurre a incrementos de la altura del filtro o facilidades para recirculación. Esta puede ser contínua o intermitente y a gasto constante o variable; sin embargo estas consideraciones deben ser parte del diseño y deben verificarse en la planta, haciendose las modificaciones necesarias para obtener las eficiencias deseadas.

3.- REVISION Y ARRANQUE DE UN FILTRO ROCIADOR.-

a) La revisión de una planta de filtros incluye:

a) Funcionamiento hidráulico.
b) Revisión del brazo rotatorio, incluyendo el sello de mercurio y las boquillas de rociado
c) Bombas de recirculación.
d) Tanque de humus
Sistema de recolección y
Concentración
Vertedores.
e) Válvulas y accesorios.

b) Una vez revisada la planta, la puesta en marcha es muy simple. Pasar el agua sedimentada al filtro, observando que los brazos rotatorios tengan una operación suave. Checar velocidad de rotación y distribución uniforme del agua sobre el filtro.

Deberá hacerse una gráfica de velocidades de rotación contra gastos, que servirá para referencia futura.

Se necesitarán varios días para que empiece a desarrollarse el cultivo biológico, dependiendo de la época del año, condiciones del tiempo y concentración de las aguas negras. Durante este período de desarrollo del crecimiento, se producirá un efluente inestable, con alta D.B.O. que requerirá una cloración a dósis altas.

Los filtros rodantes generalmente van
acompañados de un sedimentador que actúa a manera de "clarificador",
sin embargo, dependiendo de la eficiencia deseada, podría
eliminarse.

Para aumentar la eficiencia del proceso
además de recurrir a recirculaciones de la mezcla del filtro o
de lodos, para recirculación, hay quienes también continúa a
investigarlos y a veces resultados a realizar sin embargo ya
tradicionalmente, deben dar para del diseño y deben ver
dados en el plano, también deben las modificaciones necesa-
rias que se obtienen en diferentes diagramas.

3.- REVISIÓN Y DISEÑO DE LA ESTACIÓN DEPURADORA.

Se ha de tener en cuenta los diversos de filtros
rodantes.

a) Rendimiento sobre alcantarillado.
b) Revisión del brazo rociador o, incluyendo el
[illegible] de recirculación y las bombillas de rociado
c) Rendimiento de recirculación.
d) Requisitos de flujo.
e) Sistemas de regulación y
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]

[illegible] la [illegible], la [illegible]
[illegible] el [illegible] de filtros
[illegible] una [illegible] indicativa [illegible]
[illegible] también [illegible] de [illegible] y distribución [illegible]
[illegible] de [illegible]

Fórmula [illegible] de [illegible]
[illegible] de [illegible] para [illegible]
[illegible]

En [illegible] que [illegible]
[illegible] de [illegible]
[illegible] y [illegible]
[illegible] de [illegible]
[illegible] de [illegible]
[illegible] de [illegible]

4.- OPERACION RUTINARIA.-

Una vez que el crecimiento se ha establecido y la planta trabaja normalmente, se requiere muy poco -- control de operación; sin embargo, se necesita checar diariamente.

a) Cualquier indicación de enlagunamiento.
b) Presencia de la mosca de los filtros.
c) Olores desagradables
d) Obstrucción de las boquillas de rociado.
e) Vibraciones ó disturbios en el movimiento de - los brazos rotatorios
f) Fugas en el sello de mercurio.

La recirculación durante períodos de gastos bajos puede ayudar a mantener el cultivo mojado, disminuyendo el peligro de moscas y remoción excesiva de crecimien-- tos.

5.- ANALISIS.-

A.- Oxígeno disuelto en el efluente del filtro. - Debe determinarse diariamente. Su valor estará entre 1 y 2 mg/lt.
B.- pH, en el efluente del filtro, entre 7 y 8.5
C.- Temperatura del influente.
D.- D.B.O. (Determinación semanal)
E.- Sólidos Suspendidos (Determinación Semanal)
F.- Cloro Residual
Entre 0.5 y 2 mg/lt para tiempo de contacto - de 10 a 20 minutos.
G.- Coliformes - (Determinación Semanal) Efluente 50 a 700/1000 ml.
H.- Claridad:
Efluente Final: 30 a 90 cm

6.- PROBLEMAS DE OPERACION.-

A.- Enlagunamiento.

Es normalmente el resultado de excesiva carga orgánica sin un gasto elevado de recirculación. Otras causas pueden ser el uso de medios filtrantes pequeños o no uniformes, cementado o rotura del medio, acumulación de fibras o basura en los huecos, o crecimientos excesivos de larvas de insectos ó caracoles.

Algunos enlagunamientos menores pueden ser eliminados por los siguientes métodos:

a) Utilizando chorros a presión sobre la superficie del filtro.

b) Remover la superficie del filtro con un rastrillo o barreta. Remover cualquier acumulación de hojas y otros desperdicios.

c) Dosificar cloro a razón de 5 mg/lt. al influente del filtro.

d) Inundar el filtro por 24 horas.

e) Parar la operación del filtro por varias horas.

B.- Olores.

Como la operación de filtros rociadores es un proceso aeróbico, no existirán problemas de olores. La presencia de olores desagradables indica que se han desarrollado condiciones anacróbicas, que puedan deberse a obstrucciones en las ventilas que pueden removerse con aire comprimido. Puede también incrementarse el gasto de recirculación.

C.- Moscas.

El desarrollo de la mosca de los filtros (psychoda) es una de las molestias más comunes en la operación de los filtros. Su presencia es afortunadamente rara en los filtros de alta velocidad.

Su control puede lograrse con los procedimientos siguientes:

a) Aumento de la recirculación.
b) Aplicar insecticidas aprobados con precaución a plantas y otras estructuras.
c) Inundar el filtro por 24 horas a intervalos frecuentes para cortar el ciclo de crecimiento de la mosca que es del orden de 7 días.
d) Aplicar una baja dósis de cloro semanalmente
e) Las plantas y pasto alto proporcionan un habitat para las moscas, por lo que deben cortarse frecuentemente.

D.- Problemas con las condiciones ambientales.

Solo aplicable a lugares dónde puede presentarse congelación o temperaturas bajas sostenidas.

7.- MANTENIMIENTO.-

El mantenimiento rutinario de los filtros se centrará en los baleros y sello de mercurio del brazo rotatorio. Se debe recordar que el MERCURIO ES VENENOSO y puede ocasionar caída del pelo, dientes y aún la muerte.

La limpieza frecuente de las boquillas de aspersión permitirá que el agua se distribuya uniformemente en la superficie del filtro, evitando algunos de los problemas de operación y permitiendo obtener las eficiencias esperadas.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

C E N T R O D E E D U C A C I O N C O N T I N U A

DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES

FACULTAD DE INGENIERIA

U.N.A.M.

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS

NOVIEMBRE 1978

" D E S I N F E C C I O N "

ING. ROBERTO COSIO TENORIO

ING. EUGENIO ALONSO RUIZ

WALLACE & TIERNAN DE MEXICO, S.A. DE C.V.

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

T E M A R I O

DESINFECCION

I) DEFINICION Y OBJETIVOS.

II) DIVERSOS METODOS PARA DESINFECTAR EL AGUA

III) DESINFECCION USANDO CLORO:

A) Historia
B) Usos del cloro (aplicación porcentual)
C) Teoría

IV) DEFINICION DE TERMINOS FUNDAMENTALES DE LA CLORACION:

A) Cloración
B) Cloro residual
C) Cloro residual libre
D) Cloro residual combinado
E) Cloro residual total
F) Demanda de cloro
G) Proceso de cloración del punto de ruptura
H) Proceso de cloración cloro-amoníaco
I) Supercloración
J) Precloración
K) Post-cloración
L) Decloración
M) Porcentaje de cloro disponible

V) SELECCION DE EQUIPO Y ACCESORIOS PARA CLORACION.

VI) DESCRIPCION Y TEORIA DE OPERACION DE CLORADORES E HIPOCLORADORES.

VII) INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE CLORADORES.

VIII) MANEJO Y SEGURIDAD DEL CLORO.

"D E S I N F E C C I O N"

I DEFINICION Y OBJETIVOS.

El término desinfección se define como el proceso ó método de destrucción de micro organismos mediante el uso de agentes químicos táles como cloro, bromo, iodo, ozono, feno-- les, formaldehidos, etc.

La desinfección no debe ser confundido con esterilización, que es propiamente definido como el proceso de destrucción ó remoción de toda bacteria ó microorganismo viviente y sus esporas llevando a cabo físicamente mediante la aplicación de calor, sonido ú ondas luminosas, ó mediante filtración ó mediante acción química usando anticépticos como el cloro, alcóhol, mercurio etc.

Por lo antes mencionado, la desinfección es considerada como una subdivisión de la esterilización y a su vez la cloración es la más importante subdivisión de la desinfección.

Los objetivos de la desinfección son las de evitar la difusión de las enfermedades hídricas básicamente mediante el tratamiento de las grandes redes de distribución de agua.

Cualquier medio o método de desinfección lleva a cabo estos objetivos siempre y -- cuando logre efectuar una adecuada destrucción de los organismos patógenos del agua contaminada, entendiéndose por bacteria destruida a aquella que ya nunca más será capaz de efec--- tuar el proceso de reproducción.

II DIVERSOS METODOS PARA DESINFECTAR EL AGUA.

Existen varios medios y métodos para desinfectar el agua, siendo el principal el basado en el uso del cloro. Dicho método será descrito en el siguiente inciso de éste curso y por lo pronto nos concentraremos en los otros productos usados para desinfectar el agua.

Hipocloritos.- Fueron de las primeras substancias empleadas en la desinfección del agua, siendo su acción semejante a la del cloro. En la actualidad se usan cuando la cantidad requerida es relativamente pequeña, ya que son más costosos que el cloro.

Su contenido en cloro útil varía, los hay de 13 a 35%; pero se han fabricado productos que contienen hasta 70% como cloro activo. Pueden agregarse al agua por medio de dosificadores de soluciones.

Cloraminas.- En cuanto a la acción bactericida de las cloraminas se supone que reaccionan en parte con el agua dando origen a una cierta cantidad de ácido hipocloroso, que a su vez libera oxígeno, actuando como en el caso del cloro. Las cloraminas se forman al agregar cloro a un agua en la que se ha disuelto previamente amoníaco.

Ozono.- Debido a que se descompone con facilidad, libera oxígeno atómico, es un poderoso agente oxidante. Por ello es posible utilizarlo en la eliminación de microorganismos y materia orgánica del agua, lo que, además de desinfectarla, elimina los olores y sabores (a veces también los colores).

La forma de aplicarlo es mezclando aire ozonizado con el agua. Este método de desinfección del agua ha sido desechado por costoso y poco práctico, comparado con el cloro y sus derivados.

Permanganato de Potasio.- Es un agente oxidante y como tal efectivo en la purificación del agua; sobre todo en la eliminación de los olores y sabores, para lo que se necesitan cantidades de 0.05 a 0.2 ppm. Se puede aplicar fácilmente preparando una solución concentrada, que puede agregarse al agua por medio de dosificadores. Se usa muy poco y también es muy costoso.

Sulfato de cobre.- Es posible usar sulfato de cobre para destruir algas en tanques de almacenamiento. Rara vez se usa en el tratamiento de agua industrial debido a que las algas varian mucho en cuanto a su suceptibilidad por el cobre, por lo que no es un bactericida efectivo y no puede usarse en aguas alcalinas por la precipitación de hidróxido de cobre insoluble y carbonatos básicos. También hay el riesgo de corrosión en equipo de acero.

Procesos oligodinamicos.- Aprovechan el poder germicida elevado de algunos iones metálicos en el agua aún cuando se encuentren en concentraciones muy bajas, esta propiedad fué descubierta por Von Negali en 1893.

La plata, que es el metal que ha dado mejores resultados, se utiliza incorporada al medio filtrante por el que pasa el agua; disolviéndose una pequeñisima cantidad de ésta (0.06 mg/l) suficiente para producir la desinfección requerida.

Otra forma en que pueden incorporarse iones de plata al agua, es por medio de una corriente eléctrica directa entre dos electrodos de plata. Para que el tratamiento con iones de plata (u otros iones metálicos) sea efectivo, es necesario tener un agua cuya pureza química sea considerable, ya que existen comunmente en ellas gran número de substancias que interfieren en el proceso.

La acción oligodinámica de la plata es notable sobre bacterias del género Escherichis coli, menor sobre bacterias Gram positivas (Sarcinas) e inefectiva sobre formas esporuladas; Las esporas no son destruidas por los iones de plata. Este proceso se usa muy poco y es muy costoso.

Dioxido de cloro.- La cloración del agua es ampliamente practicada en la industria empacadora de alimentos, pero no ha tenido éxito completo en el control de las bacterias desarrolladas en el agua de recuperación. La presencia de altos niveles de materia orgánica, frecuentemente impiden la eficacia de una nueva cloración (recloración) no obstante, que el cloro reacciona rápidamente con la materia orgánica.

El dióxido de cloro, no reacciona de inmediato con la materia orgánica, y aparece como un potencial para esa demanda, por lo que se hace más útil en estos casos. Su uso ha tenido éxito especialmente en el tratamiento del agua de suministro a las fábricas de conservas alimenticias, pues elimina los olores provenientes de los clorofenoles causados con la interacción del cloro con materiales fenólicos presentes en el agua.

Por otra parte, el dióxido de cloro es selectivo con respecto al amoníaco; es decir, no reacciona con él.

Clorofenoles.- En presencia de materia oxidable, por ej. en una fábrica de papel, el cloro puede actuar tan rápidamente que la desinfección efectiva es imposible o antieconómica. Tampoco el cloro es un reactivo muy conveniente cuando su presencia en el agua puede interferir en el proceso químico que se está llevando a cabo, como en la manufactura del rayón. También el cloro puede tener dificultad para mantener un residual libre en los sitios donde existen crecimientos orgánicos en lineas largas de tubería que llevan agua con un alto contenido de amoníaco o en donde grandes areas de limo se han desarrollado y estan expuestas a la luz del sol y no estan constantemente mojadas por el agua. Bajo tales condiciones es más indicado el uso de reactivos químicos menos activos que el cloro, por ejem., los clorofenoles o los compuestos orgánicos mercuriales.

El triclorofenol, así como su derivado del sodio se recomienda particularmente para usarse en aguas ácidas a causa de su gran solubilidad bajo estas condiciones. Las dosis que se emplean están en el intervalo de 10 a 100 ppm aplicadas dos o tres veces por semana.

La desventaja de los clorofenoles se debe a su olor, el cual puede persistir en el producto, por ejem., en el papel y en el hecho de que son desagradables para su manejo. Sin embargo, tienen el mérito de que pueden manejarse en forma de briquetas, reduciendose la dificultad de manejo y la aplicación es posible en muchos puntos en el sistema, los cuales no sería posible alcanzarlos fácilmente inyectando cloro en el agua, por ejem., en los extremos cerrados de las tuberías ("Puntos muertos") o en las "esquinas muertas" de los tanques

Hasta la fecha, los clorofenoles se usan rara vez para el control de limo en el tratamiento de agua industrial.

METODOS FISICOS.

A manera de complemento, se mencionarán los métodos físicos factibles para la desinfección del agua:

Calor.- Sumamente efectivo en cuanto a su poder esterilizador, es incosteable su utilización en escala industrial, estando su uso limitado a desinfecciones domésticas del agua.

Luz ultravioleta.- Los rayos de luz invisibles, situados más allá del violeta del espectro solar, rayos "ultravioletas", tienen una fuerte acción germicida sobre toda clase de bacterias y esporas.

La ventaja del uso de la luz ultravioleta estriba en que no hay peligro de sobredosificación, además de que no se producen olores ni sabores. El proceso se hace incosteable ya que interviene la corriente eléctrica, y además, se requiere que el agua pase en capa delgada por lo que el volúmen de agua tratada es relativamente pequeño e impide que se use en gran escala. Otro inconveniente es que, como en el caso del ozono, no hay ninguna acción germicida residual. El tiempo durante el que el agua es expuesta a la acción de la luz ultravioleta es muy corto y hace que para aguas muy contaminadas, o ligeramente turbias, su acción germicida sea nula por completo.

Filtración.- El hecho de que en agua filtrada a través de roscas y formaciones geológicas es más clara que otra agua en la superficie, indujo a filtrarla artificialmente para lograr los resultados de la naturaleza.

En un principio se diseñaron los filtros de arena que representan un procedimiento bastante lento y se emplearon por mucho tiempo. Posteriormente se hicieron ensayos de coagulación y filtración rápida de arena, lográndose obtener en plantas de filtración bien diseñadas, una eficiencia bacteriana del 98% y tal vez mayor.

Dado a que el número total de bacterias a veces llega a millares por centímetro cúbico, el saldo de 2% constituye una cifra de gran importancia, que justifica ampliamente un método suplementario de purificación de agua para abastos filtrados, así como para las aguas que no requieren de filtración dado su procedencia.

Dicho método suplementario corresponde a la cloración, lo cuál se ha demostrado prácticamente en lo que va del siglo.

III DESINFECCION USANDO CLORO.

A) Historia.- La cloración en el agua, es la operación que consiste en adicionar a ésta, cloro de una manera controlada. Aunque esta adición se puede llevar a cabo en varias formas y con diferentes productos, en el desarrollo de este trabajo, se describirá con profundidad el equipo y los métodos para dosificarle cloro, y se mencionarán brevemente otros productos y la forma de adicionarlos.

Desde principios del siglo, la cloración ha sido norma para la desinfección del agua. El investigador francés Morveau y el inglés Cruikshank[1], descubrieron su valor alrededor del año 1800. Desde entonces el cloro ocupa un lugar prominente en la desinfección del agua; primero como hipoclorito de calcio, en vista de los problemas para obtener cloro, y a su dificultad de transporte para uso comercial.

Durante una epidemia de tifoidea en inglaterra, en 1904-05 Sir Alexander Huoston y el Dr. Mc Gowan, usaron por primera vez una solución de hipoclorito de sodio para potabilizar el agua. El problema en este caso fué el usuario, pues no le agradó el sabor que el clor imparte al agua. Desgraciadamente en nuestro país, todavía subsiste este problema en el campo y en algunas poblaciones de provincia; nuestros campesinos aún no se acostumbran al sabor característico del agua clorada.

Por primera vez en 1912, en la ciudad de Niagara Falls, se practicó a escala municipal la desinfección del agua; reemplazándose el hipoclorito de calcio por cloro. Así en 1913, los señores C.W. Wallace y M.F. Tiernan[1], empezaron a fabricar equipo para añadir cloro al agua en forma controlada. Hoy en día, la mayor parte del agua que se provee a las ciudades es clorada.

Ahora bien, la cloración no está limitada a la desinfección del agua para beberse, puesto que tiene otras muchas finalidades y aplicaciones.

B) USOS DEL CLORO.- El cloro es una substancia química extraordinariamente versátil a tal grado que sus usos varían desde su aplicación como combustible de cohetes hasta la de su aplicación en la elaboración de productos alimenticios. Uno de los productos de los que forma parte, es el ácido monocloroacético, usado para elaborar la carboxelmitil celulosa que es antagónicamente base de detergentes, al igual que hace de helados de crema.

Hasta 1950 el uso primordial del cloro fué destinado a la elaboración del oxido de etileno y el glicol, que son bases en los procesos de fabricación de fibras sintéticas y fluidos anticogelantes.

En 1977 la producción total de cloro fué aplicada aproximadamente para éstos fines y en éstos porcentajes:

Industria Química	80%
Industria de la Pulpa y Papel	16%
Sanidad	3%
Otros	1%

Dentro de la industria química, es importante hablar de algunos usos finales a los que se destinan las substancias que involucraron cloro en su proceso de elaboración:

Cloroparafinas	Pinturas y lubricantes aditivos.
Glicerina sintetica	Resinas, explosivos, tabacos.
Cloroformo	Medicina y fluorocarbonos.
Cloruro de vinilo	Plásticos y resinas.
Propilen Glicol	Celofán y resinas poliester.
Monocloro Benceno	Insecticidas (DDT), anilina y fenol.
Percloroetileno	Limpiadores en seco.
	etc, etc.

C) TEORIA.- El mecanismo de la acción desinfectante del cloro, se ha explicado en varias formas. Durante mucho tiempo se creyó que era debida al oxígeno naciente -- producido por la descomposición del ácido hipocloroso, según las reacciones:

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HOCl + H^+ + Cl^-$$

$$HOCl \longrightarrow HCl + O$$

parece ser que solo se debe en proporción mínima a éste. Es más aceptada la suposición - de una acción directa del cloro sobre las proteínas celulares según unos investigadores, y según otros, por la acción del ion hipocloroso sobre alguna substancia fundamental del organismo, combinándose con ella, y produciendo una alteración o floculación del proto-- plasma que provoca la muerte.

La teoría de la destrucción de los organismos resulta de una reacción química - del HOCl con una enzima en la célula. La enzima probablemente atacada es la triosafosfato dehidrogenasa, la cual se encuentra en la mayoría de las células y es esencial para - la asimilación de la glucosa. Esta teoría da una explicación de la sensibilidad extrema- de los organismos al cloro; aunque las enzimas están presentes en las células en cantidades muy pequeñas, estas son esenciales como catalizadores para la actividad metabólica.

Aparentemente el ácido hipocloroso puede tener acceso a la enzima penetrando a través de las paredes de la célula con mayor rápidez que la mayoría de los desinfectan-- tes. Otros desinfectantes pueden destruir las enzimas cuando están fuera de la célula,- pero la acción del cloro es superior sobre las paredes intactas.

El ácido hipocloroso se ioniza para producir el ion hipoclorito como sigue:

$$HOCl \longrightarrow H^+ + OCl^-$$

La molécula de cloro en solución, el ácido hipocloroso no ionizado y los iones- hipoclorito existen juntos en el equilibrio, sus proporciones relativas están determinadas por el valor del pH y de la temperatura; estas proporciones son las mismas para cualquiera de estas condiciones, no importando que el cloro tome parte como tal o en forma - de hipoclorito.

La forma como varía la proporción de ácido hipocloroso no ionizado presente en la solución, con el valor del pH se muestra en la figura Ia; para valores de pH entre 4 y 5, el equilibrio es manifiesto en favor del ácido hipocloroso no ionizado, la proporción de cloro disponible presente como cloro molecular disuelto o como ion hipoclorito son insignificantes. La proporción de cloro molecular disuelto llega a ser apreciable solo a valores de pH abajo de 3 y la de los iones hipoclorito arriba de 7. Se puede observar que las soluciones contienen iguales proporciones de cloro molecular disuelto y ácido hipocloroso no ionizado a un valor de pH de 1.7, mientras que en el intervalo normal de operación de pH 6-8, el ácido hipocloroso no ionizado y los iones hipoclorito coexisten en iguales proporciones a un valor de 7.4.

Bajo las condiciones favorables las bacterias crecen y se reproducen con rápidez avasalladora, cuando crecen a su máxima rápidez el tiempo de gestación es alrededor de 20 minutos. El agua, relativamente libre de contaminación no es un medio especialmente favorable para el rápido crecimiento bactereológico, pero cuando es calentada como en una alberca ó afectada con desechos orgánicos, las condiciones del desarrollo del rápido crecimiento bacteriano son impredecibles. Si no es controlable esta proliferación, aunque sea por cortos períodos de tiempo, el desastre puede ocurrir. En consecuencia, si el tifo u otro orgánismo patógeno nace en el agua en un lapso en que se suspendió la cloración podría resultar una epidemia. De haber excesivo número de organismos que producen lama en un proceso de fabricación, podría ocurrir un paro costoso.

La rápidez con que las bacterias mueren por medio de la cloración esta influencia por factores tales como como (1) pH, (2) temperatura, (3) tiempo de contacto; (4) tipo de cloro residual y (5) concentración del residual de cloro.

A valores de pH entre 5.0 y 6.0 la velocidad con que las bacterias mueren es mucho más rápida que en los valores de pH comprendidos de 9.0- 10.0.

La efectividad de la cloración varía directamente con la temperatura. Además, la bacteria no siempre muere de inmediato cuando es tratada con el cloro. Debe darsele tiempo al cloro para que penetre el recubrimiento protector o actue sobre las enzimas de las cuales depende la bacteria para su supervivencia.

El tiempo de contacto requerido por las autoridades sanitarias varia de 15 a 40 minutos o más, dependiendo de las condiciones locales. En cualquier caso, mientras mayor sea el tiempo de contacto, más efectiva será su muerte. El cloro residual libre disponible mata prácticamente todos los tipos de bacterias patógenas dentro de un periodo de 3 a 4 minutos, mientras que la misma concentración de cloro residual combinado disponible podrá requerir de un tiempo tal como 90 minutos o más.

Se sugiere que el mínimo cloro residual libre para la operación de una planta potabilizadora sea:

pH	6 - 8	0.2 ppm
pH	8 - 9	0.4 ppm
pH	9 - 10	0.8 ppm

Estos mínimos son usualmente adecuados para obtener desinfección con un periodo de contacto de diez minutos a las temperaturas ambientes normales.

IV DEFINICION DE TERMINOS FUNDAMENTALES DE LA CLORACION.

Cloración.- La cloración es la operación que consiste en la adición debidamente controlada de pequeñas cantidades (dosis) de cloro al agua con los siguientes propósitos específicos principalmente: desinfección del agua, eliminación de olores y sabores, eliminación de fierro y manganeso, eliminación de color, mantenimiento de filtros y tuberías libres de cualquier cultivo orgánico, ayuda de coagulación, control de bacterias y algas, eliminación de ácido sulfihídrico y tratamiento de agua de desecho.

Cloro residual.- Es la cantidad de cloro remanente (ppm) que queda en el agua después del proceso de cloración. Existen tres tipos de cloro residual: residual libre, residual combinado y residual total.

Cloro residual libre.- Se denomina cloro residual libre a la cantidad de cloro en forma de ácido hipocloroso (HOCI) del anión hipoclorito (OCI^-) que queda después de haber reaccionado con el agua tratada.

Cloro residual combinado.- Se denomina cloro residual combinado a la cantidad de monocloramina (NH_2CI), dicloramina ($NHCI_2$) y de tricloruro de nitrógeno (NCI_3), que queda después de haber reaccionado el cloro con aguas que contengan amoníaco ó materia orgánica nitrogenada, o por la adición de cloro y amoníaco al agua.

Cloro residual total.- Se denomina cloro residual total a la suma del cloro residual libre y cloro residual combinado.

Demanda de cloros: Es la cantidad de cloro que reacciona con el agua que se trata, y que depende de todos los factores que influyen en el proceso de cloración como: temperatura, tiempo de contacto, pH, tipo de organismo, etc.

Proceso de cloración del punto de ruptura.- Se denomina proceso de cloración del punto de ruptura, a la cloración basada en la producción y control de cloro residual libre.

Proceso de cloración cloro amoníaco.- Se denomina proceso de cloración cloro-amoníaco a la cloración basada en la producción y control de cloro residual combinado (cloraminas), que se forma al adicionar cloro al agua que contenga amoníaco ó materia orgánica nitrogenada ó por la adición de cloro y amoníaco a la vez.

Supercloración.- Se dice que se está efectuando una supercloración, cuando la dosis de cloro es tal que se sobrepasa en forma innecesaria el punto de ruptura, la cuál no es conveniente, debido a un consumo de cloro no necesario, aunque en algunos casos conduce a una rápida eliminación de sabores y olores a través de las reacciones de oxidación de los compuestos que los producen, y también, es conveniente en el caso de torres de enfriamiento donde la cloración es intermitente.

Precloración.- Se denomina precloración cuando se efectúa la cloración en una planta de tratamiento de agua antes de que el agua pase por los filtros, lo cual es muy conveniente, porque además de satisfacer las necesidades de desinfección, conduce a las siguientes acciones benéficas.

1.- Favorece la coagulación de aguas coloreadas y oxida el fierro y manganeso.

2.- Previene el crecimiento de algas.

3.- Evita la descomposición de lodo sedimentado.

4.- Controla el crecimiento de organismos en la arena de los filtros.

Post-cloración.- Se denomina post-cloración, cuando se efectúa la cloración en una planta de tratamiento de agua después de que el agua pase por los filtros, lo cual se empleaba mucho antiguamente, ya que la demanda de cloro (a igualdad de condiciones) es menor por la acción de los tratamientos de purificación precedentes.

Sin embargo, actualmente se prefiere la precloración debido a que se obtienen mayores ventajas, tal y como se indicó en el párrafo anterior ó más preferible los dos procesos simultaneamente.

Decloración.- Se denomina decloración a la operación de eliminación de cloro residual. Se ha visto que en muchos casos, aún cuando el punto de ruptura es sobrepasado, el cloro residual es de pequeña magnitud (lo cual puede suceder no obstante emplear altas dosis de cloro). En algunos casos la supercloración conduce a un cloro residual de tal magnitud, que hacen necesaria la operación de eliminación de éste residual. Se pueden usar los siguientes métodos para efectuar una decloración:

1.- Aereación: Generalmente es insuficiente y se requiere de estructuras ó diseños especiales.

2.- Adicionado anhídrido sulfuroso.- Esta substancia se puede adquirir en cilindros de acero como un gas comprimido y se aplica por medio de aparatos del tipo de los cloradores, por cada ppm de cloro residual que se desea eliminar se necesitan 0.9 ppm de anhídrido sulfuroso.

3.- Adicionado sulfito de sodio.- Deberá usarse en forma cristalina, ya que la forma anhídra es de difícil solubilidad. Puede aplicarse usando aparatos de dosificación en seco ó en solución. Se necesitan alrededor de 3.5 ppm de sulfito por cada ppm de cloro residual que se desea eliminar.

4.- Adicionado hiposulfito de sodio.- El agregado de éste producto debe hacerse en dosis equivalente a las del cloro residual que se desea eliminar, algo mayores sí el pH del agua es menor de 7. Cuesta mucho más que el sulfito de sodio.

5.- Carbón activado.- Este polvo puede ser aplicado directamente sobre los filtros que reciben el agua con cloro residual, pero, el procedimiento no es recomendable. Es preferible tener un filtro aparte de carbón activado, donde se reciba, a una razón de filtración de unos 20 metros cúbicos por metro cuadrado de lecho y por hora, produciendose así una remoción completa de cloro residual.

Porcentaje de cloro disponible.- Es la parte activa del cloro y de los compuestos de cloro con poder oxidante, y que resulta de multiplicar la fracción mol de cloro en éste compuesto, por la diferencia de valencias con que actúa a valencia uno menos. - Por ejemplo, en el hipoclorito de sodio, el cloro actúa con valencia uno más, y la diferencia a uno menos, es dos, que multiplicado por la fracción mol del cloro es este compuesto (0.477) nos dá el porcentaje de cloro disponible de 95.4%.

V SELECCION DE EQUIPO Y ACCESORIOS PARA CLORACION.

Los pasos necesarios para llevar a cabo la selección son los siguientes:

A.- Determinación del intervalo de dosificación.

B.- Selección del método de dosificar: cloro en solución, cloro gaseoso directo y soluciones de hipoclorito de sodio ó calcio.

C.- Selección del método de control; manual, programado ó automático.

D.- Selección del tipo de equipo.

E.- Selección de accesorios, tales como:
Sistemas de alarma.
Registradores de consumo de cloro.
Máscaras protectoras.
Aparatos registradores y medidores de cloro residual.
Básculas.
Detectores de fugas de cloro gaseoso.

F.- Determinación de las necesidades de la instalación.

1) Determinación del intervalo de dosificación.- El primer paso, en la selección del equipo para la aplicación de cloro en el tratamiento de agua, es fijar las cantidades máximas y mínimas de dosificación, para lo cual se necesita la siguiente información:

a.- Tipo de agua que se va a tratar: agua potable, agua negra o de desecho, agua de alberca, etc.
b.- Objeto de la cloración: desinfección de agua, eliminación de olor, sabor, y de materia orgánica en cambiadores de calor, reducción de la DBO, etc.
c.- Dosis.-Cantidad de cloro por unidad de volúmen a tratar para efectuar el objeto de la cloración, en un tipo de aplicación particular. Estas cantidades normalmente se expresan en ppm de cloro.

En el caso particular de albercas, las condiciones que afectan las necesidades de cloro son: la continuidad y velocidad de recirculación, eficiencia de la filtración, número y localización de las entradas de agua filtrada a la alberca, cantidad de bañistas, tipo y forma de la alberca, tipo de cloro residual producido, pH y alcalinidad. La dosificación puede basarse sin embargo, en la capacidad de la alberca ó en la velocidad de recirculación, ambos métodos de cálculo se usan ampliamente. La velocidad de recirculación se obtiene, por la capacidad de la bomba, ó multiplicando la capacidad de la alberca por 3, cuando la velocidad de cambio es 3 veces en 24 horas; ó por 4 donde el cambio de agua es 4 veces en 24 horas; ó por cualquier otro número, dependiendo de la cantidad de cambios realizados durante el día.

Dosis de cloro recomendado para el tratamiento de agua de alberca.

Tipo de Alberca	Aplicación de cloro basado en la velocidad de recirculación	
	Promedio mínimo.	Promedio máximo
Cerradas.	2.0 ppm	5.0 ppm
Al aire libre.	3.0	10 ppm

d.- Gasto de agua que será tratado.- El dato del gasto de agua, se sugiere expresarlo en millones de litros al día, porque la capacidad de los cloradores, esta dada en kilogramos por día.

c.- Dosificación necesaria.- Con la información obtenida en los incisos c y d, la capacidad delclorador se calcula con la siguiente formula:

Kg de cloro/día = máximo dosificación (ppm) X máximo gasto de agua (m.l.d.) m.l.d. = millones de litros por día.

B.- Selección del método de dosificación.- Comercialmente hablando existen varios métodos: soluciones de hipoclorito de sodio o de calcio, cloro gaseoso directo, solución de cloro en agua, etc.

a.- Hipoclorito.- El método de aplicar soluciones de hipoclorito significa, prepararlas a concentraciones definidas y las condiciones más favorables para su estabilidad y cuya dosificación puede hacerse con bombas dosificadoras (hipocloradores), bombas de transferencia e inyectores.

b.- Cloro gaseoso directo.- Como su nombre lo indica, el cloro gaseoso se dosifica directamente al agua que se va a tratar, y el equipo que se emplea se denomina clorador tipo gas directo.

c.- Solución de cloro en agua.- Consiste en disolver el cloro gaseoso en lamenor cantidad de agua posible, y la solución resultante se aplica al agua a tratar. El equipoque se emplea, se denomina clorador tipo solución al vacío.

La selección en particular de cualquiera de estos métodos depende en general del intervalo de dosificación que se necesite, la presión a vencer en el punto de aplicación y el aspecto económico.

La tabla adjunta da una comparación entre los direfentes métodos y ayuda a tomar una decisión.

C.- Selección del método de control.- Hay varios métodos de control: manual, programado y automático. La tabla siguiente muestra los diversos métodos de control, recomendados para diferentes condiciones de gasto de agua y demanda de cloro.

D.- Selección del tipo de equipo.- Una vez que se han determinado, los tres primeros pasos en la selección del equipo,puede hacerse la selección del modelo en particular, consultando a las casas fabricantes. Haciendo una tabla comparativa, viendo; la disponibilidad del equipo, servicio, precio y tiempo de entrega, lo cual dará la decisión final de la selección.

E.- Selección de accesorios.- Después que el equipo ha sido escogido, el siguiente paso es la elección de accesorios para completar la instalación del mismo.

Entre los accesorios más comunes, cada uno de los cuales tiende a hacer el trabajo del operador más sencillo, mayor seguridad y hacer de la cloración una operación más acertada en sus objetivos, se encuentran los siguientes:

a) Dispositivos de atención y alarma; varios tipos son utilizados para indicar un posible problema.

b) Evaporadores de cloro: Para permitir grandes capacidades de extracción de cloro líquido de los recipientes y su conversión a gas en instalaciones grandes.

c) Distribuidores de la solución de cloro: Para dosificación de cloro a varios puntos de aplicación.

d) Máscaras anti-gas para la protección del personal en saso de fugas de cloro.

e) Registradores de gasto de cloro, los cuales permiten obtener una historia en forma gráfica de la dosificación de cloro.

f) Analizadores indicadores y registradores de cloro residual, los cuales sirven para controlar, ya sea manual ó automaticamente, los equipos de cloración para mantener los niveles de cloro residual necesario.

g) Detectores de fugas de cloro: los cuales sirven para prevenir las fugas de éste elemento y evitar los daños que pueda ocasionar.

h) Básculas de varios tipos, para el peso de los recipientes de cloro y tener un registro del inventario del cloro.

F.- Determinación de las necesidades de la instalación.- Habiendo seleccionado el equipo, los controles y accesorios convenientes, un paso posterior, es asegurarse que puedan ser instalados y operados en forma eficiente.

Esto implica la determinación de las necesidades de la instalación, de los utensillos, etc. Algunos de los puntos a revisar son:

a) Suministrar cloro ó hipoclorito al sitio conveniente en las cantidades necesarias.

b) El sitio debe ser accesible para inspección, ajuste y mantenimiento.

c) La mayoría del equipo debe estar protegido del medio ambiente.

d) Si se emplean alarmas, circuitos de control etc., el alambrado de las líneas deberá ser apropiado.

e) Si se emplea cualquier tipo de control automático, el medidor primario deberá ser el adecuado, cualquier dispositivo diferencial debe ser localizado a una distancia razonable del equipo y los controles necesarios, equipo auxiliar, línea de aire (en caso de ser necesario), deben ser suministrados.

VI DESCRIPCION Y TEORIA DE OPERACION DE CLORADORES Y BOMBAS DOSIFICADORAS.

A.- Clorador tipo solución.- El clorador tipo solución lleva las siguientes unidades:

Una válvula reductora y reguladora de la presión de cloro, la cual consiste de un vástago y resorte; en donde la presión proveniente del cilindro se reduce hasta menos de la presión afmosférica.

Un rotámetro, colocado entre la válvula reductora de presión de cloro y la válvula de control, permite dar la indicación del gasto de cloro.

La válvula de control, está colocada entre el rotámetro y un par de válvulas reguladoras de presión de cloro y vacío. A través de ella se mantiene una presión diferencial constante, por medio de la válvula reguladora de vacío.

La válvula reguladora de vacío entre la de control y el inyector, consiste de un diafragma, vástago y resorte. Sí a través del inyector, debido a las condiciones hidráulicas, hay variaciones en el vacío, ésta válvula por medio del resorte lo mantiene constante.

Válvula de alivio de presión y vacío instalada entre la entrada y salida a la del rotámetro, consiste de 2 resortes, vástago y diafragma, alivia el exceso de vacío del inyector, o el exceso de presión de cloro proveniente del rotámetro.

El inyector es la parte terminal del equipo, aquí se forma la solución de cloro y se produce el vacío necesario para operar el aparato; sí en suministro de agua deja de pasar a través del inyector, no se producirá el vacío y no se dosifica cloro. La selección adecuada del inyector, está determinada por la presión al punto de aplicación, la capacidad del clorador y el gasto y presión del agua de suministro de que se disponga.

En la operación del clorador, el gas entra a través de la válvula reductora de presión, la cual regula el gas a un vacío fijo de referencia y solo abre bajo las condiciones normales de vacío. Esta válvula también regula el vacío antes de la válvula de control y cierra el gas si hay cualquier interrupción del suministro de agua al inyector. El gas pasa luego por el rotámetro y la válvula de control, aquí la dosificación puede ser cambiada manual ó automáticamente, después fluye a través de una válvula reguladora de vacío, la cual mantiene un diferencial constante a través de la de control. El cloro por último va al inyector, aquí se mezcla con el agua y se manda al punto de aplicación. Este inyector lleva insterconstruido una válvula de retensión tipo bola, la cual evita que el agua entre al clorador.

El clorador tipo solución al vacío, tiene dos formas de recibir señales de control de dosificación de cloro; una es variando la presión diferencial a través de la válvula de control, es decir que sí se cambia la caída de presión en el orificio que deja el vástago y asiento de la válvula, se varía la dosificación, esta operación se efectúa por medio de alimentación de aire atmosférico, controlado por una señal de vacío, a la válvula reguladora de vacío integral en el clorador.

La otra forma de que reciba señal de control el clorador, es variando la posición de la válvula de control, lo cual se efectúa por medio de un operador sobre la válvula, hay diversos tipos de operadores dependiendo de la señal de control que reciban - estas son: neúmaticas, eléctricas y electrónicas.

El clorador recibe señales de control en cualquiera de sus dos formas de recepción o ambas a la vez.

Materiales de construcción.- Los materiales de construcción se seleccionan de-acuerdo al tipo de función que vaya a desempeñar cierta parte del equipo, así como para que fluya por él tanto cloro seco como húmedo. Para solución de cloro ó cloro húmedo a-presión inferior a la atmosférica, se selecciona principalmente PVC, empaques ó anillos de Viton e Hypalon, partes metálicas expuestas a cloro gaseoso seco se utiliza cobre, - acero inoxidable recubierto de plástico, Hastelloy C y Tántalo, en el rotámetro y en -- las bolas de retensión de válvulas se utiliza borosilicato.

B.- Clorador tipo gas directo.- El clorador consiste de las siguientes partes:

Un regulador de presión diferencial y válvula de control, cuya función es re-- ducir la presión de gas antes de que sea medido, mantener la dosificación, sin que afecte los cambios de presión del cilindro de cloro y tener una caída de presión constante-en la válvula de control.

Una unidad de protección contra inundación, la cual previene contra posibles - daños el aparato y consiste de una válvula de cierre operada manualmente, una válvula - que evita sifón y también sirve como de retención, un mecánismo contra inundación el -- cual consiste de un tubo de vidrio lleno con un material que absorbe el cloro en ausencia de humedad, sin embargo, si agua ó húmedad entra a ésta substancia, el cloro absorbido ejerce una presión sobre la húmedad y la expulsa hacia la fuente de donde vino; éste material se regenera durante la operación nromal del clorador.

Un medidor que consiste de un orificio y un manómetro diferencial, cuyas ramas de alta y baja presión están colocadas respectivamente en las tomas del orificio, éste-manómetro indica el gasto que está pasando de cloro.

Operación.- La dosificación de cloro se controla primeramente al fluir a tra-- vés de la válvula de control y su presión es reducida en el regulador, posteriormente - se indica al pasar por el medidor, luego por una válvula manual, un dispositivo contra-inundación, la válvula que evita sifón, la línea de descarga y por último a través el - difusor en el punto de aplicación.

Los cloradores de gas directo, no están diseñados para recibir señales de control, y por lo cual su tipo de operación siempre es manual.

Materiales de construcción.- Para el equipo de dosificación de cloro gaseoso - directo, en el que normalmente se maneja el gas seco, son: cobre, acero inoxidable re-- cubierto de plástico, Hastelloy C, y borosilicato, y en las partes donde hay cloro húmedo tales como la válvula que evita sifón, linea de descarga y difusores en el punto de-aplicación los materiales son: PVC, plata y piedra porosa.

C.- Hipoclorador.- La dosificación de solución de hipoclorito se hace por medio de varios métodos utilizando bombas dosificadoras (hipocloradores), inyectores y bombas de -- transferencia. La dosificación puede ser manual, programada ó automática en cualquiera de- ellos.

En los sistemas de dosificación pequeña de hipoclorito se usan las bombas dosificadoras, ya que para dosificación alta, su costo es elevado comparado con los otros méto-- dos; ésto se debe a que los materiales de construcción de los cabezales de bombeo son muy- costosos, porque deben ser construidos en aleaciones metálicas muy especiales, tales como- el monel; y solo en cabezales pequeños que son construidos en plástico, su costo no es tan elevado.

Bombas dosificadoras.- Los componentes que forman una bomba de volúmen controlado son: unidad matriz, mecanismo recíproco impulsor, operador para el ajuste del desplazamien to de la flecha y cabezal de bombeo.

La unidad motriz, es un motor que puede ser operador: por eléctricidad, hidráulicamente, neumáticamente o por gasolina. Los motores proporcionan la potencia necesaria para impulsar y mover a los demás dispositivos de la bomba, los motores pueden ser de velo-- cidad constante ó de velocidad variable ; esta segunda característica le permite a la bomba hacer cambios en la dosificación con sólo cambiar el número de revoluciones por mínuto- al motor. Además los motores de velocidad variable con operador, pueden recibir señales de control electrónicas ó neumáticas.

El mecánismo recíproco impulsor, reduce las revoluciones por minuto provenientes- del motor y convierte dicho movimiento rotatorio, en un movimiento recíproco que se transmite a la flecha.

El mecanismo que permite hacer el ajuste del desplazamiento de la flecha es un to pe ajustable, colocado adecuadamente, cabe mencionar que respecto a éste dispositivo cada- casa fabricante y dependiendo del modelo de bomba, tiene su mecanismo de ajuste exclusivo.

Este mecanismo es de las partes principales del control del volúmen desplazado.

También este dispositivo es importante cuando la bomba es parte de un circuito - de control automático.

El cabezal de bombeo es la parte que se encuentra en contacto con la solución de hipoclorito, por lo que sus materiales de construcción deberán ser completamente resisten tes a dicha solución.

Los hipocloradores tienen cabezales construidos en plástico por lo que se encuen tran limitados hasta una presión máxima de descarga de 10.5 Kg/cm^2 y gastos máximos hasta de 750 l/h. El diafragma es construido en Hypalon, el cabezal de Kralastic ó PVC, asien-- tos de las válvulas de retensión de viton.

La operación típica de una bomba dosificadora manual, operada por un motor eléc- trico o de gasolina es como sigue:

El motor mueve la flecha de entrada, que a su vez mueve a unos engranes para reducir el número de revoluciones, de ahí el movimiento de rotación pasa a una flecha tipo-tornillo, cuyo movimiento se transmite a un engrane y luego a un excéntrico, cuya función es el de cambiar el movimiento de rotación a un movimiento recíproco que pasa a la flecha que mueve el diafragma de bombeo. El cabezal por medio de sus válvulas de retensión en la succión y descarga, permite sellar la succión cuando se efectúa la descarga y viceversa.

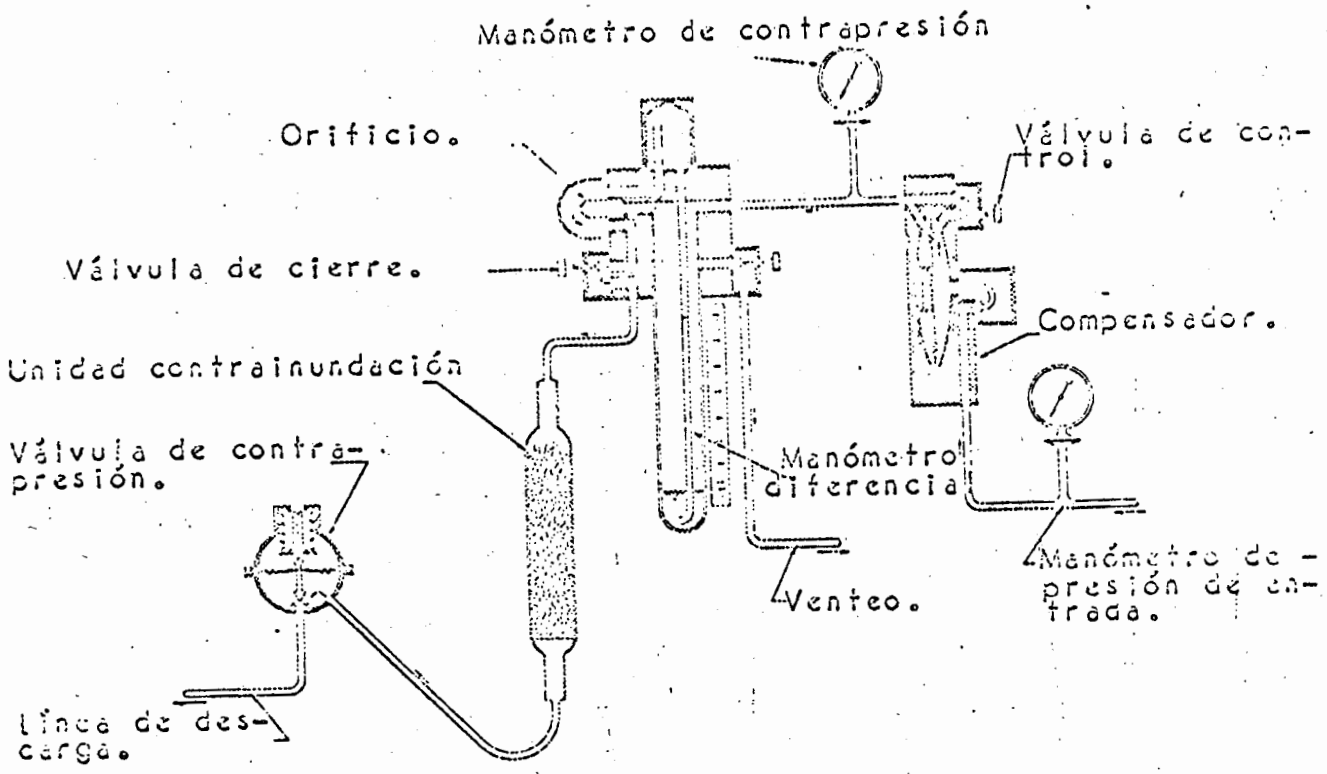


Diagrama de flujo de clorador tipo gas directo.

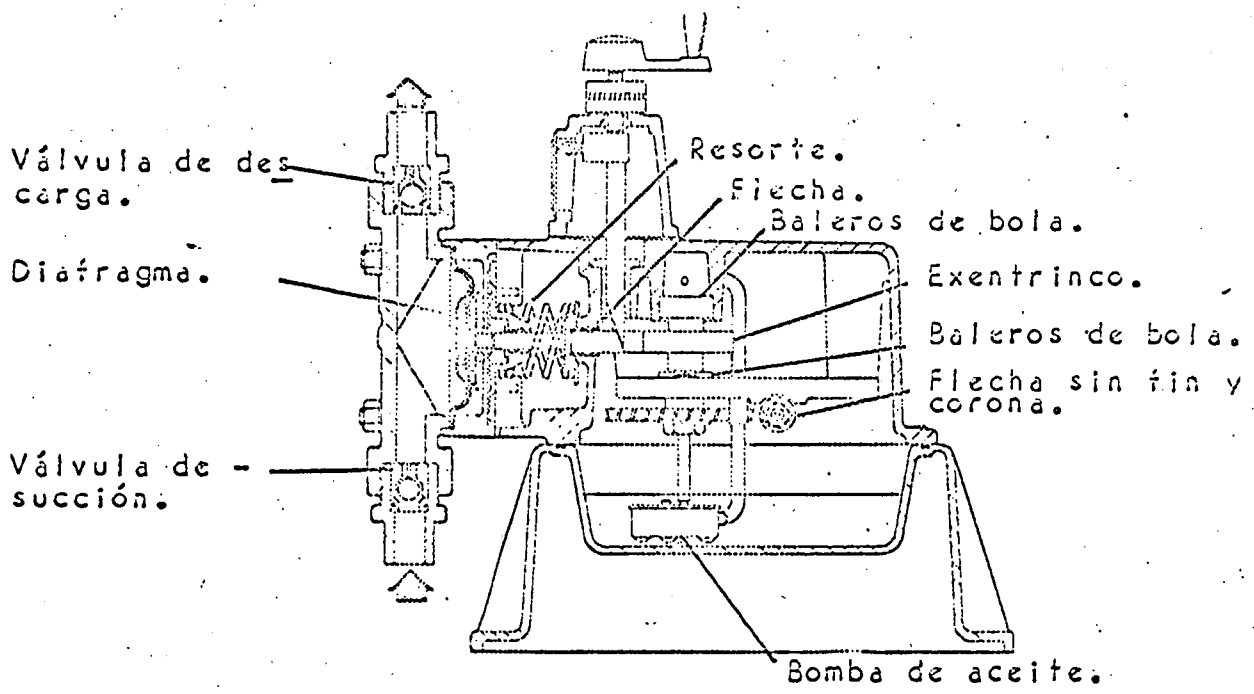


Diagrama de flujo de bomba dosificadora de solución de hipoclorito.

VII INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE CLORADORES.

Ya hemos visto en nuestra conferencia anterior el manejo del cloro y las precauciones que debemos de seguir para la seguridad del personal de operación, hoy nuestra conferencia tratará en forma breve de la operación y el mantenimiento de los cloradores.

La temperatura del cuarto o lugar donde se encuentran los tanques de cloro no deberá ser mayor que la del cuarto o lugar donde esté localizado el clorador y de ser preferible esta temperatura será más baja. Si tanto los tanques como el clorador están localizados en el mismo sitio, los cilindros estarán situados de tal manera que su temperatura no sea mayor que la prevaleciente en las líneas de alimentación o en los cloradores. Una temperatura del cilindro más alto puede causar que el cloro gaseoso se licue en las líneas de alimentación o en los cloradores. Los cilindros de cloro deben por lo tanto ser mantenidos fuera del sol o de radiadores de calor.

Temperatura de operación.- La temperatura deseable del aire es de 20°C para el almacenamiento de los cilindros con una temperatura en el sitio donde se localiza el clorador igual o más alta. Esto significa la necesidad de usar calor artificial durante la temporada de invierno en donde los climas son frios.

A temperaturas abajo de 18°C el cloro licuado es fácil de formarse en los cloradores. Esto puede ser causado por el frío del agua usada en los cloradores; para evitar esto un dispositivo de calefacción para el cloro se proporciona con determinados cloradores.

Licuefacción del cloro en las líneas de alimentación.

La licuefacción del cloro en las líneas de alimentación es evitada algunas veces por el uso de una válvula reductora de presión cercana a los cilindros de cloro, la colocación de trampas de goteo en las líneas también pueden ser efectivo. Las líneas de alimentación deberán tener siempre un desnivel de los cloradores a los cilindros, de esta forma cualquier condensación que se forme se drenará. Las líneas de alimentación no deberán estar empotradas en paredes frías o cerca de ventanales exteriores.

Ventilación.- El clorador y el cuarto de almacenamiento de cloro necesitan una buena ventilación, Ventiladores de extracción colocados cerca del piso son recomendados para una rápida extracción de cualquier fuga de cloro, las puertas con persianas son buenos auxiliares. Las puertas de salidas de los cuartos deben ser hacia el exterior.

Construcciones a prueba de fuego.- La construcción de extructuras, para guardar a los cloradores y a los cilindros de cloro es una buena medida de seguridad. En instalaciones muy grandes el uso de un sistema de rociadores mantendrá las temperaturas y presiones en los tanques de cloro de tonelada en los niveles de seguridad recomendables.

Fuentes de agua.- Los cloradores de solución necesitan una presión constante y adecuada para una operación satisfactoria. Es frecuente encontrar que la capacidad máxima de un clorador no puede ser segura porque la línea de agua es de tamaño inadecuado y que no proporciona la cantidad necesaria de presión de agua.

Donde el difusor de la solución de cloro está sumergido en un canal abierto a una profundidad no mayor de un metro, cuando así una pequeña contrapresión, cerca de 30 lb/pulg.^{2} de presión de agua son necesarias generalmente para la fuente de agua que opera el inyector del clorador. En general, es deseable tener una presión de agua disponi--

ble para el inyector de clorador cerca del triple de la presión hidráulica en el punto de aplicación de la solución de cloro. Para evitar pérdidas de fricción en las líneas se deben colocar los cloradores lo más cercano al punto de aplicación.

Aún con los tamaños adecuados de las líneas y las presiones normales para el agua, una repentina extracción a la fuente en una planta de aguas negras tal como la abertura de espitas o hidrantes para tanques de lavado, puede causar una caida temporal en la presión y afecta la operación de los cloradores. El uso de una fuente de agua independiente la cual no sea afectada por tales cambios es muy recomendable.

El efluente de aguas negras es usado hoy en día en muchas plantas para operar el inyector. Bombas dobles y una presión adecuada de los efluentes, son necesarios para prevenir cualquier falla en la cloración. Una presión grande para los tanques de almacenamiento del efluente es recomendable, cuando se usan tanques primarios para los efluentes la localización de la succión de las bombas deben ser cuidadosamente colocadas para evitar la succión de material flotante o asientos del fondo, los cuales obstruyen rápidamente los filtros de succión, de las bombas o aún los cloradores. Filtros dobles se utilizan cuando se usan efluentes primarios, éstos pueden ser limpiados en forma alternada mientras el otro filtro está trabajando. De ser posible se deberá contar con otra fuente de agua, tal como el agua de la ciudad, en caso de una falla de corriente eléctrica o alguna otra condición de emergencia, no debe existir ninguna interconexión entre estas fuentes.

El uso de efluentes para la operación del inyector y especialmente efluentes primarios, puede incrementar el consumo de cloro. La cantidad de agua necesaria por el inyector comparada con el flujo total del agua a clorar es generalmente tan pequeña que hace de esto una pequeña objeción, su uso se hace posible debido a la eliminación del costo del agua potable.

Mezclado y difusión del cloro.- Las soluciones de cloro deben ser aplicadas a un punto de buena mezcla con el líquido que está siendo tratado. Una adecuada inmersión de la solución del cloro en el flujo es también necesario para dar una buena difusión a través del líquido tratado y evitar así escape del cloro.

Un mínimo de un metro de inserción es deseable para evitar este problema.
La importancia de una buena mezcla y difusión no debe ser sobre estimada.
Muchas plantas han tenido la experiencia de olor de cloro y pérdida del mismo debido a esta falla.

En la precloración de agua negra reciente esto es muy importante dado que el cloro debe ser mezclado en todo el flujo del canal o cámara antes de ser dividido a dos o más tanques de asentamiento.

De otra manera una cloración isuficiente es realizada y los tanques no descargarán efluentes con igual contenido de cloro residual. En la desinfección de aguas negras a menos que cada tanque contenga el cloro residual necesario, la reducción bacteriana no puede ser satisfactoria porque la carencia de tiempo de contacto entre el cloro y el agua negra es insuficiente.

Una formación de gotas de gas irritante se ha notado en algunas instalaciones donde el agua contiene desperdicios. Este gas no ha sido identificado. El desarrollo de tricloruro de nitrógeno ha sido señalado como una posibilidad. La resolución al problema del escape de este gas ha tenido dificultad. En algunos casos la aplicación de la solución de cloro dentro de las estructuras donde se encuentran trabajando bombas ha tenido que ser descontinuada. Una inmersión profunda de la solución de cloro en el canal es necesaria para evitar este problema la aplicación de cloro en una tubería cerrada es preferible y así evitar las fugas del cloro enlos canales.

Hay muchas posibilidades en las diferentes plantas para obtener una buena mezcla y obtener una buena difusión del cloro que tantas ramificaciones no pueden ser discutidas aquí como son la hidráulica de la planta, el tipo de estructuras y el diseño de los difusores de cloro, todo ello influyen en la decisión. Donde el mezclado o difusión es pobre el operador debe estudiar en su planta y de ser necesario solicitar el consejo del fabricante de los cloradores.

Mantenimiento de cloradores.- Todas las conexiones de las tuberías deben ser apretadas fuertemente para evitar fugas. Empaques nuevos deben usarse para cada conexión nueva. Si una fuga tiene lugar en conexiones roscadas, la junta debe ser limpiada y cubierta con una pasta de litargirio y glicerina. Las conexiones exteriores de la máquina deben estar recubiertas con vaselina. Esto es recomendable cuando el clorador no está siendo usado. Se recomienda que las partes de los cloradores en el almacén se pinten con una mezcla de gasolina y vaselina. La gasolina se evapora rápidamente y deja una capa uniforme de vaselina en todas las conexiones y partes del clorador. Todos los puntos probables de ignición serán evitados y una buena ventilación mantenida será la causa que evite muchos problemas.

Fugas de cloro en el clorador o en los cilindros causarán corrosión. Las grandes fugas pueden localizarse por el olor; las pequeñas pueden pasar desapercibidas hasta que no señalan resultados dañinos. Cualquier fuga de gas en la presencia de humedad causará corrosión. Una solución de amoníaco señalará cualquier fuga. Una pequeña pieza de tela, empapada con amoníaco y amarrada en pequeño palo hace un buen aplicador para detectar fugas. Si una fuga de cloro está teniendo lugar, una pequeña nube blanca de cloruro de amonio se formará. Es una buena práctica hacer esta prueba a todas las juntas de la tubería a regulares periodos de tiempo. Las botellas de la solución de amoníaco deberán mantenerse perfectamente cerradas para evitar su evaporación.

Un nuevo detector de fugas de cloro, conocido bajo el nombre de Leak-Tec Fórmula 112, ha sido lanzado recientemente al mercado. Este está empacado en gabinete de plástico. Lanzando en forma atomizada el Leak-Tec a través del área que se supone con fuga. Una cantidad de burbujas es producida en cualquier punto de fuga, y como estas burbujas estallan con soplos de humo llama la atención al punto de fuga. El fabricante asegura que está acción continuará por más de 10 minutos hasta que la fuga de gas no está bajo presión en la superficie siendo probada.

La caja exterior de los cloradores puede ser pintada cuando lo requiera. Una máquina limpia es la mejor máquina operando. En el caso de cloradores de diafragma de agua, la campana debe limpiarse con agua y un compuesto de lavado. Las partes del clorador que manejan el cloro gaseoso deben estar perfectamente secas. Tales partes de--

ben ser limpiadas cuando lo necesiten, primero con agua para remover el material soluble en la misma y después con alcohol de madera o tetracloruro de carbono para secarlas. Los compuestos químicos anteriores no dejan residuos de humedad. El tetracloruro de carbono es tóxico y deberá ser usado sólo en un cuarto donde halla una amplia ventilación.

Los filtros de agua de los cloradores con frecuencia se tapan y estos necesitan atención. Cuando estén fallando, pueden ser limpiados con ácido clorhídrico diluido o bien con ácido muríatico.

La línea de venteo de los cloradores deben estar completamente libre. Trampas de agua, hielo o taponeo por materiales extraños deberán ser evitados.

Si hay una falla en la corriente eléctrica cuando se tiene un compresor de aire para los cloradores operados por aire, bioxido de carbono o cilindros de aire comprimido pueden ser buenos sustitutos en caso de emergencia. Un cilindro de 5.66 m^2 de cualquier gas operará el promedio de los cloradores de este tipo casi durante 24 horas. El uso de dos cilindros en paralelo es recomendable y preferible. El uso de válvulas de solenoide cuando se usen cilindros de este tipo para que automáticamente arranquen en el caso de una falla del sistema de aire comprimido cuando los cloradores son puestos fuera de servicio, tanto cloro gaseoso como sea posible debe ser extraido de las líneas de alimentación y de los cloradores. Las válvulas de cloro de los tanques deben ser cerradas y el inyector del clorador será operado por un periodo de una hora para eliminar el cloro gaseoso.

Con cloradores de campana, la ausencia de color amarillo característico del cloro indicará que todo el cloro ha sido expelido.

En conclusión las instrucciones del fabricante deberán ser seguidas para el mantenimiento y lubricación de un clorador en particular. Esto también se aplicá a la operación y mantenimiento de hipocloradores. Los fabricantes de cloradores proveerán también diagramas de flujo mostrando la operación de las partes que componen sus cloradores.

VIII Manejo y seguridad del cloro.

a.- Descripción de recipientes de cloro.

Cilindros de 68 Kg.- Los cilindros de cloro de 68 Kg., son de acero al carbón sin costura y pueden ser, ya sea del tipo aro inferior o del tipo de fondo hundido. La única abertura del cilindro que permiten los reglamentos es la válvula de conexión en la parte superior y están provistos de un capuchón de acero para protegerla.

Esta válvula tiene conexiones roscadas rectas y están equipadas con un fusible de metal. La mayoría tienen un tapón roscado que contiene el metal fusible, atornillado a una perforación en el cuerpo de la válvula ó bién, tienen el metal fusible vaciado directamente dentro de una perforación roscada en el cuerpo de la válvula. Este fusible está hecho para fundirse entre 70 y 74°C, aliviando así la presión y evitando la ruptura del recipiente en caso de fuego, o cualquier otra exposición a altas temperaturas. La abertura del tapón fusible se encuentra debajo del asiento de la válvula.

Los cilindros pueden embarcarse por ferrocarril, camión o transporte marítimo Los embarques en camión pueden ser por carga completa o menores. Los embarques por ferrocarril podrán ser por furgones o menores. La máxima descarga de cloro gas a una temperatura ambiente de 21.0°C, y contra una presión de 2.5 Kg/cm^2 es de 0.800 Kg/hras En forma líquida se puede extraer bajo las condiciones anteriores, pero el cilindro invertido 60° con respecto a la horizontal, hasta 60 Kg/hr.

Tanques de 908 Kg.- Este recipiente es un tanque cilíndrico soldado, cuyos cabezales son convexos hacia adentro y los lados son encorvados también hacia adentro, lo cual proporciona dos pestañas para fijar los ganchos de elevación. El recipiente está equipado con dos válvulas idénticas cerca del centro en uno de los extremos.

El Instituto de Cloro (The Chlorine Institute Inc). de los Estados Unidos ha diseñado una válvula para los recipientes de una tonelada, la cual difiere de la válvula de cilindro de 68 Kg, solamente en que no tiene tapón fusible, teniendo un pasaje interno más largo. Cada válvula conecta con un tubo interno. Estas válvulas están protegidas por un capuchón de acero removible.

Todos estos recipientes están equipados con fusibles metálicos de seguridad, la mayoría tienen 6 tapones, tres en cada extremo formando un triángulo equilátero entre los tres. El metal fusible está diseñado para fundirse entre 70 y 74°C, que alivian la presión y evita la ruptura del recipiente en caso de fuego, o cualquier otra exposición a altas temperaturas.

Los recipientes de 908 Kg. se pueden embarcar en lotes de trece ó quince en plataformas de ferrocarril.

La máxima descarga de cloro gas a una temperatura ambiente de 21°C y contra una presión de 2.5 Kg/cm^2 es alrededor de 6.8 Kg/hr.

Para cortos periodos estas velocidades de extracción pueden ser muy excedidas. En forma líquida se puede extraer bajo las mismas condiciones anteriores, pero de la válvula que conecta con el tubo de cloro líquido hasta 180 Kg/hr.

Carro-tanque.- Los carros tanque de cloro están provistos ya sea de un aislamiento de corcho ó de espuma de poliuretano de 10 cm de espesor, protegido por una chaqueta de acero. La única abertura permitida en el tanque es la que puede dar cabida la entrada de un hombre, y está localizada en la parte superior al centro.

Hay cinco válvulas montadas sobre la cubierta de la entrada, según se muestra en la figura adjunta, cuatro de ellas son válvulas deángulo; la quinta, montada en el centro es una válvula de seguridad de alivio. Enfrente de cada válvula de ángulo, hay una abertura en el domo protegida por una pequeña tapa a través de las cuales se conectan las líneas de descarga. Estas válvulas están construidas de acero forjado y vastago de monel, la salida es hembra con rosca para tubo estandard de 1" y protegida con tapones macho.

Las dos válvulas de ángulo en la línea central longitudinal del carro, son para la descarga de cloro líquido y las otras dos válvulas de ángulo situadas en la línea central transversal del carro, son para el espacio de vapor de cloro.

Válvulas de exceso de gasto,- Debajo de cada válvula para líquido hay un tubo de educción fijado a la cubierta de la entrada que llega hasta el fondo del tanque, inmediatamente debajo de la cubierta de la entrada, hay una válvula de bola para el exceso de gasto, diseñada para cerrar cuando el gasto de cloro líquido excede de 3,200 Kg/hr. Esta válvula es un dispositivo de protección diseñada para cerrar automáticamente contra un excesivo gasto de cloro líquido debido a que por accidente la válvula de ángulo se rompa o la línea de descarga se dañe. La válvula de alivio de seguridad es del tipo de resorte, generalmente combinada con un perno de ruptura, diseñada para aliviar entre 16 y 26 Kg/cm^2, dependiendo de los códigos a que hayan diseñados estos tanques.

Descarga.- A diferencia de los cilindros de 68 Kg, y los tanques de 908 Kg, los carros-tanques, no están diseñados para descargar cloro gas. El aislamiento restringe la transmisión de calor dentro del carro, limitado asi la extracción de evaporación del líquido. Cuando se requiera cloro gas, el cloro deberá sacarse del carro en estado líquido y de ahí alimentarse a un evaporador de cloro.

El cloro líquido deberá descargarse por su propia presión de vapor, como la presión de vapor es una función de la temperatura, en época de frio generalemente baja la extracción. Nunca se aplique calor a un carro tanque. La presión del carro se puede aumentar por presión de aire.

Dimensiones y pesos de recipientes de cloro.

CAPACIDAD	DIAMETRO EXTERNO	LONGITUD TOTAL	PESO VACIO	PESO LLENO
Cilindro de 68 Kg.	26.7 27.3 cm.	142 cm.	64 Kg.	132 Kg.
Tanque de 908 Kg	76.2 cm.	210 cm.	750 Kg.	1,650 Kg.

CAPACIDAD	LARGO SOBRE PLATAFORMA	ALTURA TOTAL	PESO VACIO	PESO CARGADO
Carro tanque de 55 Ton.	12.5 m.	4.45 m.	43,950 Kg.	93,950 Kg.

b.) Medidas de seguridad.

Manejo de cloro.- El manejo del cloro no es un riesgo grave si el personal quemaneja está debidamente entrenado.

Los cilindros deben transportarse adecuadamente balanceados en diablos con abrazaderas; cuando es necesario levantar un cilindro debe usarse grúa ó montacarga con canastillas; nunca use cadenas o equipo magnético y tampoco nunca se levante un cilindro de la válvula de protección.

Los tanques de tonelada deben de manejarse con abrazaderas por medio de grúa ómontacarga de dos toneladas de capacidad cuando menos, se puede usar una plataforma de rodillos para mover el recipiente horizontalmente. Los tanques de tonelada para descargarse deben estar en posición horizontal con las dos válvulas en línea vertical.

Los carros tanque que se están vaciando deben tener calzas en las ruedas y conel freno puesto; se deben colocar señales de advertencia. Para conectar el carro tanquese utiliza una manguera flexible ó tubo de cobre anillado; los cuales permiten flexibilidad al movimiento de elevación del carro tanque al irse vaciado. El tubo debe probarse 21 Kg/cm2 cada seis meses.

Tubería.- Debe usarse material extraduro sin costura conectado con piezas de acero forjado; debe diseñarse un sistema que no permita que el cloro líquido quede atrapado entre las válvulas. Las tuberias para cloro líquido deben tener camaras de expansión capaces de soportar 20% del volúmen de la línea entre válvulas.

Almacenaje.- El lamacenaje de cloro debe efectuarse en locales separados, bienventilados secos y frios. Se recomienda preveer una buena ventilación podrá estar acompañada de un dispositivo de obsorción. Se deben alejar los productos químicos y los materiales combustibles del área de almacenaje.

Los recipientes serán cuidadosamente cerrados y alejados de toda fuente de ignición y de calor.

Riesgos personales.- Los vapores de cloro irritan las membranas mucosas y el aparato respiratorio, reacciona con la humedad del cuerpo y forma acidos irritantes, los vapores de cloro tienen un olor tan intenso que fácilmente se perciben a concentraciones mayores de 3.5 ppm. Las grandes concentraciones son tan irritantes que nadie permaneceria en un área contaminada a menos que esté inconsiente ó atrapado. Los Síntomas a la exposición intensa son náuseas y vómitos seguidos por dificultades respiratorias; las concentracciones de cloro gas que producen tales efectos fisiológicos se muestran en la tabla adjunta.

TABLA

Efectos fisiológicos a diversas concentracciones.	ppm de cloro en aire
Cantidad mínima requerida para producir sintomas ligeros después de varias horas.	1.0
Olor detectable.	3.5
Cantidad máxima que se puede inhalar por una hora sin trastornos serios.	4.0
Concentracción nociva imposible de respirar por muchos mínutos.	5.0
Cantidad mínima requerida para causar irritación de garganta.	15.1
Cantidad mínima requerida para causar tos.	30.2
Concentracción peligrosa de 30 mínutos a una hora.	40-60
Causa la muerte es muy poco tiempo.	1000

Primeros auxilios.- Retirar a la víctima del área contaminada inmediatamente, evitándole todo esfuerzo muscular y quitándole la ropa ajustada al cuello para facilitar la respiración. Si se ha detenido la respiración ó es difícil, iniciar de inmediato la respiración artificial y llamar al médico inmediatamente.

Si se dispone de aparato para inhalación de oxigeno, debe ser utilizado por personal autorizado para tales labores.

Toda persona afectada por el cloro debe mantenerse en reposo y protegida del frio; cubriéndose con una frazada, aplicando bolsas de agua caliente, si es necesario, no se le permita ningún movimiento.

Si el cloro líquido penetra en los ojos aunque sea en pequeñas cantidades ó si los ojos se han expuesto a concentracciones fuertes del gas, deben de lavarse inmediatamente con grandes cantidades de agua corriente por un mínimo de 15 mínutos.

Equipo de protección personal.- En donde no es posible tener un ambiente seguro se hace necesario proteger al trabajador. Si un obrero ha de penetrar a una área fuertemente contaminada debe de colocarse el equipo de protección apropiado y aprobado para servicio contra cloro. Se proporciona adecuada protección respiratoria, con una mascarilla que se adapta a toda la cara y con manguera mediante la cual se suministra aire a presión positiva, ó bien con el aparato respirador de aire comprimido.

Para penetrar a los tanques, el trabajador debe estar equipado con arnés de rescate y cuerda de seguridad, sostenida por otra persona igualmente equipada y colocada fuera del tanque.

Puede usarse la mascarilla para gas de tipo cartucho para atmosfera contaminada de cloro, cuando la concentración del gas es menor del 10% y el contenido de oxigeno mayor del 10%.

Debe enseñarse a los obreros cuando y como usar el equipo de protección y como reconocer los defectos de éstos; deben hacerse prácticas periódicas para no perder el tiempo en una emergencia.

La áreas que pueden estar contaminadas deben equiparse con mascarillas extras accesibles, fijando carteles con instrucciones precisas. Las personas que de pronto se encuentren en una área contaminada sin mascarilla, deben de tratar de contener su respiración hasta donde sea posible y tratar de alcanzar una mascarilla.

Precaución y medidas de emergencia en caso de fugas.- Debe darse atención inmediata a cualquier fuga en las tuberías, el equipo a los recipientes; cuando se produce una fuga se debe retirar al personal de área contaminada y llevarla a una parte más alta que las fugas; solo debe permitirse en el área, el personal especialmente entrenado hasta que el peligro haya pasado.

Una buena práctica de seguridad exige revisiones diarias en busca de fugas, un algodón impregnado de agua amoniacal o un atomizador con la misma solución ayudan a localizar las fugas por el humo blanco que forma; se debe tener siempre a la mano solución de amoníaco concentrado porque el amoniaco ordinario no es útil. Actualmente en el comercio existen detectores continuos de fugas de cloro, los cuales pueden dar señales visuales y sonoras a una determinada concentración.

Las fugas de las válvulas de un cilindro o tanque, se pueden detener ajustando el empaque.

Si la fuga es a través de la pared del cilindro o tanque, voltéese la unidad de modo que escape el vapor y no el líquido; si la fuga es en una tebería, deben cerrarse las válvulas a los lados de ella, así como la de la fuente. Existen equipos de emergencia para manejar fugas en cilindros, tanques, carros tanque, pipas o cisternas y deben estar a la mano en todo tiempo y en buenas condiciones.

No se use agua para reducir el flujo de una fuga, ya que ésto solamente lo aumentará, si es imposible detener la fuga o mover el recipiente a un lugar seguro, neutralícese el cloro en solución alcalina; no sumerjir el recipiente en ella.

Los consumidores de cloro, particularmente los que utilizan grandes volúmenes, deben preparar programas de control de emergencias y realizar simulacros periódicos, para asegurarse de que son efectivos; los trabajadores deben aprender a usar los equipos de emergencia.

Ventilación.- Las áreas de almacenaje de cloro, en el interior de la fabrica así como las de manejo y uso, deben ventilarse adecuadamente; eliminar los vapores de las áreas de trabajo, aislando parcial o completamente cualquier proceso; la ventilación debe ser suficiente para evitar la acumulación del vapor; el tipo de ventilación dependerá de la densidad del vapor, espacios de aire muerto, temperatura, corrientes de convención y dirección del ciento. Estos factores deben tomarse en cuenta también cuando se

diseña, se coloca y calibra equipo.

Cuando se diseña el sistema de ventilación debe tomarse en cuenta la posibilidad de fugas de cloro. En una emergencia puede ser necesario un promedio de 1 a 4 cambios de aire por minuto. Debe evitarse descargar el aire contaminado hacia áreas donde el aire -- puede ser utilizado por un sistema de ventilación distinto ó causar más daños.

Un abanico extractor ubicado convenientemente puede ser suficiente para ventilar un área en que se usa cloro; el abanico inyectr debe colocarse fuera de las áreas donde - se maneja el cloro.

Las entradas de aire fresco deben ubicarse de manera que proporcionen ventila--- ción cruzada y eviten el vacío en la sala; puede ser necesaria la instalación de entradas múltiples y ventilación extractiva.

Riesgos de incendio.- Aunque el vapor de cloro no es inflamable, no es explosivo ni conductor de elecricidad, es un podoroso agente oxidante y a la temperatura del cuarto reacciona directamente con muchos elementos y compuestos exidables.

Los trabajos con soldadura, corte, u otras operaciones con calor, no deben ini-- ciarse hasta que el ambiente haya sido purgado con vapor y luego con aire seco caliente.

En caso de incendio, deben retirarse inmediatamente los recipientes de la zona;- desconectar los carros-tanque o pipas y cisternas alejándolos del área peligrosa; si los- recipientes no pueden ser retirados y si no está escapando cloro, aplíquese agua para con servarlos frios; todo el personal no autorizado debe retirarse a un lugar distante y seguro.

Dosis de cloro para el tratamiento de aguas.

Objeto de la cloración	Dosis en ppm.	Tiempo de contacto en mín.	Cloro residual	
			tipo	ppm
Desinfección: Con Cl_2 residual combinado. Con Cl_2 residual libre.	1.0 - 5 1.0 - 10	Requisitos fijados por las autoridades sanitarias locales.		
Eliminación de amoníaco como N de NH_3	10 X ($N-NH_3$) existente.	20	Libre	0.1
Control de sabor y olor	10 X ($N-NH_3$) más 1-5 ppm	20	Libre	1.0
Eliminación de ácido sulfhídrico (H_2S)	2.22 X contenido de S para obtener S libre. 8.9 X contenido de S para obtener sulfatos.	Instantáneo.	Libre ó combinado.	0.1
Eliminación de fierro.* (Fe)	0.64 X contenido de Fe	Instantáneo.	Combinado.	0.1
Eliminación de manganeso.* (Mn)	1.3 X contenido de Mn.	Variable.	Libre	0.5
Eliminación de color.	1.0 - 10	15	Libre ó combinado.	0.1
Control de algas.	1.0 - 10	Variable.	Libre	0.5
Control de lama.	1.0 - 10	Se necesita Cl_2 residual através de todo el sistema.	Libre	0.5
Control de bacterias del azufre y fierro.	1.0 - 10		Libre	0.5
Ayuda de coagulación para la preparación de: sílice activada Cloración de sulfato de fierro.	187 g de Cl_2 X litro de Na_2SiO_3 Una parte de Cl_2 X 7.8 partes de $FeSO_4.7H_2O$	No es aplicable.		

* También se necesita filtración.

Dosis de cloro para el tratamiento de aguas negras.

Objeto de la cloración	Dosis en ppm	cloro residual en ppm
Desinfección de:		
Agua negra reciente	6-12	Las necesidades son determinadas por las autoridades de salubridad ó por reglamentaciones estatales.
Agua negra séptica.	12-25	
Agua negra recien asentada	5-10	
Agua negra séptica asentada	12-40	
Precipitación química del efluente.	3-10	
Efluente del filtro de goteo.	3-10	
Efluente tratado con lodos activados.	3-8	
Efluente del filtro de arena.	1-5	
Control de olores.		
En alcantarillas.	1-5 - 10	0
En plantas de tratamiento.	5 - 10	0
Operación de lodos activados.		
Control del espesamiento del lodo.	2-8	0
Aumento de la viscosidad aparente del lodo.	Variable.	1.0
Operación filtro de goteo.		
Control de olor.	2-6	0
Control de la mosca en el filtro.	3-10	0.1
Reducción de la demanda biológica de oxígeno (D.B.O.)	6-12	0.2 - 0.5
Tanque imhoff.	3-15	0
Digestor sobrenadante.	20-80	0 ó trazas

En estos casos no es necesario el tiempo de contacto a excepción hecha para desinfección donde el tiempo es recomendado por las autoridades sanitarias.
Las cifras son para cloro residual combinado.

Tabla comparativa para la selección del método de dosificación.

Características de comparación	Dosificación en solución de cloro.	Dosificación directa cloro gaseoso	Dosificación de hipoclorito de sodio.
Máxima dosificación del equipo cuando la aplicación es a tubería.	3,640 Kg/día.	34 Kg/día (1)	Ilimitada (2)
Máxima dosificación del equipo cuando la aplicación es a un tanque ó canal abierto.	3,640 Kg/día.	136 Kg/día	Ilimitada (2)
Máxima presión a vencer en el punto de aplicación.	7 Kg/cm^2 (3)	1.4 Kg/cm^2 (4)	10 Kg/cm^2 (5)
Distancia entre el equipo y el punto de aplicación.	Ilimitada relativamente (6)	Limitada (7)	Ilimitada relativamente. (6)
Facilidad de difusión del cloro en el agua a tratar.	Si	No	Si
La operación del equipo se ve afectada por agua fria en el punto de aplicación.	No	Si	No
Se necesita para su operación suministro de agua a pre--	Si	No	No (9)
[illegible]dad para más de un - aplicación.	Si	No	Si (10)
[illegible]dad para recibir se- control.	Si	No	Si

[illegible]tas:

[illegible] dosificación está limitada por la difusión de cloro gaseoso directamente sobre el agua.

[illegible]itada en cuanto al equipo de dosifi[illegible]ción pero, limitada por espacio y costo [illegible] equi- [illegible] almacenaje de grandes volúmenes de solución y al costo del reactivo en sí

Versatilidad para más de un punto de aplicación.	Si	No	Si	(10)
Versatilidad para recibir señales de control.	Si	No	Si	

Notas:

(1) La dosificación está limitada por la difusión de cloro gaseoso directamente sobre el agua.

(2) Ilimitada en cuanto al equipo de dosificación pero, limitada por espacio y costo del equipo de almacenaje de grandes volúmenes de solución y al costo del reactivo en sí.

(3) La presión a vencer en el punto de aplicación se incrementa utilizando bombas para solución de cloro.

(4) Limitada ya que la presión con que el cloro gaseoso sale del tanque, es reducida en el equipo de dosificación, para evitar que pase a la fase líquida.

(5) Depende del tipo de equipo; bomba dosificadora, bomba de transferencia ó inyectores y varía con el intervalo de dosificación.

(6) Depende de las máximas pérdidas de presión por rozamiento, que se tengan en las líneas de descarga de solución de cloro.

(7) La distancia máxima entre el clorador de gas directo y el punto de aplicación es de 8 metros, debido a que es peligroso para longitudes mayores.

(8) A una temperatura inferior a 9.5°C se forman cristales de hidrato de cloro ($Cl_2.8H_2O$).

(9) Solamente se necesita cuando la dosificación de hipoclorito se hace con bombas de transferencia e inyectores.

(10) Solamente para el caso de bombas dosificadoras puede haber más de un punto de aplicación, cuando la bomba tenga más de un cabezal.

Selección del método de control	
Tipo de gasto y agua a tratar	Método de control recomendado.
Control manual Gasto y demanda de agua constante.	Manual.- La dosificación así como la puesta en marcha y paro se ajustan y efectuan manualmente.
Control programado	Control automático programado.
a) Gasto de agua uniforme pero de operación intermitente, controlado por un flotador o un interruptor de presión, demanda de cloro fija.	a) Control automático intermitente. La dosificación se ajusta manualmente pero la operación de arranque y paro es automático de acuerdo a un circuito de control.
b) Gasto de agua variable por pasos, tal como el bombeo automático realizado por una serie de bombas de diferentes capacidades controladas unas, otras ó ambas por interruptores de flujo, demanda de cloro constante.	b) Control automático por pasos, el equipo selecciona automáticamente los intervalos de dosificación de acuerdo al circuito de control del arranque y paro de las bombas. Cada intervalo de dosificación se ajusta previamente para cada bomba.
c) Gasto de agua y demanda de cloro variables, en función de un programa de tiempo, tal como una secuencia conocida de diferentes gastos o cambios en la demanda de cloro en función del tiempo.	c) Control automático programado, el equipo ajusta automáticamente la dosificación de acuerdo al programa de tiempo.
Control proporcional	Control automático proporcional.
a) Gasto de agua variable y demanda de cloro relativamente constante como el caso de un suministro de agua por gravedad o que es bombeado con bombas de capacidad variable.	a) Control automático proporcional, el equipo es completamente automático con relación al gasto y la dosis de cloro permanece constante a pesar de los cambios de gasto. El control se obtiene de un medidor primario de flujo.
b) Gasto de agua y demanda de cloro variables.	b) Control automático en circuito combinado, el equipo dosifica automáticamente en función de las dos variables, recibiendo señales de la medición de flujo de agua y de cloro residual.

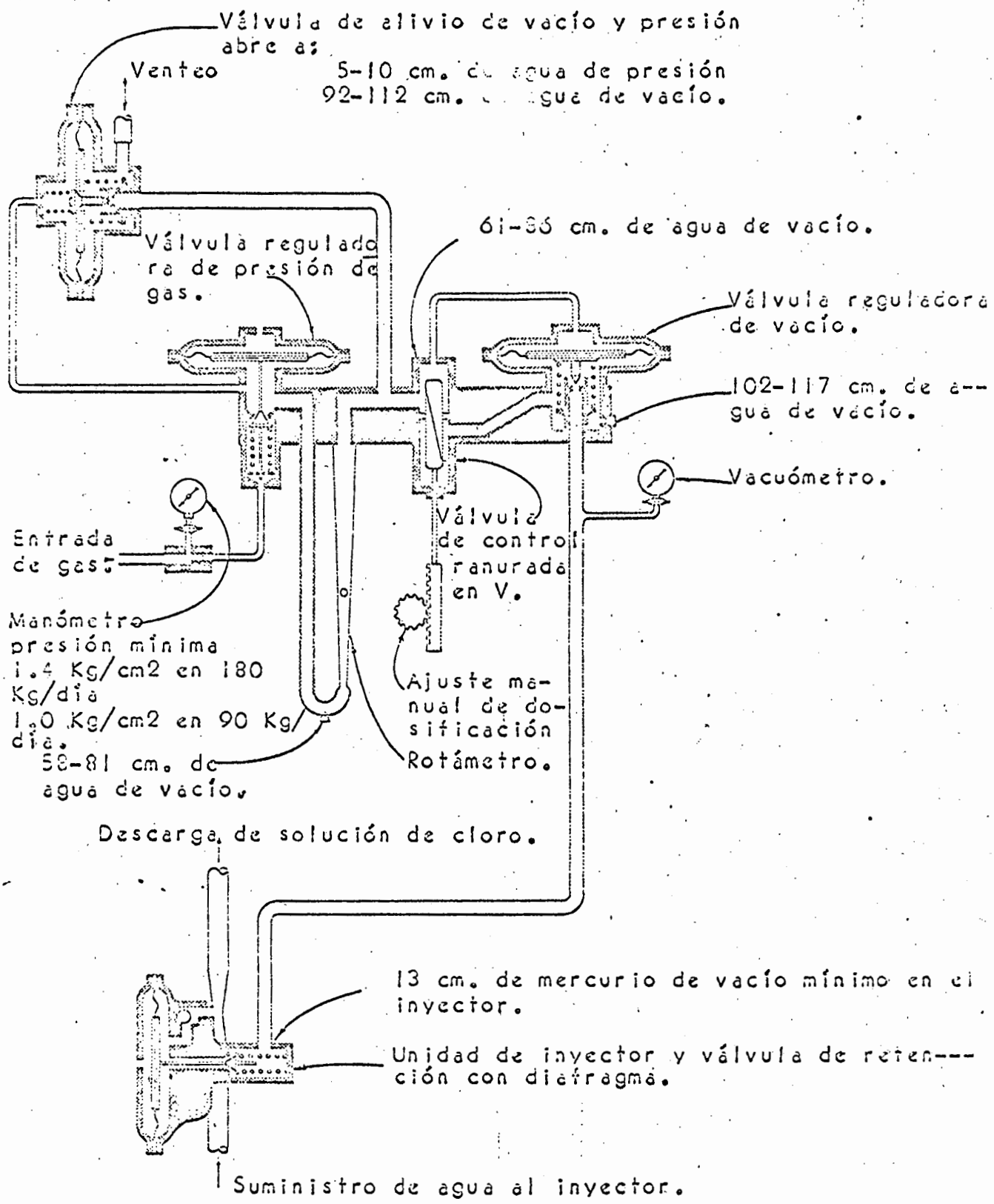


Diagrama de flujo del clorador tipo de solución al vacío de operación manual.

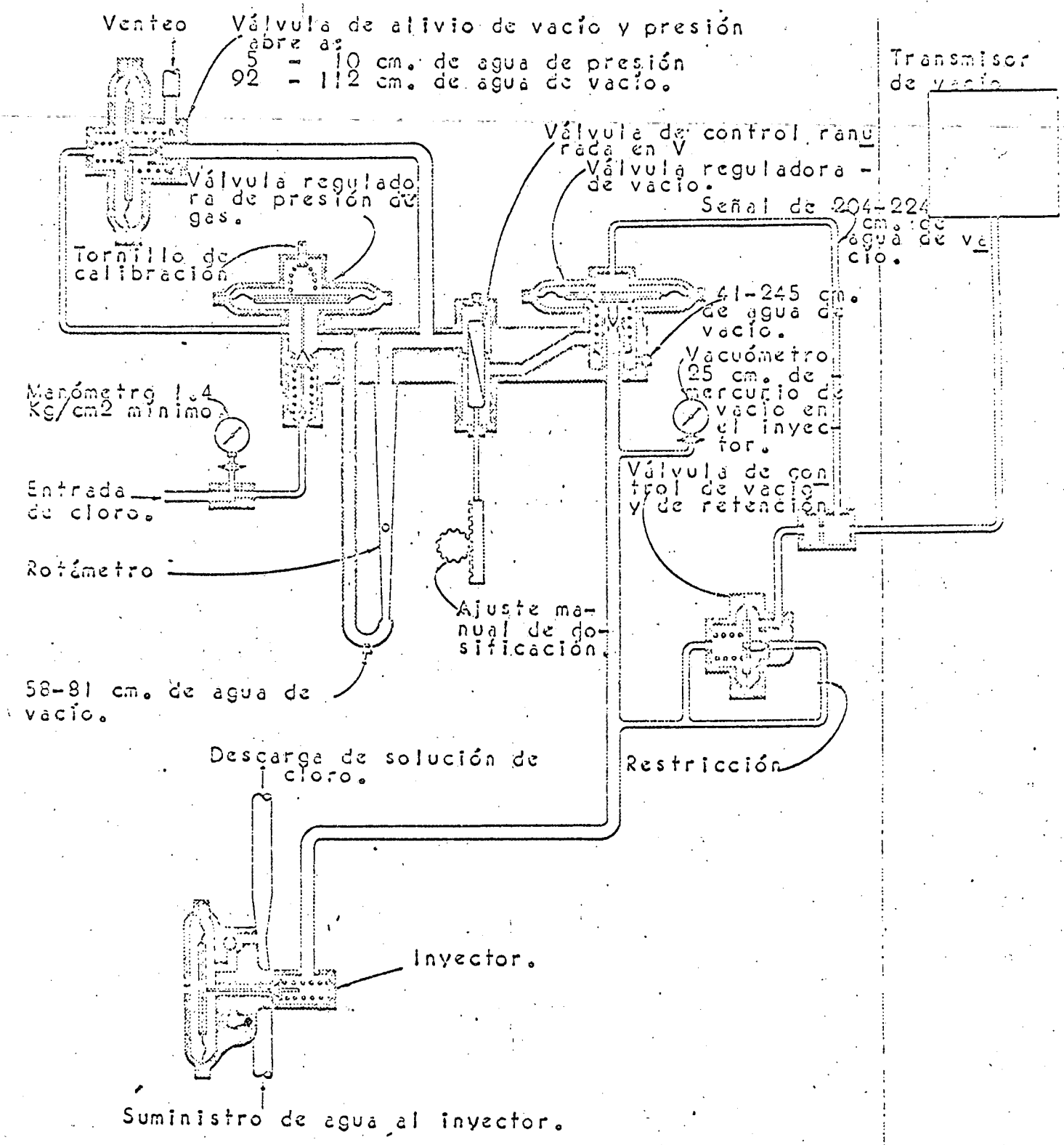


Diagrama de flujo del clorador tipo solución al vacío de operación automática por vacío variable.

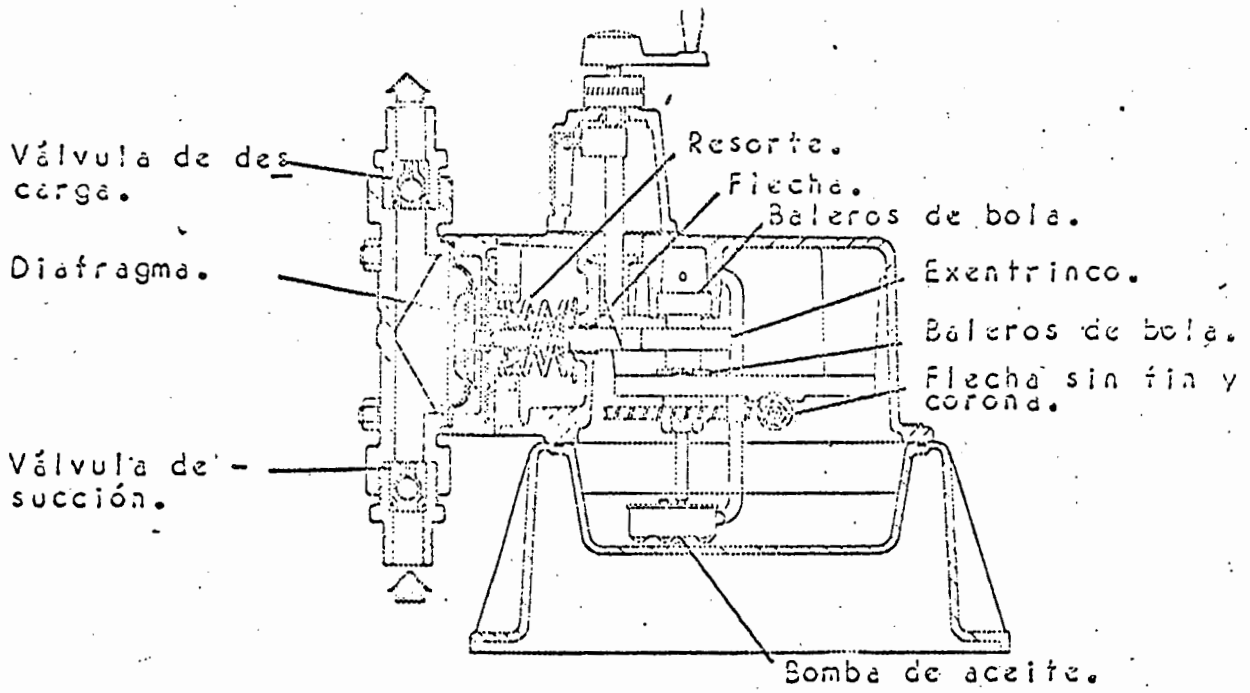


Diagrama de flujo de bomba dosificadora de solución de hipoclorito.

B I B L I O G R A F I A.

1.- Babbit, H.E., and Bauman, E.R., "Sewerage and Sewage Treatment", John Wiley & Sons, 8th Edition, pag. 21-23, New York - (1965).

2.- Babor, I., "Química General Moderna", Editora Nacional, S. de R. L., 4a. Edición, pag. 178-187, México, D.F. (1961).

3.- Baker, R.J., "Types and Significance of Chlorine Residuals"., Journal American Waters Works Association, 51, 1185, (1959).

4.- Black, C.A., "Activation of Silica for Use in Water Treatment" Journal AWWA., 45, 1101, (1953).

5.- Comeaux, R. V., "ORP Control of Cooling Tower Chlorination"., Paper presented at "The 23rd Annual International Water Conference of The Engineer's Society of Western Pennsylvania"., Pittsburgh Pennsylvania (October 24, 1962).

6.- Chamberlin, N.S., and Snyder, H.B., "Technology of Treating - Plating Wastes"., Tenth Ann. Wastes Conf. Purdue Univ. (May - 1955).

7.- Dobson, J.G., "The Treatment of Cynide Wastes by Chlorination" Sewage Works Journal., 19, 1007, (1947).

8.- Edwards, S.E., and Mc.Call, G.B., "Manganese Removal by Breakpoint Chlorination"., Water & Sewage Works., 93, 303, (1946).

9.- Estes, N.C., "Chlorination of Cooling Waters"., Refined and - Natural Gas Mfg"., 17, (1938).

10.- Fair, G.M., Morris, J.C., Chang, S.L., Weid, Jra., Burden, R.P. "The Behavior of Chlorine as a Water Desinfectant"., Journal - New England Water Works Association, 61, 285 (1947).

11.- Foxboro, S.A., "Diagramas de Instrumentación" pub. 105 esp. -- pag. 10, México, D.F. (1968).

12.- Granstom, M.L., and Lee, G.F., "Generation and Use of Chlorine Dioxide in Water Treatment," Journal AWWA, 50, 1453, - (1958).

13.- Griffin, A.E. "Chlorine for Ammonia Removal"., Fifth Annual Water Conf. Proc. Engrs. Soc. Western Penn, pag. 27 (1944).

14.- Griffin, A.E. and Baker, R.J., "The Breakpoint Process for-Free Residual Chlorination"., Journal of The New England -- Water Works Association, 73, 250, (1959).

15.- Griffin, A.E. and Chamberlin, N.S., "Some Chemical Aspects-of Breakpoint Chlorination"., J.NEWWA., 55, 371, (1941).

16.- Knight R.G. and Baker R.J., "Evaluation of Factors Affecting Chlorination of Condenser Cooling Water", presented at 29th International Water Conference, Pittsburg, Pennsylvania (- Nov 21, 1968).

17.- Martin R.B. "Chlorination of Condenser Cooling Water" Trans, A.S.M.E., 60, 475 (1938).

18.- Moeller T., "Química Inorgánica" Editorial Reverté, S. A., - pag. 122, México, D.F. (1961)

19.- Moore E.W. "Fundamentals of Chlorination of Sewage and Waste", Water & Sewage Works, 98, No. 3, (1951).

20.- Solvay Div., "Chlorine Bleach Solutions", Allied Chem. Co., - Bull 14, New York, (1960).

21.- Spink L.K., "Principles and Practices of Flow Meter Engineering", The Foxboro Co., pag. 3-13, Mass., (1961).

22.- The Chlorine Institute, Inc. "Chlorine Manual", pag. 3-19, -- 24-25, 27-30, New York, (1969).

23.- Wallace & Tiernan Div. Pennwalt, "Book Parts" Belleville, New Jersey, (1973).

24.- Wallace & Tiernan Div. Pennwalt, "Chlorination Catalog Book 1," Equipment Selection and Technical Data, Belleville, New Jersey, (1973).

25.- Wallace & Tiernan Div. Pennwalt, "Chlorination Catalog Book 2," Equipment Arrangement and reference material, Belleville, New Jersey, (1973).

26.- Wallace & Tiernan Inc., "La Cloración Proteje a su Agua Potable" pág. 3-8, 12-19, 26-31, Belleville, New Jersey, (1960).

27.- Wallace & Tiernan Div. Pennwalt "Getting The Best out of --- Plunger Metering Pump" Bulletin RA-2211-C, Belleville, New Jersey, (1966).

28.- Wallace & Tiernan Div. Pennwalt "Process Control Instrumentation", Belleville, New Jersey, (1973).

29.- Wallace & Tiernan Div. Pennwalt "The V-notch Story" Bulletin TA-1041-C-2, Belleville, New Jersey, (1969).

30.- White C.G. "Handbook of Chlorination", Van Nostrand Reinhold Co., pág. 98, 108-109- 128-130, 151, 194-195, 232-233, 236,-240, 247, 259, 262, 557-558, New York, (1972).

31.- Williams D.B. "Control of Free Residual Chlorine by Ammoniation" Journal American Water Works Association 55, 1195 (1963).

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES
FAC. DE INGENIERIA U.N.A.M.

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS.

TEMA 14. SISTEMAS DE CONTROL Y TALLERES

ING. ROGELIO GONZALEZ RODRIGUEZ

NOVIEMBRE - 1978.

PROGRAMA DE OPERACION DE LA PLANTA

El principal elemento de los componentes de un sistema de distribución de agua, es el abastecimiento y la planta potabilizadora forma parte de las fuentes de abasto con que se pueden contar para una comunidad.

Por su importancia como fuente de abasto, es conveniente que en la potabilizadora se realicen los procesos fijados para obtener la mejor calidad de agua; y para lograr esto, es necesario planear su operación y mantenimiento.

Si una planta potabilizadora forma parte de una serie de fuentes de abasto de una población, su operación se programaría tomando en cuenta:

La demanda de la zona que abastece.

Los costos de operación.

La facilidad de suplirla por otra fuente de abasto.

En el caso de que sea la única fuente de abasto, deberá programarse para trabajar en forma escalonada en función de las demandas de agua de la población, y para no dejar de operar, las labores de mantenimien

to serán en épocas de baja demanda (invierno).

En la operación de la planta también se deben considerar las condiciones de tratamiento del agua. Estas condiciones se obtienen en el laboratorio y para llevarlas a efecto se necesita contar con la suficiente cantidad de reactivos, y en función de su consumo programar sus compras y entregas. El equipo para dosificar estará en buenas condiciones de operación y se contará con las refacciones para hacer las reparaciones necesarias.

Las estaciones de bombeo, los equipos de control, los clarificadores, los filtros, en fin todas las instalaciones deberán ajustarse y se checará su funcionamiento antes de comenzar a operar la potabilizadora. Al arrancar la planta se procederá a la desinfección de las unidades y con la ayuda del laboratorio se determinará cuando se ha realizado esta actividad. Tan pronto esto suceda, la planta estará en condiciones de suministrar agua a los usuarios.

La operación en la planta puede ser manual, semi-automática, o automática aunque no todos los procesos conviene automatizarlos. Algunas operaciones manuales son los purgados de lodos, lavado de filtros, ajuste en dosificación de reactivos, etc.

Operaciones semi-automáticas son lavado de filtros y automáticas son la dosificación de reactivos, el bombeo de agua cruda y tratada, etc. Cualquiera que sea la operación de la planta es conveniente después de iniciada ésta, que se verifiquen los procesos y se hagan los ajustes necesarios.

Para poder realizar el programa de operación es necesario contar con un presupuesto ajustado a la realidad de operación y se logrará contando con los antecedentes y haciendo las proyecciones de crecimiento de la demanda.

INSTRUMENTACION.-

Para poder realizar los sistemas de control en la planta potabilizadora, son necesarios los instrumentos. El término "instrumentación" es aplicado a la medición de un proceso variable como lo es el flujo, presión, nivel, etc. y el término "control" es la regulación del equipo para obtener el efecto deseado.

La mayoria de la instrumentación y control en las plantas potabilizadoras es usada para medición y control del flujo, la presión, el nivel de agua, la turbiedad, pH, cloro residual, alarmas por falla de corriente, etc. Un sistema de con-

trol tipo sería:

1.- El proceso por controlar.

2.- El dispositivo para medir la variable.

3.- El transmisor.

4.- El controlador, que compara la medida con el punto de referencia y manda la señal resultante.

5.-El elemento de control que efectua los cambios necesarios.

El proceso por controlar son los enumerados anteriormente como el flujo, pH, presión, nivel, etc.

El dispositivo para medir la variable son: placas de orificio, toberas de flujo, Venturi, tubos Pitot, tomas de codo, elemento flotador, etc.

El transmisor puede ser neumático, electrónico o magnético, y ellos convierten la señal recibida por el dispositivo primario y la transmiten a los receptores. Esta transmisión puede ser desde unos metros hasta grandes distancias. (telemedición).

El controlador recibe la señal y la compara. Esta señal resultante la indica y/o registra y de ahí mismo manda la señal al elemento de control para efectuar los cambios necesarios.

Los controladores pueden alojarse en tableros de control donde también se encuentran los interruptores, los señales luminosas, las alarmas y también

están los diagramas gráficos de proceso, mostrando los elementos del sistema, los puntos de control y las señales de condición de operación. Las alarmas generalmente están conectadas a los interruptores de los equipos y es necesario desconectarlas manualmente.

El control puede ser manual, semi-automático y automático. Un control manual será cuando el operador ejecuta las funciones de abrir o cerrar la válvula, cerrar interruptores, operar botones, etc. En la operación semi-automática, el operador ajusta un controlador el cual automaticamente realiza una secuencia de operaciones de control. En la operación automática el controlador actúa automáticamente al recibir una señal del proceso.

Los controles pueden ser a su vez de circuito abierto o circuito cerrado. En el primero, el control varía sin tomar en cuenta el efecto (por ejemplo la dosificación de reactivos proporcional al flujo de entrada). En el control de circuito cerrado hay una retroalimentación del efecto en el proceso, de tal manera que el controlador lo compara y hace los ajustes necesarios, (por ejemplo la dosificación de cloro con analizador de cloro residual).

La telemedición en plantas potabilizadoras es poco factible, y consiste en un control de parámetros a larga distancia, transmitiendo las señales por medio de líneas de teléfono, líneas privadas, microondas, radio, etc.

El uso de las computadoras en las plantas potabilizadoras han demostrado las siguientes ventajas:

1.- Disminución de costos de operación.

2.- Aumento de eficiencia.

3.- Aumento de la seguridad de la planta.

4.- Estadística de operación más rápida

5.- Mayor control en inventario de la planta

6.- Mayor control en mantenimiento preventivo.

En el mantenimiento de los instrumentos, deben intervenir personal capacitado para hacerlo, aunque haya ajustes que puedan hacer los operadores de la planta.

Los operadores deben saber cuando un instrumento no funciona bien y cuales ajustes pueden realizar. Entre las observaciones de un mal funcionamiento de un instrumento que se deben reportar son:

Cualquier ruido, olor o calor anormal.

Movimiento anormal de la aguja del indicador.

Registro variable, fuera de valores mínimos y máximos.

Desajustes en la lectura del totalizador, indicador, gráficas, etc.

Desajustes en las lecturas con respecto a otros instrumentos.

Entintado anormal.

Vibración de relevadores o lámparas que indican falso contacto.

Algunas recomendaciones que deben seguir los operadores y que ayudan a mantener los instrumentos en funciones correctas y seguras son:

1.- Cuando se cambie la gráfica, no mover la aguja.

2.- LLenar de tinta en forma adecuada.

3.- No limpiar las caras de los instrumentos con trapos que puedan magnetizar el indicador.

4.- Lubricar el instrumento con el aceite recomendado.

5.- Purgar lineas de aire

6.- Purgar lineas de agua

7.- Limpiar los filtros y coladeras periódicamente

8.- Reponer los filtros de aire por otros iguales.

9.- Probar alarmas.

10.- Llenar los recipientes de reactivos.

Todos los instrumentos y controles deberán ser

usados con cuidado, pues son confiables y seguros, cuando están trabajando correctamente, siendo además una gran herramienta de trabajo para los operadores.

FORMAS DE CONTROL, ARCHIVOS E INFORMES

FORMAS DE CONTROL.-

Es necesario que los datos o información que se recogen o archiven, estén debidamente clasificados, ordenados y al día, para que las informaciones registradas permitan de una manera rápida, solucionar problemas que se vayan presentando.

Estas formas de control o registros deben de tener información condensada; y el tamaño de ellas, el tipo o complejidad etc. dependerá de las dimensiones y características de la planta de tratamiento. Conviene tener registros para:

Control de tratamiento

Control de Bombeo

Consumo de Reactivos

Control de análisis en laboratorio

Control de lavado de filtros

Control de mantenimiento preventivo.

Otros.

Todos estos controles deberán ser revisados diariamente por el superintendente o el encargado de la

planta y registrarlos en otros controles que resuman las actividades para tener la información correspondiente a los totales mensuales.

Es conveniente también que cada turno de trabajo haga un reporte donde anote aparte de los acontecimientos cotidianos que nos van a servir de orientación, algunos sucesos extraordinarios que puedan influir en el tratamiento, ó que puedan ocasionar daños, como la suspensión de la operación de la planta, o detalles que determinen la ejecución de algun mantenimiento correctivo o simplemente observaciones que puedan ser útiles para mejorar las prácticas seguidas.

Otros registros que conviene llevar son los concernientes a los costos de operación y mantenimiento, ya que estos registros justificarán las inversiones necesarias; En el caso de mantenimiento sustituir los equipos que ya no sean costeables operar; y en el caso de operación, diferenciar los conceptos que sean muy gravosos para tratar de disminuir los costos de operación, como por ejemplo, la mecanización o automatización de actividades desarrolladas en la planta.

FICHA PARA EL REGISTRO DE LAS OPERACIONES Y DE LAS COMPROBACIONES DE LABORATORIO EN UNA INSTALACION DE FILTRACION

DATOS SOBRE EL FUNCIONAMIENTO

CENTRAL | MES Y AÑO

FECHA	CAUDAL (1000 gal.)				LLUVIA, pulgadas	DATOS SOBRE EL TRATAMIENTO DEL AGUA													COMPROBACIONES DE LABORATORIO																					
						PRODUCTOS QUIMICOS (lb)						CLORO (lb)		FILTROS					ANALISIS QUIMICOS, p.p.m.							EXAMEN BACTERIOLOGICO*														
																										RESULTADOS PREVISTOS									RESULTADOS CONFIRMADOS						
																										AGUA CAPTADA			DECANTADA		FILTRADA		SUMINISTRADA		FILTRADA		SUMINISTRADA			
	AGUA COMPRADA	AGUA DE POZO TRATADA	AGUA DE SUPERFICIE TRATADA	TOTAL AGUA								APLICACION PREVIA	APLICACION SUBSIGUIENTE	NUMERO DE FILTROS	HORAS DE FILTRACION (TOTAL)	DURACION MEDIA DEL CICLO EN HORAS	NUMERO DE LAVADOS	AGUA DE LAVAR (1000 gal.)																								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	BB	CC	DD	EE	FF	GG	HH	II	JJ	KK	LL	MM	NN
1																																								
2																																								
3																																								
4																																								
5																																								
6																																								
7																																								
8																																								
9																																								
10																																								
11																																								
12																																								
13																																								
14																																								
15																																								
16																																								
17																																								
18																																								
19																																								
20																																								
21																																								
22																																								
23																																								
24																																								
25																																								
26																																								
27																																								
28																																								
29																																								
30																																								
31																																								
TOT.																																								
PROM.																																								
MAX.																																								
MIN.																																								

* Anótense los volúmenes de agua captada examinados en las columnas Z, AA y BB. Registrense los resultados como positivos (+) o negativos (—) en las columnas correspondientes.

Tomado de US Air Force (1959), pág. 17.

FORMA PLB-1

SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY

INSTITUCION PUBLICA DESCENTRALIZADA

Planta Potabilizadora LA BOCA

FECHA _____

CLARIFICADOR No. _____

TRATAMIENTO DE AGUA

Hora	Flujo (%)	Agua Cruda							TRATAMIENTO																AGUA FILTRADA									
									REACTIVOS (ppm)					MANTO DE LODOS				AGITACION				Purgas											
															Densidad (%)																		
		Turbiedad	Color	pH	Sulfatos	Alcalinidad Total	Dureza	Temperatura	Precloración	Sulfato Aluminio	Cal	Sílica Actividad	Ayuda Coagulante	Profundidad (Mts.)	Fondo	Intermedio	Brazo Móvil	Presión Descargada de la Bomba (Kgs./Cm²)	Minutos por Revolución	Alcalinidad Total en Clarificador	pH en Clarificador	Duración	Densidad (%)	Turbiedad	Color	pH	Sulfatos	Alcalinidad Total	Dureza	Cloro Residual (ppm)	Post-Cloración	Cloro Residual Acueducto (ppm)	O B

F.-1

SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY

INSTITUCION PUBLICA DESCENTRALIZADA

PLANTA POTABILIZADORA LA BOCA

HORAS DE BOMBEO

HOJA NUM._____

ESTACION NUM._____

FECHA	BOMBA 1			BOMBA 2			BOMBA 3			BOMBA 4			BOMBA 5			OBSERVACIONES
	Arrancó	Paró	Horas Trabajadas	Arrancó	Paró	Horas Trabajadas	Arrancó	Paró	Horas Trabajadas	Arrancó	Paró	Horas Trabajadas	Arrancó	Paró	Horas Trabajadas	
SUMA Hrs. Trabajadas																

Fecha.....

SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY

Hoja No.....

ANALISIS SANITARIO DE AGUAS

	Muestra No. Hora	Muestra No. Hora	Muestra No. Hora	Muestra No. Hora	Muestra No. Hora
EXAMEN FISICO					
Temperatura del agua					
Sedimento					
Turbidez (Escala geológica U. S. A.)					
Olor					
Color (Standar de Platino cobalto)					
EXAMEN QUIMICO					
Nitrógeno amoniacal					
Nitrógeno Protéico					
Nitrógeno de los nitritos					
Nitrógeno de los nitratos					
Oxígeno consumido en medio acido					
Oxígeno consumido en medio alcalino					
Sólidos Disueltos					
Dureza Total ($CaCO_3$)					
Dureza Permanente (en $CaCO_3$)					
Alcalinidad Total (en $CaCO_3$)					
Cloruros en Cl					
Cloro libre					
Metales Tóxicos					
Hierro					
Concentración del ión Hidrógeno pH					
EXAMEN BACTERIOLOGICO					
Examen Presuntivo Bacilo Coli					
Examen Presuntivo Bacilo Tífico					
Examen Presuntivo Bacilo Paratífico					
Examen Presuntivo para Levaduras					
Colonias Bacterianas por cc.					
Coliformes por 1.000 cc.					

OBSERVACIONES:

REQUISICION DE SERVICIO

REQUISICION No. _____

FECHA _____ HORA _____ OFICIO _____ DEPTO _____

FECHA REQUERIDA _____ ORIGINADA POR _____

ENVIADO A _____

EMERGENCIA ( ) _____ NORMA _____ REPARACION GENERAL _____ MANTO. PREV. _____

OFICIOS QUE INTERVENGAN _____

LOCALIZACION _____

CAUSA DEL REQUERIMIENTO DE LA REQUISICION _____

CANTIDAD	DESCRIPCION DE TRABAJO REQUERIDO	DIB. No.

RECOMENDACION DE MEDIDAS CORRECTIVAS _____

ESTA DETALLADO EL COSTO _____ (SI) _____ (NO) _____

JEFE DE MANTENIMIENTO

SUPERVISOR DE FABRICACION

FIG. (5-6)

SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY

INSTITUCION PUBLICA DESCENTRALIZADA

PLANTA POTABILIZADORA "LA BOCA"

CONTROL DE REACTIVOS

Mes de ____________

Hoja No. ____________

CLORO

INICIAL			FINAL			CONSUMO	BULTOS CARGADOS		OBSERVACIONES Y FIRMA
ECHA	HORA	PESO	FECHA	HORA	PESO		SULFATO	CAL	
SUMAS									

SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY

DEPTO. REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA

MANTENIMIENTO CONTROL Y OPERACION DE VALVULAS

LOCALIZACION

ZONA	SECTOR	PLANO No.	VALVULA No.

CARACTERISTICAS:

MARCA _____

TIPO _____ DIRECTO _____ DIFERENCIAL _____

DIAMETRO _____

OPERACION: DERECHA _____ IZQUIERDA _____

DADO OPERADOR _____ DE CONO _____

NUM. DE VUELTAS _____ ARBOL DIAM. _____ HILOS P/PULGADA _____

FECHA DE INSTALACION

FECHA	No. DE VUELTAS	SE EMPACO	SE CAMBIO ARBOL	OTRAS

OBSERVACIONES: _____

SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY

DEPTO. DE PRODUCCION

Equipo: _____ Localización: _____

Clave _____

Año _____

CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

MES	DIAS																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ENERO																															
FEBRERO																															
MARZO																															
ABRIL																															
MAYO																															
JUNIO																															
JULIO																															
AGOSTO																															
SEPTIEMBRE																															
OCTUBRE																															
NOVIEMBRE																															
DICIEMBRE																															

FECHA	REPARACION EFECTUADA	VALOR		
		MATERIAL	M. DE OBRA	TOTAL

OP-5
IGASA

ALUMBRADO:

Cambiar cuando sea necesario los focos.

ARRANCADORES TERMOMAGNETICOS:

a) Semanal: Revisión del aparato para ver si no hay calentamiento en los elementos del mismo o vibraciones.
b) Mensual: Hacer limpieza de polvo acumulado, revisar y limpiar zapatas de contacto, checar si no hay terminales flojas, verificar tiempo de arranque.
c) Semestral: Cambiar elementos térmicos o calibrarlos.

BOMBAS CENTRIFUGAS HORIZONTALES:

a) Semanal: Revisar estoperos, revisar coples flexibles (Falk) para ver si hay vibración, revisar calentamiento en chumaceras.
b) Mensual: Checar lubricación de chumaceras y coples Falk, verificar posición del sello hidráulico en el árbol de la flecha.
c) Semestral: Verificar alineamiento de la bomba y motor.
d) Anual: Desmontar bomba para revisar impulsores, mangos bronce en las flechas, anillos de sello hidráulico, baleros, cajas chumaceras, reponer empaques y limpieza en general.

COMPENSADOR MANUAL DE ARRANQUE:

a) Semanal: Revisión del aparato para ver si no hay calentamiento en los elementos del mismo.
b) Mensual: Hacer limpieza de polvo acumulado, revisar y limpiar zapatas de contacto, checar si no hay terminales flojas, verificar tiempo de arranque.
c) Semestral: Cambiar elementos térmicos o calibrarlos.
d) Anual: Cambiar Aceite.

MANOMETROS:

c) Semestral: Checar manómetros para ver si están funcionando bien y si no cambiarlos.

MICRO SWITCH DE MERCURIO:

b) Mensual: Revisarlo para ver si está funcionando bien.

MOTORES ELECTRICOS (VERTICALES Y HORIZONTALES):

a) Semanal: Checar vibraciones, verificar voltaje y amperaje, revisar niveles de aceite en chumaceras.
c) Semestral: Cambiar aceites y grasas en chumaceras, verificar alineamiento motor y hacer pruebas de resistencia con el Meger.

SWITCH DE CUCHILLAS O FUSIBLES:

b) Mensual: Checar fusibles y contactos y hacerle mediciones de corriente o voltaje y ver calentamiento.

SWITCH DEL FLOTADOR DE CISTERNAS O TANQUES:

a) Semanal: Revisión ocular del switch y del flotador para ver si están funcionando bien.
b) Mensual: Desarmar el switch para ver si no hay falla en el mismo, ver sus contactos y limpiarlos.
c) Semestral: Desarmar y quitar el flotador para limpiarlo e inspeccionarlo y ponerle grasa a la varilla.

SWITCH MAGNETICOS:

b) Mensual: Checar que no haya flojuras en las zapatas de las fases y ver calentamiento.

TRANSFORMADORES:

a) Semanal: Revisión ocular si no se ven terminales dañadas, fugas de aceite, temperatura normal y nivel de aceite.
c) Semestral: Desconectar la corriente primaria para limpiar de polvo y aceite los aisladores, apretar las terminales, limpieza exterior general.
d) Anual: Sacar muestra de aceite para determinar capacidad dieléctrica y grado de acidez.

VALVULA AUTOMATICA DE ALTITUD

a) Semanal: Limpieza y revisión pistón y empaque de válvula piloto de mando.
b) Mensual: Revisión y limpieza de válvulas check y aguja en el sistema de control. Limpieza de coladores, si los hay.
c) Semestral: Limpieza sedimentos en cámaras, pistones, diferenciales y revisión de empaques de sellos.
d) Anual: Revisión y reposición de válvulas de mando, pistones diferenciales, limpieza general, reposición de todos los empaques.

VALVULA AUTOMATICA ELECTRICA DE RETENCION

a) Semanal: Limpieza coladores, verificar posición válvulas de aguja, checar voltaje en bobinas, válvulas selenoides 3 vías y 2 vías.
b) Mensual: Desarmar y limpieza de diafragmas, válvulas selenoides de 2 y 3 vías.
d) Anual: Revisión y reposición de válvulas de mando si se hace necesario, desmantelar válvula para limpieza general. Reposición empaques de pistón diferencial.

VALVULA CHECK DE COMPUERTA:

c) Semestral: Revisar su funcionamiento y engrasarla.

VALVULA DE ALIVIO:

c) Semestral: Revisar y desmantelar para checar empaques de hule y baqueta y revisar el diafragma.

VALVULA DE MARIPOSA:

c) Semestral: Revisar su funcionamiento y engrasarla.

VALVULA PILOTO:

c) Semestral: Desmantelar válvula y checar sistemas de empaques y cambiarlos cuando sea necesario.

SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY

DIRECCION DE OPERACION. DEPARTAMENTO DE _____

MUNICIPIO O SECTOR _____ REALIZADO POR _____

INVENTARIO DE INSTALACIONES Y EQUIPOS

DESCRIPCION: Fecha _____

Nombre de la instalación o equipo _____

Ubicación _____

Número de identificación _____

Fabricante _____

Dirección postal del fabricante _____

o distribuidor _____ Tel. _____

Fecha de construcción o de compra _____

PLACA DE IDENTIFICACION Y DATOS TECNICOS:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Valor Original _____

Valor Actual _____

ESTADO O CONDICIONES

En servicio	☐	Fuera de servicio	☐
Reserva	☐	Reparación	☐
Dañada	☐	Baja	☐

INFORMACION DEL FABRICANTE	ADJUNTO	NO EXISTE	OBSERVACIONES:
Manual o folleto descriptivo			
Manual de operación			
Manual de mantenimiento			
Lista de partes			

Forma op. 1

CARACTERISTICAS

Profundidad Total _____

Diámetro de Perforación _____

De _____ M. a _____ M. _____

" _____ " _____ _____

" _____ " _____ _____

" _____ " _____ _____

Diámetro de Ademe.

De _____ M. a _____ M. _____

" _____ " _____ _____

" _____ " _____ _____

" _____ " _____ _____

Sello _____

Linea de Aire: _____

AFORO.

Fecha _____ Durante _____

Nivel estático a los _____

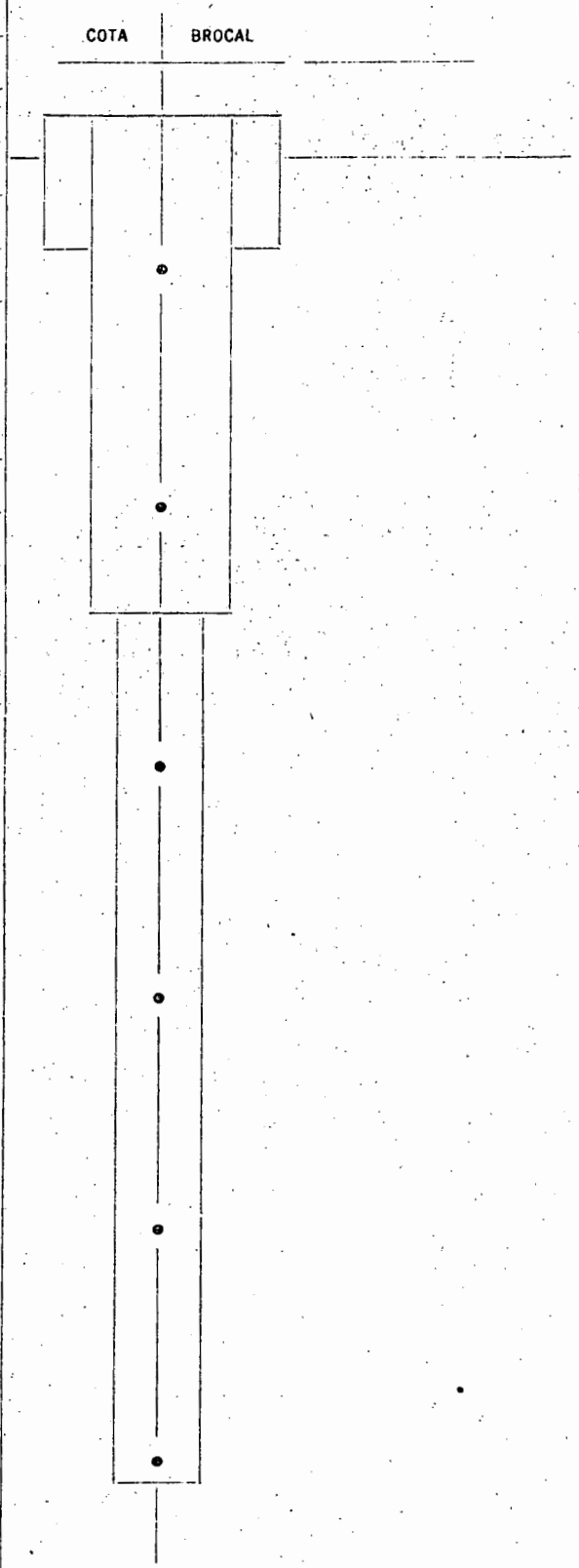
Nivel dinámico a los _____

Gasto _____

Capacidad especifica _____

Zona de protección _____

CROQUIS Y CORTE GEOLOGICO



ARCHIVO.-

El archivo debe estar también ordenado para que se facilite encontrar la información que se requiera. Lo primero que se debe archivar son los proyectos de la planta, los presupuestos, copia de los planos de la obra, contrato de la construcción, catálogos mensuales e instructivos de todos los equipos que se instalen, ya que estos elementos son indispensables en el funcionamiento económico y la buena conservación de las instalaciones de una planta potabilizadora. Es probable que gran parte de esta información se tenga en las oficinas centrales, pero es necesario conservar una copia en la planta para que el personal encargado de la operación de la misma, esté plenamente familiarizado con todo lo ahí instalado y garantizar el correcto funcionamiento de todos los elementos que la componen.

En el archivo debe de tenerse toda la información resumida de la operación de la planta y la administración de la misma, aún cuando estas últimas actividades no sean desarrolladas en la planta propiamente ya que es obligación de los encargados de optimizar los recursos, haciendo un tratamiento lo más económico posible.

INFORMES.-

Es muy buena práctica que cada turno que se trabaja en la planta, efectúe un informe condensado de las actividades desarrolladas, y que sean firmadas por el encargado de ese turno, ya que esta formalidad nos puede permitir hacer una evaluación del personal y a la vez tener una idea de como se desarrollan las actividades en la planta en ausencia del superintendente. El informe escrito es preferible al verbal ya que es una constancia que puede ser revisada cuántas veces sea necesario y a la vez será la base de el informe que se presente a la dirección de la cual se depende.

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUA

Una instalación indispensable en las plantas potabilizadoras es el laboratorio, pues en él se llevan a cabo los análisis necesarios para certificar la calidad del agua y verificar que los procesos de potabilización se realicen como se han preestablecido. Para poder cumplir con su cometido, es necesario contar con una área suficientemente amplia, ventilada, iluminada y con todas las preparaciones para colocar equipo, materiales, reactivos, etc. Es recomendable definir áreas de trabajo por lo que dentro del local una parte sería para análisis bacteriológicos, otro para los fisicoquímicos, una para preparación de cristalería y además una área para llevar el archivo y el control.

Para las actividades que se realizan en el laboratorio se utilizan diversos materiales e instrumentos que cumplen con los requisitos de precisión calidad y durabilidad y en ellos deben estar familiarizados los operadores de la potabilizadora.

Así tenemos una variedad de cristalería y porcelana, la primera fabricada a base de cristal -

templado de bajo índice de refracción, y la segunda con material resistente a altas temperaturas.

Para medir volumenes aproximados se utilizan probetas, matraces graduados etc. y para medir los volúmenes exactos se usan las pipetas aforadas, matraces aforados, tubos de Nessler, etc.

Para usos generales tenemos tubos de ensayo, vasos de precipitación matraces boca ancha, matraces Erlenmeyer, cápsulas de porcelana, etc.

Para la separación de sólidos y líquidos se usan embudos comunes, de filtración, crisoles Gooch, crisoles de fondo poroso, aparatos de vacío, matraces de filtración, etc.

Para evaporación y calcinación de substancias se usan los crisoles de platino, de cuarzo, de porcelana; cápsulas de platino, de vidrio, de porcelana, etc.

Para uso bacteriológico tenemos tubos de ensayo, tubos de fermentación, placas de Petri, pipetas aforadas, pipetas graduadas, asas de platino, etc.

Los instrumentos de laboratorio nos sirven para realizar operaciones delicadas de medición de muchos análisis; y nos facilita las operaciones relacionadas tanto en la química como en la bacterio

logía, algunos de ellos son:

Balanza de Precisión; Sirve para pesar con gran exactitud, y por lo general está colocada dentro de una caja para protejerla de la humedad y vapores corrosivos. Dentro de esta caja se coloca material absorvente de la humedad para asegurar la exactitud de las pesadas.

Colorímetro Hellige; En él se comparan colores producidos por reacciones químicas, con los colores de un disco patrón, hasta llegar a su igualación o aproximación.

Aqua Tester; De igual principio que el anterior, con la diferencia de usar otro tipo de cubeta para contener la muestra para analizarse (Tubos de Nessler).

El Potenciómetro; Para medición de conductividad, pH, o algún ion específico y el principio de este instrumento es medir la diferencia de potencial entre dos pares galvánicos, uno conocido (patrón) y otro por conocer.

Turbidímetro de Jackson; Hellige; Como su nombre lo indica nos determina las unidades de turbiedad que contiene la muestra, basan

dose en la dificultad al paso de la luz a traves de la misma.

Espectrofotómetro, Fotocolorímetro; Se basan en la transmitancia de un rayo de luz de longitud de onda determinada a traves de una cubeta de profundidad conocida conteniendo muestras patrón y muestras para analizar.

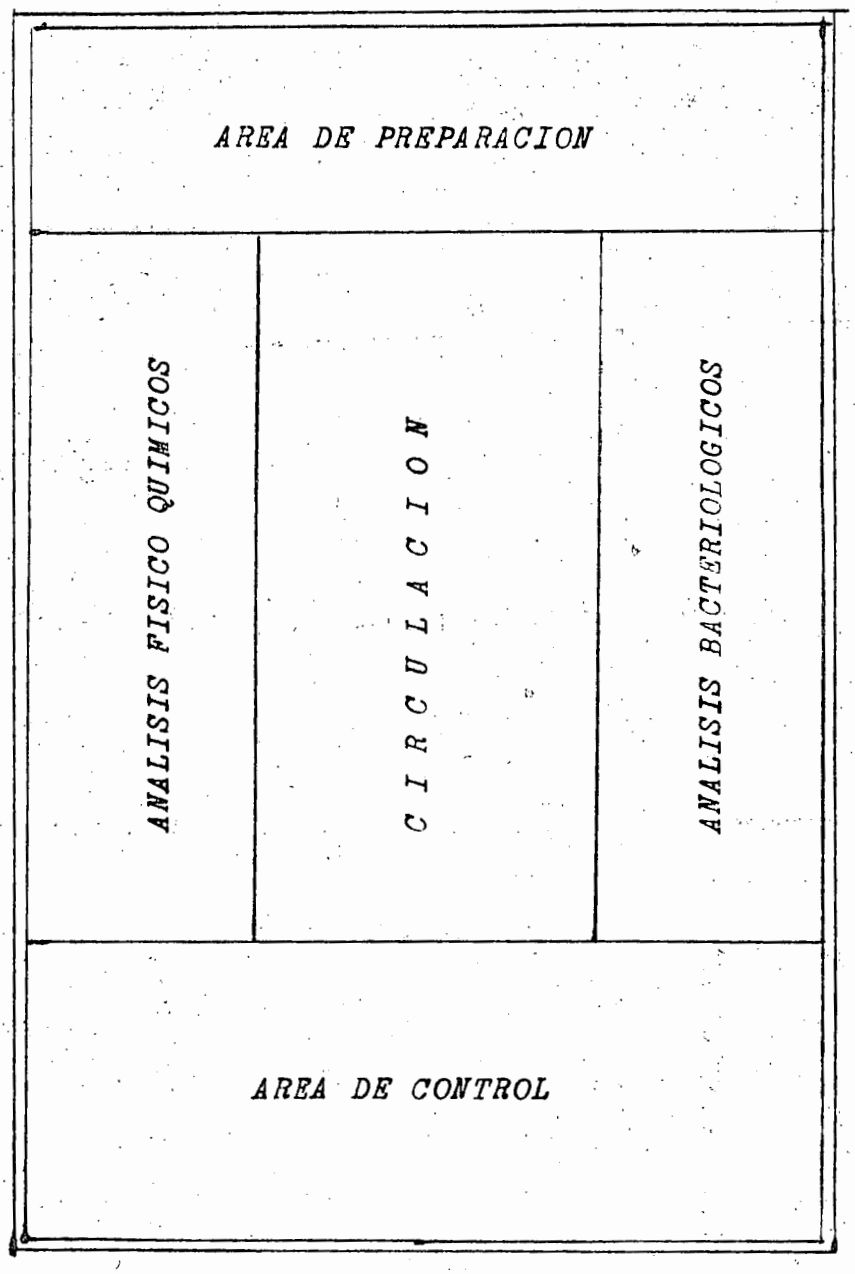
También encontramos en el laboratorio un esterilizador, una incubadora, un contador de colonias, un agitador múltiple, y más aparatos o instrumentos que nos ayuden en las determinaciones de los diferentes análisis necesarios para controlar la calidad del agua.

Los reactivos deberán estar guardados en los lugares que se recomiendan y se procurará tener la cantidad necesaria para que siempre sea confiable su concentración. El material que se usa para análisis bacteriológicos, (medios de cultivo, algodón papel, etc.) también deberán de observarse las precauciones al almacenarse.

Por último, no deberá escatimarse esfuerzo alguno para mantener en condiciones óptimas de operación todo el equipo e instrumentos del laboratorio;

así como contar con el suficiente material y reactivos para que nunca deje de cumplir el objetivo de controlar la calidad del agua y el proceso de la potabilización.

LABORATORIO.-



PAPEL DEL TALLER EN LA OPERACION Y MANTENIMIENTO

Por lo general en las plantas potabilizadoras el personal encargado de la operación se encarga del mantenimiento del equipo, probablemente porque en un principio se pensaba que se tenía tiempo disponible para hacerlo; y en aquellas plantas donde se encuentra un departamento de mantenimiento, se piensa que su objetivo es el de reparar los equipos cuando se descompongan. Era práctica comun no preocuparse de los costos de reparación, contar con piezas suficientes para reparar en el menor tiempo posible y exigir que el personal siempre estuviera disponible para estas operaciones a cualquier hora y cualquier día.

En la actualidad al aumentar la mecanización de las operaciones, la complejidad de los equipos, es necesario establecer programas de mantenimiento, preventivo y correctivo para disminuir los riesgos de fallas en las plantas, y para que cumplan con este objetivo es necesario la habilitación de un buen TALLER de mantenimiento dentro de las instalaciones de las potabilizadoras. Por la gran varie-

dad de equipos que se utilizan en las plantas, es necesario establecer el taller con políticas de - reparación que se verán influenciadas por:

1.- La capacidad o tamaño de la planta potabilizadora, y su importancia con respecto al suministro de agua potable a la ciudad donde se encuentra.

2.- Los recursos humanos con que se cuenta para - efectuar las reparaciones y las dificultades - inherentes a los mismos.

3.- Recursos económicos para contar con suficiente área y equipos.

En el punto No. 1, si la potabilizadora es la única fuente de abasto de esa población, es conveniente contar con un equipo de repuesto en cada - proceso, y de ser posible instalado para que en caso de falla del que esté operando se ponga a trabajar la reserva mientras se repara la unidad dañada.

En cuanto al factor humano se dificulta tener mucho personal especializado para ocuparse en tiempos relativamente cortos como sería el caso de soldadores, torneros, instrumentistas, etc. siendo - más crítico cuando este personal pertenece a un - sindicato que tiene un contrato de trabajo con especificación de actividades.

En cuanto a los recursos económicos actualmente todos los sistemas de abastecimientos de agua, no cuentan con la suficiente capacidad económica para montar, operar y mantener un taller con tantas diversidad de actividades.

Considerando lo anterior, es recomendable establecer una serie de trabajos que se efectuarán fuera del taller de la planta y otros dentro del mismo.

- TRABAJOS DE TALLER
  - Fuera de la Planta
    - Fundición
    - Torno
    - Embobinado Motores
    - Instrumentación
    - Soldadura
    - Obra Civil
  - Dentro de la Planta
    - Lubricación
    - Carpintería
    - Hojalatería
    - Pintura
    - Ajustes Menores ó Calibración
    - Algunos Trabajos Eléctricos
    - Algunos Trabajos Mecánicos

Ya fijados los trabajos por realizarse dentro del taller se asigna el área de trabajo y el área de almacén de refacciones. En el área de trabajo

se contará con toda la herramienta y equipo para - hacer las reparaciones asignadas y en el área de - almacén se tendrán las piezas de repuesto que se - utilizaran. En el taller se obligará a cumplir con las normas de seguridad e higiene industrial, a - mantener en buen funcionamiento la herramienta y el equipo, a guardar en forma debida las refacciones a observar los sistemas de control de las mismas.

En una planta donde se puede organizar un departamento de mantenimiento se le fijarán los siguientes objetivos:

a) Maximizar la probabilidad de mantener en condiciones óptimas de operación el equipo.
b) Minimizar el desgaste y deterioro del equipo
c) Señalar los cambios y diseños que cumplan los - dos puntos anteriores.
d) Lograr los objetivos al menor costo y al menor plazo.

Para que un departamento de mantenimiento funcione es necesario que sus relaciones con los departamentos de operación y de compras sean lo mejor posible. El departamento de operación deberá conocer la forma en que operan los equipos y poder detectar cualquier anormalidad que requiera de un -

trabajo de mantenimiento. El departamento de compras tramitará la entrega de las refacciones en el plazo más conveniente, que sean de la calidad más conveniente y cuando sean equivalentes checar que así lo sean.

En resumen, para que dé resultado un departamento de mantenimiento y cumpla con los objetivos señalados anteriormente debe establecer los siguientes sistemas y procedimientos.

I.- Planeación y Control.

II.- Suministro de Materiales y Refacciones

III.- Mantenimiento Preventivo

IV.- Control de Costos

V.- Sistemas de Información.

El programa de mantenimiento preventivo es el resultado de inspecciones periódicas que permiten detectar situaciones anormales y es una herramienta de reducción de costos de operación. Para poder establecerlo es necesario que menos del 75% de las horas hombre disponibles esten ocupados en reparaciones de emergencia, entendiendo por emergencia - aquellas fallas que han detenido o pueden detener la operación de la planta; las que afecten la calidad del agua tratada o las que ponen en riesgo la seguridad del personal.

Finalmente conviene tener presente que un mantenimiento preventivo no resuelve todos los problemas; pero bien diseñado, adecuadamente implantado y administrado, logra reducir los costos de mantenimiento y evita el deterioro prematuro de los equipos.

SISTEMA DE ORGANIZACION:

A la organización se le considera como la etapa más importante de la administración, pues establece los ordenamientos que resultan del análisis de un proceso y facilita el mecanismo para la canalización de recursos y lograr el objetivo.

El primer paso a realizar en la organización, es el establecimiento de la "estructura orgánica", que se define como el agrupamiento de funciones para un fin específico. La aplicación de los principios de la administración y organización forman las normas y especificaciones utilizadas en el diseño de la estructura orgánica, y podemos considerar como algunos de ellos la coordinación, dirección, autoridad, responsabilidad, jerarquía, etc. Es probable que al establecer la estructura orgánica se requiera de otras unidades de apoyo o asesorías contándose entre otras, las relaciones públicas,

asesoría jurídica y planificación.

Después de establecida la estructura orgánica, será necesario mantenerla actualizada, para que permita los planes de desarrollo de la institución; aunque en la práctica esto no es común ni frecuente; si debe aceptarse el cambio de la estructura cuando haya modificaciones fundamentales en los programas a realizar y que no se ajustan a las normas establecidas tanto en los aspectos técnicos como en los económicos.

Una planta potabilizadora es parte de un sistema de abastecimiento y como tal, analizaremos únicamente las funciones ahí desarrolladas para establecer una organización local sin olvidar su dependencia en la organización general del sistema de abastecimiento.

En una planta los procesos serían:

a) Entrada agua cruda.

b) Dosificación de reactivos.

c) Coagulación, Sedimentación y Clarificación.

d) Disposición de lodos.

e) Filtración.

f) Lavado de filtros.

g) Almacenamiento y distribución de agua tratada

h) Control de calidad del agua.

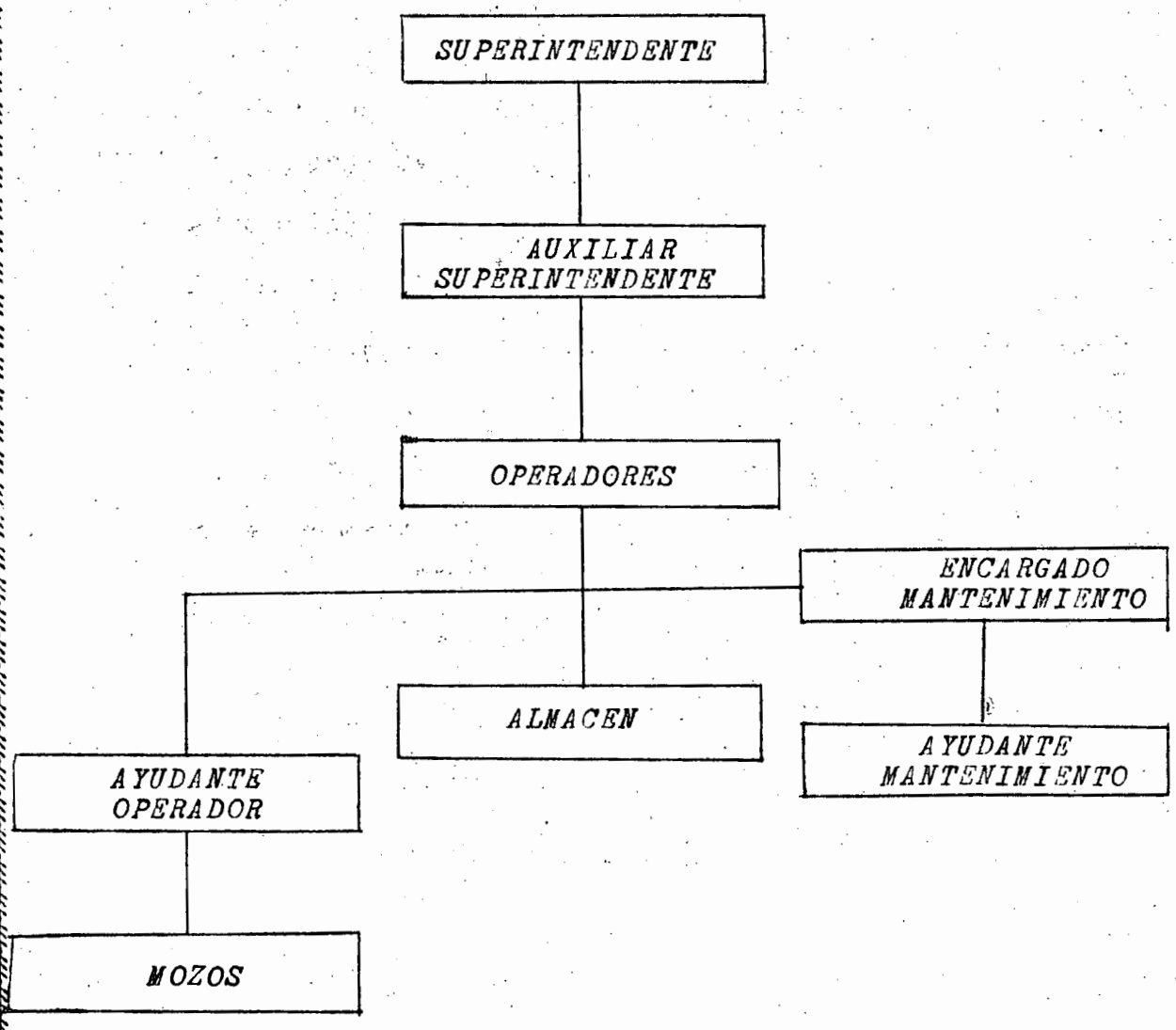
i) Control de materiales y reactivos.

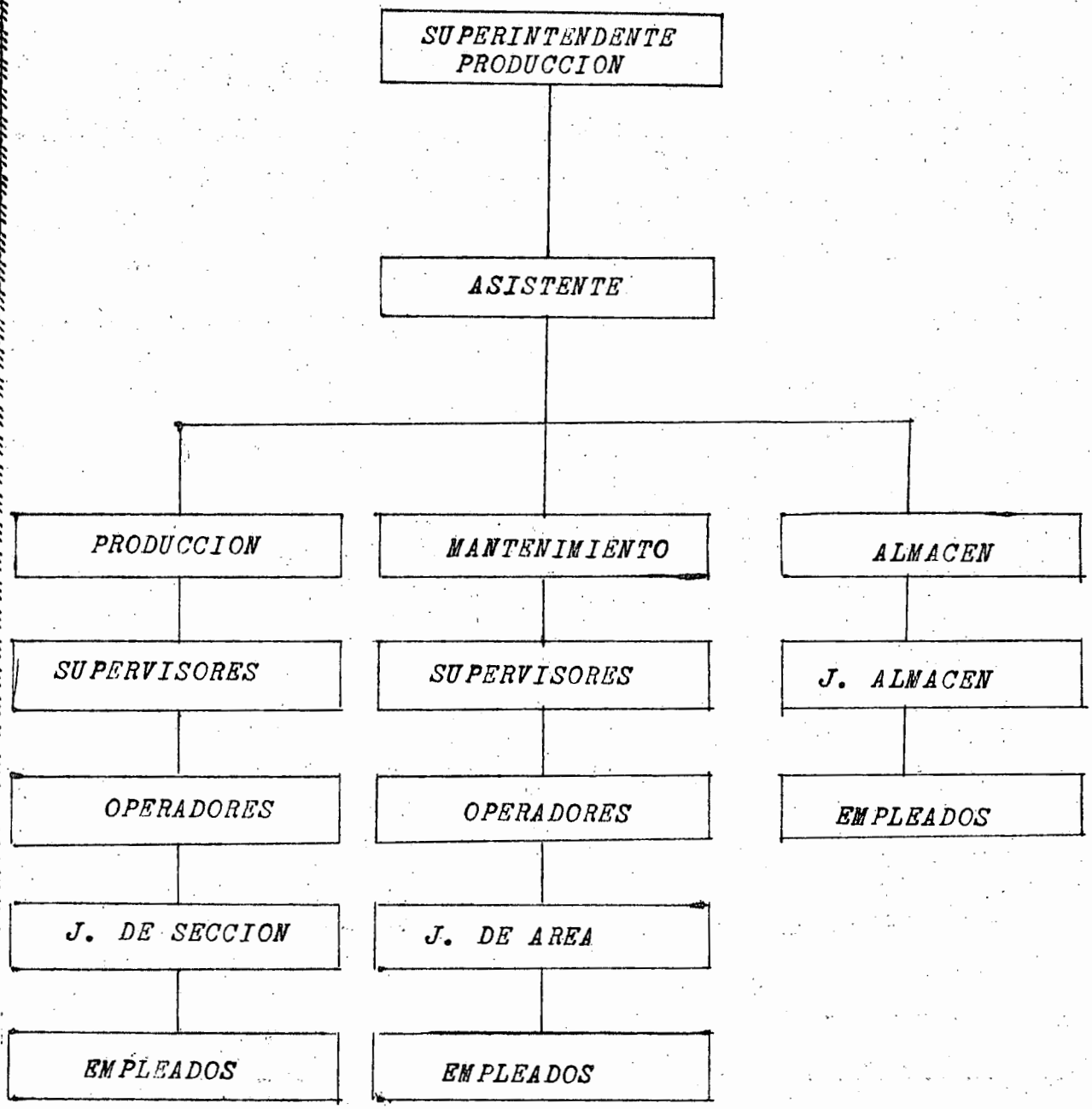
j) Control de mantenimiento.

k) Control de Recursos Humanos.

l) Otros.

Analizando las actividades en la que interviene el factor humano, jerarquizándolas, coordinando con el departamento, etc., podemos formular la siguiente estructura orgánica.




SUPERINTENDENTE PRODUCCION
ASISTENTE
PRODUCCION
MANTENIMIENTO
ALMACEN
SUPERVISORES
SUPERVISORES
J. ALMACEN
OPERADORES
OPERADORES
EMPLEADOS
J. DE SECCION
J. DE AREA
EMPLEADOS
EMPLEADOS

Es conveniente analizar las ventajas y las desventajas de la organización local, centralizada y la regional. Las ventajas de la organización local es que existe independencia en el desarrollo de las actividades, pero casi siempre el principal problema es la falta de recursos para desarrollarse.

Una agrupación centralizada tendrá la ventaja de mayores recursos económicos, técnicos y sus desventajas serán su alto costo administrativo, decisiones retardadas sujetas a un trámite largo, además de una ignorancia de las condiciones locales. En la organización regional se toman las ventajas de las anteriores y en la práctica puede resultar como la más adecuada.

EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS

Cuando se habló anteriormente del taller de mantenimiento de la planta, se estableció la conveniencia de que algunos trabajos se realizaran dentro del taller y que otros no se hagan. Tomando en cuenta esa política, se plantean las necesidades del equipo, materiales y herramientas.

Algunos de los equipos necesarios en el taller de la planta son:

Equipo de Lubricación

Equipo de Calibración

Equipo de Pintura

Equipo de Seguridad Industrial

Grúas viajeras, o malacates, etc.

Para que el equipo que se utilice se conserve en buen estado de funcionamiento, es necesario seguir con las instrucciones que dá el fabricante para operarlo; y usarlo en las funciones específicas para el que fué diseñado. El equipo de seguridad industrial está diseñado para proteger al trabajador de riesgos profesionales que puedan ocu-

rrir en la planta, por eso es importante que todo el personal de una potabilizadora, o en cualquier parte, observe todas las condiciones de seguiridad en el desempeño de sus labores.

Entre los equipos de seguridad industrial que todo el personal debe saber donde se encuentran, son los equipos de primeros auxilios y los equipos contra incendios. Es conveniente que el personal tenga conocimientos y entrenamiento en el uso de los anteriores equipos. Algunos de los equipos de protección mas usados son los cascos, los zapatos con refuerzo en las puntas, las botas, los anteojos y los guantes.

Para el manejo de los materiales en el taller y su almacenamiento se deben observar algunas precauciones, tales como si es un material frágil, liviano, pesado, voluminoso, etc. Un material frágil debe manejarse y empacarse con sumo cuidado y almacenarse en lugares en donde no haya el riesgo de romperlos. Un material pesado puede necesitar empacarse ó no para almacenarse, y puede estar en el exterior o bajo techo.

Algunos materiales que se manejan en la planta pueden ser riesgosos para la salud, por loque se necesitará equipos de seguridad que ayuden a preve-

nir accidentes tanto en el manejo como en el almacenamiento.

Las herramientas pueden ser manuales, eléctricas o neumáticas. Las primeras son las más comunes, y las dos últimas son herramientas que pueden acelerar la realización del trabajo.

Como valiosas auxiliares que son en la ejecución de un trabajo, es conveniente seguir unas precauciones para que se conserven en buen estado y listas para volver a usarse. Estas recomendaciones son:

1.- Seleccionar la herramienta adecuada al trabajo.
2.- Aprender el uso correcto de la herramienta.
3.- Seguir las indicaciones del fabricante para su uso.
4.- Reparar la herramienta defectuosa o reponerla.
5.- Limpiar la herramienta después de utilizarla.
6.- Guardarla en lugar apropiado.

También conviene observar unas precauciones cuando usemos herramientas para evitar accidentes:

a) No utilizar la herramienta en máquinas en movimiento para hacer ajustes.
b) Debe haber suficiente área de maniobras.
c) Apoyar siempre sobre un buen soporte.
d) Usar el equipo de protección recomendado.

e) No dejarla en escaleras o partes altas de donde se pueda caer.

En resumen, todo el equipo, material y herramienta debe manejarse con una serie deprecauciones que resultarán en beneficio de la operación de la planta potabilizadora.

P E R S O N A L

La experiencia y la pericia aparentemente no se pueden reemplazar pero la realidad de la vida nos obliga a no ser tan rígidos en este concepto y la necesidad de tener personal competente en una planta potabilizadora, puede presentar serias dificultades por carecer de fondos y medios para realizarlo. Por lo anterior no es posible formular algunas reglas invariables sobre el personal que se contrate en una planta potabilizadora, pero si hay ciertos métodos que pueden contribuir a que ese personal reuna condiciones para la práctica y vigilancia de las operaciones de tratamiento. El origen de brotes epidémicos, de enfermedades transmitidas en el agua, han podido localizarse en deficiencias del funcionamiento de la instalación, entre las cuales un porcentaje es debido al equipo, otra la incompetencia, otra la negligencia de los operarios.

Con estos antecedentes es necesario hacer conciencia en la persona que esté trabajando en una planta potabilizadora, de su gran responsabilidad

que tiene y adiestrarlos de la mejor manera y que reunan unos requisitos mínimos y ofrecer incentivos para que se puedan aumentar las posibilidades de garantizar un tratamiento eficiente; Si en nuestros sistemas, la realidad del presupuesto y la posibilidad de conseguir personal competente, no las tenemos, no deber ser justificantes para no cumplir con la responsabilidad que adquirimos al trabajar en una planta potabilizadora de agua. Un superintendente ó encargado debe tener capacidad técnica y experiencia, ser un administrador que conozca las aplicaciones de la hidráulica, los principios de física, química y biología, que se relacione con las operaciones de tratamiento y con los objetivos de salud pública en el suministro de un agua potable al usuario.

Los que vayan a ser operadores de la planta deben ser aspirantes que cuando menos hayan hecho estudios de secundaria, no tanto por las materias que hayan aprendido en ese nivel, sino por la circunstancia que la terminación de los estudios representa una cierta aptitud para aprender y para instruirse, aunque cuando se trabaja bajo la dirección de un jefe competente su capacidad técnica, su habilidad natural y honradez, es más importante que algún título de formación profesional.

Para puestos subordinados para los operadores, probablemente no se puede exigir los mismos requisitos y muchas veces se juzgan en referencias a trabajos anteriores y sus aptitudes para desarrollar labores parecidas en la planta potabilizadora.

Un trabajo de mucha importancia es la de capacitar a los operarios que puede ser durante el desarrollo de su trabajo o bien la organización de cursos en alguna planta más importante, donde pueda tener un entrenamiento teórico y práctico.

Algunos factores o normas que se deben establecer en un adiestramiento para operadores son:

1.- Darle a conocer el organigrama enla planta y dejar bien claro la jerarquía establecida, ya que esto puede motivar una resistencia a aceptar instrucciones o sugerencias en la etapa de aprendizaje.

2.-Dar una explicación de las instalaciones y procesos.

3.- Fomentar la capacidad de observación para que pueda detectar características que califiquen a un funcionamiento normal o anormal.

4.- Prepararlo en la práctica de todas las pruebas de laboratorio que sirvan de comprobación del tratamiento o del funcionamiento de las instala-

ciones.

5.- Lectura de catálogos, manuales, instructivos, etc. para que puedan comprender los principios de operación del equipo.

En cuánto a número de trabajadores que deber ser empleados en una planta potabilizadora, depende de varios factores, entre otros si la operación es manual, semi-automática o automática, aunque es conveniente que durante el día, tener más personal para ejecutar trabajos de mantenimiento preventivo, jardinería o reparaciones programadas.

En el caso de plantas grandes de tratamiento, en la que se encuentra el personal dividido en grupos de diferentes actividades, conviene que en cada grupo, este un sobrestante o encargado de que se realicen las actividades en su area o su competencia.

Cualquiera que sea la organización las ordenes o instrucciones que se den, deben ser claras y sencillas, y se establecerán controles para comprobar que se están ejecutando las operaciones señaladas (velador, purgado, etc.).

SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY

INSTITUCION PUBLICA DESENTRALIZADA

REPORTE DEL PERSONAL A PRUEBA:

Monterrey, N. L., _____

Reporte del Personal a Prueba:

Nombre _____

Semana No._____ del_____ al_____ de _____ de 19_____

Puesto tabulado al que aspira _____

Puesto de Planta actual _____

Asistencia_____ Faltas Justificadas_____Faltas Injustificados_____ Retrasos_____

Rapidez en el Trabajo: buena: _____ regular_____ deficiente_____

Obediencia a las órdenes qu se le imparten, buena_____ regular_____ mala_____

Obediencia de los trabajadores a sus órdenes, buena_____ regular_____ mala_____

Trato con sus compañeros de trabajo, buena_____ regular_____ Mala_____

Conocimiento del trabajo que pretende ocupar, buena_____ regular _____ mala_____

Cantidad de trabajo realizado arriba del promedio general _____

abajo del promedio general_____ Igual al promedio general_____

Eficiencia en el Trabajo: buena_____ regular_____ deficiente_____

Número de veces que equivocó un trabajo o cometió errores _____

Opinión del Jefe inmediato _____

_____

Opinión del Jefe del Depto. _____

_____

OBSERVACIONES: _____

_____

_____

_____

_____

_____

_____ _____

Jefe Inmediato Jefe del Departamento

ADIESTRAMIENTO DE LOS RECURSOS HUMANOS

En una planta potabilizadora que realiza sus objetivos, cuenta con recursos materiales técnicos y humanos. De éstos, los recursos humanos son los más importantes pues pueden mejorar y perfeccionar el empleo y el diseño de los recursos materiales y técnicos, lo cual no sucede en la inversa.

Para el adiestramiento de los recursos humanos, se tiene una organización que desarrolla programas y procedimientos para lograr el objetivo de proveer una estructura administrativa eficiente; de empleados capaces con oportunidad de progreso y satisfacción en el trabajo y una seguridad en el mismo.

La Ley Federal de Trabajo establece en la fracción XIII del Art. 123 "Las empresas, cualquiera que sea su actividad, estarán obligadas a proporcionar a sus trabajadores capacitación o adiestramiento para el trabajo". Estas reformas en el Art. 123 de la Ley entraron en efecto al establecerse la reglamentación del sistema, método y procedimiento conforme a

los cuales los patrones deberán cumplir con dicha - obligación. También se agregó un capítulo exclusivo de capacitación y adiestramiento en el titulo IV "Derechos y Obligaciones de los Trabajadores y Patrones" Capitulo III Bis. siendo en los Arts. 153 A y 153 X donde se describen disposiciones sobre el tema.

(A.- Derecho de capacitación. B.- Forma en que se capaciten. C.- Instituciones Privadas que deseen capacitar. D.- Cursos y programas de capacitación. etc.)

Con las bases legales anteriores y otras estipuladas en los contratos de trabajo es necesario promover y llevar a cabo la capacitación de los recursos humanos. En las plantas potabilizadoras debemos adiestrar a los trabajadores para:

1.- Mejorar en el puesto que desempeñan

2.- Para cubrir otro puesto de mayor jerarquía, afin al que desempeñan.

3.- Para cubrir otro puesto en la misma organización en otra rama de actividades.

4.- Para ocupar un puesto de nueva creación.

En donde las relaciones laborales son muy apegadas a lo reglamentado, la Ley es muy clara en obligaciones y derechos para cubrir vacantes, nuevos puestos, etc. aunque una opinión muy particular es que -

todo el personal que trabaja en la potabilizadora debe estar familiarizado con las actividades ahí desarrolladas.

En cuanto al lugar donde se debe adiestrar al personal es conveniente hacerlo en locales en donde se cuenten con facilidades para la enseñanza teórica y práctica, quizás en la planta misma. La enseñanza teórica comprende todos los principios de operación y funcionamiento; de los equipos y procesos, y la práctica es una aplicación de lo enseñado y un adiestramiento en el lugar del trabajo.

El adiestramiento del personal debe ser continuo y además considerar la capacitación en medidas de seguridad de higiene industrial, pues no hay que olvidar que uno de los objetivos del adiestramiento es prevenir riesgos en el trabajo.

No debemos olvidar que la salud de los consumidores la conservación y el buen funcionamiento de las instalaciones de la planta, generalmente muy costosas, dependen en gran parte de la destreza y competencia del personal, por lo que el Adiestramiento de los Recursos Humanos, está plenamente justificado al tener una planta potabilizadora cumpliendo sus objetivos de una manera eficiente y económica.

B I B L I O G R A F I A

Babock, Russel H. "Instrumentación y Control en el Tratamiento de Aguas Potables" E. Limusa, México 1974.

A. W. W. A. Water Distribution Operator Training Handbook, N. York, 1976.

Cox, Charles R. Práctica y Vigilancia de Operaciones de Tratamiento de Agua, O.M.S. 1966.

E. Porrua Ley Federal de Trabajo, México

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS

REVISION DE LOS PRINCIPIOS DE HIDRAULICA

ING. FRANCISCO SUZAN COLOMBRES

Noviembre, 1978.

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

RESUMEN

Es nuestra intención en este tema repasar aquellos principios fundamentales en los cuales se basa la medición de los caudales, clasificarlos según los criterios más modernos, así como explicar de manera somera las características principales de algunos dispositivos de aforo que más se utilizan en abastecimiento de agua, desde los más simples y conocidos, hasta los últimos y modernos instrumentos desarrollados por la técnica mundial en esta materia.

No es el objetivo en este curso de fluoruración ni el tiempo asignado a este tema lo posibilita el extendernos en la descripción de todos los medidores de flujo, los cuales son muy numerosos en la actualidad, sino solamente, como hemos dicho anteriormente, centrar nuestra atención en algunos de los dispositivos que más se utilizan en la práctica de abastecimiento de agua.

INTRODUCCION

El trabajo que a continuación se expone constituye uno de los temas desarrollados en el "Curso sobre fluoruración de abastecimientos de agua potable" que se celebró en La Habana, en Marzo de 1970.

Por tratarse de la aplicación de principios fundamentales de Mecánica de los Fluidos para la determinación de los gastos o caudales de éstos a través de distintos instrumentos de aforo, entendemos como válida y procedente su publicación en estos momentos.

BREVE RESEÑA HISTORICA SOBRE MEDICION DE CAUDALES.

La medición del flujo es posiblemente el arte más antiguo en la Ciencia de la instrumentación y su historia se extiende hasta las famosas obras hidráulicas y de ingeniería pública de los romanos.

Desde entonces, una larga lista de nombres científicos ilustres se han asociado a la Hidráulica y la Mecánica de los Fluidos. Nombres como los de Arquímedes, Da Vinci, Galilei, Torricelli, Pascal, Euler, Bernoulli, Stokes, Reynolds, Prandtl, Von Karmán y Nikuradse por citar solamente algunos, han pasado a la historia por sus estudios y contribuciones a la solución de los complejos problemas que encierra el flujo de los fluidos.

A lo largo de este cuadro general de desarrollo es de destacar los impresionantes avances logrados en los últimos treinta años en la instrumentación y técnica de la medición del flujo.

Junto a los ya conocidos instrumentos de aforo: vertedores, orificios, canales Venturi y Parshall han surgido como ejemplos notables del progreso hecho en esta rama de la Ingeniería, el tubo de Dall, los medidores de flujo electromagnético y de flujo- masa, los medidores de control automático y de flujo ultrasónico, etc.

ASPECTOS GENERALES Y CLASIFICACION.

Todos los medidores de fluído están constituídos por dos partes fundamentales, que llamaremos:

1. Elemento primario
2. Elemento secundario

Cada uno de estos elementos tiene que realizar funciones diferentes.

El elemento primario está en contacto con el fluído, originándose alguna forma de interacción entre ambos. Esta interacción puede ser la comunicación de movimiento al elemento primario, la aceleración del fluído o puede ser un intercambio de calor.

El elemento secundario transforma la interacción entre el fluido y el elemento primario en volúmenes, pesos o gastos y recoge el resultado.

Por ejemplo, en un metro Venturi (ver fig. I) el cuerpo del medidor junto con la parte adyacente de la tubería y las conexiones de presión, constituye el elemento primario, mientras el elemento secundario consiste en un manómetro diferencial junto con alguna clase de mecanismo para transformar la diferencia de presión en un gasto e indicar el resultado, en algunos casos también esto se registra gráfica y acumulativamente con respecto al tiempo.

La misma clase de combinación se cumplirá en otros tipos de metros.

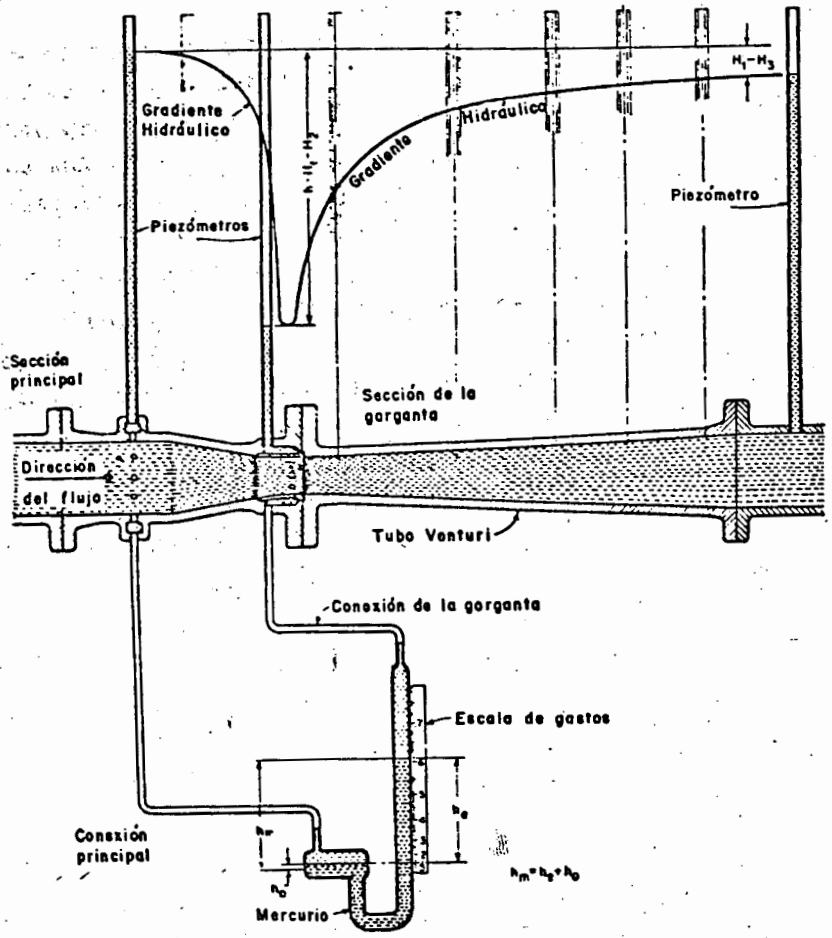


Fig. I - Sección típica de un tubo Venturi

Los dispositivos secundarios, como es obvio, pueden ser variados casi indefinidamente, pero los elementos primarios dependen para su operación de unos pocos principios físicos sencillos. Por lo tanto, los medidores de flujo pueden clasificarse mejor con respecto solamente a la naturaleza del elemento primario o a los principios físicos que intervienen en su funcionamiento, y este enfoque es el que adoptaremos.

Un estudio de la literatura sobre este tema, nos muestra que distintos escritores han usado diferentes principios de clasificación de los medidores de fluidos y que la terminología adoptada ha sido usada muy ligeramente algunas veces.

Por ejemplo, los términos "positivo", "total", "flujo parcial" y "proporcional" han sido usados ambigua o inconsistentemente. Por consiguiente, se ha tratado de adoptar una clasificación, que deberá ser tan clara y lógica como práctica.

De acuerdo con el "ASME Research Committee on Fluid Meters", los medidores de fluidos pueden ser divididos en dos grupos funcionales que son:

1. Medidores de cantidad (peso o volumen)
2. Medidores de gasto o caudal.

Como su nombre lo indica, el primer grupo mide fundamentalmente cantidades; el segundo mide fundamentalmente gastos:

Los medidores que estudiaremos en este curso pertenecen al grupo dos.

A continuación reproducimos la clasificación de los medidores de fluido y métodos de medición de la ASME.

DIVISION	CLASE	TIPO
Medidores de cantidad (Metros contadores)	De peso Volumétricos	Balanzas Trampas basculadoras
	Líquidos	Tanque Pistón reciprocante Pistón rotatorio Disco nutante Paletas deslizantes y rotatorias Impelente de lóbulo y de engrane (rotatorios)
	Gases	Fuelle De tambor sellado con líquido
Medidores de Gasto	Carga (Cinéticos)	Venturi Tobera Tobera-Venturi Orificio en plancha delgada de: borde recto Concéntrico Excéntrico Segmentado Compuerta o área variable Centrífugos: Codo de radio largo De caja espiral de turbina Tubo de Pitot (Tubo de impacto): Tubo de Pitot Estático Pitot Venturi De resistencia lineal o friccional: Tubo Capilar Tapón poroso
	Carga constante y Area	Calibrador: De flujo De flujo crítico
	Area (Geométrico)	De flujo compuerta De cono y flotador De cilindro ranurado y pistón
	Carga-Area	Vertedores Canales
	Fuerza: Conducto abierto	Péndulo hidrométrico Paleta
	Conducto cerrado	Metros de flujo de Momentum
	De velocidad: Conducto abierto o cerrado	De copas (Anemómetros) De propela

DIVISION	CLASE	TIPO
	Conducto Cerrado	Tipo Turbina
	Térmicos:	
	Conducto abierto o cerrado	De alambre caliente
	Conducto cerrado	De calor total
	Métodos Especiales:	
	Conducto abierto o cerrado	De mezclas Salimétricos Electromagnético
	Conducto cerrado	De presión - tiempo De velocidad sónica

DEFINICIONES

Pasaremos ahora a definir un poco más en detalle los medidores de cantidad y de gasto, así como las clases de metros que estudiaremos.

División No. 1. Medidores de Cantidad.

El término "cantidad" es usado aquí para designar aquellos medidores a través de cuyo elemento primario el fluido pasa en cantidades sucesivas y más o menos separadas, ya sean de pesos o volúmenes, en llenados y vaciados alternos de recipientes de capacidades conocidas.

El elemento secundario de un medidor de cantidad consiste en un contador con escalas graduadas adecuadamente, para registrar la cantidad total que ha pasado a través del metro.

División No. 2. Medidores de gasto.

El término "gasto" es usado como el antónimo de cantidad. Se aplica a todo medidor a través del cual el fluido no pasa en cantidades separadas, sino en corrientes continuas. El movimiento de esta corriente fluída circulando a través del elemento primario es utilizado directa o indirectamente para mover el elemento secundario.

En los medidores de gasto, el funcionamiento del elemento primario depende de alguna otra propiedad del fluido, además de la masa o volumen.

Esta propiedad puede ser la energía cinética (metros de carga), la inercia (metros de gases), el calor específico (metros térmicos), etc.

El elemento secundario diseñado para utilizar un cambio en la propiedad o propiedades es excitado para obtener una indicación del gasto y usualmente se une a algún dispositivo que traza los resultados necesarios automáticamente, de tal manera que el observador pueda leer el resultado a partir de un dial o diagrama (ver Figs. II y III). En algunos casos, el elemento secundario indica o registra presiones, ya sean estáticas o diferenciales, por lo que el gasto debe obtenerse por cálculo.

En otros casos, el elemento secundario no solamente indica el gasto, sino que lo integra con respecto al tiempo y registra la cantidad total que ha pasado a través del metro.

En algunos casos las indicaciones y registros del elemento secundario son transmitidos a un punto algo distante del elemento primario.

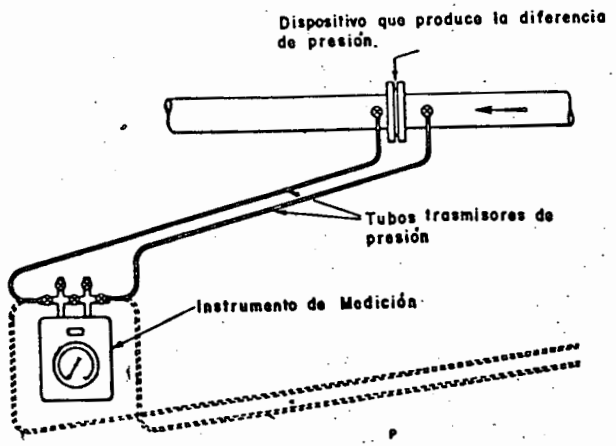


Fig. II - Elemento secundario con instrumento de medición situado por debajo y a distancia del elemento primario.

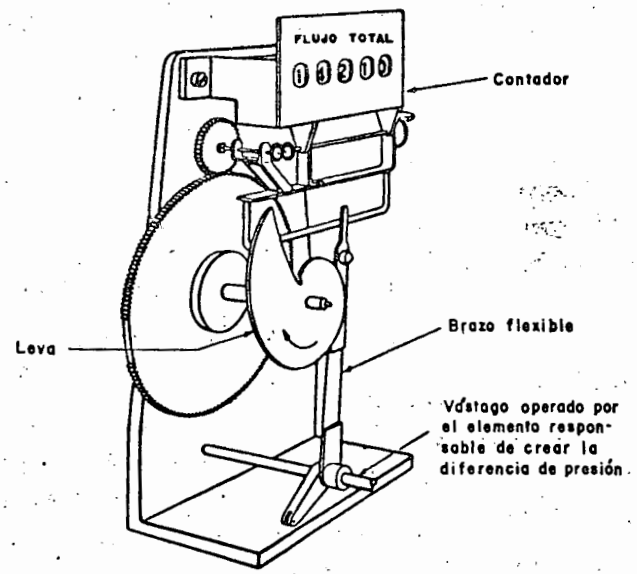


Fig. III- Mecanismo de integración de tipo intermitente.

Clases de medidores que estudiaremos.

Medidores de Carga. Son aquéllos en los cuales la corriente del fluido crea una diferencia de presión o una carga diferencial, a través del elemento primario, esta carga depende de la velocidad y densidad del fluido.

El tubo Venturi, la tobera y el orificio son dispositivos primarios en los cuales se toma la presión estática en dos puntos pertenecientes a dos secciones transversales distintas y, por consiguiente, de diferentes velocidades lineales.

En los tipos de metros citados anteriormente, el elemento secundario del metro, debe incluir, primero que todo, un manómetro de presión diferencial o dos manómetros separados a partir de los cuales puede obtenerse la diferencia de presión. Puede incluir también un mecanismo para transformar la diferencia de presión en gasto de acuerdo a la fórmula conocida del elemento primario, así como adicionar un mecanismo para integrar el flujo total dado.

Medidores de Carga - Area.

Los vertedores y canales se aplican solamente a conducciones libres y en ellos se produce una variación simultánea de carga y área. El elemento secundario es accionado por el cambio en altura de la superficie libre del líquido.

Métodos especiales.

En esta clase, son agrupados varios métodos de medición de gasto que son usados raras veces en la práctica rutinaria comercial de mediciones de flujo, pero son muy usados a menudo en ensayos que implican el flujo de fluidos y su medición.

PRINCIPIOS SOBRE LA MEDICION DE CAUDALES.

La teoría de los medidores de gasto se basa en la consideración del régimen permanente, en el cual las características del fluído, es decir, su densidad, presión, velocidad y temperatura en cualquier punto de una sección transversal del flujo permanecen constantes con respecto al tiempo. Una consecuencia de lo anterior es la constancia del gasto.

En la inmensa mayoría de los casos de interés práctico, el flujo es turbulento, lo cual implica un movimiento caótico de las partículas, intercambio de momentum entre las mismas, etc.

Es evidente que la aplicación de los conceptos de régimen estrictamente permanente y turbulento a un flujo dado simultáneamente no son congruentes, no obstante, si el gasto es sensiblemente constante, podemos considerar los valores medios temporales de la velocidad, presión, etc. y de esta manera generalizamos el concepto de régimen permanente haciéndolo compatible con el de flujo turbulento.

Como en nuestro caso se trata de la medición de un líquido, el agua, podemos considerar perfectamente al fluido como incompresible, o lo que es lo mismo, admitir que su peso específico es constante.

La medición de caudales se basa en dos principios básicos fundamentales aplicados al fluido incompresible en régimen permanente, los cuales son:

1. El teorema de Bernoulli, caso particular de la ecuación general de energía.
2. Ecuación de continuidad, la cual no es más que un caso especial de la ley física general de la conservación de la materia.

Inicialmente, estos principios se aplican al fluido ideal (no viscoso) incompresible en régimen permanente, obteniéndose con ello ecuaciones teóricas. Después mediante experimentación, se determinan los efectos combinados de la viscosidad, no uniformidad en la distribución de velocidades, etc.

La ecuación teórica inicial afectada por un coeficiente adecuado nos permitirá determinar el gasto real que circula a través del medidor.

Los principios anteriores serán aplicados en el estudio específico de algunos de los tipos de medidores que trataremos a continuación.

TIPOS DE MEDIDORES.

Metro Venturi.

Comenzaremos por tratar uno de los medidores más utilizados en la medición de caudales: El metro Venturi correspondiente a la clase metros de carga.

Como hemos mencionado anteriormente, el fluido fluye a través del elemento primario de un medidor de gasto en forma de una corriente continua.

El metro Venturi es en sí el elemento primario básico, constituyendo el elemento secundario el manómetro diferencial conjuntamente con la escala de gastos, tal como lo podemos apreciar en la figura I.

El principio básico fundamental de operación del metro o tubo Venturi, al igual que de la generalidad de los me

tros de carga es que al pasar el fluido por el elemento primario, se produce una marcada diferencia de presión estática.

Esto se debe al hecho conocido de que un incremento de velocidad va acompañado por una disminución de la presión. El aumento de velocidad se obtiene al disminuir el área de la sección transversal del flujo.

Este cambio de presión estática es necesario medirlo.

Las consideraciones teóricas usadas como base para el cálculo del gasto a partir de las presiones observadas, son las mismas para todos los metros de carga. Hipótesis similares son hechas también en el desarrollo de las ecuaciones de trabajo.

Debido a lo anterior, solamente deducimos la ecuación del gasto del metro Venturi, ya que dicho análisis es igual en los restantes metros de carga, tales como el metro orificio, el metro tobera, el tubo de Dall, los orificios excéntricos y segmentados, el metro tobera-Venturi, etc.

De estos últimos veremos algunos cualitativamente.

Descripción del instrumento.

El metro Venturi consiste esencialmente en tres partes: la primera, convergente, con el ángulo de convergencia de 19º a 23º y que tiene como finalidad aumentar la velocidad del fluido y disminuir temporalmente su presión estática; la segunda, cilíndrica, que se conoce con el nombre de garganta del metro y tiene una longitud igual a su diámetro interior; y la tercera, divergente, con un ángulo de divergencia entre 5º y 15º que se conoce con el nombre de difusor y tiene como objeto recuperar la velocidad primitiva con la menor pérdida de carga posible.

Tanto en la entrada del metro como en la garganta, existen conexiones para la determinación de la diferencia de presión entre la entrada y la garganta.

Las proporciones de los metros Venturi usados para aforo de líquidos y gases son aproximadamente las mismas que las adoptadas originalmente en 1887 por su inventor, Clemens

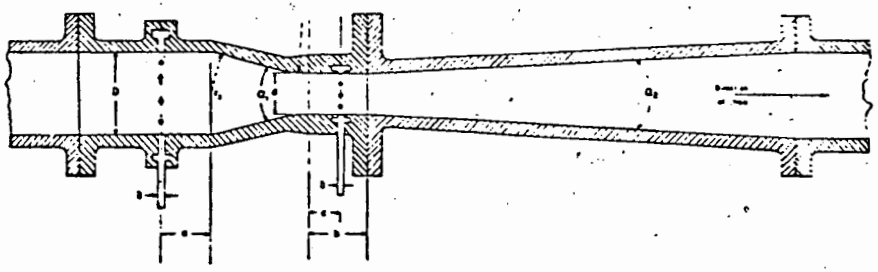
Herschel (en la figura IV se muestran las proporciones que recomienda el Comité para Medida del Flujo de la "Organización Internacional para Normalización" de metros Venturi de diseño Herschel. (Ver figura IV). Comenzando en el plato aguas arriba, la primera porción del metro es una continuación del diámetro interior de la tubería, si bien está terminada a máquina o ha sido fundida por inyección de modo que su interior quede liso y su diámetro interior pueda ser determinado con precisión. La presión estática del fluido en esta porción puede ser obtenida a través de un cierto número de barrenos a espaciamientos iguales en la periferia de la sección, los cuales desembocan en la cámara piezométrica de la cual se obtiene la presión por medio de una conexión a un manómetro.

Después de esta porción cilíndrica, sigue el cono de entrada, el cual tiene un ángulo de convergencia de aproximadamente 21º. La parte cilíndrica y la parte cónica se unen por una superficie curva (ver fig. IV) -Radio r_1 . El cono de entrada conduce a la garganta del metro, la cual está terminada a máquina y en la cual existe también una cámara piezométrica de donde se puede obtener la presión estática de la garganta. La transición del cono de entrada a la garganta es también una superficie curva (ver fig. IV) Radio r_2 para evitar la resistencia causada por la arista y también para evitar la posibilidad de que el fluido pueda alejarse de la pared de la garganta a altas velocidades y que por lo tanto, el fluido no llene la garganta completamente. El diámetro de la garganta está usualmente entre 1/3 y 3/4 del diámetro de la tubería y en sus inmediaciones existe generalmente una junta o un registro que permiten la inspección de las condiciones de la garganta y facilitan la medida del diámetro de la garganta.

El extremo de la garganta desemboca en el cono de salida o difusor, el cual tiene un ángulo de divergencia entre 5º y 15º. Este cono termina en un plato para la conexión del metro a la tubería.

Los metros Venturi pequeños por ejemplo, para tuberías menores de 2" se fabrican generalmente de latón o bronce y están terminados a máquina en su interior para re-

ducir mínimo la resistencia. Los metros Venturi mayores, se fabrican generalmente de hierro fundido, con la garganta revestida de latón, bronce o acero níquel y terminada a máquina. Los metros Venturi muy grandes, hasta por ejemplo - 20', se construyen casi completamente de hormigón armado, teniendo solamente la garganta revestida de hierro laminado.



D = Diámetro de la tubería de entrada y de salida
d = Diámetro de la garganta
a = 0.25 D a 0.75 D para 4" ≤ D ≤ 6", 0.25D a 0.50 D para 6" < D ≤ 32"
b = d
c = d/2
δ = 3/16" a 1/2" de acuerdo a D. Mínimo de 4 tomas
r2 = 3.5d a 3.75d
r1 = 0 a 1.375d
α1 = 21° ± 2°
α2 = 5° a 15°

Fig. IV - DIMENSIONES RECOMENDADAS PARA METROS VENTURI DE DISEÑO HERSCHEL.

Variaciones de diseño.

Pequeñas variaciones de las proporciones dadas en la Fig. IV, pueden o no afectar apreciablemente las mediciones. Por ejemplo, pequeños cambios en el cono de entrada del valor de 21° tendrán pequeña influencia en el coeficiente de - descarga; sin embargo, es esencial que la transición entre el cono de entrada y la garganta sea una superficie curva.

El ángulo del cono difusor NO tiene influencia en el coeficiente de descarga, el cual no se afecta aun si se elimina el cono difusor. El ángulo original del difusor (5° a 7°) se utilizó porque produce la resistencia mínima a las - velocidades usuales y a la relación tubería-garganta generalmente utilizada. Si en la operación de un metro Venturi, - se puede permitir una pérdida de carga grande, el cono difusor puede ser omitido ($\alpha 2 = 180°$), y las características - de pérdida de carga para ese metro, serán similares a las - de un metro Tobera. Sin embargo, cuando el ángulo del difusor excede de 15°, el flujo no es uniforme, y se hace difícil la lectura precisa de los manómetros.

Generalmente, las modificaciones que se hacen a los metros Venturi tienden principalmente a disminuir la longitud del metro sin aumentar grandemente la pérdida de carga. Entre estas modificaciones se encuentran el metro Tobera-Venturi, el Orificio-Venturi y el Pitot-Venturi.

Rasante piezométrica y pérdida total en un metro Venturi.

Tal como se indica en la Fig. I, la presión estática a lo largo de un metro Venturi decrece rápidamente de un - máximo a la entrada (H_1) a un mínimo en la garganta (H_2), - después de lo cual aumenta rápidamente al principio y suavemente después hasta que se alcanza un segundo máximo (H_3) - cerca de la unión entre el difusor y la tubería.

Este segundo máximo es menor que el de la entrada - - aproximadamente del 10% al 20% de la diferencia de presión entre la entrada y la garganta. O sea, si llamamos $h = H_1 - H_2$, y $hf = H_1 - H_3$, tendremos:

$$0.10h < hf < 0.20h$$

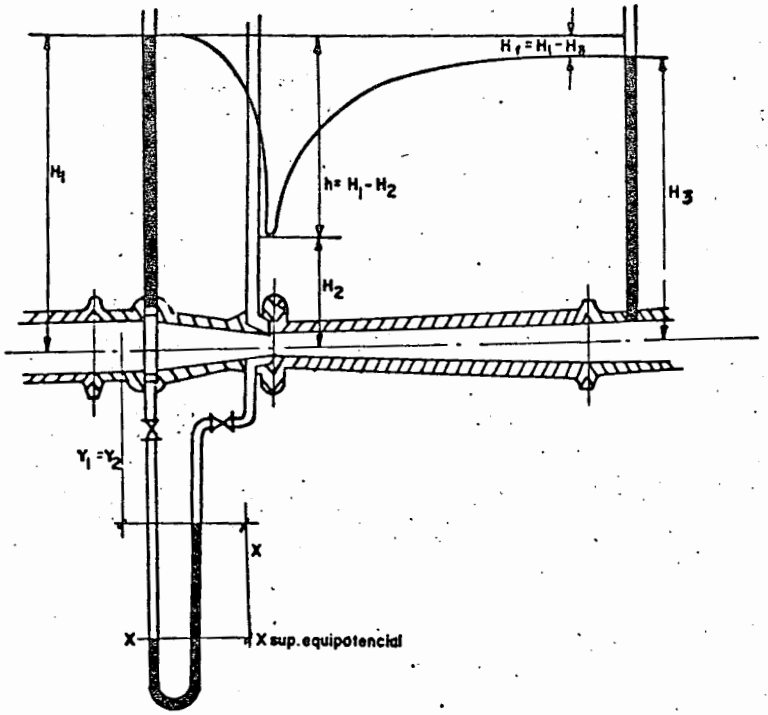


Fig. V.- VARIACION DE LA RASANTE PIEZOMETRICA A LO LARGO DE UN METRO VENTURI.

Podemos decir que entre el 80% y el 90% de la diferencia de presión entre la entrada y la garganta del metro, se restablece en el difusor. Como se indicó previamente, la función del difusor es desacelerar la corriente de fluido uniformemente y con la mínima turbulencia de manera que la diferencia de presión entre la entrada y la salida sea mínima. Sin embargo, es imposible conseguir que sean iguales, y el por ciento de pérdida de carga disminuye cuando la velocidad de la corriente aumenta y también cuando la relación entre los diámetros de la garganta y la tubería

$\beta = \frac{d}{D}$ aumenta.

A continuación deduciremos la ecuación teórica del gasto para fluidos incompresibles del metro Venturi (a partir de la Fig. V), basándonos en el Teorema de Bernoulli y la ecuación de continuidad.

Aplicando el Teorema de Bernoulli entre las secciones 1 y 2 y no considerando las pérdidas por fricción, resulta:

$$\frac{U_1^2}{2g} + Z_1 + \frac{p_1}{W} = \frac{U_2^2}{2g} + Z_2 + \frac{p_1^2}{W}$$

Si la tubería en que está instalado el metro es horizontal, $Z_1 = Z_2$ y por tanto:

$$\frac{U_2^2}{2g} - \frac{U_1^2}{2g} = \frac{p_1}{W} - \frac{p_2}{W}$$

$$U_2^2 - U_1^1 = 2g\left(\frac{p_1}{W} - \frac{p_2}{W}\right)$$

Multiplicando y dividiendo el primer término por U_2^2, resulta:

$$U_2^2\left[1 - \frac{U_1^2}{U_2^2}\right] = 2g\left(\frac{p_1}{W} - \frac{p_2}{W}\right) \qquad (1)$$

Además, por la ecuación de continuidad $A_1U_1 = A_2U_2$, o sea:

$$\frac{U_1^2}{U_2^2} = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2$$

donde $A_2 = \frac{\pi d^2}{4}$

y $A_1 = \frac{\pi D^2}{4}$

BIBLIOTECA DE LAS DIVISIONES DE INVESTIGACION Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
JUL 9 1976

Por tanto:

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{\frac{\pi d^2}{4}}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{d^2}{D^2}$$

Si llamamos β a la relación $\frac{d}{D}$, tendremos:

$$\frac{A_2}{A_1} = \beta^2 \; ; \quad \left(\frac{A_2}{A_1}\right) = \beta^4$$

Luego:

$$\frac{U_1^2}{U_2^2} = \beta^4 \qquad (2)$$

Sustituyendo el valor de (2) en (1):

$$U_2^2 \; (1 - \beta^4) = 2g \left(\frac{P_1}{W} - \frac{P_2}{W}\right)$$

$$U_2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^4}} \cdot \sqrt{2g\left(\frac{P_1}{W} - \frac{P_2}{W}\right)}$$

Por lo tanto, el gasto teórico a través de la sección será:

$$Qi = A_2 \; U_2 = \frac{A_2}{\sqrt{1 - \beta^4}} \cdot \sqrt{2g\left(\frac{P_1}{W} - \frac{P_2}{W}\right)} \qquad (3)$$

Ahora bien, la diferencia de carga $\frac{P_1}{W} - \frac{P_2}{W}$ se puede expresar en función de la diferencia de alturas entre las ramas del manómetro diferencial.

Trazando una superficie equipotencial X - X en el manómetro diferencial, tendremos:

$$P_1 + y_1 W + XW = P2 + y_2 W + XsW$$

pero

$$y_1 = y_2, \text{ luego } y_1 W = y_2 W$$

$$P1 - P2 = XsW - XW$$

Dividiendo toda la expresión entre W, resulta:

$$\frac{P_1}{W} - \frac{P_2}{W} = X \quad (s - 1)$$

Si la diferencia de nivel entre las ramas del manómetro diferencial se mide en pulgadas; la diferencia de carga en pies estará dada por:

$$\frac{P_1}{W} - \frac{P_2}{W} = \frac{X}{12} \cdot (s - 1) \qquad (4)$$

Sustituyendo el valor hallado en (4) en la ecuación (3), resulta:

$$Q_1 = \frac{A_2}{\sqrt{1 - \beta^4}} \cdot \sqrt{2g \; \frac{(s - 1)}{12}} \cdot \sqrt{X}$$

Además, para un metro dado y un líquido manométrico determinado, los términos de la expresión anterior son constantes, con la excepción de X.

Si hacemos:

$$K_1 = \frac{A_2}{\sqrt{1 - \beta^4}} \cdot \sqrt{2g \; \frac{(s - 1)}{12}}$$

Resultará:

$Q_1 = K_1 \cdot \sqrt{X}$, o sea, que el gasto teórico o ideal de un metro Venturi es proporcional a la raíz cuadrada de la diferencia de carga entre la entrada y la garganta. De la expresión anterior podemos afirmar que el gráfico aritmético de Q_1 vs X es una parábola con vértice en el origen de coordenadas.

Coeficiente de descarga.

El gasto efectivo o real a través del metro es rara vez igual al gasto obtenido por medio de las ecuaciones teóricas. Esto es debido a los efectos de la turbulencia, variación de velocidad y transferencia de calor. En general, el gasto efectivo es menor que el gasto obtenido teóricamente. De aquí que para obtener el gasto real a partir de las

ecuaciones teóricas, se tenga que introducir un factor, llamado coeficiente de descarga (C) y el cual está definido por la ecuación:

$$C = \frac{\text{gasto efectivo}}{\text{gasto ideal}} \quad \therefore \quad C = \frac{Q_e}{Q_i}$$

Luego el gasto real Q_e estará dado por:

$$Q_e = CQ_i = CK_i \cdot \sqrt{X}$$

De experimentos realizados se ha demostrado que el coeficiente de descarga C, varía con el número de Reynolds.

La ecuación obtenida para el gasto real o efectivo que pasa a través de un metro Venturi:

$$Q_e = \frac{C\,A^2}{\sqrt{1-\beta^4}} \cdot \sqrt{2g\,\frac{(s-1)}{12}} \cdot \sqrt{X}$$

es igual a la que se obtendría si aplicáramos los principios de Bernoulli y continuidad a los metros orificio, tobera, tobera Venturi, etc., con la excepción que los coeficientes de descarga serían diferentes.

Ventajas y desventajas del metro Venturi.

Ventajas.

Se recomienda cuando:

a) El flujo a medir tiene grandes cantidades de sólidos suspendidos.

b) Se requiere una exactitud máxima en la medición de fluidos altamente viscosos.

c) Se desee una pequeña pérdida de carga.

Usualmente, la última ventaja no es suficiente para decidirse en favor del metro Venturi.

Desventajas.

Su costo inicial es alto y otros medidores tienen características de recuperación de la presión similares o mayores. La pérdida de presión del metro Venturi es alrededor de un 12%, existiendo algunos tipos de medidores cuya pérdida es menor que ésta.

Metro Tobera-Venturi.

Con el avance de la técnica se han propuesto y utilizado con alguna extensión varias modificaciones del tubo Venturi convencional, todas con el objetivo principal de acortar la longitud del tubo sin un aumento considerable de la pérdida de carga total.

No obstante lo anterior, los contornos generales del Venturi original han permanecido inalterables.

Una combinación de los metros Venturi y Tobera ha dado origen al METRO TOBERA - VENTURI, cuyo esquema aparece a continuación.

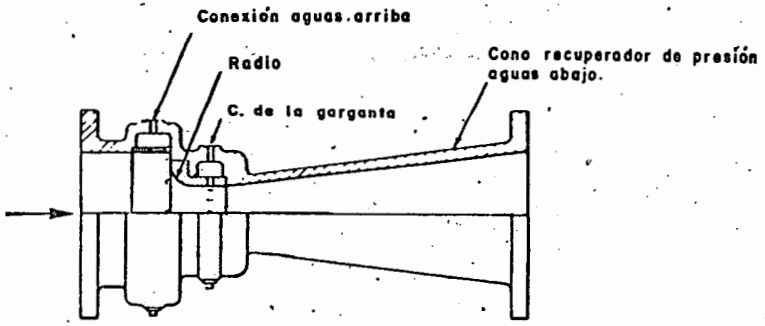


Fig. VI - Metro Tobera - Venturi

En este caso, la entrada es corta y curveada como la de un metro Tobera. La sección de salida puede ser mucho más corta que la del metro-Venturi convencional y ligeramente curveada, de modo que semeje una campana alargada.

Aunque este medidor no tiene la misma eficiencia de pérdidas bajas como un metro Venturi, ya que usualmente pierde menos de un 20% de su presión aguas arriba, su costo es considerablemente menor que el del Venturi.

Tubo de Dall.

Una modificación reciente del Venturi convencional la constituye el denominado Tubo de Dall (ver Fig. VII), el cual fue desarrollado con el objeto de permitir la medición del flujo con la misma precisión que el metro Venturi, pero con una pérdida de presión sustancialmente menor que cualquier otro metro de carga conocido (alrededor de un 5%).

Consiste en un cuerpo cilíndrico corto con platillo, diseñado con una disminución abrupta del diámetro, seguido por una restricción cónica y una salida divergente. El área reducida en el cono de entrada conjuntamente con el diseño de la ranura anular de la garganta, induce una diferencia de presión apreciablemente mayor que la obtenida con los metros Venturi o Tobera de dimensiones similares.

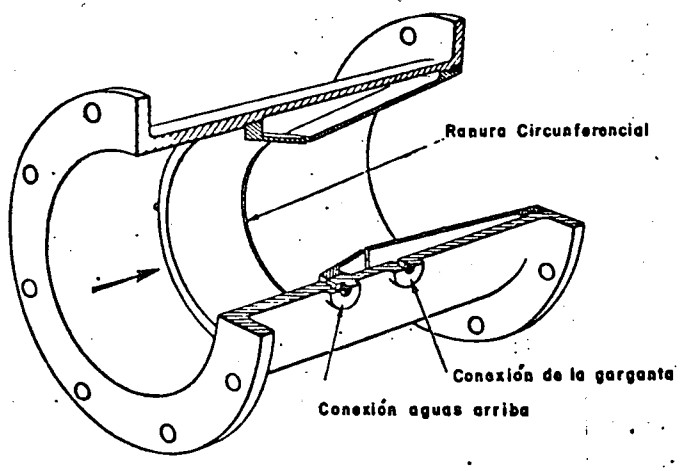


Fig. VII - Tubo de Dall

De un análisis preliminar del tubo de Dall pudiera parecer que los cambios abruptos del contorno no pueden conducir a pequeñas pérdidas de presión, pero en la práctica y por las siguientes razones, lo exactamente inverso es lo que ocurre.

El teorema convencional de Bernoulli, se aplica cuando las líneas de corriente son paralelas a las paredes del tubo a través del cual el fluído circula, en los puntos de medición de la presión; utilizando una longitud de garganta paralela, la forma convencional del Venturi es diseñada para asegurar esta condición.

Como se muestra en la figura anterior, en el tubo de Dall esta longitud de garganta paralela es sustituida por una ranura circunferencial formada entre los diámetros más pequeños de dos conos, los cuales forman un ángulo considerable, midiéndose la más baja de las dos presiones en esta ranura.

El efecto del cambio abrupto en el contorno del flujo provoca una curvatura considerable de las líneas de corriente de la ranura, adicionándose por tanto una carga por "curvatura de las líneas de corriente" a la carga diferencial producida de acuerdo con la ecuación de Bernoulli. Es decir, la presión en la garganta es disminuida en una cantidad apreciable y el coeficiente de descarga, por tanto, es mucho menor que la unidad.

Además, la reducción abrupta en diámetro en el punto donde la presión aguas arriba es medida, resulta en un aumento local de la presión, la cual a su vez aumenta la presión diferencial producida por este dispositivo.

A pesar del cambio abrupto en la dirección de las líneas de corriente en la ranura, no hay separación del chorro de las paredes del tubo y consecuentemente no se producirán remolinos o pertubaciones. La eliminación de las pérdidas por remolino y la reducción en la fricción producto de las cortas longitudes de los conos, traen como consecuencia una alta recuperación de la energía.

Aproximadamente, la longitud total de un Tubo de Dall es igual al doble de su diámetro aguas arriba.

Debido a la naturaleza no complicada del contorno del tubo de Dall, en los tamaños más grandes estos elementos primarios pueden ser fabricados fácilmente de acero dúctil, por ejemplo, para mediciones de aire a baja presión.

El tubo de Dall es mucho más corto, más ligero y más barato que un Venturi.

Orificios.

Dentro de la clase metros de carga, finalmente estudiaremos los Medidores o metros Orificios (ver Fig. VIII).- El orificio es posiblemente uno de los más antiguos dispositivos utilizados para medir o regular el flujo de los fluídos. La historia nos muestra que los romanos del tiempo de César utilizaron el orificio para medir el agua que se distribuía a las casas. En años más recientes, el orificio de plancha delgada o de aristas vivas ha sido usado comúnmente para medir la descarga de los fluídos desde un tanque grande a otro o al aire libre. Solamente a partir de las últimas 5 décadas ha sido sistemáticamente estudiado su comportamiento como un dispositivo para la medición del flujo de los fluidos en las tuberías.

Orificios concéntricos.

En su forma más simple y conocida el orificio es simplemente un hueco circular practicado en una plancha lisa delgada (los platos delgados son llamados de "Tipo Fino", su espesor varía de 1/16" a 1/8" para orificios de hasta 10"), la cual, es insertada entre los platillos de una junta en la tubería de tal manera que su plano sea perpendicular al eje de la tubería y el hueco sea concéntrico con la misma.- Algunas veces se usan planchas de mayor espesor llamadas de "Tipo Grueso" (espesor que se usa en orificios de diámetro mayor de 10"), entonces el hueco de la plancha es redondeado sobre el lado de la salida para dejar solamente un borde delgado, mientras la cara de entrada del plato permanece lisa con un ángulo de 90º en el borde del hueco.

Los orificios son provistos algunas veces con un hueco pequeño adicional cuya función es permitir el paso de condensados y gases. Cuando el fluido es un líquido como en nuestro caso, el hueco adicional está situado por encima del orificio, de modo que los gases puedan pasar y no puedan formarse bolsas de dicho fluído.

El uso de tal agujero es considerado frecuentemente una desventaja debido a que puede producir errores en la medición.

Las conexiones de presión que van unidas a un manómetro diferencial o a manómetros abiertos separados, están situadas en huecos laterales construídos en la pared de la tubería sobre ambos lados del platillo o construídos en éste, de tal manera que la diferencia de presión entre ambos lados del orificio pueda medirse.

Como ya sabemos, esta diferencia de presión o carga diferencial es utilizada para determinar el gasto.

Orificios excéntricos y segmentados.

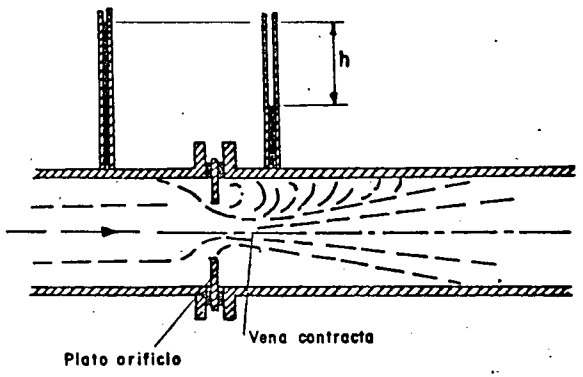
Un orificio excéntrico circular se construye e instala de modo que su centro no coincida con el eje de la tubería. Generalmente, la excentricidad es tal, que un lado de la abertura circular se encuentra a ras con la pared interior de la tubería. Si es líquido, el orificio es tangente a la superficie superior de la tubería, ocurriendo lo contrario, si es gas el fluido circulante.

En los orificios segmentados, la forma del área restringida es un segmento de círculo de aproximadamente el mismo diámetro que la tubería.

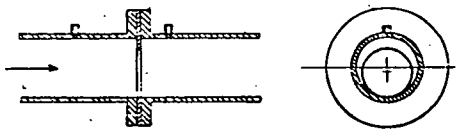
El orificio segmentado es instalado con el segmento sobre el lado opuesto de la tubería donde se encuentran las conexiones de presión.

Las razones para utilizar las formas especiales de orificios anteriores son las siguientes:

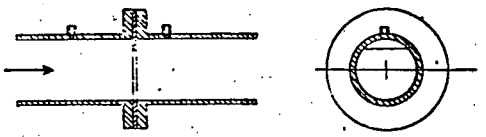
a) El plano de la vena contracta es desplazado a una mayor distancia en dirección aguas abajo que en el caso de un orificio circular concéntrico de la misma área. Esto es ventajoso en aquellos casos de platillos altos que pueden limitar la distancia disponible entre las conexiones de baja presión y la plancha del orificio.



(a) Concéntrico



(b) Excéntrico



(c) Segmentado

Fig. VIII - Orificios

b) El colocar un lado del orificio circular excéntrico o segmentado a nivel con la superficie inferior de la tubería trae como consecuencia un buen drenaje de aquellos sólidos que pueda contener el líquido circulante, teniendo en cuenta que éste no sea muy viscoso o abrasivo.

Al utilizar una de estas formas especiales de orificios se está disminuyendo el peligro de que tales materias afecten la precisión del metro.

De los metros que hemos visto hasta ahora, es e[illegible]nos caro en costo inicial, pero puede convertirse en el más caro en cuanto a operación, debido a su alta pérdida de carga, la cual puede ser de un 60 a un 80% de la diferencia de presión producida por el orificio.

Una de las razones para utilizar el orificio como un elemento primario excelente en la medición del flujo, es la gran abundancia de datos que sobre el mismo existe, los cuales pueden encontrarse en cualquier libro de Hidráulica.

Antes de pasar a estudiar los medidores de carga-área, entendemos que es conveniente establecer un parangón sobre el importante aspecto de las pérdidas de carga entre los medidores de carga analizados anteriormente.

PERDIDA DE CARGA TOTAL.

Cuando se selecciona un medidor puede ser necesario no solamente medir la diferencia de presión en el metro a partir de la cual puede deducirse el gasto, sino conocer también la pérdida de carga total a través del mismo. Esta información puede tener una importancia especial si el líquido es bombeado antes de llegar al metro y es que permite determinar la energía adicional requerida por el líquido, la cual debe ser suministrada por la bomba para vencer las pérdidas en el metro.

Entre los factores que influyen en el valor de la pérdida total tenemos:

a) El tipo de metro

b) La relación de áreas, $\left(\frac{A_2}{A_1}\right)$

c) Y el ángulo de divergencia del difusor (α); si la relación $\left(\frac{\text{pérdida de carga total}}{\text{diferencia de presión}}\right)$, es aceptada como una medida de la pérdida de carga total, podemos formarnos una impresión de su valor a partir de la siguiente tabla.

Tipo de metro	Pérdida de Carga Total / Diferencia de presión
Venturi.	0.10
Venturi corto. . . .	0.12
Venturi de doble garganta.	0.15
Tubo de Dall.	0.08
Orificio.	0.50

Como podemos observar, el tubo de Dall es el metro donde se producen las menores pérdidas de carga, siendo en el orificio donde las pérdidas alcanzan su máximo valor, como es lógico suponer, dada la geometría interior del mismo.

A continuación presentamos un gráfico (Fig. IX) que nos relaciona la pérdida de presión en % de la máxima diferencia de presión con la relación:

$\beta = \frac{\text{Diámetro de la garganta}}{\text{Diámetro de la tubería}}$, donde podemos precisar con más detalle la influencia de la relación de áreas $\frac{A_2}{A_1}$, (tubería y garganta) en el valor de las pérdidas de carga para distintos metros.

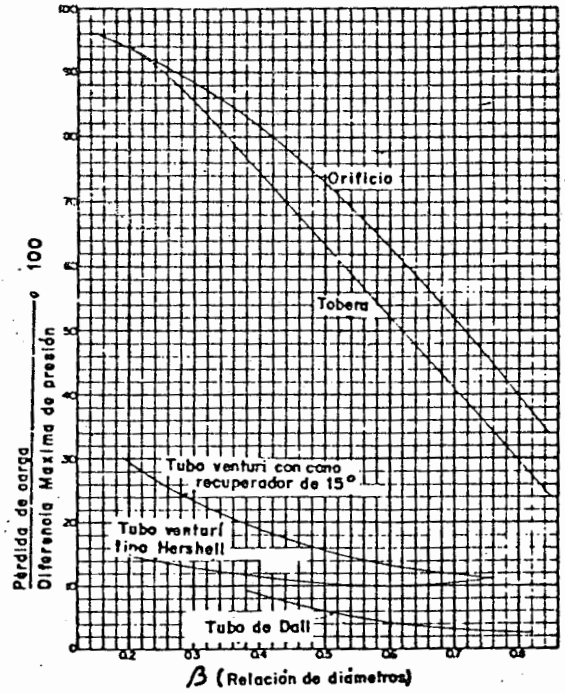


Fig. IX.- PERDIDA DE PRESION TOTAL A TRAVES DE VARIOS ELEMENTOS PRIMARIOS.

Peligros de cavitación.

Aun cuando hasta aquí nada se ha dicho acerca de la presión absoluta en el sistema de medición (nuestra atención ha sido dedicada a diferencias de presión), si la misma en cualquier punto del sistema cae demasiado bajo, el peligro de cavitación aumentará y con él sus consecuencias negativas.

METROS DE CARGA-AREA.

Aspectos Generales. En estos metros, tanto el área de la corriente como la carga, son variables, pero no independientes, siendo el área una función de la carga. Se distinguen de otras clases de medidores de gasto, en que ellos son usados en conducciones abiertas o en conductos cerrados donde exista una superficie libre. Consecuentemente son aplicables a la medición de líquidos solamente. Ejemplos de este tipo de medidor son el vertedor, el cual es en realidad un dique sobre el que circula el líquido y el canal

Ventu: el cual es una sección formada en un canal de pendiente muy pequeña.

Estos medidores son usados casi exclusivamente para la medición de caudales de agua, aunque se han usado vertedores pequeños para la medición de otros líquidos.

Vertedores.

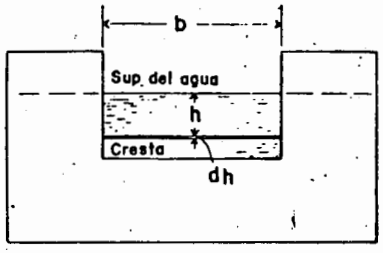
Los vertedores de pared delgada pueden clasificarse en cuatro grupos principales, de acuerdo a la forma del corte o abertura, como sigue:

a) Corte rectangular (la forma original) (ver fig. X).

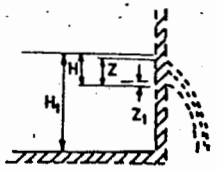
b) Corte triangular, el cual está destinado a aumentar las lecturas de carga a bajos gastos (ver fig. XI).

c) Corte circular.

d) Cortes especiales, tales como el trapecial, el parabólico, etc., los cuales tienen como objetivo principal tener un coeficiente de gasto constante u obtener una variación directamente proporcional entre la carga y el gasto.



(a)
Elementos del flujo sobre un vertedor rectangular.



(b)
Contracciones verticales del flujo sobre un vertedor.

Fig. X

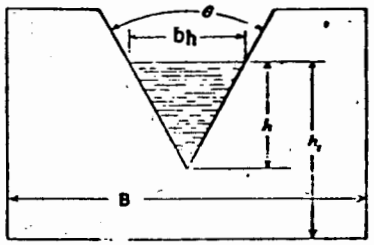


Fig.- XI. Vertedor triangular

Determinación del gasto a través de un vertedor de corte rectangular.

Con referencia a la fig. X, podemos plantear que la velocidad teórica de un filamento o capa de corriente (V) que circula sobre la cresta del vertedor es $V = \sqrt{2gh}$ donde (h) es la distancia vertical desde la superficie al filamento considerado.

La expresión anterior puede obtenerse si aplicamos el conocido principio de Bernoulli entre un punto aguas arriba del vertedor y un punto sobre la cresta.

El elemento de gasto (dq) a través de un área (dA) será:

$$dq = V\, d\, A \qquad (1)$$

$$dQ = \sqrt{2gh}\; bdh \qquad (2)$$

Integrando la expresión anterior entre los límites,

$h = 0$ y $h = H$ tendremos:

$$Q_t = \int_0^H \sqrt{2g}\; b\, h^{\frac{1}{2}}\; dh$$

$$Q_t = \frac{2}{3}\sqrt{2g}\, b \;.\; H^{3/2} \qquad (3)$$

Ecuación que nos determina el gasto teórico a través de un vertedor rectangular de pared delgada.

Para obtener la ecuación real del gasto o caudal, tendremos que introducir en las ecuaciones teóricas anteriores las correcciones necesarias, las cuales deben tener en cuenta:

a) Las contracciones verticales, superior e inferior
b) Las contracciones laterales
c) Convergencia de las líneas de corriente
d) Efecto de la velocidad de aproximación y su distribución no uniforme.

Debido a los factores anteriores el gasto real o efectivo es menor que el teórico, de modo que:

$$Qr = \frac{2}{3}\ Cb\ \sqrt{2g}\ H^{3/2} \quad (4); \text{ por lo tanto, } C = \frac{Qr}{Qt}$$

En el caso de vertedores con contracción (aquéllos en que el ancho del canal de aproximación B, es mayor que la longitud de la cresta del vertedor, b, (véase fig. XII), es práctica común asumir que el efecto de las contracciones laterales es equivalente a reducir la longitud del vertedor en 0.1 H por cada contracción. Es evidente entonces que en un vertedor con contracción, la longitud efectiva será igual a (b -0.2 H).

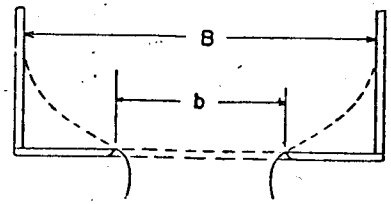


Fig. XII. VERTEDOR CON CONTRACCIONES LATERALES

Sustituyendo en la ecuación (4) el valor anterior, tendremos:

$$Qr = \frac{2}{3}\ C(b-0.2\ H)\sqrt{2g}\ H^{3/2} \qquad (5)$$

El valor del coeficiente C que aparece en las ecuaciones del gasto real a través de los vertedores con y sin contracciones laterales, puede obtenerse a partir del siguiente gráfico (fig. XIII). Este coeficiente puede sustituirse tanto en la ecuación (4) como en la (5).

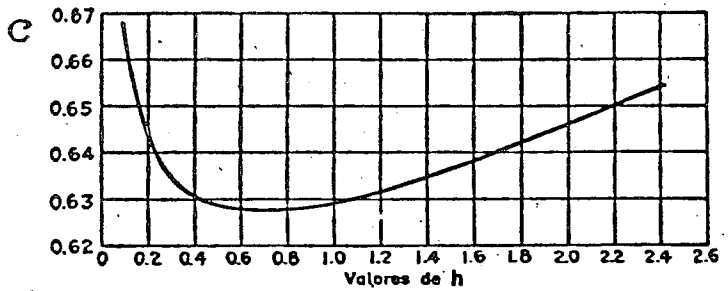


Fig. XIII.- VALORES DEL COEFICIENTE C PARA CANALES RECTANGULARES SIN CONTRACCIONES LATERALES.

Los valores de C obtenidos del gráfico anterior, están sujetos a una tolerancia de ± 3% del máximo valor, debido fundamentalmente, entre otras causas, a las siguientes:

a) La rugosidad relativa de la cara aguas arriba del plato del vertedor y de las superficies de los lados y fondo del canal de aproximación;

b) el filo relativo del borde aguas arriba de la cresta del vertedor y el ancho del umbral del vertedor;

c) la velocidad de aproximación, representada por la relación $\frac{H}{H_1}$, (ver fig. X) y en vertedores con contracciones laterales;

d) la relación $\frac{b}{B}$ (ver fig. XII);

e) la longitud del canal de aproximación;

f) la estabilidad del flujo.

Al aumentar el gasto, aumenta la velocidad de aproximación y la misma afecta tanto al coeficiente C como a la carga H.

Debido a lo anterior, la carga total H_t será mayor que la carga observada H y su valor estará dado por:

$$H_t = H + h_v$$

donde $h_v = \frac{Va^2}{2g}$ (carga debida a la velocidad de aproximación).

Como no conocemos el gasto, la determinación de la carga total se convierte en un problema de aproximaciones sucesivas.

El proceso para su determinación es el siguiente:

1. Con el valor de la carga observada, H, se calcula un gasto, Q.

2. Dividiendo este gasto entre el área del canal de aproximación BH_1, obtendremos un primer valor para Va, el cual nos permite calcular $h_v = \frac{Va^2}{2g}$ y así obtener un valor para la carga total

$$H_t = H + h_v.$$

3. Lógicamente, este valor H_t no es el correcto, por lo que se calcula otro Q con el valor hallado de la carga total y repetimos el proceso anterior.

Normalmente, una aproximación es suficiente.

El error que se comete al utilizar H en vez de H_t en el cálculo de la longitud efectiva (L - 0.2H) es generalmente despreciable.

Para minimizar la variación del efecto de la velocidad de aproximación, el Código Suizo para la Medición del Agua recomienda que

$$\frac{H}{H_1 - H} \leqslant 1 \quad \text{y que} \quad \frac{b}{B} \leqslant 0.33.$$

Si bien los valores de b y h de un vertedor rectangular no tienen límites desde el punto de vista teórico, los trabajos experimentales raras veces se han extendido más allá de longitudes de cresta (b) de alrededor de 4' y de cargas entre 2.5 y 2.75 pies.

Existen varias fórmulas que dan el gasto y el coeficiente C para vertedores rectangulares, producto de los estudios y experimentaciones que se han realizado en distintas épocas y lugares.

Entre ellas tenemos las de Francis, Bazin, Fteley y Stearns, Sociedad Suiza de Ingenieros y Arquitectos, Rehbock etc., existiendo por lo tanto, una serie de limitaciones y recomendaciones, de acuerdo con las características específicas bajo las cuales fueron desarrolladas las fórmulas citadas anteriormente.

Para una información más detallada se puede acudir a cualquiera de los textos mencionados en la bibliografía.

Con respecto a los demás vertedores de pared delgada puede hacerse un análisis similar al hecho para el rectangular, por lo que nos limitaremos a dar la fórmula del gasto para los vertedores triangular y trapecial (Cipolleti).

Triangular:

$$Q = \frac{4}{15} C\, b_h \sqrt{2g}\, H^{3/2} \quad \text{(ver fig. XI)}$$

donde el coeficiente C es variable con:

El ángulo de corte, θ, y la carga H.

Trapecial:

$$Q = \frac{2}{3} Cb \sqrt{2g}\, H^{3/2} \quad \text{(ver fig. XIV)}$$

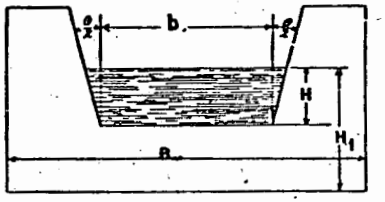


Fig. XIV - Vertedor trapecial

La característica principal de este vertedor propuesto por el hidráulico italiano Cipolleti es que el incremento de gasto producido por el vertedor triangular sea igual a la reducción del gasto debido a las contracciones laterales, o sea:

$$\frac{8}{15}\sqrt{2g}\ \ Tg\ \frac{\theta}{2}\ \ H^{5/2} = \frac{0.4}{3}\sqrt{2g}\ \ H^{5/2}$$

La igualdad anterior puede deducirse fácilmente a partir de las ecuaciones (5) y la del gasto para vertedor triangular.

Y teniendo en cuenta que en esta última se cumple la siguiente ecuación $b_h = 2H\ Tg\ \frac{\theta}{2}$.

Existen otros tipos de vertedores que no son de paredes delgadas, tales como los vertedores de umbral ancho y de perfil práctico, siendo estos últimos muy usados en presas.

Para finalizar con nuestro estudio sobre vertedores veamos cuáles son los métodos más empleados para la medición de la carga. Posiblemente, el método más común y el más exacto es aquel que utiliza una mira hidráulica o escala de gancho (ver fig. XV).

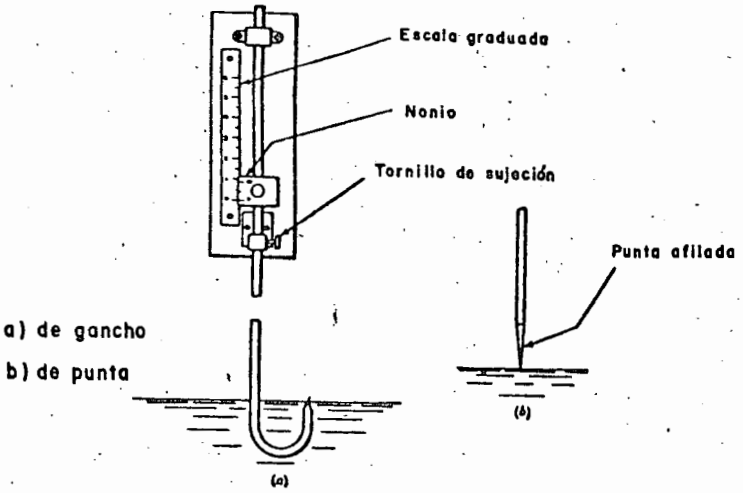
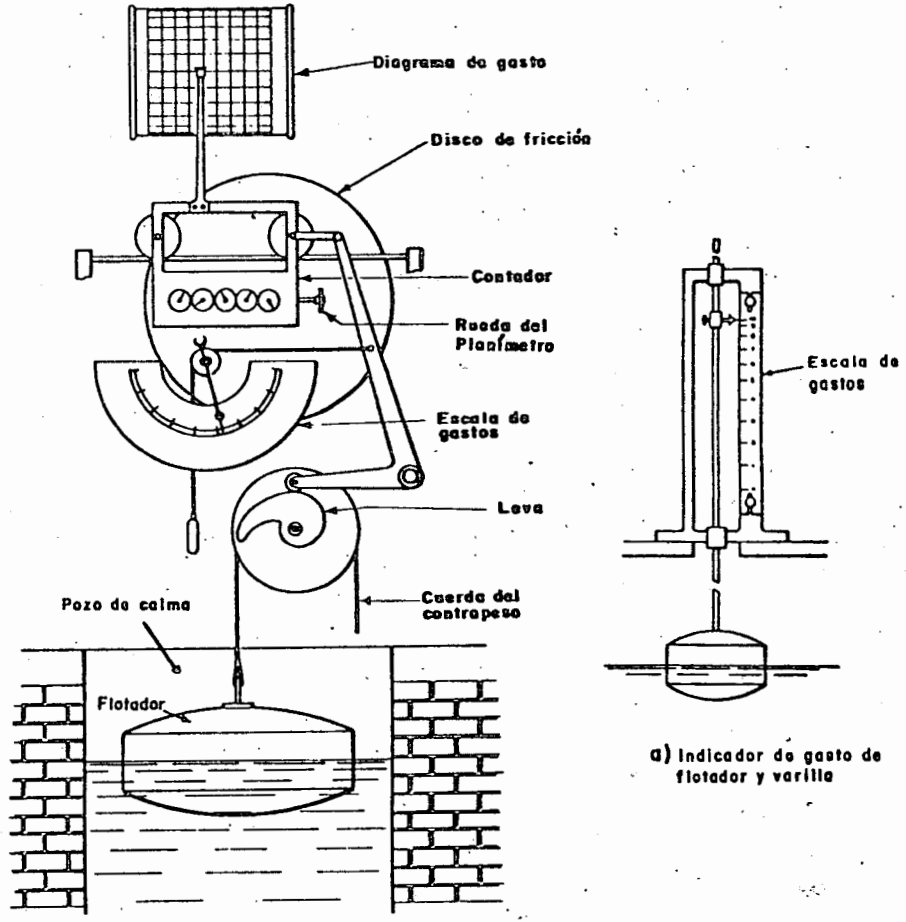


Fig. XV - Miras Hidráulicas

Para medir la carga se sumerge la mira y se eleva lentamente hasta el punto justo donde comienza a sobresalir sobre la superficie del agua. La escala a la cual es unido el gancho, lleva adicionado un nonio. El cero de la escala se obtiene cuando la punta del gancho se encuentra a nivel con la cresta del vertedor.

Los flotadores y los pozos de calma constituyen otros métodos que normalmente se usan en el proceso de medición de la carga sobre un vertedor (ver figs. XVI y XIX).



a) Indicador de gasto de flotador y varilla

b) Mecanismo integrador de tipo continuo para metros de flujo de conducciones libres.

Fig. XVI - Instrumentos utilizados para medir la carga

Los pozos de calma consisten en cajas o tuberías, colocados a un lado del cuerpo del vertedor y conectados a éste mediante una tubería o abertura pequeña cerca del fondo. El líquido se elevará en el pozo a la misma altura que tenga el agua en el vertedor, con la ventaja de que prácticamente permanecerá imperturbable ante las corrientes y remolinos que ocurran en el cuerpo del vertedor. Conviene destacar que los pozos de calma son utilizados también en los canales de aforo (Venturi, Parshall) con el mismo objetivo.

Independientemente del método que se utilice para medir la carga, ésta debe medirse a una distancia lo suficientemente alejada del vertedor para asegurarse de que la misma no sea afectada por la curvatura de la superficie del agua. Es por este motivo que el canal de aproximación del vertedor, es por lo general relativamente ancho y profundo.

Canales de aforo.

Basados en el principio del flujo crítico se han desarrollado varios dispositivos para la medición del flujo. En tales dispositivos, la profundidad crítica es obtenida por la contracción de una elevación sobre el fondo del canal (por ej. un vertedor de umbral ancho muy bajo), o mediante una contracción en la sección transversal, tal como un canal de flujo crítico. A pesar de que el uso del vertedor es un método simple, tiene las desventajas siguientes:

a) pérdidas de carga relativamente altas;

b) si el agua contiene partículas en suspensión, alguna parte de las mismas puede depositarse aguas arriba del vertedor y llegar a afectar el valor del coeficiente de gasto.

Las dificultades anteriores pueden ser superadas, al menos parcialmente, mediante el uso de los canales de flujo crítico.

Estos canales, llamados también canales Venturi se han diseñado de varias formas (ver fig. XVII)

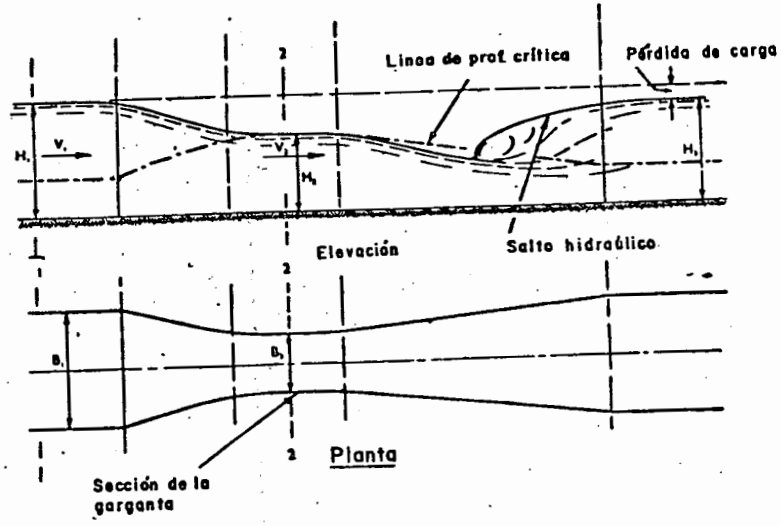


Fig. XVII - Canal Venturi

Normalmente son operados con la condición de flujo libre o no sumergido, teniendo la profundidad crítica en la sección contraída y un salto hidráulico en la sección de salida.

Bajo ciertas condiciones de flujo, el salto puede ser sumergido.

Canal Venturi.

Pasemos ahora a la deducción de la fórmula del gasto a través de un canal Venturi, basados en los conocidos principios de Bernoulli y continuidad.

Consideraremos que el canal es rectangular y que toda la contracción tiene lugar en el ancho.

Lo anterior simplifica considerablemente el trabajo aritmético.

Es bueno aclarar que el análisis teórico que desarrollaremos posteriormente es aplicable a todas las formas de canales Venturi.

De acuerdo con la figura anterior, podemos comprobar que el canal Venturi es similar en apariencia a un tubo de Venturi rectangular abierto, visto en planta.

Como en el caso del tubo Venturi, el ensanchamiento aguas abajo tiene por objeto la recuperación de la carga.

Planteando la Ecuación de Bernoulli sin pérdidas entre las secciones 1 y 2 en la fig. XVII, tendremos:

$$H_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_2^2}{2g} + H_2 \qquad (1)$$

Es decir, $H_1 - H_2 = \dfrac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$ (2)

Si llamamos B al ancho del canal, podremos plantear que:

$$Q = V_1 B_1 H_1 = V_2 B_2 H_2 \qquad (3)$$

Despejando V_1

$$V_1 = \frac{V_2 H_2 B_2}{H_1 B_1} \qquad (4)$$

Llamémosle

$$e = \frac{B_1}{B_2} \quad y \quad X = \frac{H_2}{H_1}$$

Sustituyendo estos valores en (4) obtendremos:

$$V_1 = \frac{V_2 X}{e}$$

Al sustituir esta expresión de V_1 en la ecuación (2), tendremos:

$$H_1 - H_2 = \frac{V_2^2}{2g} \left(1 - \frac{X^2}{e^2}\right)$$

Despejando V_2:

$$V_2 = \sqrt{2g}\,\sqrt{H_1 - H_2}\,\sqrt{\frac{e^2}{e^2 - X^2}} \qquad (5)$$

Para obtener el gasto real o efectivo tendremos que afectar a la ecuación $Q = V_2 B_2 H_2$ por un coeficiente de gasto, o sea:

$$Qr = C\, V_2\, B_2\, H_2$$

$$Qr = C\, B_2 \sqrt{2g}\; H_2 \sqrt{H_1 - H_2}\; \sqrt{\frac{e^2}{e^2 - X^2}} \qquad (6)$$

Esta ecuación es de la misma forma que la expresión que nos determina el gasto en un metro de carga, la única diferencia es que en este caso las áreas mojadas de las secciones transversales consideradas son variables.

El valor $\sqrt{\dfrac{e^2}{e^2 - X^2}}$ es conocido como "factor de velocidad de aproximación".

Flujo libre.

Si examinamos la ecuación (6) notaremos que para obtener un record continuo del flujo a través del canal Venturi se requiere un instrumento extremadamente complicado, el cual deberá evaluar automáticamente $\sqrt{H_1 - H_2}$, multiplicarlo por H2 y corregir también para la variación de X.

En la práctica, esta complicación es salvada de la siguiente manera:

La garganta del canal Venturi es proyectada con un ancho tal, que permita la formación de una caída hidráulica gradual aguas arriba de la garganta, es decir, en la parte convergente del medidor.

Esto causa que el nivel aguas arriba del Venturi sea remansado. El diseño debe garantizar esta condición para todo el rango de gastos. En estas circunstancias, la profundidad que se produce en la garganta del Venturi, será la profundidad crítica.

Como es lógico, la pérdida de carga que ocasiona el medidor, determinará que la energía total en el canal aguas arriba sea mayor que en el canal aguas abajo del Venturi.

Cuando la profundidad crítica se obtiene en la garganta se dice que el canal Venturi funciona bajo condiciones "libres". Bajo estas condiciones se cumple que el número de Froude,

$$F_{R_2} = \frac{V_2^2}{\sqrt{gH_2}} = 1, \text{ ó sea, } V_2 = \sqrt{gH_2}$$

de donde

$$\frac{V_2^2}{2g} = \frac{H_2}{2}$$

Sustituyendo la expresión anterior en (1) tendremos:

$$H_1 + \frac{V_1^2}{2g} = H2 + \frac{H2}{2} = \frac{3}{2} H_2 \qquad (7)$$

Si despejamos V_1^2

$$V_1^2 = 2g\left(\frac{3}{2} H2 - H1\right)$$

ahora bien, sabemos que $V_1B_1H_1 = V_2B_2H_2$

es decir,

$$V_1^2 = \frac{V_2^2B_2^2H_2^2}{B_1^2H_1^2} = \frac{g\,H_2\,B_2^2\,H_2^2}{B_1^2\,H_1^2}$$

Igualando

$$2g\left(\frac{3}{2} H2 - H_1\right) = \frac{g\,H_2\,B_2^2\,H_2^2}{B_1^2\,H_1^2} \qquad (8)$$

Recordando que:

$H_2 = X\,H_1$ y $B_1 = e\,B_2$ tendremos:

$$2g\left(\frac{3}{2} X\,H_1 - H_1\right) = \frac{g\,(XH_1)\,B_2^2\,(X\,H_1)^2}{(eB_2)^2H_1^2}$$

Simplificando obtendremos:

$$(3X-2)\,e^2 = X^3, \quad ó \quad X^3 - 3\,X\,e^2 + 2e^2 = 0 \qquad (9)$$

Esta ecuación es de gran significación, ya que nos muestra que bajo condiciones libres, la relación $\frac{H_2}{H_1}$ es constante para todos los gastos, estando su valor determinado por el valor de $\frac{B_1}{B_2}$.

Habiendo establecido que para cualquier canal Venturi operando bajo condiciones de descarga libre, la relación $\frac{H_2}{H_1} = X$ es constante y como quiera que $Q = B_2\,V_2\,H_2$, cumpliéndose además, $V_2 = \sqrt{gH_2}$, se puede plantear que $Q = B_2\sqrt{g\,H_2}^{\,3/2}$.

Sustituyendo XH_1 en lugar de H_2 en la ecuación anterior e introduciendo el coeficiente de descarga, C, para condiciones de descarga libre podremos escribir:

$$Qr = C\,B_2\,\sqrt{g}\;H_1^{3/2}\,X^{3/2} \qquad (10)$$

Esta última ecuación es de idéntica forma a la ecuación de flujo del vertedor y muestra que bajo condiciones de descarga libre, el canal Venturi obedece la misma ley de flujo que el vertedor y que solamente es necesario medir la profundidad aguas arriba, H_1. Por consiguiente, tanto para vertedores como para canales Venturi de flujo libre se utilizan idénticos tipos de instrumentos de medición.

Con respecto al valor numérico de X, podemos observar de la ec. (9) que para un valor grande de e, es posible establecer que $3Xe^2 = 2\,e^2$ sin cometer un error apreciable.

De esta forma, $X = \frac{2}{3}$. Esto equivale a asumir que la velocidad aguas arriba V_1 es cero, de tal manera que $H_1 = \frac{3}{2} H_2$ en la ecuación (7).

Si tenemos en cuenta que para $e = 1.5$, $X = 0.723$ y para $e = 3.0$, $X = 0.678$ podemos decir que para $e \geqslant 3$ el asumir que $X = \frac{2}{3}$, produce un error menor que 2%, disminuyendo el mismo a medida que el valor de e aumenta. Si asumimos que

$X = 2/3$ en la ecuación (10), obtendremos una ecuación aproximada para el gasto:

$$Q = C\, B_2 \sqrt{g}\, H_1^{3/2} \left(\tfrac{2}{3}\right)^{3/2}$$

$$Q = 0.545\, CB_2 \sqrt{g}\, H_1^{3/2}$$

En el sistema inglés donde $g = 32.2$ pies/seg^2, y además H y B se expresan en pies, tendremos a partir de las ecuaciones anteriores:

$$Q = 5.67\, C\, B_2\, H_1^{3/2}\, X^{3/2} \quad \text{(pies cúbicos/seg)} \qquad (11)$$

y $$Q = 3.09\, C\, B_2\, H_1^{3/2} \quad \text{(pies cúbicos/seg)} \qquad (12)$$

En el sistema métrico donde $g = 9.81$ m/seg^2 y las dimensiones H y B se expresan en metros, obtendremos:

$$Q = 3.13\, C\, B_2\, H_1^{3/2}\, X^{3/2} \quad (m^3/\text{seg}) \qquad (13)$$

y $$Q = 1.70\, C\, B_2\, H_1^{3/2} \quad (m^3/\text{seg}) \qquad (14)$$

Se ha construido un gráfico donde se representa la relación entre $\frac{1}{e}$ y $X^{3/2}$ (ver fig. XVIII). Se ha tomado como abcisa el valor $\frac{1}{e}$ en vez de e para obtener el rango completo de valores de esta última relación dentro de los límites de cero a la unidad.

Este gráfico se utiliza conjuntamente con las ecuaciones (11) y (13) para obtener el gasto.

En la práctica, el valor límite inferior de e se encuentra alrededor de 1.4, o sea, $\frac{1}{e} \approx 0.7$.

Como un valor aproximado para trabajar, puede asumirse $C = 0.95$.

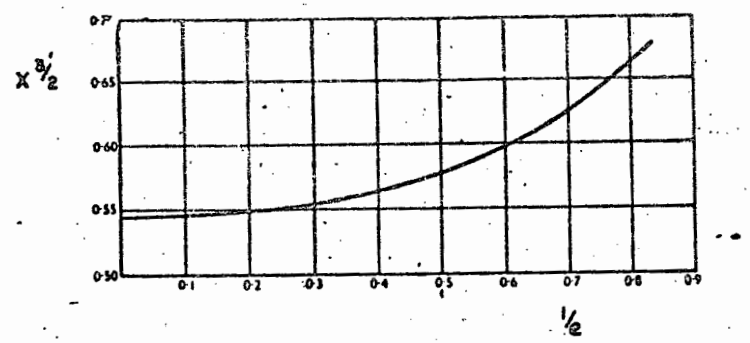


Fig. XVIII.- CURVA QUE RELACIONA LAS RELACIONES DE PROFUNDIDAD Y GARGANTA PARA CANALES VENTURI.

Una vez que el flujo ha pasado la garganta del canal Venturi entra al ensanchamiento aguas abajo donde el flujo puede ser supercrítico o subcrítico, dependiendo de las condiciones hidráulicas en el canal aguas abajo del Venturi.

Si la velocidad en dicho canal es mayor que la crítica, entonces el régimen será supercrítico y la profundidad de circulación continuará disminuyendo a lo largo del ensanchamiento gradual hasta unirse a la profundidad normal del flujo en el canal aguas abajo.

Si por el contrario, la profundidad del flujo es tal, que la velocidad en el canal aguas abajo es menor que la crítica, esto originará un régimen subcrítico en dicho canal.

La condición anterior determina que el régimen pase del estado supercrítico al subcrítico mediante un salto hidráulico, el cual se producirá en aquella sección donde se alcance la profundidad conjugada requerida.

Comenzando con una velocidad aguas abajo mayor que la crítica, si la profundidad aguas abajo es aumentada gradualmente por una obstrucción regulable, llegará un momento en que se produzca una onda estacionaria o salto hidráulico (esto ocurre cuando la profundidad en el canal supera la profundidad crítica); esta onda se irá aproximando al extremo del ensanchamiento a medida que la profundidad aumente progresivamente.

Un nuevo incremento en profundidad causará que la onda entre en el ensanchamiento, avanzando hacia la garganta a medida que aumenta nuevamente la profundidad.

Al mismo tiempo, la altura de la onda irá decreciendo.

El estado límite ocurre cuando la onda alcanza la garganta y desaparece.

Bajo estas condiciones, el canal Venturi estará funcionando justamente libre, cualquier incremento adicional en profundidad producirá un flujo sumergido a través de dicho canal, bajo cuyas circunstancias la relación $\frac{H_2}{H_1}$ deja de ser constante, y para determinar el gasto, será necesario medir tanto H_1 como H_2, utilizándose entonces la ecuación (6).

Denominaremos la profundidad de circulación en el canal aguas abajo en el canal Venturi como H_3, la cual puede alcanzar teóricamente el valor de H_1 para descarga libre sin sumergir el canal Venturi. En la práctica, aun bajo las condiciones límites sin salto hidráulico, no es posible recuperar toda la carga en el ensanchamiento aguas abajo. Además, en la práctica debe permitirse un factor de seguridad para asegurar que el canal Venturi funcione libremente. No es posible calcular el valor exacto de H_3 a partir de los datos hidráulicos del canal. La pérdida de carga que es necesario rebajar, es determinada en el diseño del canal Venturi. Con un canal rectangular donde el ancho aguas abajo, B_3 es igual al ancho aguas arriba, B_1, puede asumirse que el valor límite de H_3 es $0.8H_1$.

De las consideraciones anteriores se desprende que antes de diseñar un canal Venturi de flujo libre para un canal particular, el primer paso es calcular la relación profundidad/gasto para el canal, y entonces calcular el ancho de la garganta que produce un valor de H_1, lo suficientemente mayor que el valor correspondiente de H_3 para todo el rango de gastos del metro.

En muchos casos sucede que mientras a gastos grandes se obtiene flujo libre, a gastos pequeños la profundidad H_3 excede el valor límite correspondiente de H_1 para descarga libre, produciéndose, por tanto, la sumersión del flujo.

Normalmente, en vez de disminuir el valor del ancho B_2, lo cual puede producir altas pérdidas de carga para gastos grandes, se eleva el nivel de la base del canal Venturi una cantidad adecuada y entonces se construye una pequeña caída hacia atrás en el lado aguas abajo del Venturi.

Flujo sumergido.

Solamente en raras ocasiones, es que se requiere un canal Venturi que trabaje bajo condiciones de sumersión. Debe notarse que en este caso, cuando el grado de sumersión aumenta, el valor de $(H_1 - H_2)$ disminuye rápidamente cuando H_2 aumenta, disminuyendo, por tanto, el gasto también. En estas condiciones es en extremo complicado diseñar un instrumento que evalúe exactamente la raíz cuadrada de un pequeño valor y la multiplique por un valor considerablemente mayor (ver ecuación (6)).

En la gran mayoría de los casos es más fácil proporcionar un canal Venturi de tal manera que siempre opere bajo condiciones libres.

Cuando el canal Venturi funciona sumergido es imprescindible eliminar la complicación adicional del factor variable $\sqrt{\frac{e^2}{e^2 - X^2}}$ haciendo la relación $e = \frac{B_1}{B_2}$ lo suficientemente grande.

En estas circunstancias, el valor de este término en la ecuación del gasto es sensiblemente constante. Puede asumirse un valor medio de $X = \frac{H_2}{H_1}$ entre su valor a descarga libre y su valor bajo el máximo grado de sumersión. El máximo valor de x debe estar entre 0.9 y 0.95.

Canal Parshall.

Uno de los canales de flujo crítico más extensivamente usado sobre todo en los E.U., es el canal Parshall. Este canal de diseño empírico fue desarrollado por R.L. Parshall. en la estación Experimental de Agricultura de Colorado en

1920 (ver fig. XIX). Se emplea tanto en riego como en otras ramas de la Hidráulica.

Consiste en una sección de entrada con paredes convergentes y piso a nivel, la sección de la garganta con paredes paralelas y el piso con pendiente hacia aguas abajo y la sección de salida con paredes divergentes y pendiente adversa en el piso. Puede ser construído de madera, chapa metálica u hormigón.

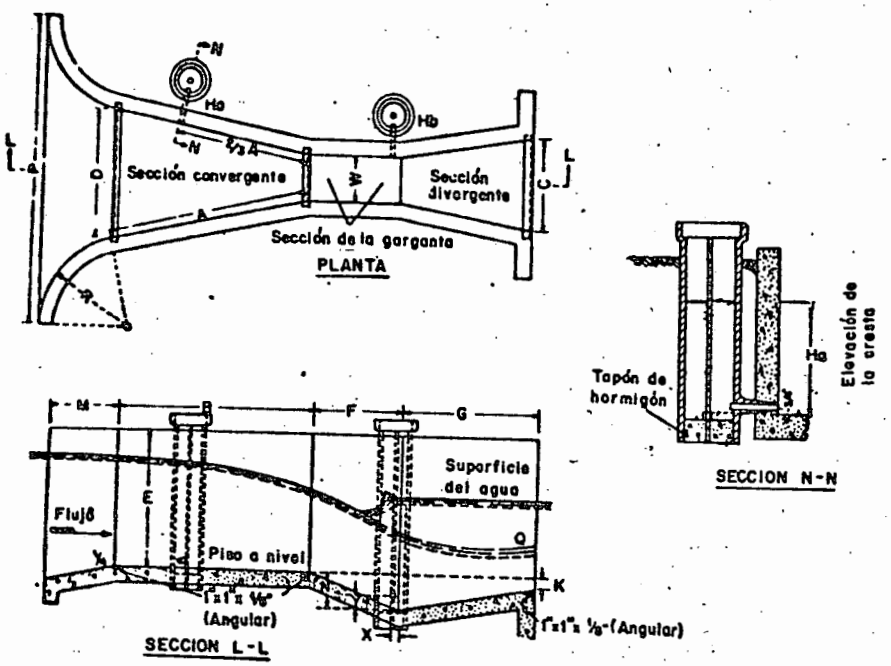


Fig. XIX - Planta, elevación y dimensiones de un canal Parshall

Definición de las dimensiones:

W: Tamaño del canal en pulg. o pies.

A: Longitud de la pared lateral de la sección convergente.

C: Ancho del extremo aguas abajo del canal; 2/3 A: Distancia desde el extremo de la cresta al punto de medición.

B: Longitud axial de la sección convergente.

D: Ancho del extremo aguas arriba del canal.

E: Profundidad del canal.

F: Longitud de la garganta.

G: Longitud de la sección divergente.

K: Diferencia en elevación entre el extremo más bajo del canal y la cresta.

M: Longitud del piso de aproximación.

N: Profundidad de depresión de la cresta por debajo de la garganta.

P: Ancho entre los extremos de los muros de alas curvadas.

R: Radio del muro de ala curvada.

X: Distancia horizontal del punto de medición (M_b) desde el punto más bajo de la garganta.

Y: Distancia vertical del punto de medición (M_b) desde el punto más bajo de la garganta.

El tamaño del canal (W) es determinado por la distancia horizontal entre las paredes verticales paralelas de la garganta y tiene igual longitud que la cresta.

La cresta es la línea donde el piso a nivel de la sección de entrada convergente se une con el piso inclinado de la garganta.

La fig. XIX junto con la tabla 1 da la forma y dimensiones apropiadas para canales de varios tamaños.

La deducción de la ecuación del gasto para este caso, se basa en los mismos principios y conceptos que nos sirvieron para obtener la expresión del gasto en los canales Venturi, razón por la cual nos limitamos a presentar las ecuaciones de gasto correspondientes a diferentes tamaños de canales Parshall. Estas relaciones gasto-profundidad han sido obtenidas empíricamente y son las siguientes: (Ver tabla 1)

Ancho de gargante	Ecuación
3"	$Q = 0.992\ H_a^{1.547}$
6"	$Q = 2.06\ H_a^{1.58}$
9"	$Q = 3.07\ H_a^{1.53}$
12" a 8'	$Q = 4WH_a^{1.522W^{0.026}}$
10' a 50'	$Q = (3.6875W+2.5)H_a^{1.6}$

En las ecuaciones anteriores:

Gasto (Q), en pies^3/seg

Ancho de gargante (W) en pies

Lectura de carga (H_a) en pies

Cuando la relación de cargas $\frac{H_b}{H_a}$, llamada también % de sumergencia, excede los límites de 0.6 para canales de 3, 6 y 9 pulgadas, 0.7 para canales de 1 a 8 pies y 0.8 para canales de 10 a 50 pies, el flujo pasa a ser sumergido y habrá que medir tanto (H_a) como (H_b). Como ya sabemos, el efecto de la sumergencia es reducir la descarga. En este caso, el gasto calculado por las ecuaciones anteriores debe ser corregido por una cantidad negativa.

Se han elaborado una serie de diagramas, que permiten determinar las correcciones por sumergencia para canales Parshall de varios tamaños, los mismos pueden encontrarse, por ej. en el libro "Open-Channel Hydraulics" de Ven Te Chow, Cap. 4, págs. 76-77.

Al igual que en el canal Venturi, en el canal Parshall es recomendable el funcionamiento libre. Por ello es necesario situar la cresta de forma tal que ocurra el flujo libre.

Si las condiciones no permiten el funcionamiento con flujo libre, el % de sumergencia H_b/H_a debe ser mantenido dentro de lo posible, por debajo del valor límite práctico de 95%, ya que el canal no medirá confiablemente si la sumergencia es mayor. El tamaño y elevación de la cresta dependen del gasto a ser medido, del tamaño del canal y consecuen

Tabla 1.- DIMENSIONES Y CAPACIDADES DEL CANAL DE MEDICION PARCHALL, PARA VARIOS ANCHOS DE GARGANTA, W.

W	A	1/2 A	B	C	D	E	F	G	K	N	R	M	P	X	Y	Capacidad a flujo libre Mín.	Capacidad a flujo libre Máx.
PIES PULG.	PIES PULG.	PIES PULG.	PIES PULG.	PIES PULG.	PIES PULG.	PIES PULG.	PIES PULG.	PIES PULG.	PULG.	PULG.	PIES PULG.	PIES PULG.	PIES PULG.	PULG.	PULG.	PIES.	PIES.
0 3	1 6¾	1 ¾	1 6	0 7	0 10¾	0 8	0 6	1 0	1 2½	1 4	1 4	1 0	2 6½	1	1½	0.03	1.8
0 6	2 3	1 4½	2 0	1 3¼	1 3¾	0 3	1 0	2 0	2 4½	1 4	1 4	1 0	2 11¾	2	2	.05	3.9
0 9	2 10½	1 10½	2 10	1 3	1 10½	0 3	1 0	1 0	3 0	1 4	1 4	1 0	3 0¾	3	3	.09	8.9
1 0	3 6	2 0	4 4½	2 0	2 6¾	0 3	2 0	1 0	3 6	1 8	1 8	1 3	4 10½	3	3	.11	16.1
1 6	4 9	2 3	4 7¾	2 6	2 4½	0 3	2 0	3 0	4 6	1 8	1 8	1 3	5 9	3	3	.15	24.8
2 0	5 3	3 4	5 10¾	3 0	3 11¾	0 3	2 0	3 0	5 0	1 8	1 8	1 3	6 1	3	3	.42	33.1
3 0	5 9	3 9	6 4½	3 0	4 1½	0 3	2 0	3 0	5 6	1 8	1 8	1 3	7 3¾	3	3	.61	50.4
4 0	6 0	4 0	6 10¾	4 0	4 8½	0 4½	2 0	3 0	6 0	2 0	2 0	1 0	8 10½	3	3	1.3	67.9
5 0	6 6	4 6	6 4½	4 6	5 0	0 7.5½	2 0	3 0	6 6	2 0	2 0	1 0	10 1½	3	3	1.6	85.6
6 0	7 0	4 8	7 10¾	5 0	5 6	0 8 0	2 0	3 0	7 0	2 0	2 0	1 0	11 3¾	3	3	2.0	103.5
7 0	7 6	5 0	8 4½	5 6	6 0	0 11¾	2 0	3 0	7 6	2 0	2 0	1 0	12 9	3	3	3.0	121.4
8 0	8 0	5 6	9 0	6 0	6 11¾	0 11¾	2 0	3 0	8 0	2 0	2 0	1 0	13 8¾	3	3	3.5	139.5

temente, de la pérdida de carga a través del canal. Existen diagramas que permiten calcular la pérdida de carga (ver libro: Open Channel Hydraulics).

Debido a la contracción de la garganta, la velocidad del agua a través del medidor es mayor que en el canal. Por esta razón, cualquier materia en suspensión, por ejemplo, arena o limo o cantos rodados a lo largo del fondo, puede ser transportada dejando libre de depósitos al medidor o canal Parshall. Cuando en la corriente están presentes restos de erosión pesados, el canal Parshall, al igual que el vertedor, puede ser anulado debido a la deposición de los desechos, produciendo entonces resultados no confiables o inseguros.

Como muchos dispositivos aforadores, el canal de flujo crítico tiene ciertas desventajas. Por ejemplo, no puede ser usado directamente combinado con compuerta de carga; es más costoso para construir y requiere una mano de obra más calificada en su construcción que otros dispositivos usados comúnmente, tales como vertedores u orificios sumergidos. En muchos libros y manuales de Hidráulica (por ejemplo, referencias 1, 6 y 9) puede encontrarse fácilmente información técnica sobre otras clases de métodos y dispositivos de aforo en conducciones libres.

METODOS ESPECIALES.

Medidores magnéticos de flujo.

Introducción.

El camino convencional para el diseño de equipos de medición, bajo condiciones industriales, requiere la introducción de alguna forma de obstrucción en la trayectoria del fluido en las conducciones forzadas.

El uso de tal sistema era una parte inherente del problema, ya que en el pasado, éste era el unico medio utilizable para producir una variación en la energía del fluido, variación que era una medida del gasto de circulación.

Se han inventado diferentes medios de medición, como por ejemplo: el anemómetro de alambre caliente, el cual a

pesar de toda su utilidad práctica, fue limitado a trabajos de laboratorio.

El principio electromagnético de medición de flujo está entre los pocos sistemas que han adoptado una vía completamente "no hidráulica" sobre el problema.

Si bien no reemplaza a ninguna de las otras formas de metros industriales de flujo, el metro electromagnético es una expansión importante en el rango de equipos de medición, ya utilizable, puesto que permite tratar con ciertas aplicaciones, las cuales escapan de las capacidades de los equipos medidores de flujo que emplean principios puramente hidráulicos.

Es de interés destacar que la aplicación práctica de este principio se debe en gran medida a las técnicas electrónicas modernas.

Principio de operación.

La operación del metro electromagnético se basa en la misma ley que gobierna la operación de todos los generadores electromagnéticos dinámicos, es decir, el metro electromagnético es similar en principio a un dinamo.

Esta ley establece que cuando un conductor eléctrico se mueve a través de un campo magnético en una dirección perpendicular a éste, y a las líneas de fuerza, se genera una fuerza electromotriz (f.e.m) en el conductor que es proporcional al número de líneas de fuerza que cortan el conductor en la unidad de tiempo.

La relación entre la f.e.m. generada y la velocidad del conductor está dada por la ecuación:

$$E = B\,l\,v \times 10^{-8} \qquad (1)$$

Donde E es la f.e.m. en volts, B es la intensidad de campo en unidades c.g.s., l es la longitud del conductor en cm y v es la velocidad del conductor en cm/seg.

Como $v = \frac{Q}{A}$, tendremos:

$$E = Bl \frac{Q}{A} \times 10^{-8} \quad \therefore \quad Q = \frac{A\,E}{B\,l} \times 10^{8} \qquad (2)$$

Ecuación que nos permite determinar el gasto de circulación.

La dirección de la f.e.m. está dada por la regla de la mano derecha de Fleming, siendo perpendiculares entre sí, - B, l y v.

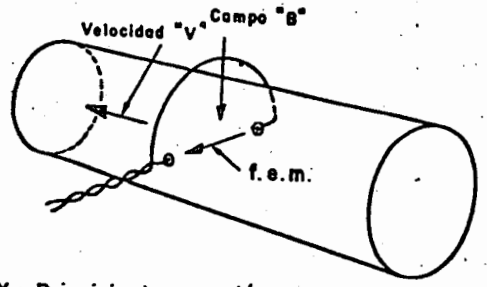


Fig. XX – Principio de operación de los metros de flujo electromagnético

En el metro electromagnético el conductor es el líquido circulante, el cual puede ser considerado como una serie continua de discos pasando a través del campo magnético, el diámetro interior de la tubería es directamente proporcional a la longitud del conductor, mientras el campo magnético es generado por un imán o magneto.

Si se mantiene constante la intensidad de campo B, la única variable en el lado derecho de la ecuación (1) es la velocidad del flujo v.

Consecuentemente, el voltaje generado será directamente proporcional a la velocidad de flujo.

En la práctica, cualquier variación en la intensidad de campo produce fluctuaciones en el abastecimiento de voltaje.

Este puede anularse completamente usando un instrumento de medición energético especial del tipo "null balance"- del mismo origen que el magneto.

El primer análisis matemático detallado del medidor de flujo electromagnético, fue hecho por E. Williams en 1930,- aunque ya en 1915 C. Smith y J. Slepian obtuvieron la patente de un dispositivo basado en dicho principio, y en 1920, se hicieron experimentos en la medición de caudales de río por este medio, por Young, Gerard y Jevons.

El primer intento de medir el flujo a través de tuberías circulares de esta manera, parece haber sido de A. Kolin, cuyo interés era la medición del flujo de sangre en los sistemas de circulación.

En 1939 le fue otorgada una patente.

Detalles constructivos.

El tubo de flujo es hecho generalmente de una aleación no conductora, y no magnética, tal como el acero inoxidable austenítico, aislado del líquido que circula.

También es necesario que el tubo de flujo tenga una resistividad eléctrica alta para asegurar que el flujo magnético no desvíe el líquido circulante y también para minimizar las corrientes de remolino.

El diámetro interior del tubo de flujo es protegido por un recubrimiento aislante, seleccionado adecuadamente para cada aplicación particular, como por ejemplo, neopreno o vidrio.

El recubrimiento es solamente necesario en la vecindad de los electrodos para prevenir algún corto-circuito de la f.e.m., aunque en la práctica el tubo es recubierto totalmente, haciéndolo así adaptable para un alto rango de líquidos corrosivos. Desde el punto de vista de su operación, - no es necesario el recubrimiento si el tubo de flujo es hecho de un material no metálico, no magnético y no conductor, tal como un plástico o fibra de vidrio.

El potencial eléctrico es detectado por dos electrodos de metal esencialmente de tipo puntual -hechos de acero - -

inoxidable o platino- donde es necesario una resistencia alta a la corrosión. Los electrodos son situados diametralmente opuestos con sus superficies a ras con la superficie interior del recubrimiento o de la tubería, si no está recubierta de manera que no sea perturbado el flujo.

Para un mayor conocimiento acerca de los detalles eléctricos del sistema puede consultarse los textos 5 y 7 de la bibliografía.

Ya que el diámetro interior del metro coincide con el de la tubería donde el metro se instala, no habrá alteración en la geometría del sistema y por tanto, no habrá obstrucción en la circulación del líquido.

Consecuentemente, no se producirán pérdidas de presión adicional debido a la instalación del metro.

La única energía absorbida es la tomada desde los principales abastecimientos eléctricos para excitar el circuito eléctrico.

La energía de salida del elemento detectante guarda una relación lineal con la velocidad de flujo. Este es un hecho importante cuando se requiere un rango grande de flujo.

Además, esta proporcionalidad entre la energía de salida y la velocidad de flujo es independiente de la viscosidad del líquido medido, consecuentemente, la circulación de líquidos no newtonianos puede medirse exactamente.

Además, la energía de salida no es alterada por variaciones en la densidad del líquido y es insensible a las variaciones en la distribución transversal de velocidades en la sección de aforo de la tubería.

Como resultado de esto, no es necesario tomar precauciones para obtener condiciones hidráulicas imperturbables aguas arriba y/o aguas abajo de la sección de aforo. Siempre se podrá obtener el gasto en sus unidades correspondientes.

Un hecho de valor considerable en algunas aplicaciones es que si hay una disminución en el área de la sección transversal del flujo, por ejemplo, debido al incrustamiento sobre la superficie interior del medidor de tubo de flujo, el aumento resultante en velocidad v_0 con el mismo gasto o caudal es compensado automáticamente por la disminución en diámetro, la cual es proporcional a 1 (ver ecuación (1)).

En consecuencia, la lectura del instrumento en términos de gasto, tiende a permanecer inalterable (ver ecuación (2)).

Debido a que el metro electromagnético no tiene partes movibles, excluyendo por supuesto, el mecanismo asociado con la presentación del elemento, hay una ausencia completa de inercia mecánica. Este factor, combinado con la característica lineal, permite que el metro siga fielmente las fluctuaciones grandes y rápidas en el gasto. Si se requiere un record permanente de variaciones de gasto puede emplearse una forma convencional de mecanismo registrador y si se diseña de manera que no tenga verticalmente inercia, las variaciones rápidas de flujo pueden exhibirse sobre la carta perfectamente. En el caso de una manecilla indicadora o índice, las lecturas de ésta son prácticamente imposibles de seguir.

La velocidad máxima normal más baja es del orden de 1 pie/seg. no habiendo límite superior.

La potencia consumida por la instalación eléctrica del metro electromagnético varía con el tamaño y es del orden de 300 volts amperes (VA) para un metro de 2" aumentando hasta alrededor de 2000VA para un metro de 18".

No hay limitaciones en el tamaño de estos metros desde el punto de vista de diseño, habiendo sido hecho en tamaños que varían desde $\frac{1"}{10}$ hasta 72" de diámetro, siendo este último tamaño construido de fibras de vidrio.

Al igual que todos los demás tipos de metros de flujo, el electromagnético tiene también ciertas limitaciones. La más importante de éstas es que la sustancia circulante debe ser conductora.

Control automático.

Consiste en un dispositivo que mide el valor de la variable controlada (el gasto por ejemplo) y opera para corregir o limitar la desviación de esta variable controlada de una referencia determinada (o sea, un valor dado del gasto que es necesario mantener).

Sistema de control automático.

Es una distribución u ordenación adecuada de uno o más controlores automáticos conectados en circuito cerrado con uno o más procesos.

Medios de medición.

Los medios de medición consisten en aquellos elementos de un control automático que comprende la determinación y comunicación del valor de la variable controlada a los medios de control.

Elementos de control final.

Es aquella porción del circuito de control que cambia directamente el valor de la variable controlada.

Variable manipulada.

Es aquella cantidad o condición que es variada por el controlor automático, a fin de afectar el valor de la variable controlada.

Punto de ajuste.

Es aquella magnitud de la variable controlada que el controlor debe mantener.

Señal del punto de ajuste.

Es una señal recibida por el controlor como una medida del valor del punto de ajuste.

Un sistema de control automático consiste generalmente en:

a) Medios de medición
b) Controlor
c) Elementos de control final.

Estos elementos reaccionan unos sobre otros y así se forma un ciclo o circuito cerrado, como se ilustra en la siguiente figura:

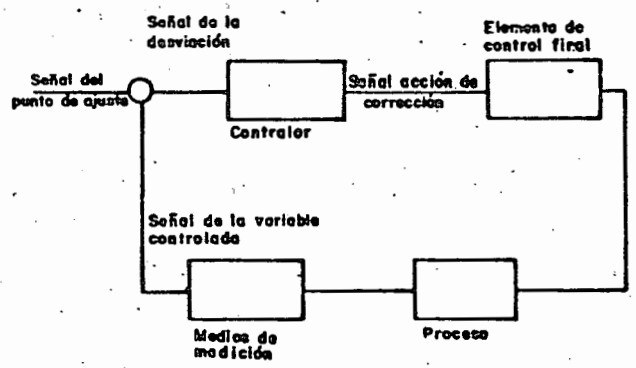


Fig. XXI - DIAGRAMA DE UN CIRCUITO DE CONTROL

Cualquier medio de control mantiene una variable controlada relativamente constante, o la transforma como una función de alguna otra variable. El controlor que recibe la señal desde los medios de medición, compara ésta con la señal del punto de ajuste y responde a éstos con una señal resultante dirigida hacia el elemento de control final, el cual produce la corrección en el proceso. El proceso reacciona ante esta corrección, la cual es percibida por los medios de reacción y la señal de la variable controlada es modificada consecuentemente.

Consecuentemente, el principio electromagnético no puede ser empleado para la medición de flujos de gases, vapores productos de petróleo y líquidos similares que tienen una conductividad muy baja, como por ej. el agua destilada.

Para que el metro sea insensible a las variaciones en la resistencia del líquido, la resistencia efectiva de éste entre los electrodos no debe exceder, digamos el 1% de la impedancia del circuito externo. La conductividad mínima permisible del líquido medido para obtener una exactitud comercial normal, por lo tanto, es determinada por el diámetro interior del tubo de flujo.

Se especifica un valor mínimo de 100 microombos por cm^3.

Los últimos diseños de este equipo son insensibles a la longitud de cable entre el elemento detectante y el amplificador, por ej. un cable de 5000' de longitud no debe afectar la exactitud del registro en más de 0.1%. La exactitud absoluta es de ± 1% para los flujos típicos máximos.

En el momento actual al menos, el metro electromagnético es mucho más caro que cualquier otra forma de metro de la misma capacidad.

Aplicación, instalación y mantenimiento.

Este equipo es perfectamente adaptable para la medición de flujos de sustancias, tales como minerales triturados, pulpas, bebidas, etc., así como emulsiones, tales como aceite en agua y jugos viscosos, pero teniendo siempre en cuenta que sus conductividades sean lo suficientemente altas.

Debido al principio de operación del metro, es lógico que al medir el gasto, el volumen de cualquier materia en suspensión estará incluido en dicho gasto.

La simple construcción del tubo de flujo permite que éste sea limpiado y esterilizado sin dificultad con tal que se seleccione un material de recubrimiento adecuado.

La instalación del tubo de flujo es un trabajo de instalación de tubería recta.

Para evitar cualquier perturbación que pueda ser causada por la entrada de aire, cuando se instale el tubo de flujo en una tubería horizontal, los electrodos deben coincidir con el diámetro horizontal.

El tubo de flujo en sí no requiere otro mantenimiento que no sea limpieza, etc., determinada por la naturaleza de la aplicación. El elemento de medición eléctrica necesita un mantenimiento normal de acuerdo con sus características.

CONTROLES AUTOMATICOS.

Los instrumentos descritos en las páginas anteriores miden un determinado proceso, el cual consiste en el flujo de fluidos.

Esta medición es un requisito para el control automático de dicho flujo.

Antes de pasar a describir sucintamente el funcionamiento de un sistema de control automático, es necesario proceder a la definición de algunos conceptos importantes, relacionados con la nomenclatura usada en esta rama de la Ingeniería.

Variable controlada.

Es aquella cantidad o condición que es medida y controlada.

Señal de la variable controlada.

Es la señal transmitida por los medios de medición, la cual es una función de la magnitud de la variable controlada.

Desviación.

Es la diferencia entre la magnitud real de la variable controlada y una referencia determinada.

Los diferentes pasos de que consta este circuito de control cerrado son los siguientes:

1. Detección de la desviación de la variable controlada del punto de ajuste por los medios de medición.
2. Señal desde los medios de medición al controlor, indicando la desviación.
3. Acción del controlor.
4. Señal de corrección desde el controlor al elemento de control final.
5. Acción de corrección por el elemento de control final.
6. Reacción del proceso y modificación consecuente de la cantidad medida de la variable controlada.
7. Detección de la modificación de la variable controlada por los medios de medición.
8. Señal modificada desde los medios de medición al controlor.

Si la señal modificada del paso (8), corresponde a la señal transmitida cuando la variable controlada está en el punto de ajuste, entonces el ciclo de corrección termina.

Ahora bien, si la desviación del punto de ajuste persiste, se repite el mismo ciclo.

El paso (8) es la señal para el éxito o fracaso de la acción.

Los controlores pueden ser: eléctricos, neumáticos, hidráulicos, de operación automática de función tiempo.

Para poder entender mejor lo anterior se impone un ej.:

Consideremos como proceso el flujo de agua a través de una tubería. Supongamos además que el gasto debe ser constante debido a las necesidades existentes.

Mediante un dispositivo primario, que puede ser un metro de carga, como por ejemplo, un metro orificio se produce un incremento de energía cinética y por ende una diferencia de presión que es detectada en el elemento secundario. Esto determinará un valor de la variable controlada (gasto) en un registrador convenientemente instalado.

Así, los medios de medición enviarán una señal al controlor en correspondencia al gasto medido. Si esta señal no coincide con la correspondiente al gasto requerido (punto de ajuste) existirá una desviación. El controlor enviará una señal de corrección hacia el elemento de control final, el cual producirá la corrección necesaria en el gasto. Esta corrección causará que los medios de medición detecten otro gasto y por lo tanto, la señal de la variable controlada será distinta a la inicial. Si ésta coincide con la señal correspondiente al gasto requerido, habrá terminado el ciclo de corrección, pero si no coincide, se repiten los mismos pasos hasta que el gasto medido coincida con el punto de ajuste.

Normalmente es usada una válvula como elemento de control final, entonces, la corrección de la misma consistirá en una mayor o menor abertura. En muchos casos, la válvula no trabaja en posiciones intermedias, sino completamente abierta o cerrada.

Para una mayor información acerca de este tema, pueden consultarse los libros de: W. G. Holzbock, "Automatic control, Principles and Practice" e "Instruments for measurement and control", Reynold Publishing Corporation.

RECONOCIMIENTO.

Queremos por este medio, expresar nuestro agradecimiento al Ing. Diosdado Pérez Franco por sus valiosas sugerencias en cuanto al alcance y composición del presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA.

1.- ADDISON, Herbert. "Hydraulics Measurement". John - Wiley and Sons Inc. Nueva York, 1941.

2.- ADDISON, Herbert. "A treatise on applied Hydraulics". Edición Revolucionaria. La Habana, 1968.

3.- DORTICOS, Pedro L. "Calibración de metro Venturi". 1965.

4.- ECKMAN, Donald P. "Industrial instrumentation". Instituto del Libro. La Habana, 1967.

5.- HOLZBOCK, Wermer G. "Instruments of Measurement and-Control".

6.- KING, H.W. and BRATER, B.F. "Manual de Hidráulica". UTEHA, 1962.

7.- LINFORD, Al. "Flow Measurement and Meters", E. and F.N. Spon Ltd.

8.- VEN TE CHOW. "Open channel Hydraulics", 1959.

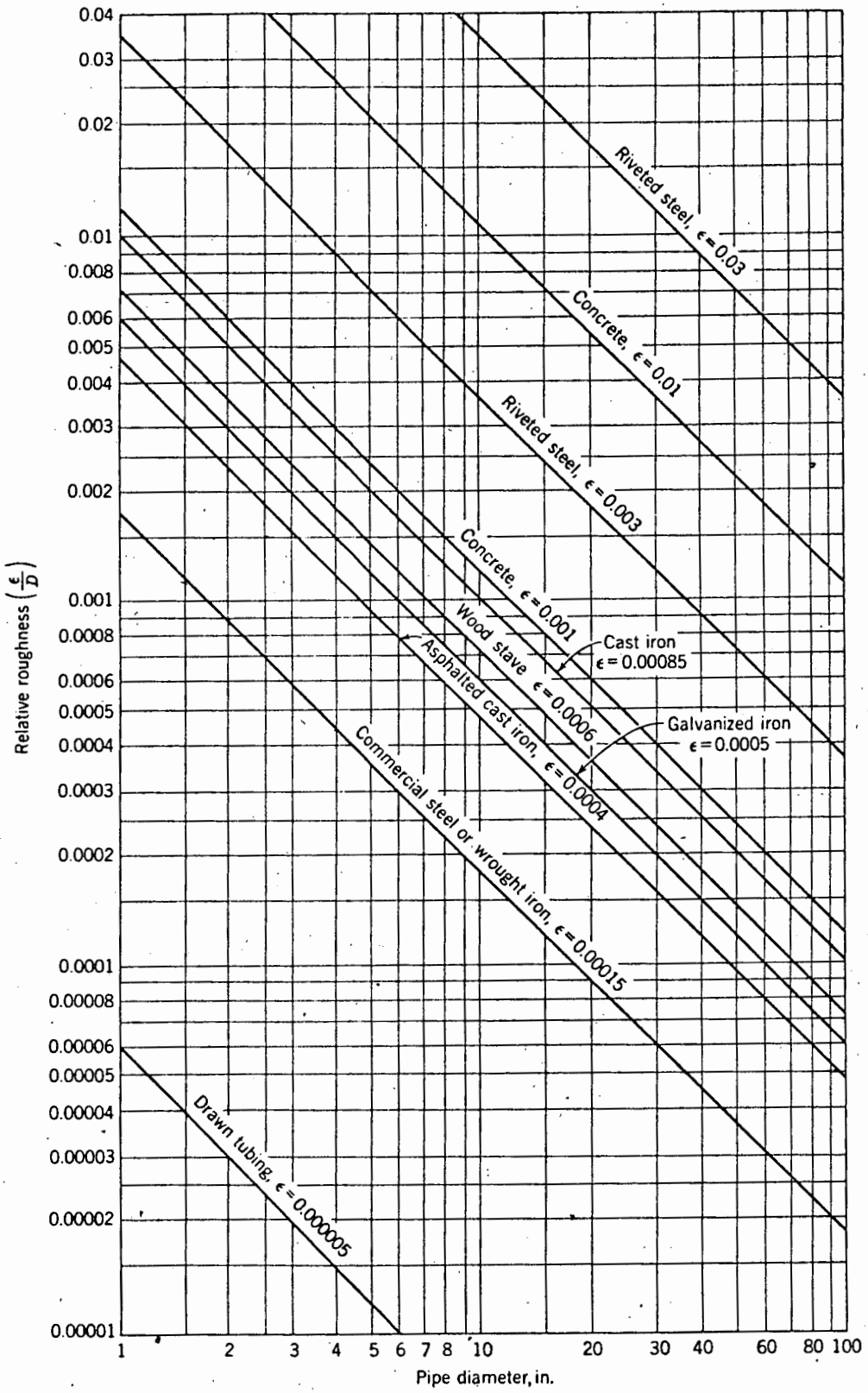
9.- Fluid Meters. Their theory and application. ASME, 1959.

10.- Water Measurement Manual. "U. S. Bureau of reclamation". May 1953, pág. 43-58.

appendix C

Equipment Design Data

Appendix C-1. RELATIVE ROUGHNESS AS A FUNCTION OF DIAMETER FOR PIPE OF VARIOUS MATERIALS.
[Moody, L. F., *Trans. ASME*, 66, 671–84 (1944).]



Appendix C-2a. REPRESENTATIVE EQUIVALENT LENGTH IN PIPE DIAMETERS (L/D) OF VARIOUS VALVES AND FITTINGS (CRANE CO.)

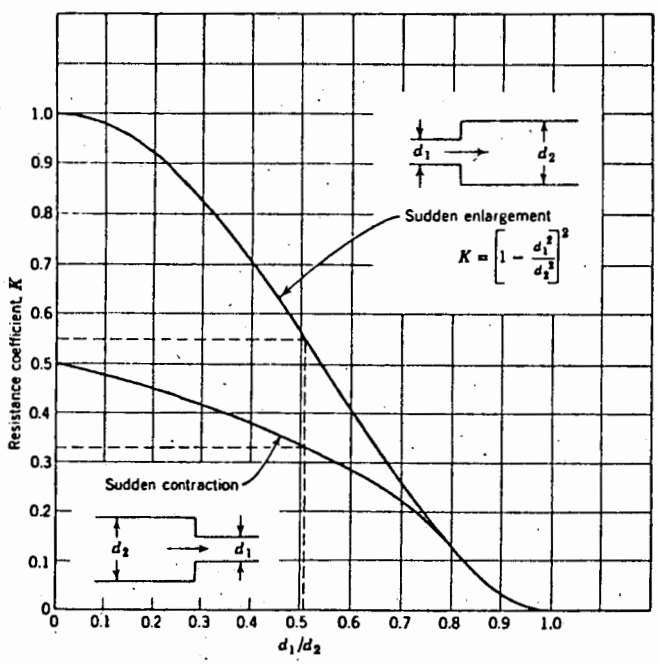
Description	Equivalent Length in Pipe Diameters (L/D)
Globe valves	
Conventional	
With no obstruction in flat, bevel, or plug type seat—Fully open	340
With wing or pin guided disk—Fully open	450
Y-pattern	
(No obstruction in flat, bevel, or plug type seat)	
With stem 60 degrees from run of pipe line—Fully open	175
With stem 45 degrees from run of pipe line—Fully open	145
Angle valves	
Conventional	
With no obstruction in flat, bevel, or plug type seat—Fully open	145
With wing or pin guided disk—Fully open	200
Gate valves	
Conventional wedge disk, double disk, or plug disk	
Fully open	13
Three-quarters open	35
One-half open	160
One-quarter open	900
Pulp stock	
Fully open	17
Three-quarters open	50
One-half open	260
One-quarter open	1200
Conduit pipe line—Fully open	3*
Check valves	
Conventional swing—0.5†—Fully open	135
Clearway swing—0.5†—Fully open	50
Globe lift or stop—2.0†—Fully open	Same as globe
Angle lift or stop—2.0†—Fully open	Same as angle
In-line ball—2.5 vertical and 0.25 horizontal†—Fully open	150
Foot valves with strainer	
With poppet lift-type disk—0.3†—Fully open	420
With leather-hinged disk—0.4†—Fully open	75
Butterfly valves (6-inch and larger)—Fully open	20
Cocks	
Straight-through	
Rectangular plug port area equal to 100% of pipe area—Fully open	18
Three-way	
Rectangular plug port area equal to 80% of pipe area (fully open)	
Flow straight through	44
Flow through branch	140

* Exact equivalent length is equal to the length between flange faces or welding ends.
† Minimum calculated pressure drop (psi) across valve to provide sufficient flow to lift disk fully.

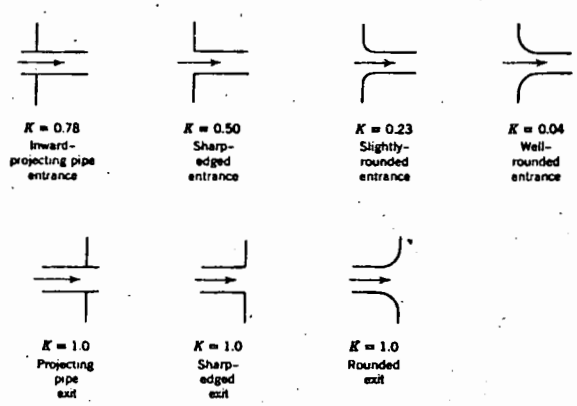
Appendix C-2*a*.—*Continued.*

Description	Equivalent Length in Pipe Diameters (L/D)
Fittings	
90-degree standard elbow	30
45-degree standard elbow	16
90-degree long radius elbow	20
90-degree street elbow	50
45-degree street elbow	26
Square corner elbow	57
Standard tee	
With flow through run	20
With flow through branch	60
Close pattern return bend	50

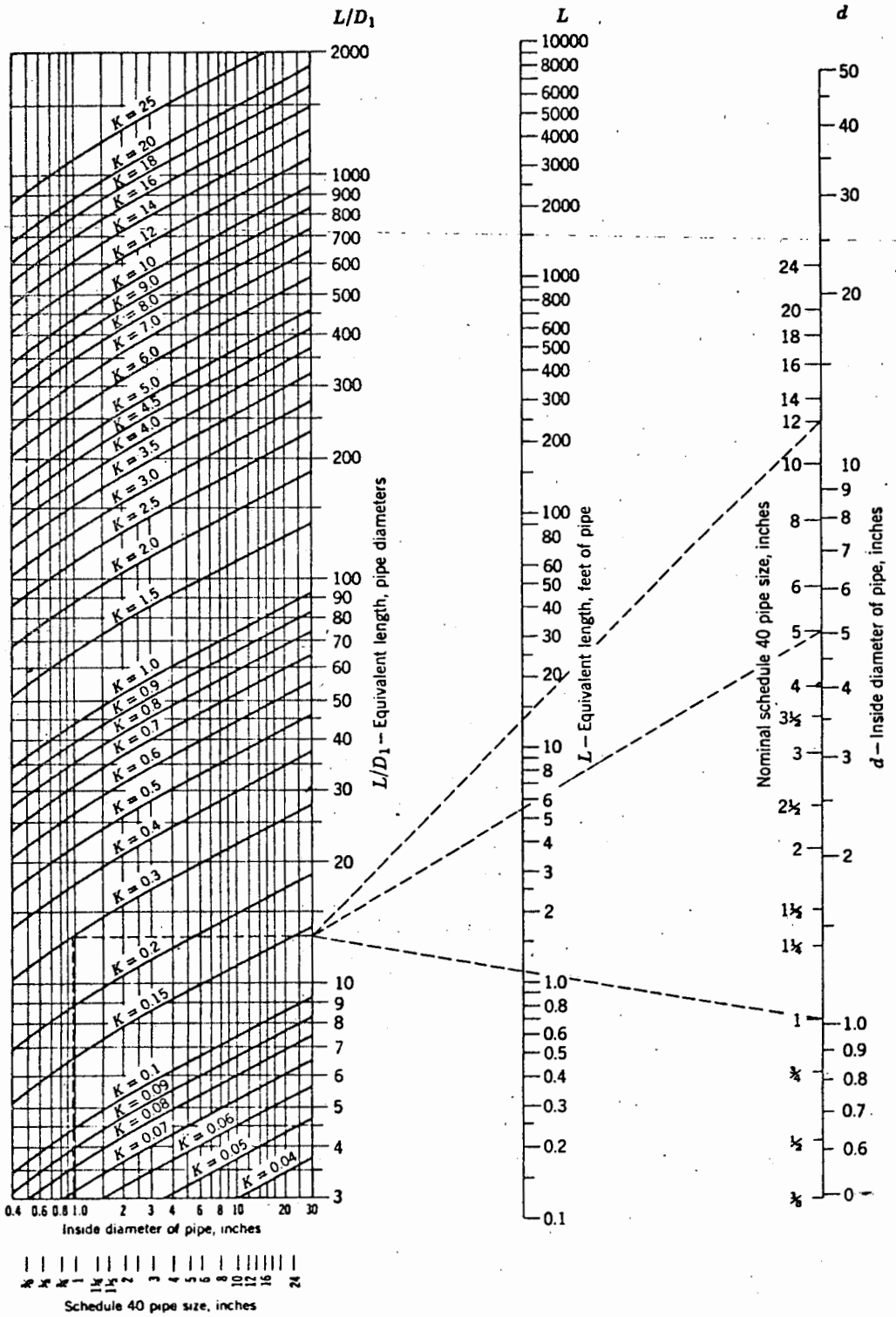
Appendix C-2*b*. RESISTANCE DUE TO SUDDEN ENLARGEMENTS AND CONTRACTIONS. (CRANE CO.)



Appendix C-2*c*. RESISTANCE DUE TO PIPE ENTRANCE AND EXIT. (CRANE CO.)



Appendix C-2*d*. EQUIVALENT LENGTHS L AND L/D AND RESISTANCE COEFFICIENT K. (CRANE CO.)

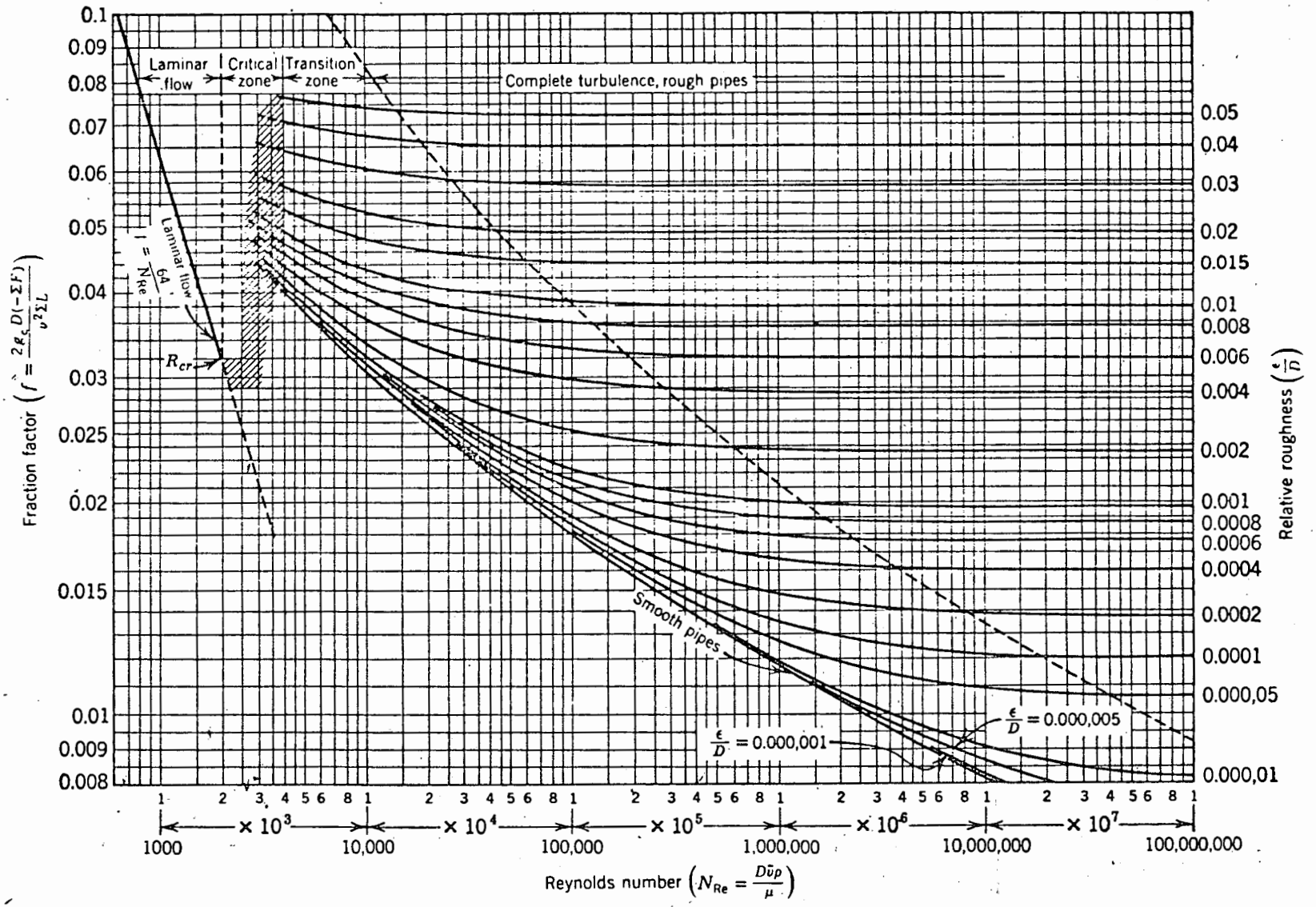


Problem: Find the equivalent length in pipe diameters and feet of Schedule 40 pipe, and the resistance factor K for 1-, 5-, and 12-inch fully opened gate valves.

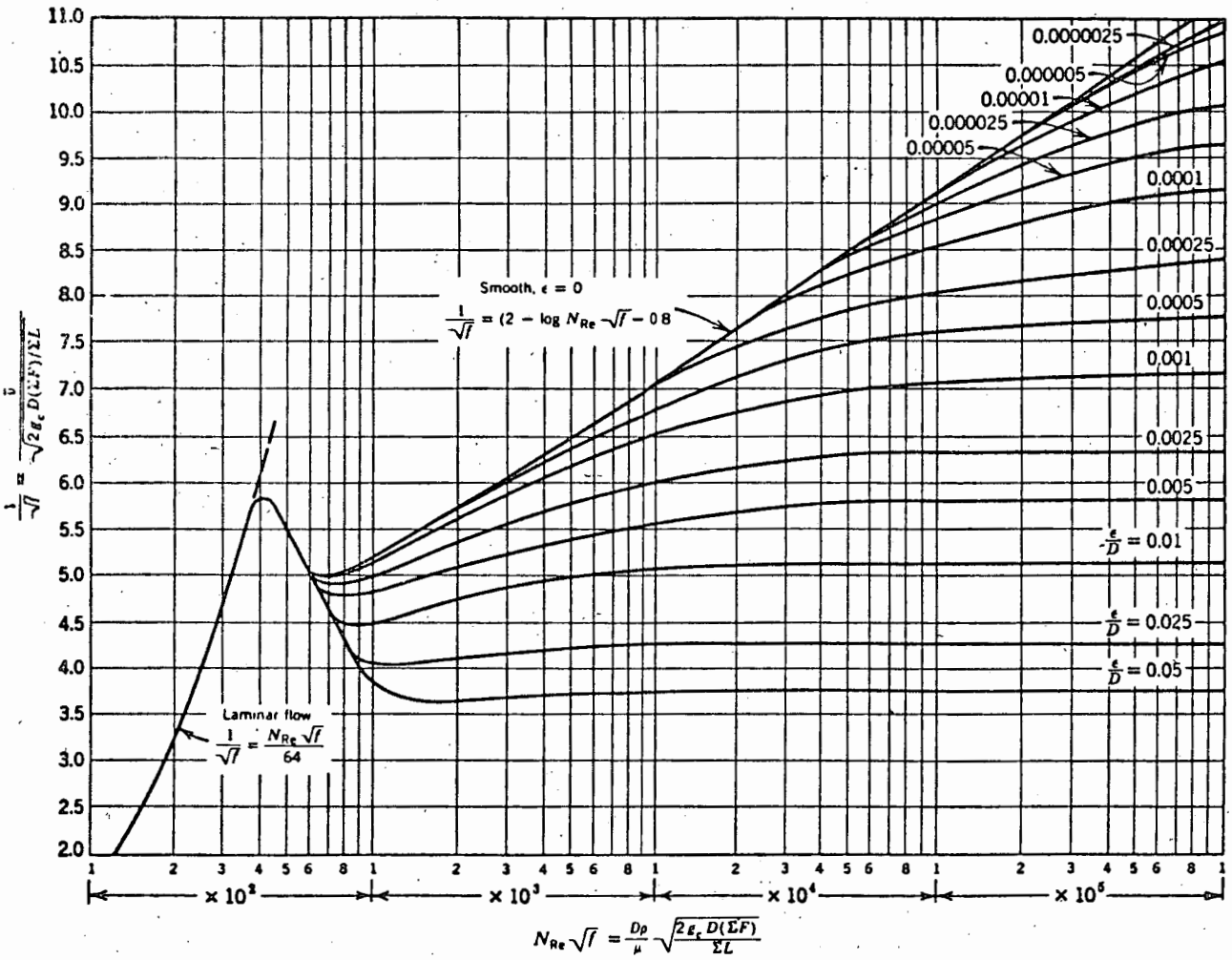
Solution

Valve Size	1″	5″	12″	*Refer to*
Equivalent length, pipe diameters	13	13	13	App. C-2*a*
Equivalent length, feet of Sch. 40 pipe	1.1	5.5	13	Dotted lines
Resist. factor K, based on Sch. 40 pipe	0.30	0.20	0.17	on chart

Appendix C-3. FRICTION FACTOR AS A FUNCTION OF REYNOLDS NUMBER WITH RELATIVE ROUGHNESS AS A PARAMETER.
[Moody, L. F., *Trans. ASME*, 66, 671–84 (1944).]



Appendix C-4. FRICTION FACTOR AS A FUNCTION OF KÁRMÁN NUMBER.
(From G. G. Brown and Associates, *Unit Operations*, John Wiley and Sons, New York, 1950.)



Appendix C-6. DIMENSIONS OF STANDARD STEEL PIPE (ASA STANDARDS B36.10–1939)

Nominal Pipe Size, in.	Outside Diameter, in.	Schedule No.	Wall Thickness, in.	Inside Diameter, in.	Cross-Sectional area of Metal, sq in.	Inside Sectional Area, sq ft	Circumference, ft, or Surface, sq ft/ft of length	
							Outside	Inside
⅛	0.405	40	0.068	0.269	0.072	0.00040	0.106	0.0705
		80	0.095	0.215	0.093	0.00025	0.106	0.0563
¼	0.540	40	0.088	0.364	0.125	0.00072	0.141	0.0954
		80	0.119	0.302	0.157	0.00050	0.141	0.0792
⅜	0.675	40	0.091	0.493	0.167	0.00133	0.177	0.1293
		80	0.126	0.423	0.217	0.00098	0.177	0.1110
½	0.840	40	0.109	0.622	0.250	0.00211	0.220	0.1630
		80	0.147	0.546	0.320	0.00163	0.220	0.1430
¾	1.050	40	0.113	0.824	0.333	0.00371	0.275	0.2158
		80	0.154	0.742	0.433	0.00300	0.275	0.1942
1	1.315	40	0.133	1.049	0.494	0.00600	0.344	0.2745
		80	0.179	0.957	0.639	0.00499	0.344	0.2505
1¼	1.660	40	0.140	1.380	0.669	0.01040	0.435	0.362
		80	0.191	1.278	0.881	0.00891	0.435	0.335
1½	1.900	40	0.145	1.610	0.799	0.01414	0.498	0.422
		80	0.200	1.500	1.068	0.01225	0.498	0.393
2	2.375	40	0.154	2.067	1.075	0.02330	0.622	0.542
		80	0.218	1.939	1.477	0.02050	0.622	0.508
2½	2.875	40	0.203	2.469	1.704	0.03322	0.753	0.647
		80	0.276	2.323	2.254	0.02942	0.753	0.609
3	3.500	40	0.216	3.068	2.228	0.05130	0.917	0.804
		80	0.300	2.900	3.016	0.04587	0.917	0.760
3½	4.000	40	0.226	3.548	2.680	0.06870	1.047	0.930
		80	0.318	3.364	3.678	0.06170	1.047	0.882
4	4.500	40	0.237	4.026	3.173	0.08840	1.178	1.055
		80	0.337	3.826	4.407	0.07986	1.178	1.002
5	5.563	40	0.258	5.047	4.304	0.1390	1.456	1.322
		80	0.375	4.813	6.112	0.1263	1.456	1.263
6	6.625	40	0.280	6.065	5.584	0.2006	1.734	1.590
		80	0.432	5.761	8.405	0.1810	1.734	1.510
8	8.625	40	0.322	7.981	8.396	0.3474	2.258	2.090
		80	0.500	7.625	12.76	0.3171	2.258	2.000
10	10.75	40	0.365	10.020	11.90	0.5475	2.814	2.620
		80	0.593	9.564	18.92	0.4989	2.814	2.503
12	12.75	40	0.406	11.938	15.77	0.7773	3.338	3.13
		80	0.687	11.376	26.03	0.7058	3.338	2.98

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE

PLANTAS POTABILIZADORAS

B O M B A S Y M O T O R E S

Ing. Domingo Díaz Salgado

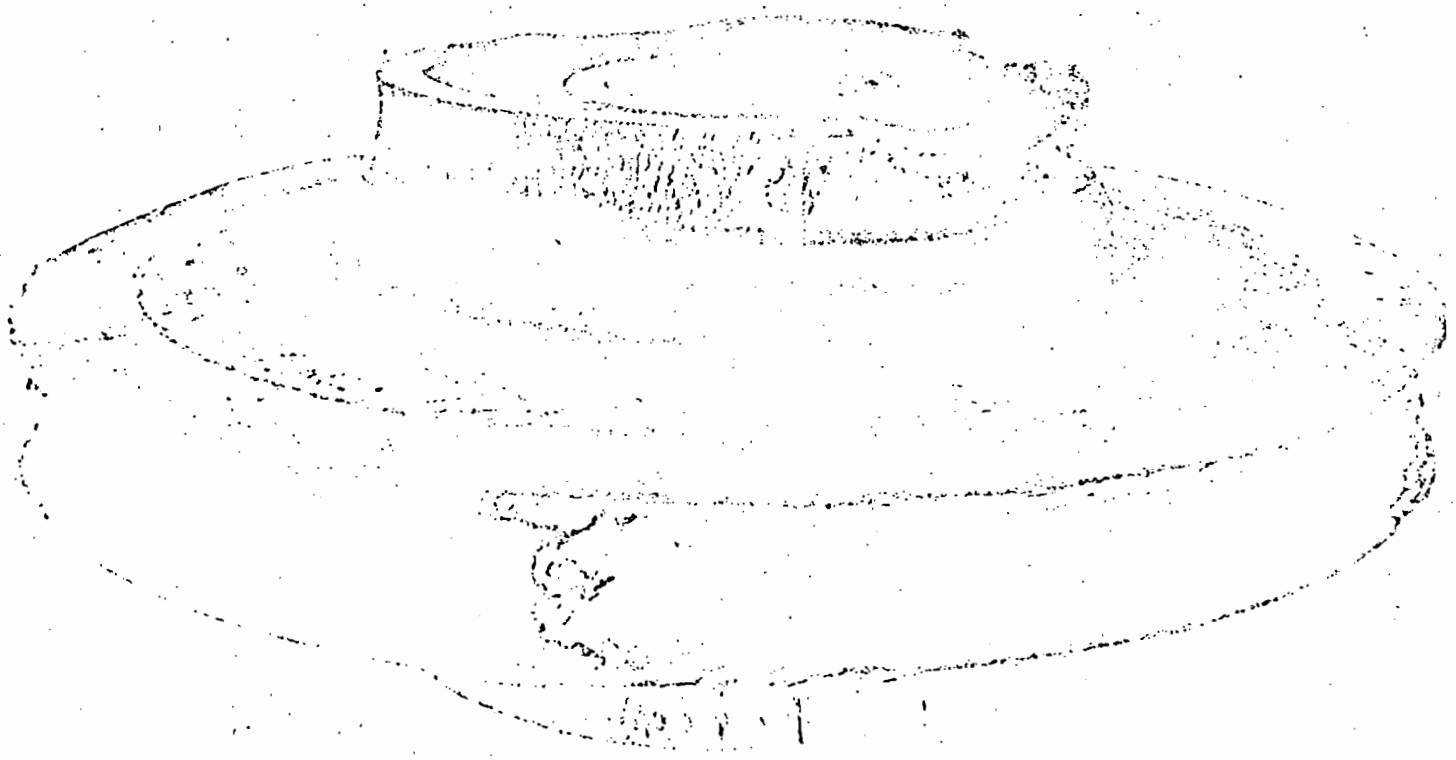
noviembre, 1978

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

40

REGLAS

PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE BOMBAS CENTRIFUGAS



WORTHINGTON

40 REGLAS

PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE BOMBAS CENTRIFUGAS

Selección-Instalación-Operación-Mantenimiento

Por: Igor J. Karassik y Roy Carter.
De Worthington Corporation.

Las siguientes reglas, evidentemente fundamentales, ayudarán a obtener el servicio más seguro, el mantenimiento más económico, y la mayor vida posible de las bombas centrifugas. El mantenimiento adecuado no principia con la reparación o la reposición de las partes dañadas, sino con una buena selección e instalación, es decir, evitando que haya que reponer o reparar. Estas reglas versarán, por lo tanto, sobre cuatro temas bien diferenciados: Selección, Instalación, Operación y Mantenimiento.

Selección

1-Indíquese al fabricante de bombas, la naturaleza exacta del líquido a manejar.

Tal descripción debe explicar de qué líquido se trata, su composición y propiedades químicas y sus características físicas, entre las que no deben faltar: la temperatura de operación, el peso específico y la viscosidad y la presencia de cualquier substancia extraña en suspensión indicando el diámetro máximo de las partículas si se trata de sólidos.

2-Especifíquense los gastos o caudales máximos y mínimos que pueden llegar a necesitarse y la capacidad normal de trabajo.

Debe incluirse toda la gama de variaciones esperadas desde el mínimo hasta el máximo.

3-Se dará una información semejante, relativa a la presión de descarga o planos y datos para calcularla.

4-Proporciónese al fabricante un plano detallado del sistema de aspiración o succión, existente o deseado.

5-El fabricante necesita saber si el servicio es continuo o intermitente.

Este evitará la instalación de una bomba para trabajo ligero en un servicio pesado, o viceversa.

6-Indíquese de qué tipo o tipos de energía se dispone para el accionamiento.

Recuérdese que la continuidad del servicio depende de la seguridad de una fuente constante de energía.

7-Especifíquense las limitaciones del espacio disponible.

Las bombas no deben ser instaladas en lugares reducidos que dificulten el mantenimiento y la inspección. Frecuentemente, es preferible utilizar una bomba vertical en lugar de la horizontal, cuando es vital la economía de espacio, o para obtener las mejores condiciones de succión.

8-Hay que estar seguros de que se dispone de un lote completo de refacciones o partes de repuesto.

Las bombas deben inspeccionarse periódicamente, y hay que reponer las partes desgastadas o dañadas. Aun en los casos en que no sea imprescindible la continuidad del servicio, deben tenerse disponibles partes de repuesto para permitir llevar a cabo puntualmente los programas de mantenimiento.

9-Consérvense suficientes partes de repuesto "a mano".

No todas las bombas son del tipo estándar, y el fabricante puede no tener en existencia permanente ciertas refacciones; pero recomendará cuáles son las que conviene que el usuario tenga siempre disponibles en su poder.

Instalación

10-Las bases de las bombas deben de ser rígidas.

Las bases de concreto construidas sobre terreno firme son las más satisfactorias. Si la bomba está montada sobre una base de acero, deberá colocarse directamente sobre los cimientos principales del edificio, vigas o muros, o tan cerca de ellos como sea posible.

11-Debe cimentarse la placa de asiento de la bomba.

Ello dará rigidez al conjunto, previniendo el deslizamiento lateral de la placa de asiento, y reducirá las vibraciones.

12-Debe comprobarse el alineamiento entre la bomba y su sistema de accionamiento.

Háganse las correcciones necesarias. Aun cuando una unidad se alínea en la fábrica antes de ser embarcada, es necesaria una cuidadosa comprobación en el "campo" o en la planta, debido al frecuente desalineamiento durante el tránsito. Si la bomba va a manejar líquidos calientes, la verificación debe efectuarse a la temperatura de operación.

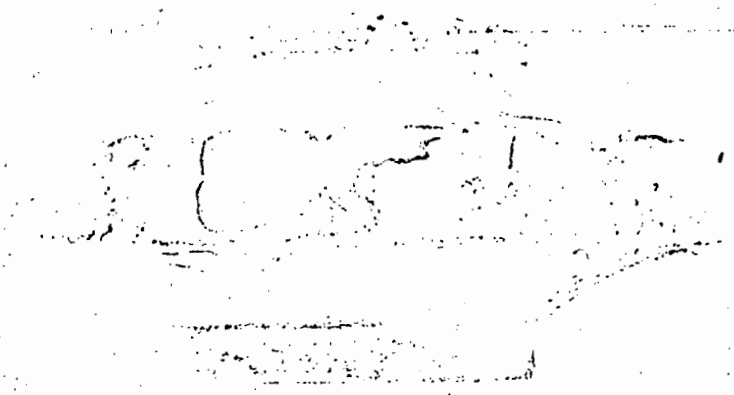
13-Las tuberías no deben ejercer esfuerzos sobre la bomba.

El alineamiento más cuidadoso de la bomba y de sus sistema de accionamiento puede desaparecer fácilmente si hay que forzar las tuberías para conectarlas con la bomba.

14-Usense tuberías de diámetro amplio, especialmente en la (succión) aspiración.

Generalmente deben usarse tubos mayores, en una o dos medidas, que el diámetro de la brida o rosca de la succión. No deben usarse codos de pequeño radio en la aspiración de la bomba. No se instalarán tubos con codos o conexiones que produzcan cambios de dirección o de diámetro, tales que originen perturbaciones en la

Carcaza que presenta pruebas evidentes de los efectos de "abrasión y corrosión" producidos por el líquido manejado. Si se hubiera dado al fabricante la información previa completa, éste hubiera podido seleccionar adecuadamente el material con que la bomba debía construirse.



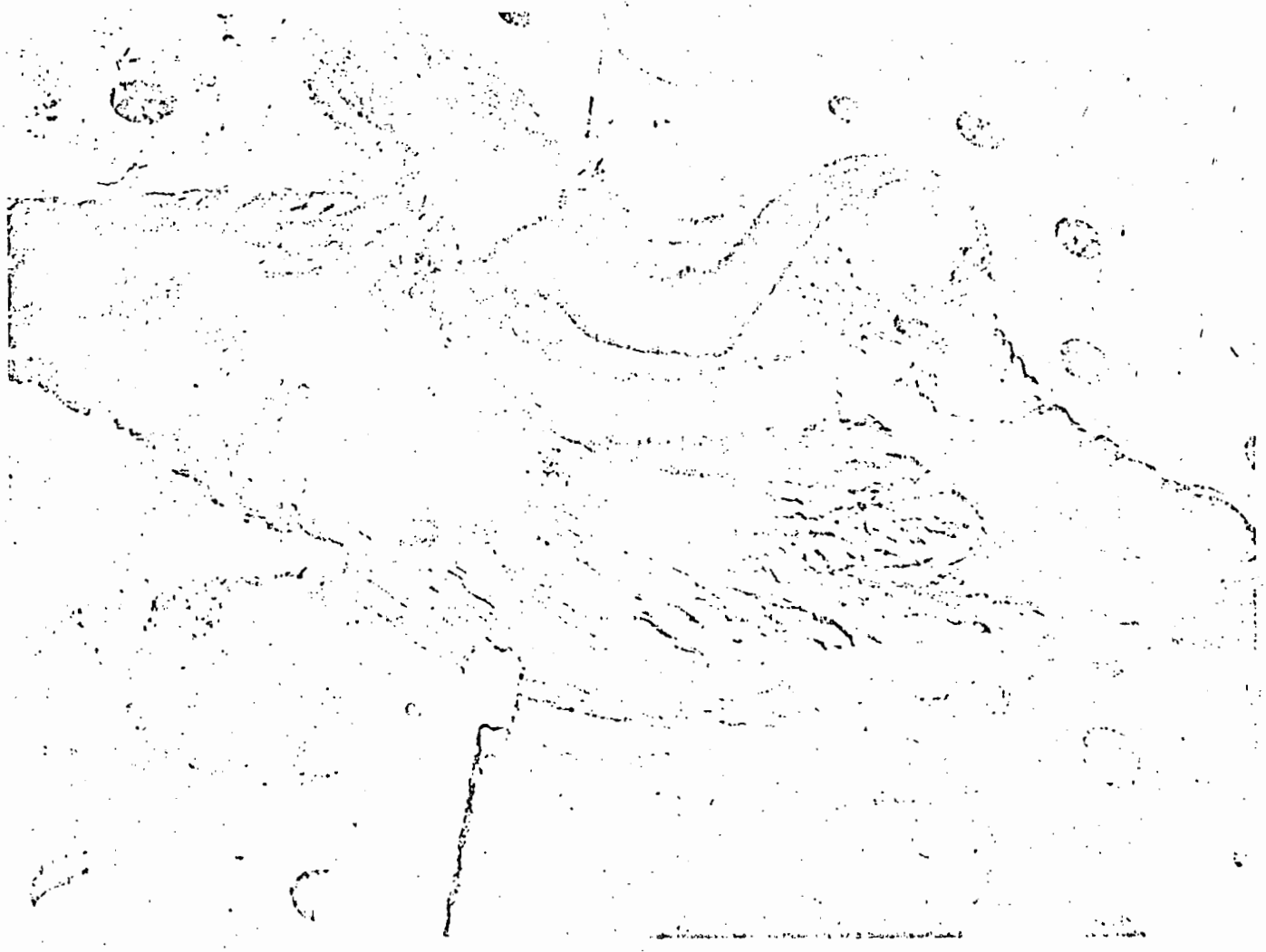
Este impulsor muestra claramente los daños causados por la "cavitación" originada al vaporizarse el líquido en forma de burbujas dentro del impulsor y al condensarse éstas al salir de él a la zona de altas presiones, en forma de "implosiones" que ametrallan el material.
Esto se hubiera evitado indicando al fabricante la naturaleza exacta del líquido a manejar y las condiciones de trabajo y pidiéndole consejo sobre cómo instalar el sistema de succión. (Reglas No: 1 y No. 4).

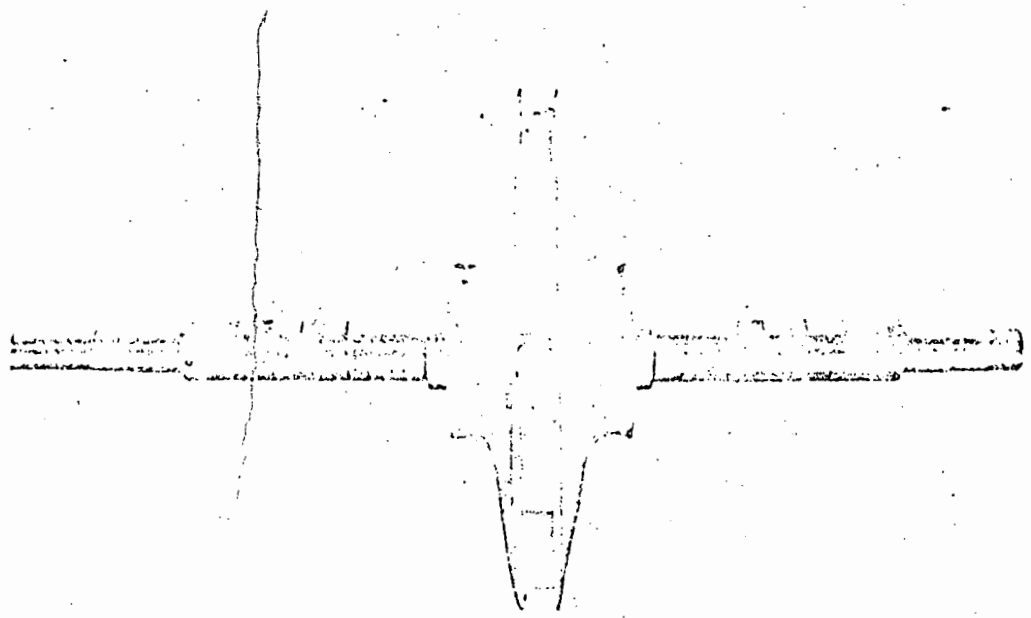
"La cavitación" dejó rastros palpables al resultar menor la presión Efectiva Neta de Aspiración (PENA-NPSH) que la requerida por el modelo de bomba utilizado. O el seleccionador no conocía el NPSH disponible, o el instalador no tuvo en cuenta el requerido. (Reglas No. 1 y No. 4).

La "Corrosión" destruyó esta carcaza. Indudablemente que el remedio es el uso de otro material más resistente a las soluciones ácidas bombeadas. (Regla No. 1).

Las partículas "abrasivas" hicieron estragos en la bomba. El desconocimiento de las características precisas del fluído motivó una selección errónea. La solución será, o purificar el líquido antes del bombeo, o utilizar material más adecuado. Deberá estudiarse qué solución es la más económica. (Regla No. 1).

"Una economía mal entendida".
Restos de lo que fue una buena bomba que manejó indebidamente un líquido muy abrasivo a "alta velocidad".
Será más larga la vida útil del equipo si se utiliza una bomba de baja velocidad (mayor precio) y de material más resistente. (Regla No. 1).





Las flechas se deterioran y llegan a romperse al resultar víctimas, casi siempre indirectas, de muchos de los efectos que aquí se enumeran, desde el mal alineamiento hasta la corrosión y la abrasión, que destruyen o lesionan apoyos, baleros, anillos de desgaste, camisas, etc. Tales defectos repercuten siempre en las flechas, dañándolas con efectos secundarios.

distribución adecuada del flujo dentro de la bomba.

15-Colóquense válvulas de purga en los puntos elevados de la bomba y de las tuberías.

Si los vapores o gases purgados son nocivos o inflamables, entúbense las salidas hasta lugares seguros.

16-Instálense conexiones ("calientes") para altas temperaturas.

Las bombas que vayan a manejar líquidos calientes deberán tener conexiones para altas temperaturas.

17-Instálese una conexión de derivación (by-pass).

Si existe la posibilidad de tener que operar la bomba hasta el punto de gasto cero, instálese una válvula de derivación. Esta no deberá descargar cerca de la succión de la bomba, sino en algún punto lo suficientemente alejado para que pueda disiparse el calor desarrollado en la bomba al trabajar sin circulación de líquido.

18-Dispóngase un abastecimiento adecuado de agua fría.

Refrigérense los rodamientos y las cajas de empaque.

19-Instálense medidores de flujo y manómetros adecuados.

Sin estos instrumentos, no se sabrá cómo está trabajando la bomba.

Operación

20-No debe estrangularse nunca la succión de la bomba para disminuir el gasto.

Tal práctica produce peligrosa "cavitación" en la bomba. El estrangular la descarga es más sencillo y no causa perjuicios.

21-No se operará la bomba "en seco".

El líquido bombeado es necesario para enfriar y lubricar los conductos internos. Una bomba que trabaja sin líquido, generalmente se sobrecalienta y se traba. NUNCA DEBE ARRANCARSE UNA BOMBA CON LA VALVULA DE ASPIRACION CERRADA.

22-No debe trabajarse una bomba con gastos excesivamente bajos.

Primero, aunque el servicio admita, en determinadas circunstancias, capacidades reducidas, el diseño de la bomba puede ser tal que dichos gastos provoquen gran reacción radial y hasta rotura de la flecha. Segundo, el diseño hidráulico puede ser tal que un caudal reducido produzca averías en el impulsor. Tercero, parte de la energía consumida por la bomba se gasta en calentar el líquido y, si no hay flujo suficiente de éste, la bomba se sobrecalentará y se pegará. Como una regla burda, el gasto mínimo, para proteger la bomba contra sobrecalentamientos, es aproximadamente de 30 galones por minuto y por cada cien caballos de potencia absorbida en el punto de gasto cero.

23-Efectúense observaciones frecuentes.

Investíguense inmediatamente los cambios que se observen en el ruido de una bomba trabajando. Obsérvense frecuentemente las temperaturas de los rodamientos y de las cajas de empaque. Háganse lecturas frecuentes de los manómetros y compruébense los caudales, para ver si las presiones y los gastos corresponden a las condiciones normales de operación.

24-NO DEBE PRETENDERSE IMPEDIR TOTALMENTE EL GOTEO DE LAS CAJAS DE EMPAQUE.

Se necesita un ligero goteo para proporcionar lubricación y enfriamiento adecuados a la empaquetadura.

25-No debe usarse agua demasiado fría en los rodamiento enfriados por agua.

Si así se hiciera, se provocaría un enfriamiento excesivo en las cajas de los baleros, produciéndose la condensación de la humedad, que se emulsiona con el lubricante.

26-No debe utilizarse demasiado lubricante en los rodamientos "antifricción".

Si se está usando grasa, el rodamiento deberá estar "empacado" con grasa aproximadamente en su tercera parte. Si es de lubricación por aceite, el nivel no deberá exceder del marcado en el indicador correspondiente.

27-Si las cajas de empaque necesitan ser "re-empaquetadas", úsese empaquetadura nueva.

No se añadan uno o dos anillos al empaque viejo, pues se puede incluso tapar la abertura del líquido sellador.

28-INSPECCION SEMESTRAL.

1-Compruébese el libre movimien-

to de los casquillos de la caja de empaque, límpiense y acéitense los pernos y las tuercas de los casquillos del prensa-estopas, e inspecciónese la empaquetadura.
2-Chéquese el alineamiento entre la bomba y su accionamiento, y corríjase si es necesario.
3-Drénense los baleros lubricados por aceite, y vuélvanse a llenar los depósitos correspondientes.
4-En los baleros lubricados por grasa verifíquese la cantidad y la consistencia de la grasa.

29-INSPECCION ANUAL.

Hágase anualmente una inspección total de cada bomba.
Especialmente:
1-Remuévanse los rodamientos para limpiarlos y ver si no presentan defectos.
2-Quítense los empaques e inspecciónese el desgaste de las camisas.
3-Desconéctese el cople y compruébese el alineamiento.
4-Verifíquese y límpiese el drenaje, el sello hidráulico y la tubería del enfriamiento por agua.
5-Recalíbrense todos los instrumentos y háganse pruebas completas del rendimiento de la bomba.

Mantenimiento y Reparación

30-No debe desmontarse totalmente una bomba para su inspección general.

A menos de que exista una evidencia definitiva de que el rendimiento de la bomba ha decrecido, o de que se advierta ruido o sobrecarga de la máquina motriz que revelan un serio problema interno.

31-Es preciso tener un gran cuidado en el desmontaje.

Téngase mucho cuidado al efectuar una revisión completa. Con bombas de carcaza bipartida horizontalmente, levántese la parte superior verticalmente, de manera que no se dañen las partes internas. Extráigase el rotor también verticalmente para evitar daños a los impulsores, anillos de desgaste, etc. Márquense todas las partes tal y como vayan siendo removidas. Examínense todas las piezas y puntos importantes. Anótense todas las tolerancias existentes y compárense con las originales.

32-Es necesario un cuidado especial al examinar y reacondicionar los ajustes "metal con metal".

Póngase especial empeño en hacer el trabajo correctamente donde haya partes fijas, tales como los anillos de carcaza que asientan en la misma.

33-Límpiense completamente los conductos de agua de la carcaza y repíntense.

Esto debe siempre efectuarse al hacer una revisión completa. Obsérvense la corrosión y la erosión de los conductos. Si se aprecian desgastes excesivos, estúdiese con el fabricante la posibilidad y la conveniencia de la substitución por materiales más resistentes.

34-Al iniciarse una revisión total, deben tenerse disponibles juntas nuevas.

Exceptuando algunos diseños especiales, la mayoría de las carcazas de las bombas centrífugas tienen juntas que suelen dañarse al desmontar la bomba. Las nuevas juntas deberán tener el mismo espesor que las originales. Los "filos" interiores de las juntas deben ajustar con precisión a lo largo de las partes internas de los conductos de líquido de la bomba. Las superficies de contacto de la junta deben estar absolutamente limpias antes de colocarse ésta.

35-Estúdiense la erosión, la corrosión y los efectos de cavitación en los impulsores.

Insistimos en que, si el desgaste es muy severo, debe consultarse al fabricante, porque puede haber disponible otro material más adecuado. Si existen serias muestras de cavitación, puede ser posible cambiar la bomba de lugar para mejorar la succión aumentando la altura neta positiva de aspiración (ANPA ó NPSH) disponible, y cabe la circunstancia de que exista otro impulsor de diseño especial, de menor NPSH requerido, que pueda trabajar satisfactoriamente con las condiciones de aspiración existentes.

36-Verifíquese la "concentricidad" de los nuevos anillos de desgaste antes de montarlos en los impulsores.

Si hay necesidad, después de esta verificación hágase un ligero "rebaje" para lograr que las piezas sean concéntricas.

37-Revísense todas las partes montadas en el rotor.

Compruébese si son coaxiales las superficies que encajan unas en otras. Así se evitará flexionar la flecha cuando se aprietan las tuercas de la bomba.

38-Para volver a obtener servicio adecuado de la caja de empaques, muchas veces es preciso cambiar la flecha o las camisas de flecha.

En algunos casos, será posible reconstruir estas superficies por soldadura o por metalización. Sin embargo, tal método generalmente no es bueno y es preferible montar piezas nuevas.

39-Opérese con gran cuidado al montar los baleros sobre la flecha.

Es un método sencillo calentar ligeramente los baleros, provocando así la expansión del anillo interior, lo que es preferible a obligar a la fuerza a la flecha a pasar por él. Si así se hace, la fuerza debe aplicarse con una prensa de tornillo o con un martillo blando, golpeando alternativamente en uno y otro lado de un tubo que asiente sobre el anillo interior del rodamiento.

40-Llévese un registro completo de las inspecciones y reparaciones.

El llevar tal registro revelará las bases del mantenimiento preventivo, lo que reducirá la frecuencia y el costo del trabajo del mantenimiento propiamente dicho.

Traducido de "Power and Fluids"

OFICINAS DE VENTAS:

FABRICA, VENTAS Y SERVICIO
MEXICO, D. F.
Av. Poniente 140 No. 859
Esq. Av. Ceylán
Tel. 567 51-00 Telex 0177-2-527
Colonia Industrial Vallejo

SUCURSAL EN MONTERREY
Gonzalitos No. 919 Tel. 46-76-80
Telex 038-797

SUCURSAL EN GUADALAJARA
López Mateos Sur No. 573 local 16
Teléfono 21-38-09

¿Rotativa? ¿Centrífuga? ¿Cuál será la mejor para su caso específico?

Algunas veces le será fácil elegir. Por ejemplo:

1. Usted escogerá sin titubear una bomba rotativa de engranes cuando tenga que manejar líquidos bastante viscosos (de más de 2.500 S.S.U.) o cuando sean deficientes las condiciones de succión, o si es preciso un desplazamiento positivo del líquido.

2. Usted no dudará en utilizar una bomba centrífuga si trata de manejar agua o mezclas acuosas; líquidos corrosivos o abrasivos, o que posean baja viscosidad (2.500 S.S.U. o menos), o productos derivados del petróleo.

3. Pero la duda le detendrá en muchos casos que no estén incluidos en la anterior clasificación, y aun más, en aplicaciones cuyos líquidos a manejar posean, combinadas, características que aparecen en 1 y 2. Otros aspectos del problema complicarán su elección: Costo inicial, costo de operación, cualidad lubricante del líquido, espacio disponible, características de la instalación.

En el caso 3, no vacile ni un instante: haga una visita, telefonée o escriba a WORTHINGTON DE MEXICO, S. A.

UN TECNICO EXPERTO RESOLVERA SU DUDA.

OFICINAS DE VENTAS:

SUCURSAL EN MONTERREY — FABRICA, VENTAS Y SERVICIO — SUCURSAL EN GUADALAJARA

MEXICO, D. F.

Gonzalitos No. 919 Tel. 46-76-80
Telex 038-797

Av. Poniente 140 No. 859
Esq. Av. Cetán
Tel. 567-51-00 Telex 0177-2527
Colonia Industrial Vallejo

López Mateos Sur No. 573 local 16
Teléfono 21-38-09

WORTHINGTON DE MEXICO, S. A.

WORTHINGTON

TABLA DE FALLAS DE BOMBAS CENTRIFUGAS

10 Síntomas	47 Posibles Causas (Los números corresponden a la tabla inferior.)
I - La bomba no da agua:	1—2—3—4—6—11—14—16—17—22—23.
II - Capacidad insuficiente	2—3—4—5—6—7—8—9—10—11—14—17—20 22—23—29—30—31.
III - Presión baja:	5—14—16—17—20—22—29—30—31.
IV - La bomba se "desceba" después de arrancar:	2—3—5—6—7—8—11—12—13.
V - La bomba necesita potencia excesiva:	15—16—17—18—19—20—23—24—26—27—29—33—34 37.
VI - La caja de empaques gotea demasiado:	13—24—26—32—33—34—35—36—38—39—40.
VII - La empaquetadura se destruye rápidamente:	12—13—24—26—28—32—33—34—35—36—37—38—39 40
VIII - La bomba vibra o hace ruido:	2—3—4—9—10—11—21—23—24—25—26—27—28 30—35—36—41—42—43—44—45—46—47.
IX - Los baleros tienen poca duración:	24—26—27—28—35—36—41—42—43—44—45—46—47.
X - La bomba se sobrecalienta o se "traba":	1—4—21—22—24—27—28—35—36—41.

Descripción de las CAUSAS, que revelan los REMEDIOS.

(Los números romanos indican los síntomas que pueden acusar cada falla)

FALLAS DE LA SUCCION

1—La bomba no ha sido cebada (I-X).
2—La bomba y/o la tubería de succión no están completamente llenas del líquido (I - II - IV - VIII).
3—La altura de aspiración es demasiado grande (I - II IV - VIII).
4—Margen insuficiente entre la presión en la succión y la presión de vaporización del líquido a bombear (I - II - VIII - X).
5—Cantidad excesiva de gas o de aire en el líquido (II - III - IV).
6—Bolsas de aire en la línea de succión (I - II - IV).
7—Entrada de aire en la línea de succión (II - IV).
8—Entrada de aire en la bomba a través de la caja de empaque (II - IV).
9—Válvula de pie demasiado pequeña (II - VIII).
10—Válvula de pie parcialmente obstruida (II - VIII).
11—La entrada de la tubería de succión está insuficientemente ahogada (I - II - IV - VIII).
12—La tubería del "sello de agua" está tapada (IV - VII).
13—La caja de sello está mal colocada en la caja de empaques, impidiendo que el líquido sellador la inunde para formar el sello (IV - VI - VII).

FALLAS DEL SISTEMA

14—Menor velocidad de la debida (por baja frecuencia de la corriente eléctrica o por motor de número de polos incorrecto; por estar mal regulada la velocidad del motor de combustion; por quedar sobrecargado el motor, o frenado el grupo en alguna forma (I - II III).
15—Mayor velocidad de la indicada por error en el número de polos, etc. (V).
16—Sentido de rotación equivocado (Puede que baste intercambiar los cables de dos fases) (I - III - V).
17—La carga total dinámica del sistema es mayor que la estimada al calcular la bomba (alturas o distancias erróneas, diámetros insuficientes de las tuberías o de las conexiones, etc.) (I - II - III - V).
18—La carga total dinámica del sistema es menor que la que sirvió para seleccionar la bomba (Datos equivocados, que producen un caudal excesivo) (V).
19—Peso específico del líquido diferente del estimado (V).
20—La viscosidad del líquido no es la que sirvió para calcular el equipo (II - III - V).
21—Se está trabajando con menor gasto del debido (VIII - X).
22—Bombas que se hacen trabajar indebidamente "en paralelo" (I - II - III - X).

FALLAS MECANICAS

23—Cuerpos extraños llegan al impulsor (I - II - V - VIII).
24—Desalineamiento (V - VI - VII - VIII - IX - X).
25—La cimentación no es rígida o firme (VIII).
26—Flecha doblada (V - VI - VII - VIII - IX).
27—Alguna parte que gira está rozando con otra fija (V - VIII - IX - X).
28—Baleros dañados (VII - VIII - IX - X).
29—Anillos de desgaste en mal estado (II - III - V).
30—Impulsor avenado (II - III - VIII).
31—Defectuosa junta de empaque de la carcaza, que permite fugas internas, y recirculaciones (II - III).
32—La flecha o las camisas de la flecha están desgastadas o rayadas en puntos en contacto con la empaquetadura (VI - VII).
33—Empaque mal colocado (V - VI - VII).
34—El tipo de la empaquetadura usada no es el adecuado para las condiciones de trabajo (V - VI - VII).
35—La flecha está descentrada, por desalineamiento o por estar dañados los baleros. (VI - VII - VIII - IX - X).
36—Rotor "desbalanceado", provocando vibraciones (VI - VII - VIII - IX - X).
37—El manguito (collarín) del prensaestopas quedó demasiado apretado, impidiendo el flujo del líquido necesario para la lubricación del empaque (V - VII).
38—Falla en el abastecimiento del líquido enfriador de las cajas de empaque (VI - VII).
39—Excesiva tolerancia en la caja de empaque entre la flecha y la carcaza, ocasionando que el empaque pase al interior de la bomba (VI - VII).
40—Tierra o arena en el líquido sellador, ocasionando que las flechas o las camisas de flecha se rayen (VI - VII).
41—Excesivo empuje causado por fallas mecánicas dentro de la bomba o por la del dispositivo que tiende a establecer el equilibrio hidráulico, si la bomba está dotada de tal aditamiento (VIII - IX - X).
42—Cantidad excesiva de grasa o de aceite en la caja de rodamientos antifricción, o falta de enfriamiento, lo que provoca una elevación excesiva de temperatura en los cojinetes (VIII - IX).
43—Falta de lubricación (VIII - IX).
44—Instalación inadecuada de los baleros (maltratados al ensamblar), mal montaje de baleros múltiples o empleo de baleros sencillos cuando deben ser dobles (VIII - IX).
45—Tierra o polvo en los baleros (VIII - IX).
46—Oxidación de los baleros, debida a entradas de agua dentro de sus cajas. (VIII - IX).
47—Enfriamiento excesivo de baleros enfriados por agua, provocando la condensación de la humedad atmosférica dentro de sus cajas y haciendo que el agua de condensación pase al aceite (VIII - IX).

WORTHINGTON DE MEXICO, S. A.

FCW 1099-S2-1-668 3500

WORTHINGTON

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS

COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO

DIRECCION GENERAL DE OPERACION

INSTRUCTIVO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO ELECTRICO PARA SISTEMAS DE BOMBEO DE LA C. A. V. M.

AGOSTO DE 1977

I N D I C E

C A P I T U L O I

C A P I T U L O II

CAPITULO I

SUBESTACION ELECTRICA

Tomando en consideración las capacidades de los equipos de bombeo, las tarifas de energía eléctrica y la localización de los pozos para abastecimiento de agua potable que construye la Comisión de Aguas del Valle de México, se ha llegado a la selección de subestaciones cuyo diagrama unifilar se muestra en la fig. No. 1, donde se muestran los elementos más simples para proteger y controlar la energía en alta tensión.

Por lo que respecta a la alimentación de la Compañía de Luz, ésta en su poste de acometida instala un juego de fusibles SMD-20 y un juego de apartarrayos cuyo neutro está eléctricamente conectado al sistema de tierras en alta tensión de la subestación, además en este poste van montadas las mufas de los cables que alimentan a la subestación.

Las subestaciones son del tipo compacta con gabinetes metálicos para servicio intemperie y comprenden la sección de acometida (1), sección de interruptor-fusibles-apartarrayos (2) y sección de acoplamiento en algunos casos (3) (fig. 1).

La sección de acometida está destinada a la recepción del cable alimentador y alojamiento de las mufas terminales de éste, propiedad de la Compañía de Luz.

En esta sección no se aloja el equipo de medición en alta tensión; siempre y cuando la carga del pozo no exceda de 200 KW, lo cual permite localizar el equipo de medición en el lado de baja tensión a la salida del transformador (fig. 1).

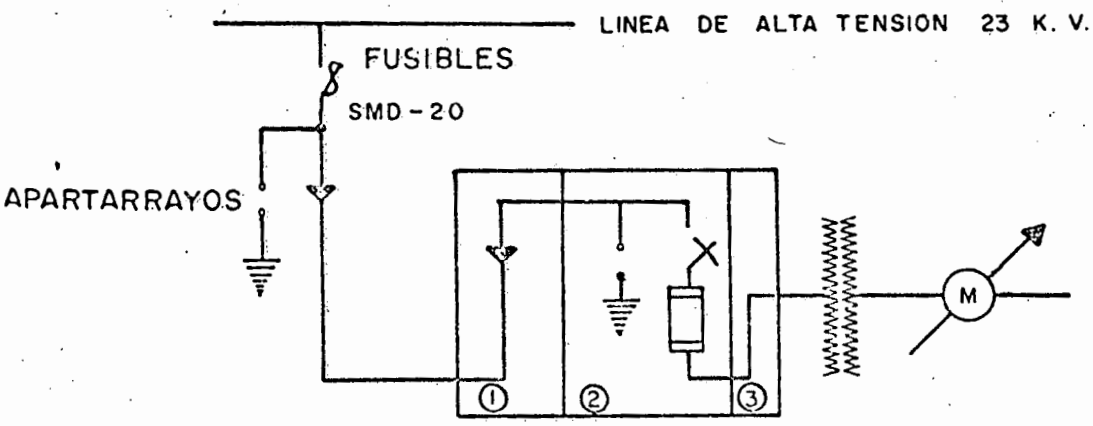


Figura 1

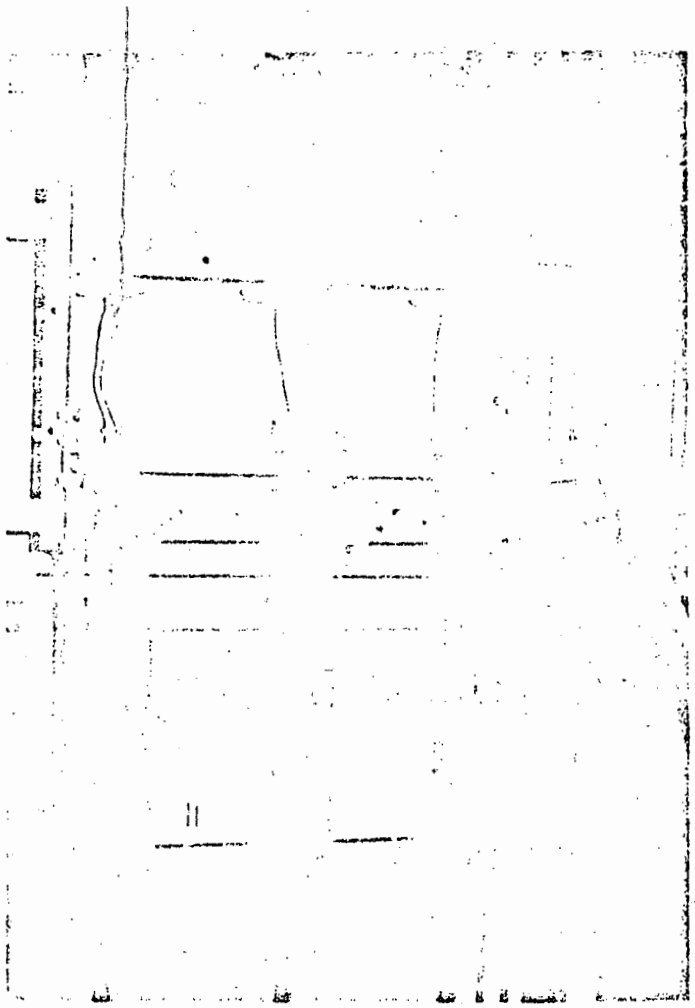
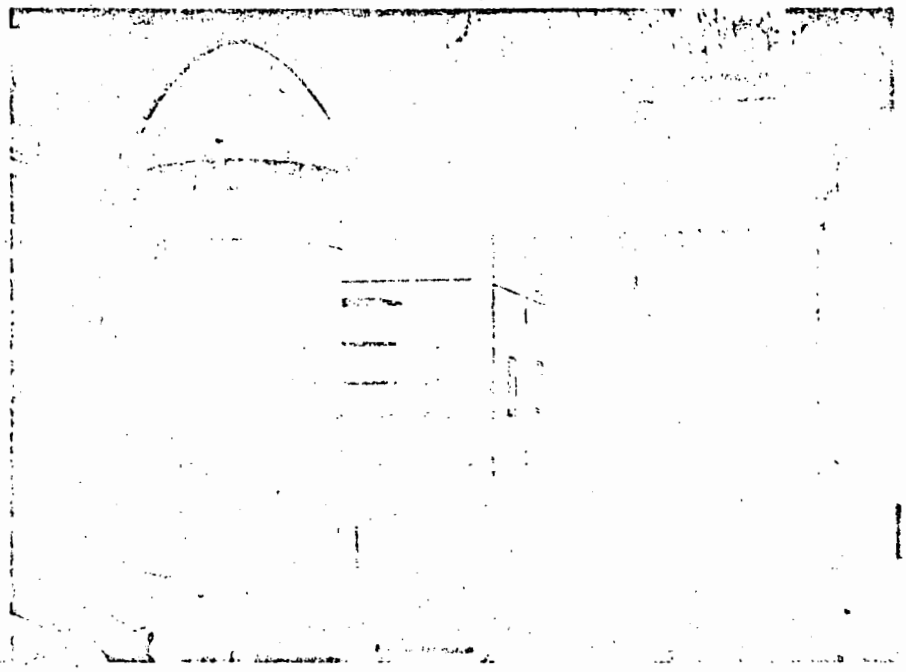


Figura 3



SUBESTACION COMPACTA SERVICIO INTEMPERIE POZOS SISTEMA SUR

de palanca y va provisto de cuchillas de corriente principales y auxiliares, montadas sobre un marco de base con ayuda de aisladores de resina sintética acanalados que sirven de apoyo. Las cuchillas de paso de corriente se accionan por medio de un eje de maniobra que descansa sobre el marco de base.

Las cuchillas de corriente secundarias se han conectado en paralelo con las principales, con el objeto de que, al tener lugar la desconexión, se hagan cargo de la extinción del arco. Por este motivo, en los puntos de contacto las cuchillas secundarias de corriente son de un material resistente al fuego y están provistas de una cámara plana de extinción de arco. Mediante un dispositivo mecánico especial, se ha conseguido que las cuchillas de arco se accionen siempre después de las cuchillas seccionadoras principales.

Aplicación

Los seccionadores de carga son aparatos de maniobra para instalaciones de alta tensión, que pueden interrumpir corrientes de servicio y que al desconectar dan lugar a una apertura apreciable. Se emplean para conectar líneas aéreas o cables, para seccionar circuitos, así como para la conexión y desconexión de transformadores con carga.

El seccionador de carga está adosado a los correspondientes elementos de protección, tales como fusibles de alta tensión, dispositivos de maniobra rápida (accionamiento de maniobra brusca), acoplamiento de desenganche libre y dispositivos de disparo.

En el proceso de apertura, las cuchillas de arco quedan retenidas, estableciendo pleno contacto, hasta que las cuchillas seccionadoras principales recorren el 80% aproximadamente, de su trayecto de maniobra. Entonces, las cuchillas de arco se liberan y se desconectan bruscamente, extinguiéndose el arco en la cámara.

Funcionamiento

Al tener lugar la conexión, las cuchillas de arco se retienen mediante pernos de bloqueo y un disco de levas, a suficiente distancia de las cámaras de extinción, hasta que se conectan las cuchillas seccionadoras principales. Durante el proceso de cierre de estas últimas, se tensan los muelles, los cuales provocan la actuación de las cuchillas de arco después de su liberación en conexión de maniobra brusca. Como consecuencia de este proceso de maniobra, las citadas cuchillas se conectan directamente sin avances previos.

Características

El seccionador de carga está provisto con 3 portafusibles para fusibles de alta tensión y alta capacidad interruptiva, que en combinación con éste pueda eliminar las fallas de cortocircuito en las instalaciones. En el caso de fundirse un fusible, el seccionador de carga debe abrirse automáticamente, ya que abren el circuito antes del primer pico de corriente (fig. 4) haciendo que la duración del arco sea muy corta produciendo sobretensiones elevadas.

Este tipo de fusibles (limitadores de corriente) de alta tensión y alta capacidad además de requerir la desconexión inmediata en el momento de falla de cortocircuito, requieren de dispositivos de sobrecarga que actúen sobre el mecanismo de disparo del seccionador, por lo cual hay que tener especial atención para la calibración y mantenimiento de estos elementos.

Las curvas características de estos fusibles se muestran en la fig. 5, las cuales se necesitan para la coordinación eléctrica con otros aparatos de protección, como hacer notar que estos fusibles sólo protegen contra corto circuito y que tienen una tolerancia de ± 20%.

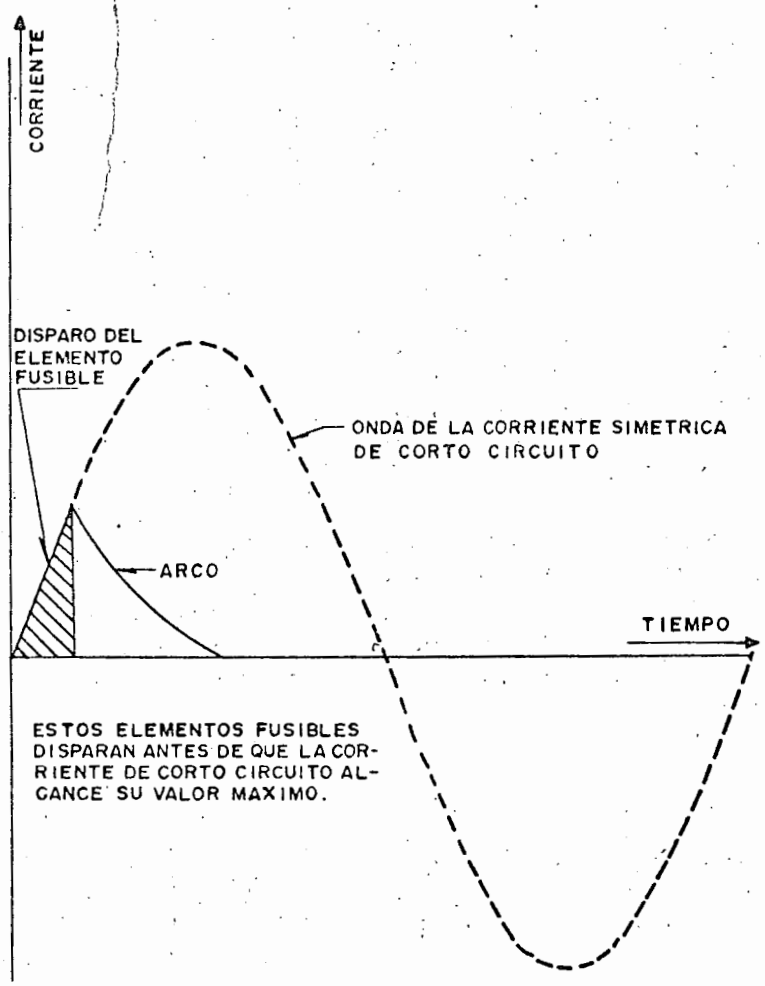


Figura 4

Explicación gráfica de la operación de los fusibles limitadores de corriente.

Selección de fusibles

En la selección de estos fusibles es muy importante tomar en consideración la corriente de entrada que es de 12 a 14 veces la corriente nominal en 0.1 seg. para transformadores. Por ejemplo para seleccionar la capacidad de los fusibles de un transformador de 225 KVA en 23 KV, se tiene:

$$I_n = \frac{KVA \times 1\,000}{\sqrt{3} \times E}$$

$$I_n = \frac{225 \times 1\,000}{1.73 \times 23\,000}$$

$$I_n = 5.65 \text{ Amp.}$$

$$I_e = I_n \times 14$$

$$I_e = 79.1 \text{ Amp.}$$

Con este valor en las curvas de la fig. 5 se determina el valor del fusible, que es de 10 Amp.

Sin embargo, el fabricante de estos fusibles proporciona una tabla para la selección de este tipo de fusibles con diferentes capacidades de transformadores (ver tabla I).

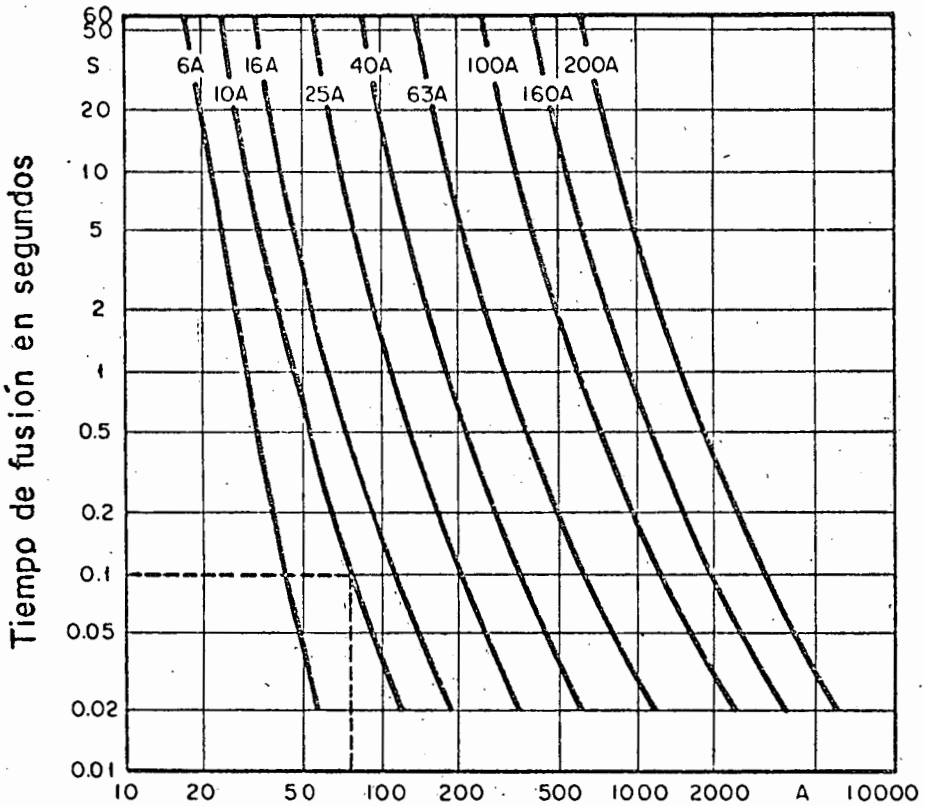


Figura 5
Intensidad de la corriente A (valor efectivo) curvas características del tiempo de fusión.

Selección de los fusibles

TABLA I

Potencia nominal del Transformador	TENSION DE SERVICIO		
	13.2 - 13.8 KV	20 - 23 KV	34.5 KV
KVA	A	A	A
45	6	6	—
75	10	6	—
112.5	10	6	6
150	16	10	6
225	25	16	10
300	25	16	16
500	40	25	25
750	63	40	40
1 000	100	63	40
1 500	125	100	63

A = Intensidad nominal de los fusibles.

Operación y Mantenimiento

La subestación de energía eléctrica para un consumidor que contrata con una empresa vendedora de fluido eléctrico en alta tensión, es el lugar de la industria o establecimiento en general que recibe mucha atención en un principio, ya que desde ese lugar provendrá la energía eléctrica en baja tensión (440/254 Volts) para el funcionamiento del equipo, alimentación del alumbrado y equipos auxiliares, pero el cual después de transcurrido algún tiempo debido a que trabajan casi sin hacer ruido y no ofrecen problemas, nada más queda como el lugar donde es mejor no entrar porque es peligroso, pues hay "Alta Tensión" y queda medio olvidado.

En la actualidad es necesario darle cabida en el programa de mantenimiento, con objeto de lograr que el equipo que la forma, opere en las mejores condiciones para que tenga una larga duración, no ofrezca peligro para el personal y evitar que se suspenda un servicio por una falla del equipo de la subestación.

Para dar mantenimiento a estas subestaciones, es necesario tener muy presente la secuencia de operación de estos equipos.

Cuando sea necesario desconectar la subestación para realizar trabajos de mantenimiento o eventualmente por fusión de algún fusible, colóquese los guantes para manejo de alta tensión, opere sobre una tarima aislante apropiada y observe las siguientes operaciones:

a) Cerciórese si se debió a un cortocircuito, en su caso, es recomendado por el fabricante que con este tipo de fallas se reemplacen los 3 fusibles, ya que es posible pierdan su calibración los que no accionaron.

b) Desconecte todas las cargas de baja tensión.

c) Opere el seccionador con carga hasta la posición "O", en donde se elimina el trinquete que únicamente permite abrir la puerta de acceso al seccionador si éste está desconectado.

d) Abra la puerta del seccionador bajo carga, dejándola así por espacio de 15 segundos antes de realizar algún trabajo dentro del gabinete. **Cerciórese que tanto las cuchillas principales como las de arqueo, hayan operado correctamente.**

e) Descargue a tierra por medio de un cable flexible conectado al sistema de tierras y a la punta de una pértiga haciendo contacto en las terminales de alta tensión del transformador.

f) Proceda al cambio de fusibles, observando que la flecha indicadora esté en la posición correcta.

g) Una vez ya instalados los fusibles y habiendo quedado en orden, proceda a cerrar la puerta.

h) Opere con rapidez la palanca operadora del seccionador de la posición "O" a la posición "I".

Una vez cada seis meses o por lo menos una vez al año, es necesario pedir una libranza a la empresa suministradora de energía eléctrica, para que se desconecte el servicio por un tiempo razonable, procediendo a la limpieza y mantenimiento general, para lo cual se hacen las siguientes recomendaciones:

1) Limpieza de las superficies de los aisladores con trapos limpios y secos.

2) Asegurarse que las uniones portadoras de energía de alta tensión, se encuentren bien apretadas (recorrer todos los tornillos).

3) Verifique el funcionamiento del seccionador bajo carga, conectándolo y desconectándolo, para ello introduzca suavemente en el orificio del

INSTRUCTIVO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO ELECTRICO PARA SISTEMAS DE BOMBEO DE LA C.A.V.M.

INTRODUCCION

Cuando se conoce y se entiende el funcionamiento de los equipos electromecánicos para sistemas de bombeo, los resultados de operación serán positivos, evitando así la suspensión de tan importante servicio.

Preocupación constante de la Comisión de Aguas del Valle de México es el de preparar a su personal que tiene a su cargo la operación y conservación de estas máquinas, para lo cual se ha elaborado el presente instructivo tomando como base los equipos instalados en sus sistemas de bombeo.

Estos equipos de bombeo requieren de un buen sistema de control y distribución de energía eléctrica que les permita obtener los mejores resultados de operación.

Básicamente en las estaciones de bombeo existen tres secciones que controlan y protegen la energía eléctrica hasta obtener la energía mecánica requerida para el bombeo y son las siguientes:

Subestación Eléctrica
Equipo de Baja Tensión
Motor Eléctrico.

La subestación eléctrica comprende los elementos básicos para controlar la energía en alta tensión proporcionada por la compañía suministradora de flujo eléctrico, además de proteger en esta sección las sobrecargas y cortocircuitos que reciba el transformador, que es de primordial importancia en una estación de bombeo.

Otra de las secciones con que cuenta una estación de bombeo, es el equipo de baja tensión que permite el control del motor de la bomba y servicios auxiliares de la estación, así como el de eliminar las fallas de sobrecarga y cortocircuitos, de tal manera que afecten lo menos posible al transformador.

Todo lo anterior es con el objeto de obtener la energía eléctrica cómo y cuando se requiera para hacer posible la operación del motor eléctrico, máquina que transformará la energía eléctrica a energía mecánica indispensable para el bombeo.

disco externo del mecanismo el vástago de la palanca hasta la ranura roja, accione sin demasiada fuerza la palanca desde la posición "O" hasta "I", observando que tanto las cuchillas principales como las de arqueo, conecten con la precisión requerida y que el contacto sea el adecuado, cualquier anomalía que note al realizar esta prueba no trate de remediarla, es más conveniente que personal especializado de la fábrica realice el ajuste correspondiente.
Conecte el seccionador como se ha indicado y observe al pulsar cualquiera de los balancines donde opera el vástago de los fusibles, la apertura inmediata de las cuchillas.

4) Verifique que los clips de abrazadera de los fusibles, tengan el adecuado contacto.

5) Una vez reanudado el servicio, energice la subestación únicamente después de haber efectuado las pruebas de campo aquí descritas, NO lo haga antes de haberse cerciorado realmente que todo está en orden. **RAZONE SIEMPRE** la secuencia de operaciones, **¡recuerde, su primer error es el último!**

Protección con interruptor RAF-6 y fusibles limitadores de corriente

En los Ramales Los Reyes-Línea Ecatepec (plano CA-D-2-264), los Reyes Línea Ferrocarril Nezahualcóyotl y Tizayuca-Pachuca, la Comisión de Aguas del Valle de México ha instalado subestaciones similares a las descritas anteriormente sólo que como medio desconectador en alta tensión se utiliza un interruptor RAF-6 (fig. 6). Asimismo estos interruptores requieren relevadores (fig. 7) para protección contra sobrecarga, y de fusibles limitadores de corriente para despejar fallas de cortocircuito que operen el mecanismo de disparo del interruptor.

Para la selección de fusibles en estas subestaciones deben tomarse en consideración las indicaciones anteriormente descritas ya que también se utilizan fusibles limitadores de corriente. Asimismo las secuencias de operación y mantenimiento son las mismas, sólo que por lo que respecta al interruptor deberá verificarse el correcto funcionamiento del mecanismo que es por medio de una palanca y a base de vueltas para el cierre y apertura de éste. No hay que olvidar también el chequeo de los balancines donde opera el vástago de los fusibles.

Por lo que respecta a los relevadores, es muy conveniente checar su correcto funcionamiento haciéndole pasar la corriente de sobrecarga por medio de un aparato que mida tiempo-corriente (fig. 8).

Protección con fusibles de potencia

En los Ramales Atlamica y Teoloyucan se han instalado subestaciones con un sistema de operación y protección diferente a los anteriores utilizando únicamente fusibles de potencia en ácido bórico tipo SMD-20 (fig. 9).

Estas subestaciones son también del tipo compacto con gabinetes metálicos para servicio intemperie y comprenden la sección de acometida (1), la sección de fusibles (2).

Como puede verse en el plano CA-G-35 el medio de desconexión y protección es el mismo fusible SMD-20, que para hacer la maniobra de desconexión es **indispensable** quitar la carga del transformador parando el motor de la bomba por medio del circuito de control y con el interruptor general de baja tensión, además estas subestaciones cuentan con un interruptor límite de seguridad, instalado en la puerta de la sección de fusibles, que al momento de abrirla interrumpe el circuito de control del arrancador de la bomba.

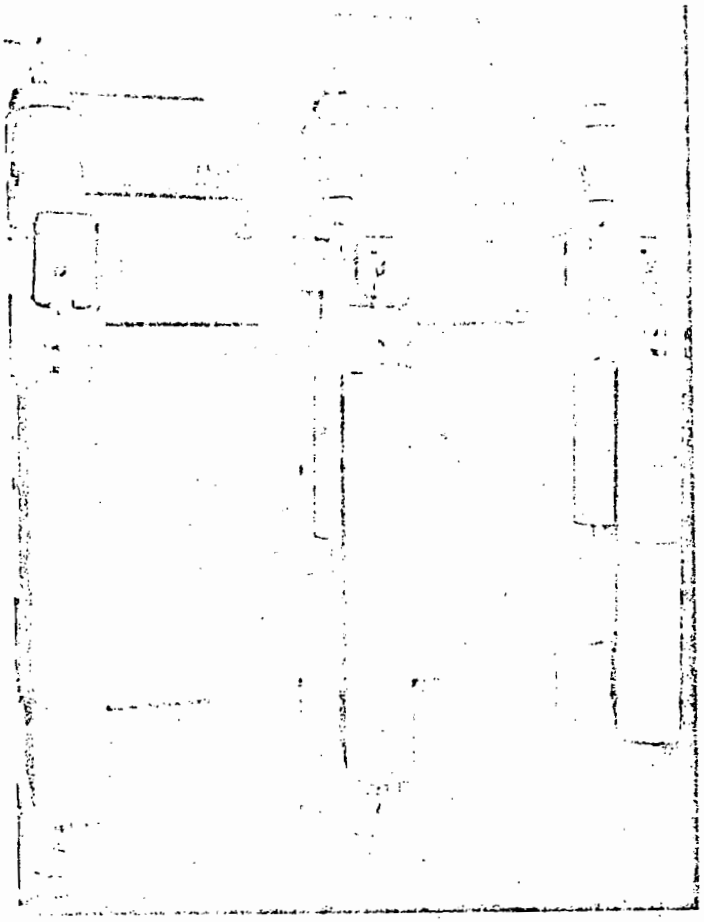


Figura 6

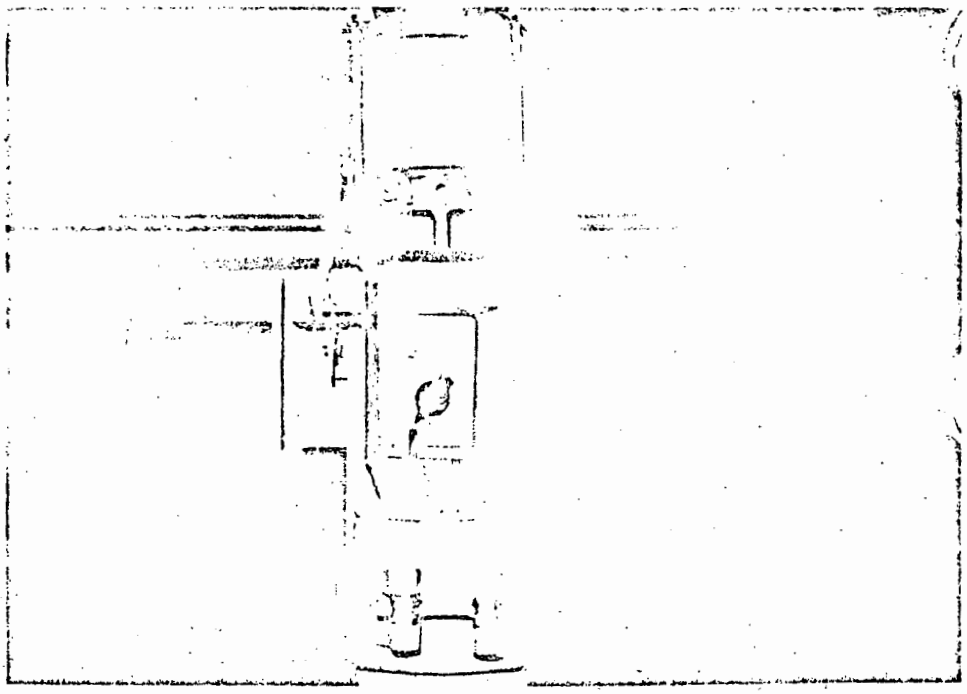


Figura 7

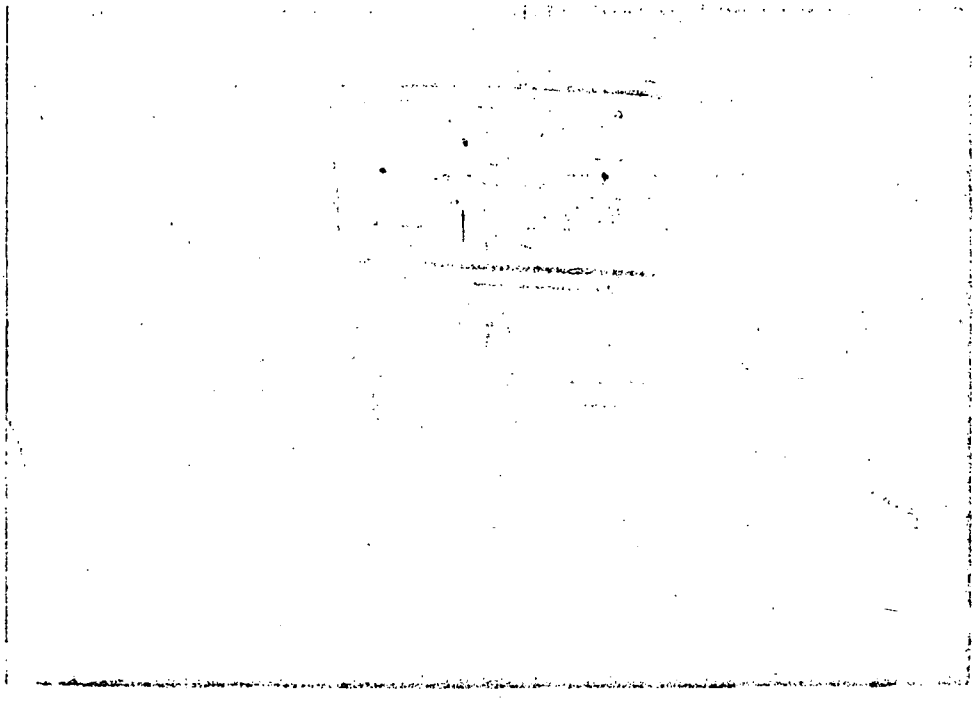


Figura 8

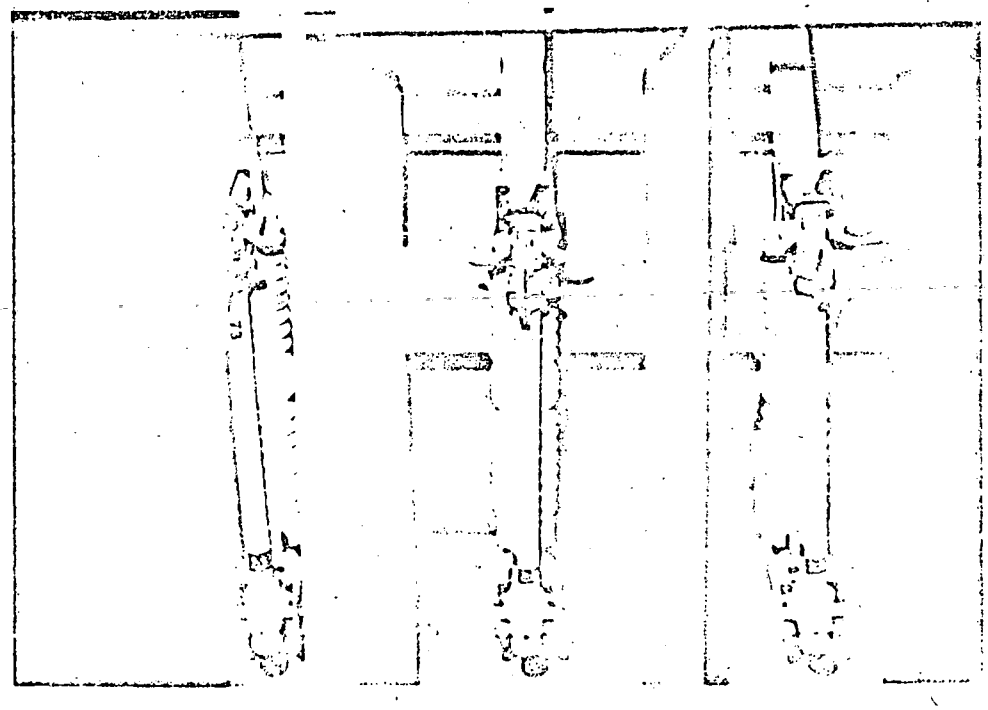
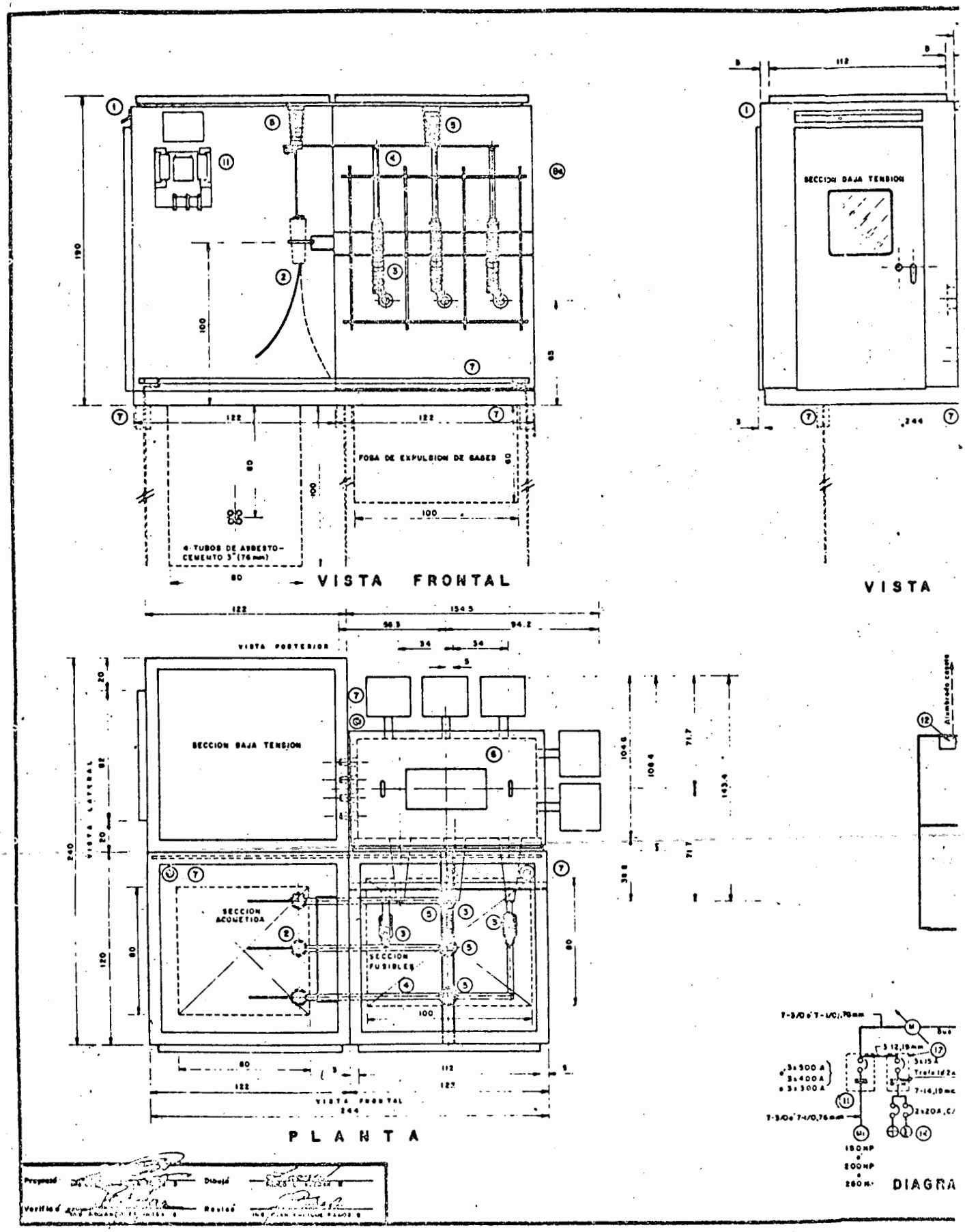
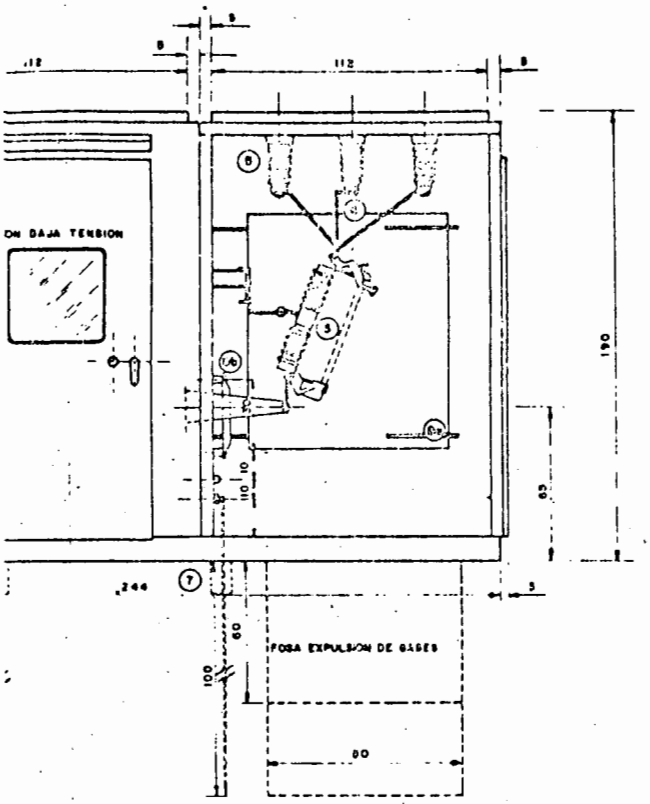


Figura 9


SECCION BAJA TENSION
FOSA DE EXPULSION DE GASES
4 TUBOS DE ASBESTO-CEMENTO 3" (76 mm)
VISTA FRONTAL
VISTA
VISTA POSTERIOR
VISTA LATERAL
SECCION BAJA TENSION
SECCION ACOMETIDA
SECCION FUSIBLES
VISTA FRONTAL
PLANTA
Alambrado cogens
DIAGRA
Proyectó
Dibujó
Verificó
Revisó

18a.



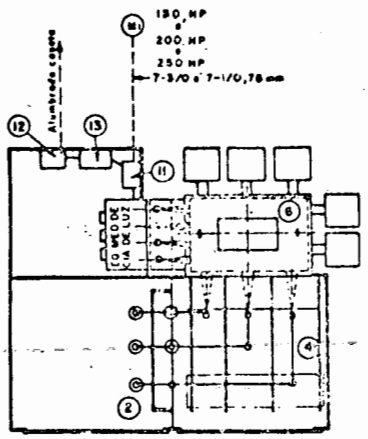
VISTA LATERAL

RELACION DE EQUIPO MATERIAL Y DATOS COMPLEMENTARIOS

No.	DESCRIPCION	MARCA	EX-DGE
1	Subestación compacta servicio intemperie, fabricada con lámina de acero rolada en frío de 3.18 mm de espesor (CAL 11 USG) Sometida a un proceso previo de desoxidación y acabados con dos capas de esmalte gris ASA-61 secados al horno, formada por tres secciones, una de acometida para Cía de luz otra para alojar un juego de fusibles de potencia y otra para baja tensión, con puertas embisagradas		4842
2	Mufas para acometida de la Cía Suministradora		
3	Cortocircuitos de potencia en ácido bórico Tipo BMD-20 apertura vertical, Tipo indicador, 23 KV, 200 E Amp 500 MVA simétricos.	S & C.	4240
4	Línea de alimentación (Buses) formada por barras de cobre de 51x6 mm		
5	Aislador soporte de Resiblok para 23 KV, Tipo 525, Flameo en seco 110 KV, en húmedo 75 KV	BALTEAU	4313
6	Transformador autoenfriando en aceite de 150, 200 ó 250 KVA, 20x23 KV conexión Delta, 440/254 V conexión Estrella, 3ø 50/60 C P S		2930
7	Sistema de tierras formado por barra de Cu A la larga del gabinete y cable de Cu desnudo semiduro Cal 1/0 AWG conectado a varillas de Cu Tipo Copperweld de 3.05 m x 1.50 cm diámetro	CONDUMEX	2884
8	Pértiga de 1.82 m x 32 mm. de ø, de fibra de vidrio con barramienta Universal, para operar fusibles de Potencia		
8a	Mampara de Densies, de 9.5 mm		
8b	Resistencia calefactora		
	MATERIAL USADOS EN BAJA TENSION		
9	Conductores de Cu., Forro vinanel 600 calibres indicados	CONDUMEX	2884
10	Tubería conduit galvanizada pared grueso, diámetros indicados	CUMUTCUDC	2795
11	Arrancador magnético combinado A T C	C H	
12	Centro de carga Tipo C H 4 S	C.H.	
13	Transformador monofásico de 440/220-127 V		
14	Contacto monofásico.	DOMEX	3367
15	Conduleta línea oculada para conexiones	CROS N.	

NOTAS:

- El arrancador de la bomba se desconectará mediante un dispositivo que al momento que se abra la puerta de la sección de fusibles de la subestación.
- La entrada de los tubos se determinará cuando Cía. de Luz indique la localización del poste de acometida



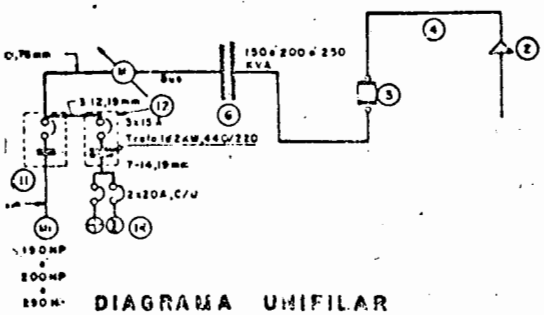


DIAGRAMA UNIFILAR

SRH · COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO
DIRECCION TECNICA

SUBESTACION COMPACTA SERVICIO INTEMPERIE HASTA 200 KV

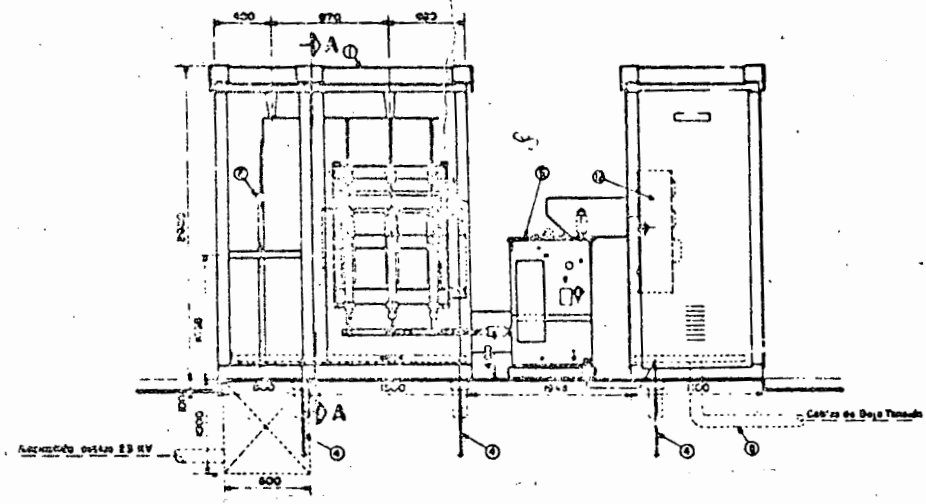
VOCAL SECRETARIO — VOCAL EJECUTIVO

SECRETARIO DE ADQUISICIONES Y PRESIDENTE DE LA COMISION

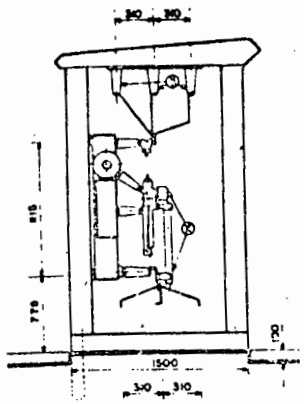
MEXICO, D.F. MARZO - 1974

CA - 0 - 30

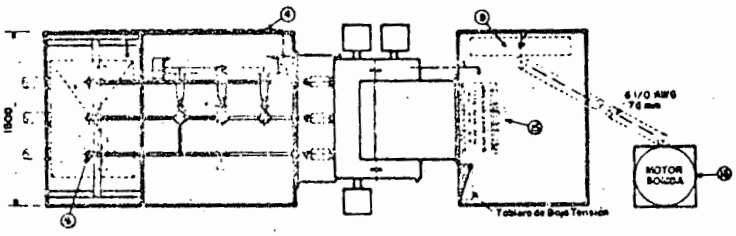
186



VISTA FRONTAL



CORTE A-A



VISTA EN PLANTA

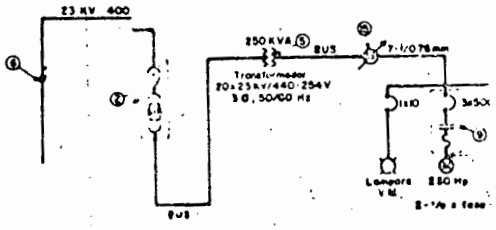
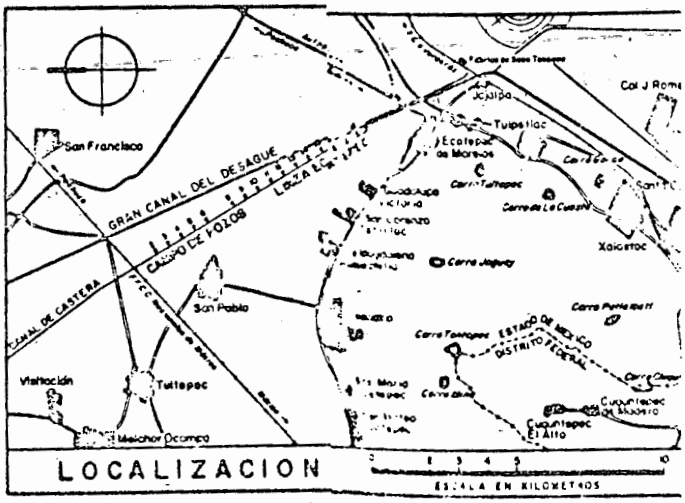


DIAGRAMA UNIFIL



LOCALIZACION

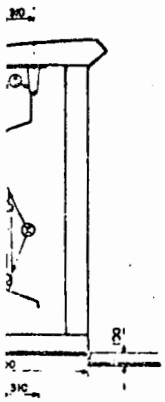
Fecha

Dibujó

Revisó

Aprobó

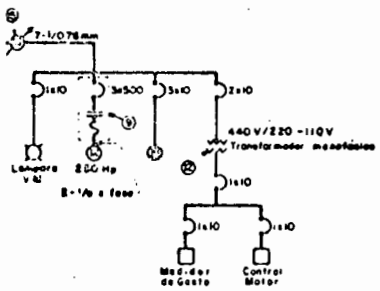
18 c



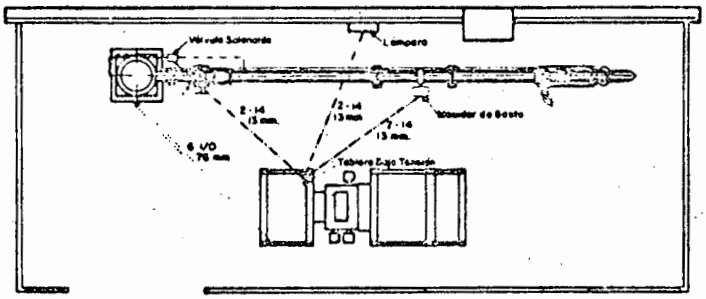
A - A

RELACION DE EQUIPO, MATERIAL Y DATOS COMPLEMENTARIOS

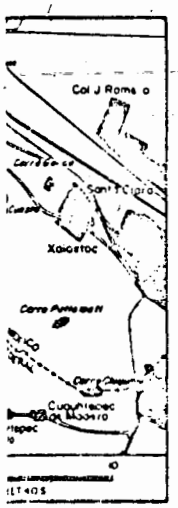
NUM.	DESCRIPCION	MARCA	SIC-DGE
1	Gabinete blindado servicio intemperie, para 24 KV, lámina en base calibre Núm 10 y 12		7863
2	Interruptor tripolar para 24 KV, 500 A, equipado con fusibles y restablecedores, tipo RAF-6		7232
3	Aisladores para 24 KV, Voltaje de flameo en seco 110 Kv, Húmedo 75 Kv.		6080
4	Sistema de tierras formado por solera de cobre, cable desnudo Cal. 1/0 7 Hilos y varilla Copperweld, barra principal de tierra de 1 1/2" x 1/4"	Condumex	2884
5	Transformador auto enfriado en aceite de 250 KVA, 20x23 KV conexión Delta, 440/254 V conexion Estrella, 3 Ø, 50/60 c p s		2425
6	Mufa 23 KV		
	MATERIAL USADO EN BAJA TENSION		
7	Conductores de Cu, forro vinamel 900 calibres indicado	Condumex	2894
8	Tubería conduit galvanizado, pared gruesa diámetros indicados	Cuauhtémoc	2795
9	Arrancador magnético combinado para motor de embobinado dividido	Cutler Hammer	3490
10	Interruptor termomagnético industrial 1 polo 10 A, 600 V	Westinghouse	Trosite
11	Interruptor termomagnético industrial 3 polos, 10 A, 600 V	Federal Pacific	
12	Transformador monofásico de 500 VA, 440/220-110 V.	Cutler Hammer	3486
13	Contacto trifasico	Domex	
14	Conduleta línea ovalada para conexiones	Domex	
15	Equipo de medición de C L F		
16	Motor electrico vertical flecha hueca de 250 HP, embobinado dividido	U S	



UNIFILAR



PLANTA DE CONJUNTO



APROBACION
SIC-DGE

NOTA
Este Plano anula y sustituye al CA-D-2-237

SRH · COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO
DIRECCION TECNICA

PROYECTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE
ZONA NORTE
SISTEMA ECATEPEC
RAMAL LOS REYES - LINEA ECATEPEC
SUBESTACION COMPACTA SERVICIO INTEMPERIE HASTA 200 KW

VOCAL SECRETARIO — VOCAL EJECUTIVO

PERITO RESPONSABLE
INGENIERO DE LA TORRE B.
REG. SIC-DGE I-B-172-T

MEXICO, D.F.
FEBRERO-1975

CA - D - 2 - 264

P. 81

Interrupción de la falla

La interrupción de una falla es producida en el fusible SMD-20 después de que el elemento fusible se funde; un movimiento de alta velocidad de la varilla de arqueo impulsado por un resorte provoca una rápida elongación del arco en los materiales sólidos contenidos en la cámara de arqueo y por una eficiente acción deionizante de los gases generados por una reacción química de estos materiales sólidos. Para la eliminación de fallas pequeñas, el arco es expulsado dentro de una cavidad de materiales especiales que sueltan cantidades adicionales de deionizantes, teniendo como resultado la formación de un recubrimiento dieléctrico el cual impide la reginición del arco (fig. 10).

Después de que el circuito ha sido interrumpido con el arco extinguidor, la unidad fusible cae, pudiéndose dar cuenta del fusible que ha fallado, esta caída es provocada por el alfiler de disparo, el cual está colocado en la parte superior del resorte que en el momento de falla opera el seguro de sujeción de esta unidad fusible.

Características

Este tipo de fusibles (de potencia en ácido bórico) cuando se instalan en el primario de los transformadores en subestaciones, protege al mismo contra fallas primarias y secundarias, para lo cual se requiere tomar en consideración la corriente a plena carga y determinar la capacidad del fusible por medio de las curvas características de estos fusibles y que se muestran en la fig. 11, cabe hacer notar que estos fusibles tienen una tolerancia de ± 10% y que en caso de falla no se requiere la reposición de los 3 elementos ya que no se altera su calibración.

Operación y mantenimiento

Como todas las subestaciones, también se requiere de los cuidados anteriormente descritos, con la única diferencia de que en este caso al no tenerse un interruptor bajo carga como los descritos anteriormente, la parte de mantenimiento que corresponde a estos es totalmente eliminada, ya que estos fusibles no lo requieren.

Cuando sea necesario desconectar la subestación para realizar trabajos de mantenimiento, o eventualmente por fusión de algún fusible, colóquese los guantes para manejo de alta tensión, opere sobre una tarima aislante apropiada y observe las siguientes operaciones:

1.—Cerciórese si se debió a una falla de cortocircuito, en su caso, reemplaze únicamente el fusible dañado siguiendo los pasos que a continuación se indican.

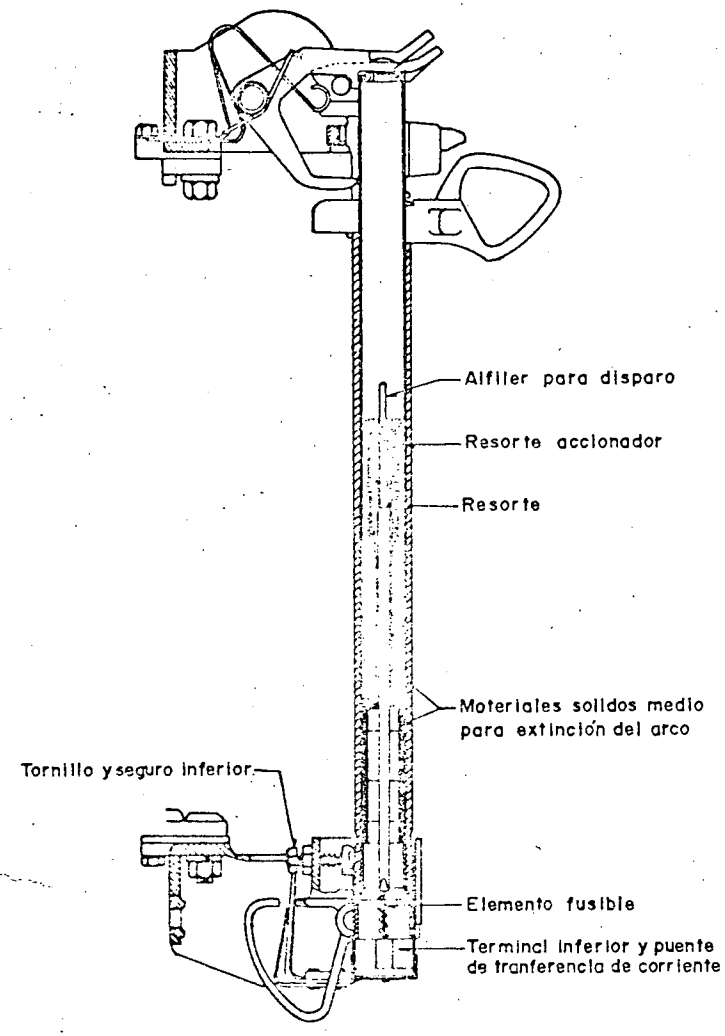
a).– Desconecte todas las cargas de baja tensión, tal y como se indicó anteriormente.

b).– Con el uso de una pértiga para manejo de aparatos de alta tensión, enganchada ésta en el ojillo de la parte superior del fusible y con un movimiento rápido jalar sin soltar la unidad, hasta que termine su giro completo.

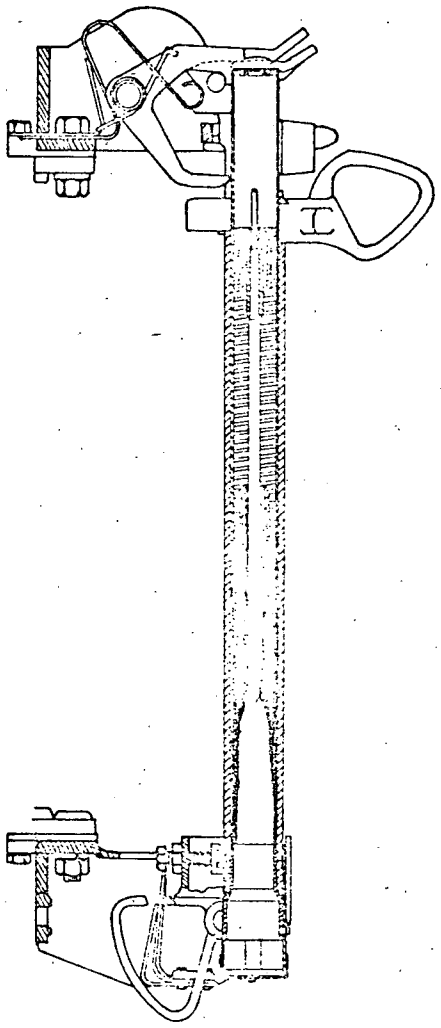
c).– De la misma manera desconecte los tres fusibles. **"SIEMPRE HAY QUE DESCONECTARLOS".**

d).– Para desmontar los fusibles se engancha la pértiga en el ojillo de la base levantándolo hacia arriba y retirando la unidad. Esta maniobra siempre hay que hacerla con la pértiga.

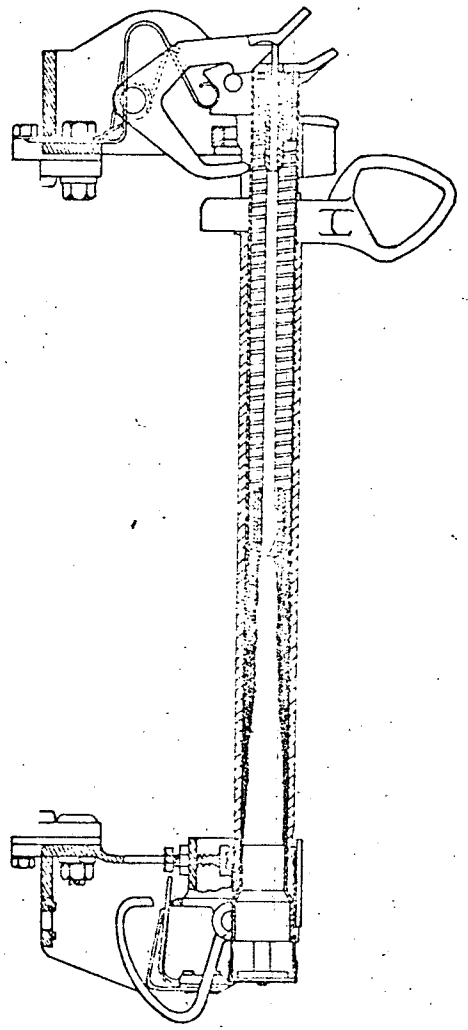
2.—Para el cambio del elemento fusible hay que desatornillar las terminales de los extremos, las cuales serán puestas en el nuevo elemento atornillando con un apriete normal la terminal superior y de la misma manera la terminal inferior, dándo-



UNIDAD FUSIBLE EN OPERACION MANUAL



LA CORRIENTE DE INTERRUPCION HA SIDO INICIADA POR LA FUNCION DEL ELEMENTO FUSIBLE



LA CORRIENTE HA SIDO INTERRUPTIDA Y LA UNIDAD EMPIEZA A CAER

CORRIENTE EN AMPERES

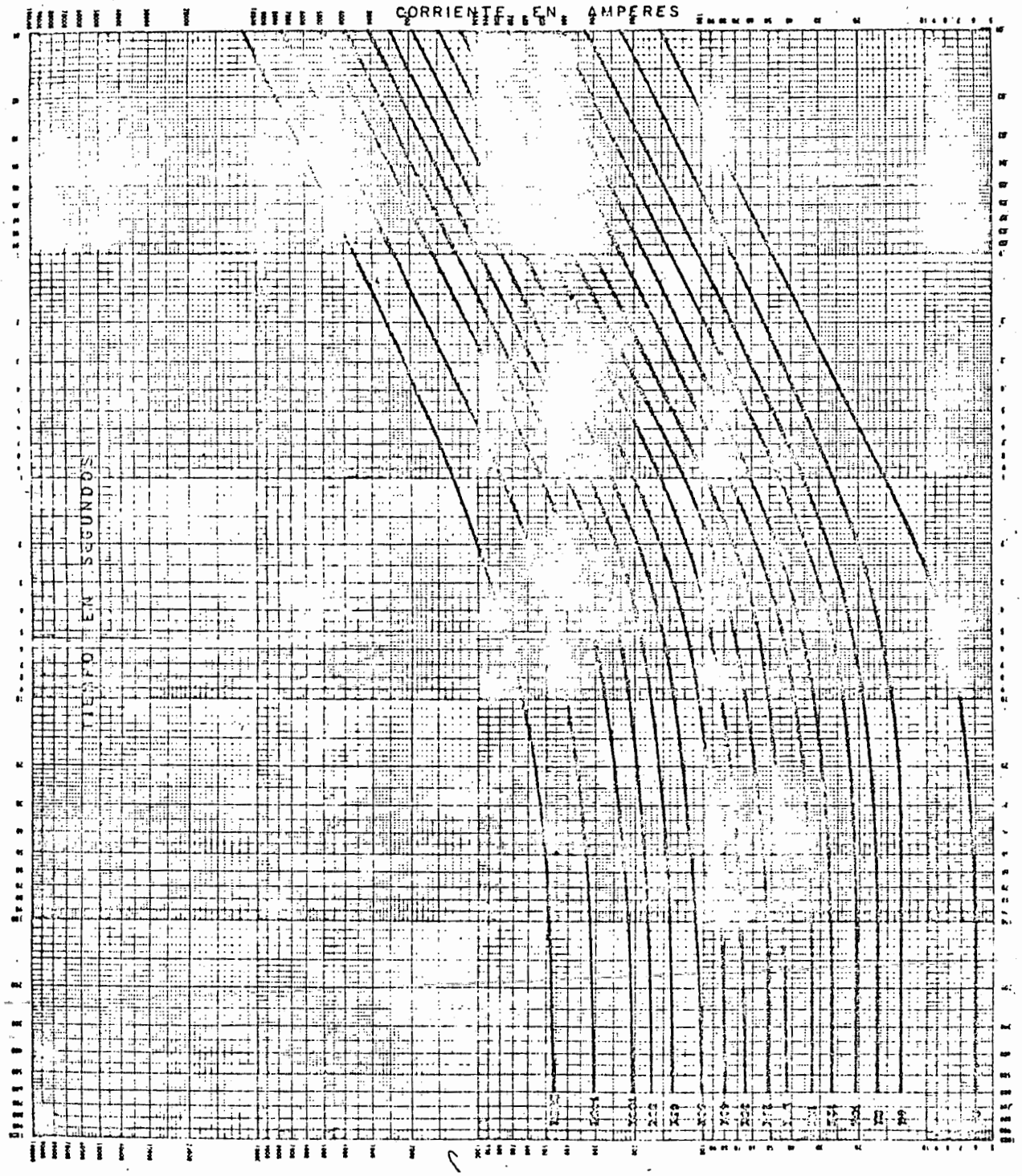


Figura 11

Curvas características Tiempo - Corriente.
Tiempo mínimo de fusión.

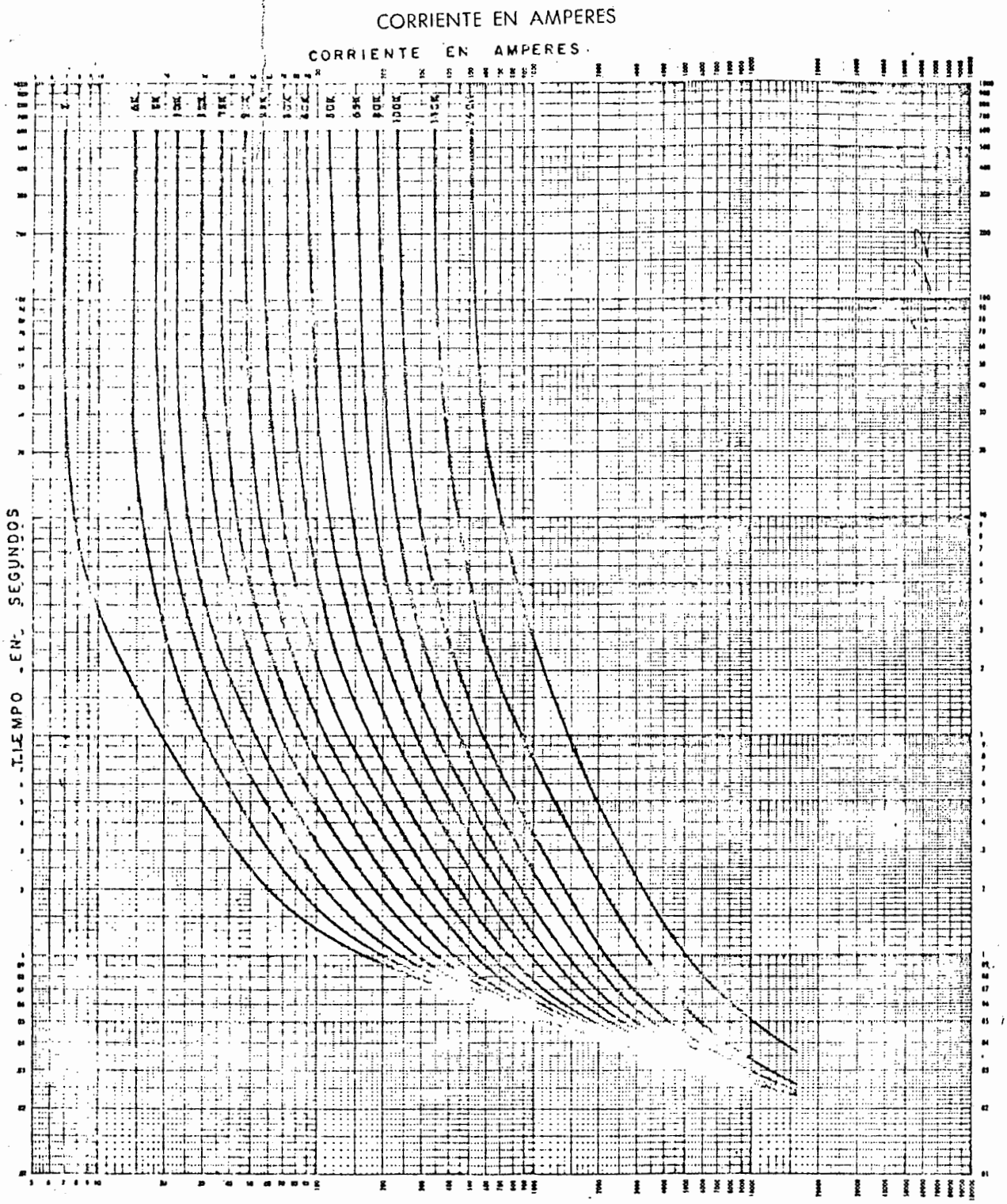


Figura 11

Curvas características Tiempo-Corriente.
Despeje total de la falla.

le un apriete al candado del tornillo de ésta misma (fig. 10).

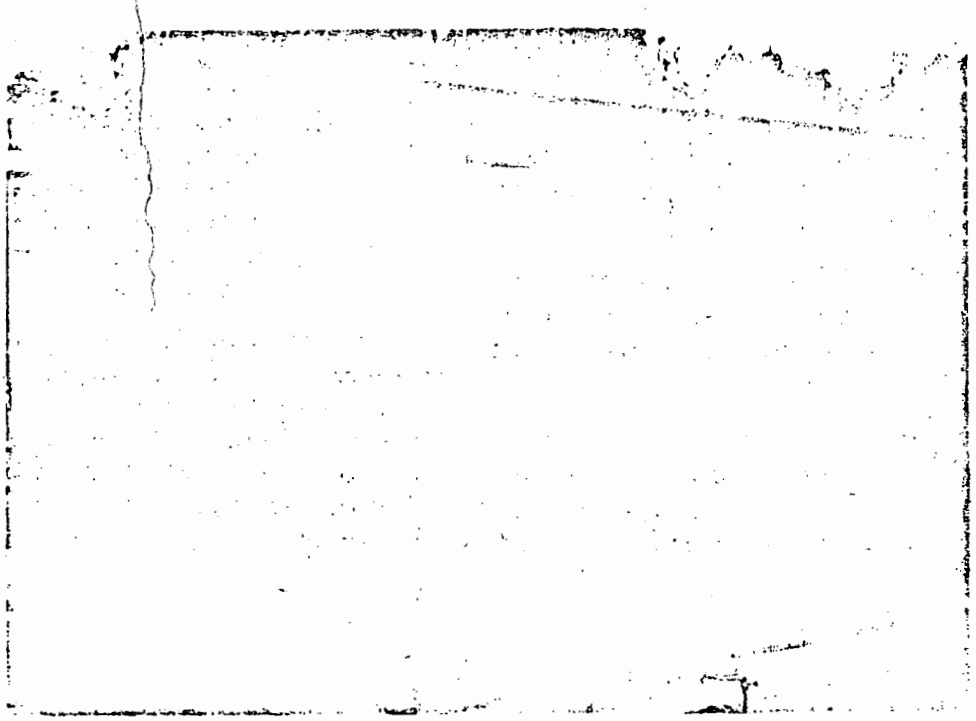
3.—Para el montaje de fusibles y reanudación del servicio, observe los siguientes pasos.

a).– Enganchando la pértiga en la terminal inferior coloque el fusible en la parte inferior del portafusible.

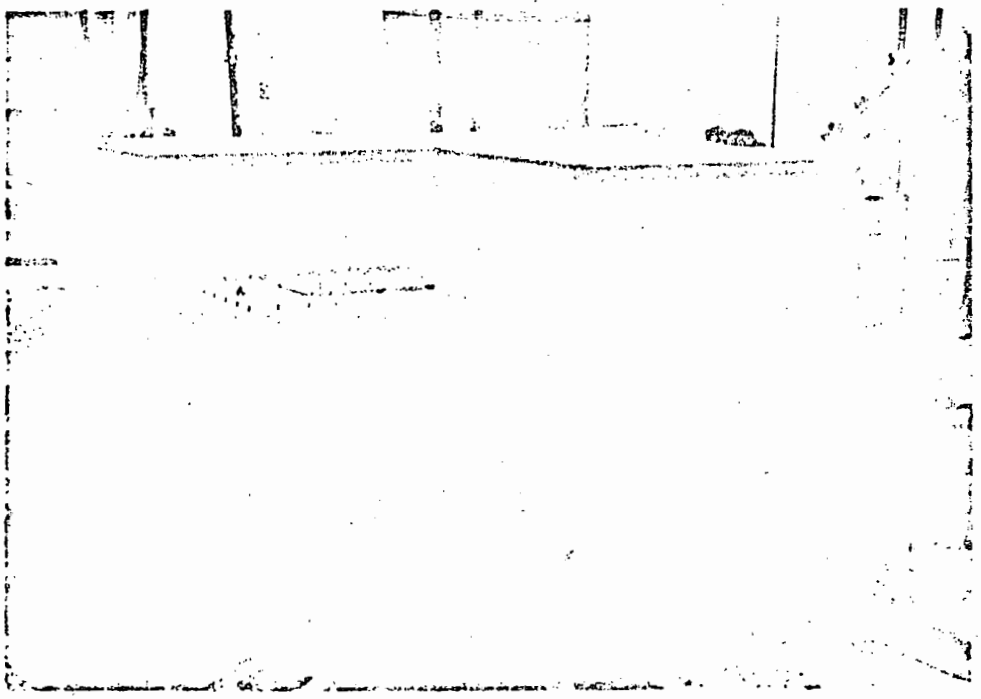
b).– Enganchando la pértiga en el ojillo de la terminal superior con un movimiento rápido haga girar la unidad hasta que trabe correctamente en la parte superior del portafusible.

c).– La operación anterior debe hacerse primero a una unidad de un extremo procediendo de la misma forma en la unidad del extremo contrario y por último a la del centro.

Del mismo modo que las subestaciones anteriores, cada seis meses o por lo menos una vez al año es necesario pedir una libranza y hacer la limpieza requerida, así mismo **RAZONE SIEMPRE** la secuencia de operaciones. ¡Recuerde, su primer error es el último!



Subestación compacta ramales Atlamica y Teoloyucan.



Subestación compacta pozos aislados Cd. Satélite.

CAPITULO II

TRANSFORMADOR

PRINCIPIOS DE CONSTRUCCION Y FUNCIONAMIENTO

1. Definición y Partes Esenciales.

DEFINICION.—Un transformador es un aparato eléctrico cuya misión es transferir electromagnéticamente la energía alterna de un circuito a otro. Por lo general, transforma la tensión original a un valor mayor o menor, manteniendo la frecuencia invariable.

PARTES ESENCIALES.—Un transformador consiste, por lo regular, en dos o más bobinas de conductor de cobre aislado, dispuestas alrededor de un núcleo laminado de hierro. Dos grupos cualesquiera de espiras de conductor aislado que se hallen acopladas magnéticamente, pueden ser ya considerados como funcionando bajo el mismo principio que un transformador. El citado acoplamiento magnético se consigue gracias a un circuito magnético común a ambos grupos de espiras, el que circule un flujo magnético alterno al pasar una corriente alterna por el conductor aislado.

Durante el funcionamiento, uno de los grupos de espiras va conectado a una fuente de alimentación de corriente alterna, denominándose a este grupo el arrollamiento primario del transformador; el otro grupo de espiras, al que se conecta la carga, constituye el arrollamiento secundario. Como sea que en la mayoría de transformadores cualquiera de los arrollamientos puede ser utilizado como primario o secundario, en la práctica, en lugar de emplear los términos primario y secundario, se han generalizado los de lado de alta tensión y lado baja tensión de acuerdo con el valor de la tensión de los arrollamientos.

Para poder llevar a cabo las funciones descritas, todo transformador debe contar con diversas partes esenciales, a saber: un arrollamiento de alta tensión por el que pueda cricular la corriente de alta tensión, un arrollamiento de baja tensión para la corriente de baja tensión, aislamiento adecuado entre espiras y capas, así como entre espiras y masa con objeto de que la corriente pueda circular por los arrollamientos sin comunicación alguna con la masa de hierro del transformador. Finalmente, debe contar con un núcleo (generalmente de chapas de hierro) por donde pueda circular el flujo magnético alterno.

Además de las partes esenciales descritas, los transformadores deben contar también con otros accesorios no menos indispensables que aseguren el cumplimiento de las características de funcionamiento previstas. Por ejemplo: abrazaderas, herrajes para la sujeción del núcleo y bobinas, un medio refrigerante apropia-

do que puede ser aire o aceite, un tanque para la protección del transformador y que sirva al mismo tiempo como depósito para el aceite y, finalmente, bornes adecuados para dar salida a los terminales de los arrollamientos al exteior del tanque y para conexión a las redes de transmisión.

SIENDO EL TRANSFORMADOR PARTE IMPORTANTE DE UNA SUBESTACION ES ESENCIAL CONTAR CON UN PROGRAMA DE INSTALACION, OPERACION Y MANTENIMIENTO DE ESTE EQUIPO PARA ASEGURAR SU BUENA OPERACION.

En general, desde la recepción del equipo hasta su operación incluyendo el mantenimiento preventivo, es recomendable seguir las instrucciones que indican las normas ANSI, así como el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas de la Dirección General de Electricidad, Secretaría de Comercio.

El presente instructivo cubre en forma sencilla y simplificada los requerimientos necesarios para el buen funcionamiento de los transformadores eléctricos.

La vida útil de un transformador eléctrico va a depender de una instalación adecuada eligiendo el mejor lugar para tal fin y posteriormente el vigilar su buen funcionamiento, así como una buena selección de los elementos de protección tanto en el primario como en el secundario.

Cuando por alguna razón se encuentran indicaciones anormales de operación, se recomienda llamar al personal especializado y si fuere necesario al fabricante para que en forma conjunta se analicen las mismas.

Conexión

En general en un circuito eléctrico donde se incluya equipos de transformación es conveniente observar algunas precauciones para que las conexiones eléctricas no presenten problemas futuros.

En las conexiones eléctricas deberá darse la importancia que requiere el apriete de tuercas y tornillos para evitar en el futuro calentamientos por malas conexiones o esfuerzos mecánicos a los aisladores que no son capaces de soportar por ser de porcelana.

Cuando se trata de conectar buses rígidos a terminales de boquillas, lo más conveniente es realizar esta conexión mediante conectores flexibles para evitar los esfuerzos mecánicos en las porcelanas de las boquillas.

Protecciones

Es recomendable realizar un chequeo de los medios de protección tanto en el primario como en el secundario del transformador con el objeto de proteger tanto al personal como al mismo equipo.

Las protecciones eléctricas; como apartarrayos, protecciones contra sobrecarga, sobretensión, diferenciales, etc., deberán sujetarse a las normas NEMA y ANSI, y al Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas de la Secretaría de Comercio, Dirección General de Electricidad.

Se recomienda un buen sistema de tierras, con el fin de dar efectividad a las protecciones, tener una buena referencia eléctrica y como protección para evitar accidentes personales.

Es importante no tomar las estructuras como medio de conexión a tierra y que el conductor que se use, tenga una continuidad absoluta.

Mantenimiento

El mantenimiento de los transformadores eléctricos, requieren de las prácticas que la experiencia en este tipo de instalaciones obligue, sin embargo, una forma generalizada de aplicación será dividir el mantenimiento en dos tipos:

1.—Mantenimiento de rutina.
2.—Mantenimiento completo.

Mantenimiento de rutina

El mantenimiento de rutina incluye lecturas de volts, amperes y temperaturas, para obtener principalmente curvas de carga específicas. La frecuencia con que se hagan estas lecturas dependerá exclusivamente de la forma en que se esté cargando el transformador; es conveniente tomar en consideración las condiciones de bombeo originales y compararlas con observaciones diferentes.

La inspección visual está incluida en el mantenimiento de rutina y en ella se deberá comprobar lo siguiente:

Inspección visual mensual.

Comprobar la corriente de carga.

Tomar lecturas de voltajes.

Comprobar que el indicador rojo de temperatura esté abajo de 80°C, para equipos con elevación de temperaturas de 55°C sobre ambiente promedio de 30°C y 90°C para equipos con elevación de temperaturas de 65°C sobre ambiente promedio de 30°C. Después de lo cual, se deberá colocar la aguja con el imán en posición de que pueda volver a operar.

Comprobar que no haya fugas de aceite en los empaques, válvulas e instrumentos de medición y radiadores.

Verificar el nivel del aceite.

Revisar que no haya daños físicos en porcelanas y enfriadores.

Localizar que no haya corrosión u oxidación.

Comprobar que no haya signos de calentamiento en las conexiones eléctricas exteriores.

Observar que no haya ruidos o condiciones anormales de ninguna especie.

Comprobar las conexiones a tierra, asegurándose que la zapata del cable de tierra esté conectada correctamente y en buen estado, evitándose falsos contactos. Mantener la humedad de las tierras y verificar la continuidad del cable de tierra.

"ES NECESARIO TENER PRESENTE EL NO OPERAR EL CAMBIADOR DE DERIVACIONES CUANDO EL APARATO ESTE ENERGIZADO".

Mantenimiento completo

En el mantenimiento completo a un transformador deberán incluirse todas las pruebas que recomienda el fabricante como por ejemplo del medio refrigerante empleado en el equipo y la frecuencia aconsejable para realizar estas pruebas. Esta debe hacerse por lo menos una vez al año en condiciones normales de operación del equipo.

En este mismo mantenimiento, deberán realizarse pruebas de aislamiento al equipo así como una revisión a los accesorios o indicadores externos del mismo.

La revisión de la conexión en las terminales de transformadores así como la verificación de la conexión a tierra, del tanque es conveniente realizarlos en períodos más cortos que los antes mencionados.

El cambiador de derivaciones deberá ser checado con especial atención tomando las lecturas de relación de transformación en cada una de sus posiciones, las cuales serán comprobadas con el reporte de las pruebas completas realizadas en la fábrica antes de que el equipo se embarcara y el cual deberá estar en el archivo correspondiente del usuario.

A continuación se proporcionan las ideas más generales para un mantenimiento completo y recomendaciones especiales para contar con una operación satisfactoria de los transformadores eléctricos.

Inspección Especial:

Prueba dieléctrica del aceite cada 6 meses.

Análisis químico del aceite cada cinco años.

Pruebas de resistencia de aislamiento cada año, comparando con los valores mínimos indicados en el reporte de las pruebas efectuadas en el laboratorio del fabricante.

Revisar el estado general de la pintura, para evitar corrosión según se indica en el párrafo (Mantenimiento de rutina).

Analizar cada año que las protecciones de sobrecarga o diferenciales de los interruptores de alta y baja tensión estén en buenas condiciones, el estado físico de los fusibles, interruptores, etc.

Si se observara alguna anomalía a los puntos específicos antes mencionados, deberá desconectarse el transformador en la primera oportunidad y corregir el defecto, a menos que se trate de un desperfecto que implique sacarlo de servicio inmediatamente y someterlo a una inspección completa, como a continuación se indica.

Causas que requieren inspección completa:

Aumento excesivo en la temperatura de operación, sin que haya un aumento correspondiente en la carga.

Nivel de aceite anormalmente bajo. Esto puede indicar una fuga de aceite, lo cual es una condición peligrosa.

Ruidos extraños, tales como arcos eléctricos, burbujeos de aceite o ruidos magnéticos muy intensos.

Esto indica cortocircuito interno o daño externo, que es una causa de desconexión inmediata.

Resulta mala una prueba de aceite (resistencia dieléctrica) abajo de 25 KV. con 2.54 mm. de distancia entre electrodos de 25.4 mm. de diámetro en copa normal ASA.

Para líquido no combustible (Askarel) será abajo de 30 KV.

Pruebas bajas de resistencia de aislamiento.

Precauciones para sacar de servicio un transformador eléctrico

Si por alguna causa existiese la necesidad de desconectar el transformador, se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

"Abrir" los aparatos de protección, asegurándose que el transformador esté aislado tanto en el primario como en el secundario. Verificar que el zumbido ha desaparecido.

Conectar las terminales a tierra, partiendo primero del extremo unido a una buena tierra.

Colocar avisos sobre el equipo, de que ha sido librado eléctricamente.

Puntos que deben comprobarse durante la salida de servicio de un transformador eléctrico

Para desarmar un transformador, procédase en la siguiente forma:

Destornillar la tapa principal, desconectar las terminales de las boquillas que están sobre dicha tapa a través del agujero de inspección, bájese el nivel del aceite hasta el herraje superior, utilizando un recipiente limpio; desconéctense las boquillas que están en el cuerpo del tanque, así como los accesorios (nivel y termómetro); desatorníllese el transformador del cuerpo del tanque, levantando el transformador con cadenas que se sujetan en los ganchos del herraje superior y déjese escurrir el aceite sobre una charola o en el mismo tanque.

Cuando el transformador se saque de su tanque, lávese con aceite filtrado. Se puede usar una brocha para aflojar los depósitos de lodos u otras materias y completar la limpieza con un sopleteado de pistola de aire.

Asegurarse que los ductos de circulación de aceite de las bobinas no se encuentren obstruidos.

Comprobar que no haya falsas conexiones o partes quemadas.

Apretar todas las abrazaderas, terminales, amarres y acuñamientos.

Asegurarse que el transformador no tenga humedad, para lo cual, después de inspeccionado y reparado, deberá ser sometido a secodo en horno y armarlo posteriormente en su tanque.

Arreglar las fugas que se hubieran detectado, durante la operación de la unidad.

Volver a pintar aquellas partes que lo ameriten y de preferencia todo el tanque.

Cambiar los empaques que se hayan desmontado.

Comprobar el funcionamiento de los accesorios.

En caso de mover el cambiador de derivaciones, verificar en vacío el equilibrio de las tensiones de salida.

Comprobar las buenas condiciones del aceite. Analizar y regenerarlo si fuera necesario.

Someter el transformador ya ensamblado a pruebas eléctricas completas, según las normas USAS, aplicando los factores para transformadores usados.

"Es importante que la inspección completa la lleve a cabo una casa especializada en el ramo, ya que tiene la ventaja de contar con personal preparado para ello y los aparatos adecuados para pruebas".

El cuidado de los aceites para transformadores

Los aceites para transformadores se usan para aislar y enfriar los embobinados de los transformadores incluyendo aquellos de grandes dimensiones que se están fabricando en la actualidad.

Para que el aceite de transformadores pueda desempeñar estas funciones correctamente se debe mantener limpio y seco durante el almacenamiento.

Las propiedades y el comportamiento de los aceites para transformadores, son similares en muchos aspectos a los aceites para turbinas. Ambas circulan a temperaturas medianas o altas (40° a 96°C; 100 a 200°F), por largos períodos de tiempo y en continuo contacto con metales. Tanto el agua como la suciedad deben separarse rápidamente de los dos tipos de aceite y debe mantenerse la habilidad del aceite para permanecer libre de agua y sedimentos durante largos períodos de servicio. Ambos tipos de aceites minerales deben resistir la formación de acidez y sedimentaciones.

Valor aislante de los aceites para transformadores

El valor aislante o la "resistencia dieléctrica" de este aceite se mide por la capacidad del mismo para resistir la ruptura al ser sometido a una descarga de voltaje eléctrico.

En la prueba americana de resistencia dieléctrica, está estandarizada por la Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales (ASTM) con el método D877, que la resistencia dieléctrica del aceite es el voltaje que se requiere para que una chispa salte a través de un claro de 0.1" que existe entre dos discos planos y paralelos de una pulgada de diámetro, los cuales están sumergidos en el aceite. Se considera un aceite en buen estado aquel que rompe a 25 KV. o más (fig. 12).

¿Cuándo se debe reponer el aceite?

El aceite debe de ser desechado o purificado cuando la resistencia dieléctrica sea menor de 25 KV. si tiene cantidades de

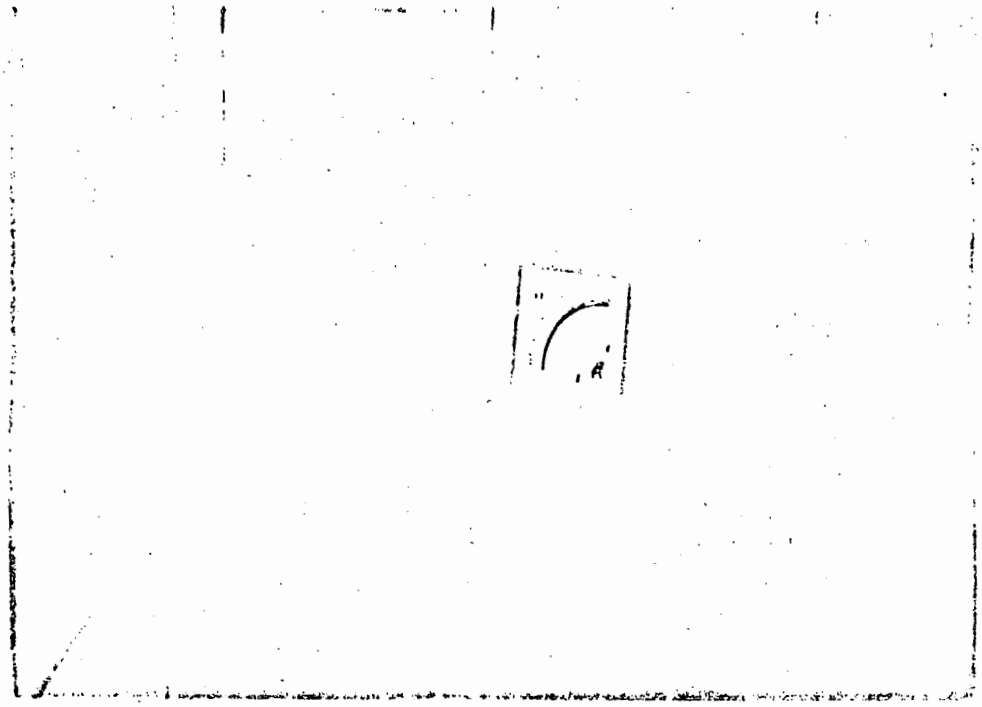


Figura 12

lodos, si el número de neutralización es mayor al establecido anteriormente, o si se encuentran ácidos o sales corrosivas solubles en agua.

Purificación o recuperación del aceite

El tratamiento requerido para reducir el número de neutralización (acidez), para separar el contenido de lodos, y para aumentar la resistencia dieléctrica, necesita hacerse por medio de un aparato que debe instalarse, operar y mantenerse en buenas condiciones. Si el costo del aparato lo hace antieconómico para la purificación del aceite en alguna planta pequeña, entonces es más conveniente desechar el aceite usado, limpiando el transformador y rellenarlo con aceite nuevo. Esta es la práctica usual en plantas donde el aparato y personal necesario de fuerza eléctrica prefieren purificar su aceite del aparato con filtros de papel absorbente para este fin.

Los filtros prensa (de papel absorbente), son los más usados para mejorar la resistencia dieléctrica, ya que remueven el agua, impurezas, incrustaciones y separan los lodos del aceite.

Si la resistencia dieléctrica es baja

Si el examen del aceite usado muestra un número bajo de neutralización y acidez corrosiva o sales, y si el transformador tiene una cantidad de lodos razonablemente pequeña, pero muestra una resistencia dieléctrica muy baja, puede aumentarse la resistencia pasando el aceite lentamente a través de un filtro de papel absorbente o por una centrífuga para quitarle la humedad y materias sólidas. (fig. 13).

En la preparación de esta operación, el aceite debe sacarse del transformador mientras está cerca o a su temperatura de funcionamiento, pero sólo después de haberle cortado la corriente al aparato. Si antes de filtrar o centrifugar el aceite, se pone en un tanque para que se enfríe y asiente, se obtiene una ventaja inicial,

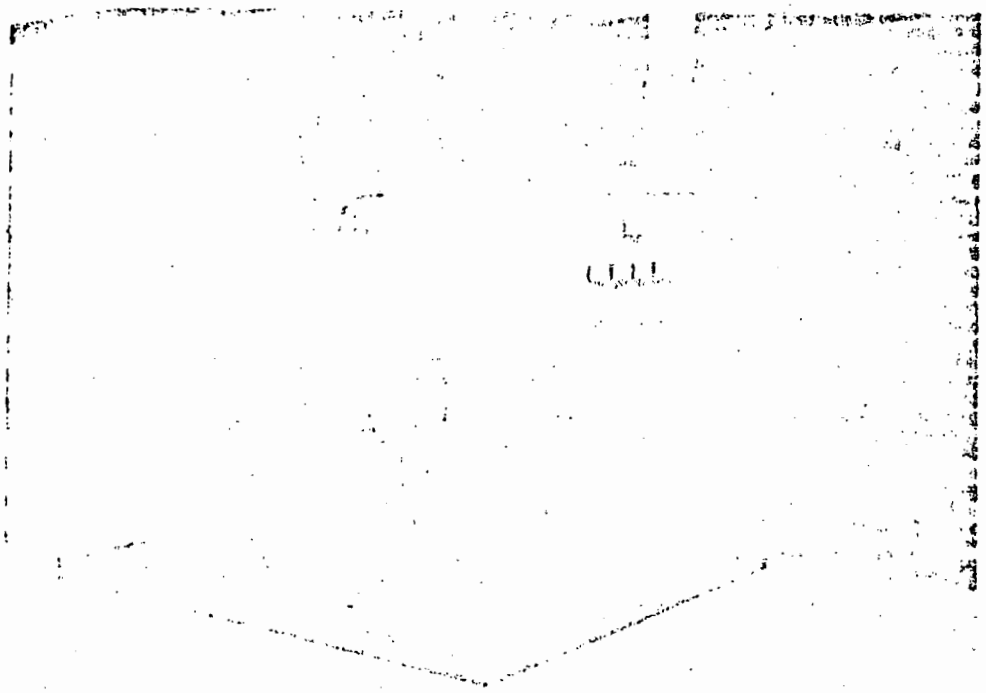


Figura 13

que algunos operadores prefieren cen-
ar el aceite mientras está caliente,
do a que las gotas de agua pueden
rarse más rápidamente por centrifu-
ón cuando el aceite está caliente.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta
el aceite caliente disuelve una can-
d considerable de agua. Esta agua di-
ta no puede quitarse del aceite ca-
te por ningún medio mecánico prác-
Cuando el aceite se enfría, el agua
elta, al igual que los lodos, se vuelven
o menos solubles en el aceite. Si el
te se enfría, el exceso de agua se se-
rá en forma de finas gotas. En esta
ción, el agua puede removerse fácil-
te por centrifugación o por filtración
papel absorbente.

Por lo tanto, es conveniente dejar que
enfríe y asiente el aceite y después pa-
por una centrífuga o filtrado de pa-
absorbente. Este asentamiento permi-
e la suciedad, gran parte de lodos y
sua se separen y asienten en el fondo
tanque.

Cuando la cantidad de agua libre en el aceite ya usado es excesiva, el papel absorbente puede saturarse muy rápidamente, necesitándose cambiarlo muy frecuentemente. En donde exista tal cantidad de agua, es preferible pasar el aceite por una centrífuga primero para remover la mayor parte del agua y después pasarlo a través del filtro. Esta operación proporciona la ventaja de ambos aparatos, la rápida remoción de cantidades considerables de agua y sólidos por la centrífuga, y la eliminación final de los últimos vestigios de agua libre y sólidos por el papel absorbente.

Resumen

Use el aceite para transformadores apropiados, de una resistencia dieléctrica elevada, alta estabilidad química y habilidad de separación.

Mantenga el aceite limpio en su almacenamiento y durante el servicio.

Efectúe revisiones periódicas de las cargas de aceite para asegurarse de que se encuentran en buenas condiciones.

Por supuesto, también es muy conveniente que estos tambores se cubran con una lona para librarlos de la lluvia, nieves y tierra.

Toma de muestras de aparatos con corriente

Por lo general, no se debe sacar una muestra de aceite de los aparatos con corriente. Si el programa de operación no permite que la unidad sea quitada del servicio, se deben tomar las muestras únicamente después de que se han tomado toda clase de precauciones y evitar así riesgos para el operador, y la posible pérdida de aceite del aparato.

Instrucciones generales para mantenimiento

A continuación se da una guía general para el mantenimiento del equipo principal de la Subestación tomando en cuenta de que en cada instructivo se describe el tipo de revisión y mantenimiento que el fabricante recomienda.

1. TRANSFORMADORES

a).– ACEITE.—La inspección diaria o semanal, se refiere a verificar niveles de aceite, que no existan fugas, tomando en cuenta que el nivel varía con la temperatura, reponiendo el aceite de ser necesario y evitar los indicadores de presión o vacío. **Inspección Semestral.**—Pruebas dieléctricas del aceite, en los casos en que las condiciones de trabajo sean más desfavorables deberán hacerse más frecuentes.
Checar calor, olor, si hay agua en suspensión, si hay materias en suspensión, sacando la muestra de la parte inferior.

Inspección Anual.—Prueba de factor de potencia.

b).– BOQUILLAS TERMINALES (BUSHINGS).—Inspección mensual, observar si no hay rotura en la porcelana y checar el estado de limpieza.

Revisión Anual.—Limpiar la porcelana, revisión de empaques.

c).– DEVANADOS.—**Inspección Anual.** Inspeccionar si hay lodo en el núcleo o en los devanados; inspeccionar si en la parte inferior de la tapa está oxidada o hay trazas de humedad, apretar todas las conexiones que estén al alcance.

a).– Dieléctricas entre devanados y entre cada devanado y tierra.

b).– Pruebas de factor de potencia.

c).– Prueba de relación de transformación.

d).– CAMBIADOR DE TAPS.—**Inspección Mensual.** Verificar que la posición en que se encuentre el cambiador sea la adecuada.

Revisión Anual. Revisar el estado de las superficies de contacto, reparando éstas si es necesario, revisar mecanismo de operación. Apretar todas las conexiones.

Descripción del equipo	Inspección	Revisión
Aceite	Diaria o Semanal	Semestral no programada
Boquillas terminales	Mensual	Anual
Devanados	—	Anual
Cambiador de Taps	—	Anual

CAPITULO III

EQUIPO DE CONTROL EN BAJA TENSION

·do el conjunto de aparatos que con-
·n y protegen la operación del motor
a bomba y los servicios auxiliares a
·da del transformador requieren de
·al atención en su selección, montaje,
·ción y mantenimiento, por esta ra-
·l personal que tiene a su cargo estos
·os debe estar consciente de dichos
·mientos, ya que en ellos se tienen
· problemas debido a su operación
·ante y severa.

·n ligeras excepciones, el reglamento
·bras e instalaciones eléctricas y el có-
·nacional eléctrico, exigen medios de
·nexión para cada motor. En nuestro
· se han utilizado combinaciones que
·ten en un arrancador conectado di-
·mente a la línea, y un medio de des-
·ión (fig. 14), el medio de descone-
·s un interruptor termomagnético ti-
·dustrial de capacidad adecuada que
·e sobrecargas y especialmente fa-
·cortocircuito de tal manera que
·iminadas para darle el máximo de
·ción al transformador.

·s dispositivos efectúan el disparo
·ético y/o el disparo térmico.

·poro Magnético.

·corriente de una sobrecarga elevada
·rtocircuito, excita el circuito magné-
·este elemento de disparo instantá-
·e atrae la armadura, de modo que el desconectador se libere instantáneamente. Los elementos magnéticos se pueden calibrar para disparar sobre un rango muy grande de valores de corriente, con sólo variar el entre-hierro en los interruptores con disparo magnético ajustable (Fig. 15).

Dilación Térmica de Tiempo

El elemento térmico bimetálico se hace de dos metales diferentes, soldados entre sí. Uno de ellos no es afectado apreciable-

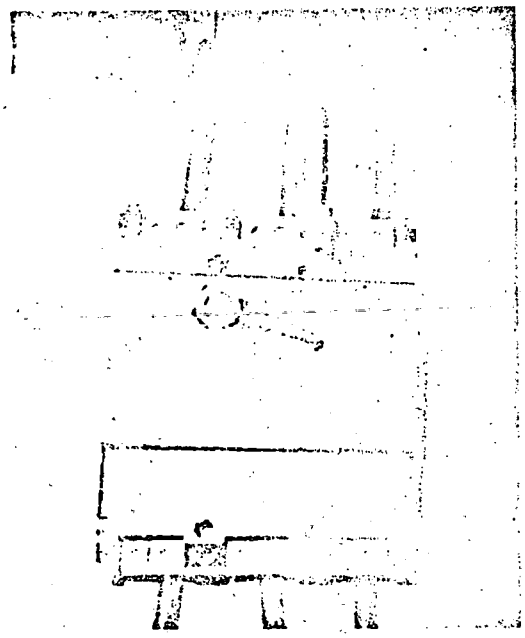


Figura 14

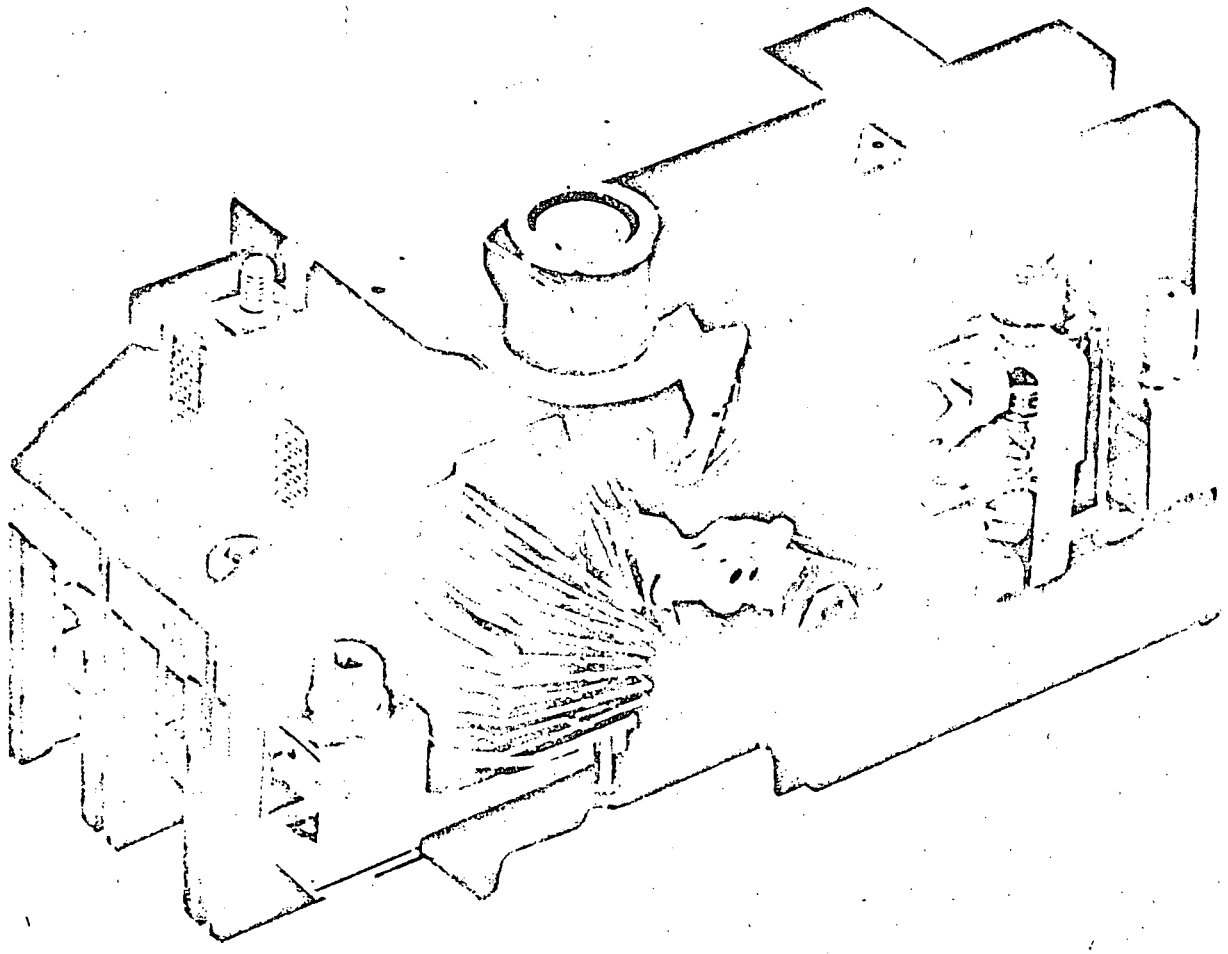


Figura 15

mente por cambios de temperatura, mientras que el otro se expande con bastante rapidez, ocasionando la flexión del conjunto. El elemento bimetálico o una resistencia para calentamiento de dicho elemento se conecta directamente en serie con la carga.

Cuando hay un calor excesivo, debido a que pasa una corriente de sobrecarga, el bimetal se flexiona y opera el dispositivo de disparo, abriendo el interruptor. Se logra una dilación en el disparo debido a que se requiere de cierto tiempo para que el calor suba lo suficiente y flexione el bimetal (Fig. 16).

Operación Simplificada de la Manija.

La acción giratoria basada en el prinipio de brazo de palanca (para F P E) que su operación se lleve a cabo sin esfuerzo y con rapidez. En caso de operación por sobrecarga o cortocircuito, esta manija indica la posición de disparo, que para restablecer el servicio hay que regresarla a la posición de desconectado y posteriormente cerrar el circuito.

ARRANCADORES

Tomando en consideración el tipo de carga y nuestras instalaciones donde siempre se cuenta con una subestación de ca-

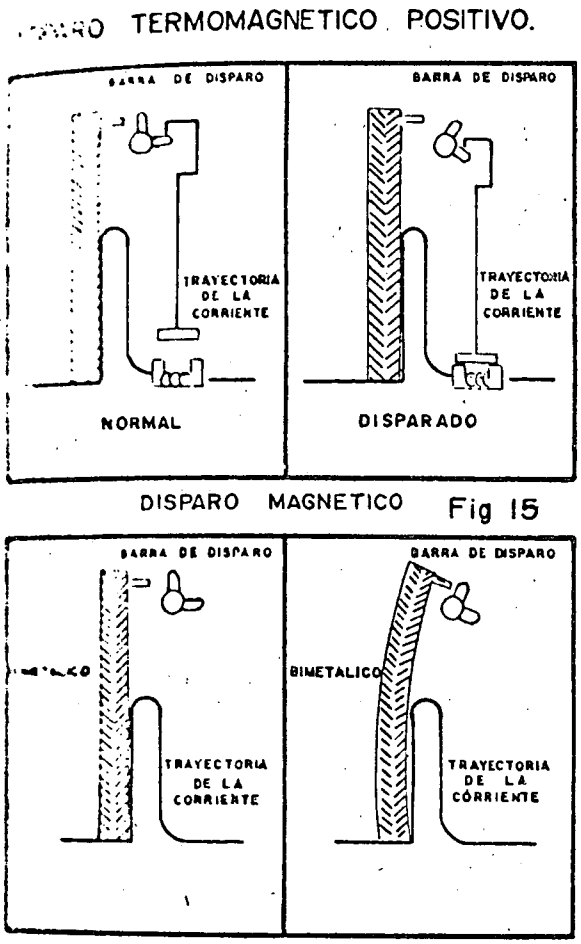


Figura 16

Disparo térmico.

[illegible]d suficiente para el equipo de bom- [illegible]ue se instale, se han seleccionado [illegible]adores magnéticos a tensión com- [illegible]ara motores hasta de 200 HP. y de [illegible]nado dividido para motores de 250 [illegible] principio de operación de estos [illegible]adores se muestra en las figs. 17 y [illegible]espectivamente.

[illegible] arrancadores a tensión completa pa- [illegible]res de corriente alterna tipo jaula [illegible]a, constituyen el medio más sen- [illegible]ra su puesta en marcha. Cuando [illegible] de arranque en estas condiciones [illegible] daño en la máquina que mueve y la corriente tomada en la línea no es excesiva, pudiendo afectar a la fuente de alimentación, es permisible la utilización de estos aparatos (Tabla II), Plano No. CA-G-87.

La protección contra sobrecarga del motor es proporcionada por dos elementos calentadores sensibles al paso de la corriente conectados en serie con los devanados del motor, o a través del secundario de un transformador de corriente para arrancadores tamaño NEMA 5 en adelante.

El elemento calentador de forma espiral cubre un perno tubular que en su interior contiene una aleación fusible la cual en estado sólido fija el eje de una rueda dentada que por medio de un mecanismo mantiene cerrado el contacto de sobrecarga. Si el motor toma de la línea una corriente mayor que la normal como resultado de una sobrecarga en el mismo, una tensión baja en la línea o la falta de tensión en una de las fases, la aleación fusible pasa a su estado líquido debido al efecto $I^2 R$ del elemento calentador, permitiendo el giro de la rueda dentada soltando el mecanismo de disparo, y abriéndose así el circuito de control del arrancador.

Para bombas donde se requieren 250 HP o 300 HP se han utilizado motores de embobinado dividido, los cuales son de construcción muy semejante a los normales del tipo jaula de ardilla, con la única diferencia de que estos motores tienen dos devanados idénticos que se pueden conectar en secuencia a la línea de alimentación de energía, para producir corriente y par de arranque reducidos. Como en el arranque sólo la mitad de los devanados se conecta a las líneas, el método se describe como "embobinado parcial". Muchos (pero no todos) motores de dos voltajes, 220/440 volts, son adecuados para el arranque por embobinado parcial a 220 volts. Existen dos circuitos paralelos inde-

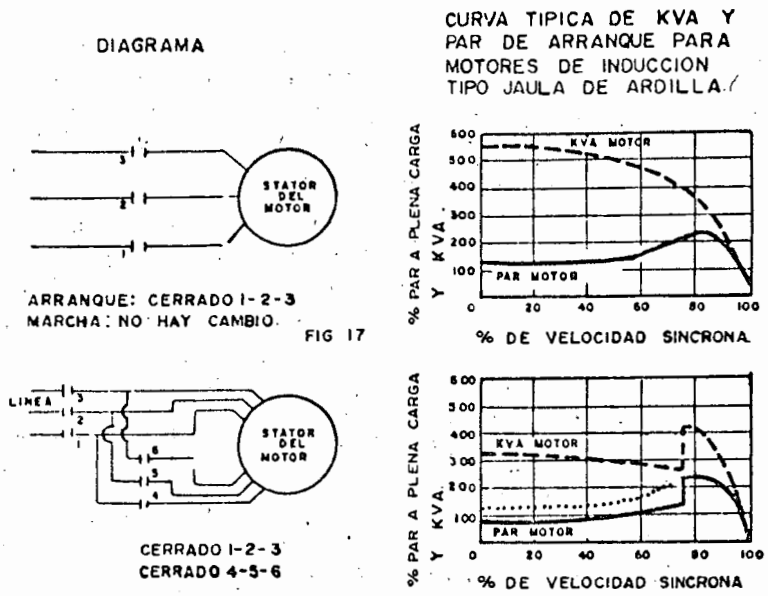


Figura 17

pendientes en el estator del motor de dos voltajes, conectado internamente en "estrella", o "Y" (plano No. CA-G-88).

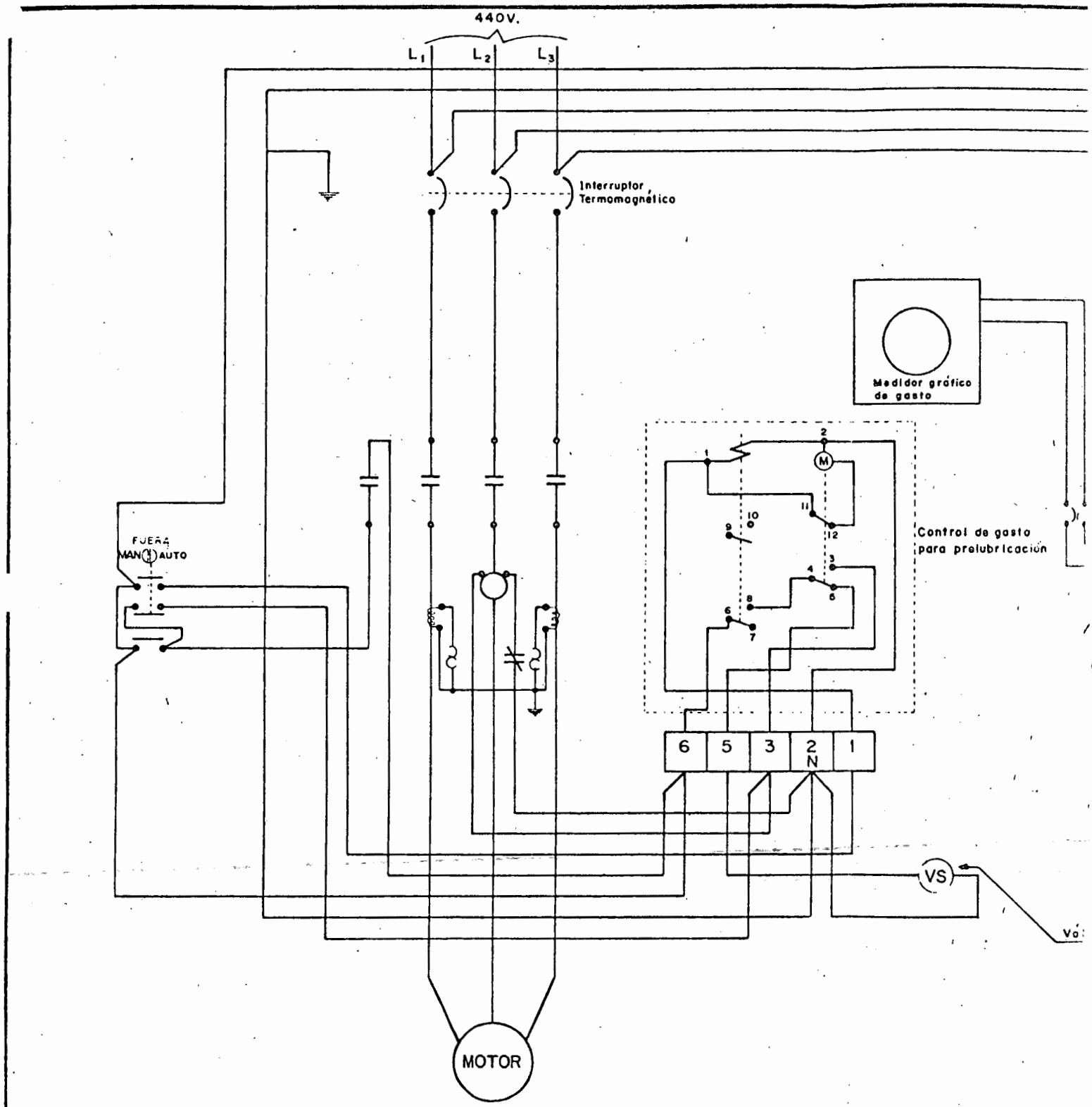
Los arrancadores para embobinado parcial están diseñados para usarse con motores en jaula de ardilla que posean dos devanados separados en el estator. Los embobinados de esos motores pueden conectarse en "Y" o en delta, dependiendo del diseño del motor. Estos arrancadores no son apropiados para usarse con motores de dos voltajes, embobinados en delta.

Los motores de embobinado parcial se emplean principalmente para impulsar cargas centrífugas, tales como ventiladores, sopladores, bombas centrífugas, etc., y para otras cargas en que se necesite un par de arranque reducido. También se emplean cuando la corriente de arranque a pleno voltaje puede producir caídas indeseables en las líneas de distribución o cuando las restricciones de la compañía eléctrica requieren corriente de arranque reducida.

El embobinado parcial de dos pasos, tienen ciertas ventajas obvias: Es menos costoso que la mayoría de los otros métodos, porque no requiere elementos para reducir el voltaje, como los transformadores, resistencias o reactores, y sólo usa contactores de la mitad del tamaño. Además, su transferencia es, inherentemente, con el circuito cerrado.

CAPACIDAD EN HP. PARA ARRANCADORES MAGNETICOS A TENSION COMPLETA

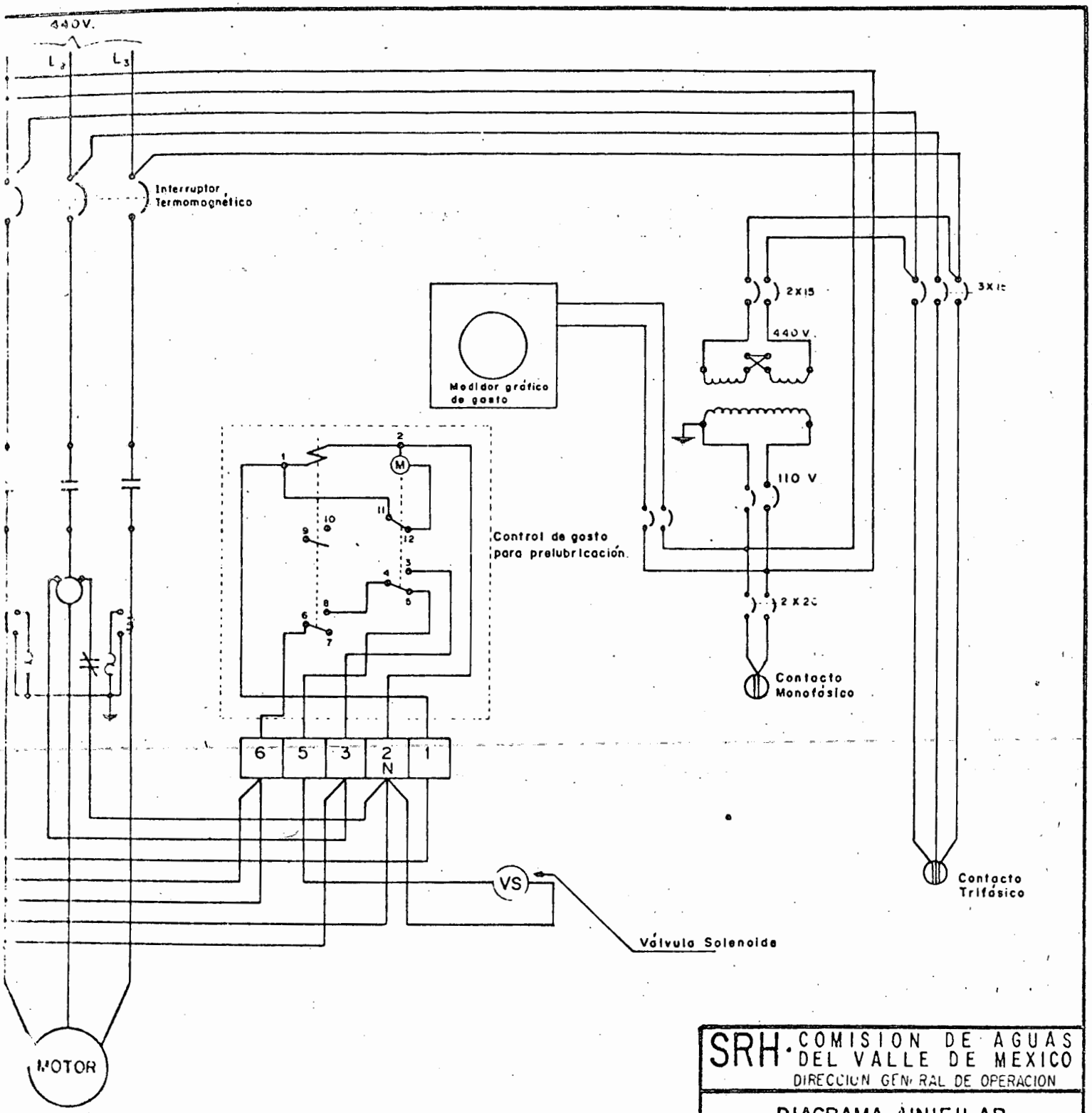
TAMAÑO DEL ARRANCADOR	AMP. TIPO ABIERTO 8 - HORAS	HP. TRES FASES 220 Volts	HP. TRES FASES 440 y 550 Volts
00	10	1	1
0	15	2	3
1	25	5	7½
2	50	15	25
3	100	30	50
4	150	50	100
5	300	100	200
6	600	200	400
7	900	300	600
8	1350	900	900
9	2500	800	1600



Proyectó: Ing. Octavio de la T.

Dibujó: Pedro Cervantes

Verificó:



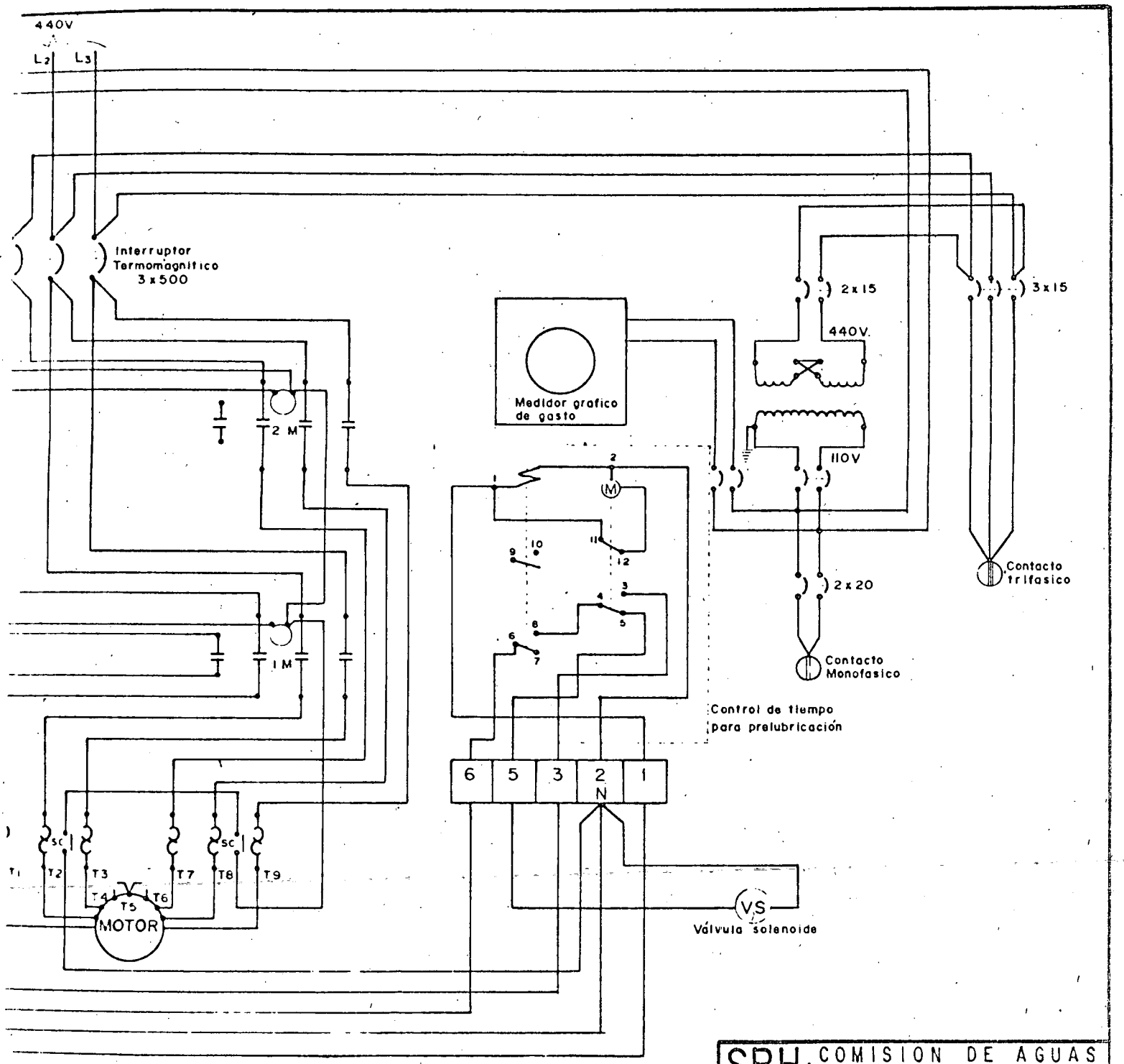
SRH · COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO

DIRECCION GENERAL DE OPERACION

DIAGRAMA UNIFILAR

PARA CONTROL DE MOTORES DE 150 HP. Y 200HP.

VOCAL SECRETARIO	DIRECTOR GENERAL	VOCAL EJECUTIVO
ING. LUIS F. CUELLO C.	ING. [illegible]	ING. ALBERTO J. BAROCIO M.
SECRETARIO DE RECURSOS HIDRAULICOS		Y PRESIDENTE DE LA COMISION



SRH · COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO

DIRECCION GENERAL DE OPERACION

DIAGRAMA UNIFILAR

PARA CONTROL DE MOTORES DE 250 HP Y 300 HP

VOCAL SECRETARIO — DIRECTOR GENERAL — VOCAL EJECUTIVO

ING. LUIS PANDO CEDILLO — ING. JESUS GURIDI RUIZ — ING. ROBERTO JIMENEZ NAVARRETE

SECRETARIO DE RECURSOS HIDRAULICOS Y PRESIDENTE DE LA COMISION

ING. LEANDRO ROJAS BAEZ

México, D.F. Septiembre 1976

CA-G-88

Probador de relevadores (Multi-Amp.).

POZO Nº _____ SERIE Nº _____

LOCALIZACION _____ LOCALIZACION _____

USO _____ LOCALIZACION _____

ARRANCADOR Y MOTOR

CUADRO DE SERVICIO DE INSPECCION

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
19																																																					
19																																																					
19																																																					
19																																																					
19																																																					

LISTA PARA CHEQUEO MECANICO

PARTIDA	FECHA						PARTIDA	FECHA					
POLVO							MAGNETOS						
							CAMARAS DE ARQUEO						
CONEXIONES							ESTACION DE BOTONES						
TORNILLOS Y TUERCAS							RELEVADORES						
TERMINALES FLEXIBLES							RESISTENCIAS						
TERMINALES													
BALEROS													
BOBINAS													
CLIPS FUSIBLES													

DGO-EM-06

POZO Nº

LOCALIZACION

RECORD DE PRUEBAS PARA MANTENIMIENTO ELECTRICO

RELEVADOR DE SOBRECARGA — INTERRUPTOR

	1			2			3			TEMP. AMBIENTE °C	DATOS DE PLACA
TIEMPO	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.		
											MARCA
FECHA DE REGISTRO											SERIE Nº
											ARMAZON TAMAÑO
											H. P.
											VOLTAJE
											FASES
											FRECUENCIA
											CORRIENTE
											CORRIENTE A ROTOR BLOQUEADO
											CAPACIDAD INTERRUPTIVA

DGD - EM - 07

POZO Nº

FECHA INSTALACION

LOCALIZACION

INTERRUPTOR

CUADRO DE SERVICIO DE INSPECCION

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
19																																																					
19																																																					
19																																																					
19																																																					
19																																																					

LISTA PARA CHEQUEO MECANICO

PARTIDA	FECHA						PARTIDA	FECHA					
TORNILLOS Y TUERCAS							MECANISMO						
CONTACTOS													
CONTACTOS AUXILIARES													

DGD - EM - 08

CAPITULO IV

MOTORES TRIFASICOS DE INDUCCION

Estos son los motores que se emplean para impulsar los equipos de bombeo que opera la Comisión. Son motores de corriente alterna previstos para ser conectados a redes de alimentación trifásica. Se fabrican de las más diversas potencias, desde una fracción de caballo hasta varios miles de caballos. Tienen una característica de velocidad sensiblemente constante, y una característica de par que varía ampliamente según los diseños. Hay motores trifásicos que poseen un elevado par de arranque; otros, en cambio, lo poseen reducido. Hay tipos diseñados para que absorban una corriente de arranque más bien moderada, y otros que están previstos para absorber una corriente de arranque elevada. Se les construye prácticamente para todas las tensiones y frecuencias de servicio normalizadas, y muy a menudo están equipados para trabajar a dos tensiones nominales distintas. Los motores trifásicos se emplean para accionar máquinas —herramientas, bombas, montacargas, ventiladores, grúas, sopladores, etc. (Fig. 18).

Para nuestros equipos de bombeo se han utilizado motores con características de par-velocidad, según diseño NEMA B (Fig. 19) baja corriente de arranque y par-normal.

Constitución de un motor trifásico

La figura 20 muestra el aspecto interior de un motor trifásico. Se compone de tres partes principales: estator, rotor y escudos o tapas.

El estator consiste en una carcasa de fundición, un núcleo formado por chapas magnéticas y un arrollamiento constituido por bobinas individuales alojadas en las ranuras del núcleo. El rotor puede ser del tipo de jaula de ardilla, a base de barras y arcos de aluminio fundidos conjunta-

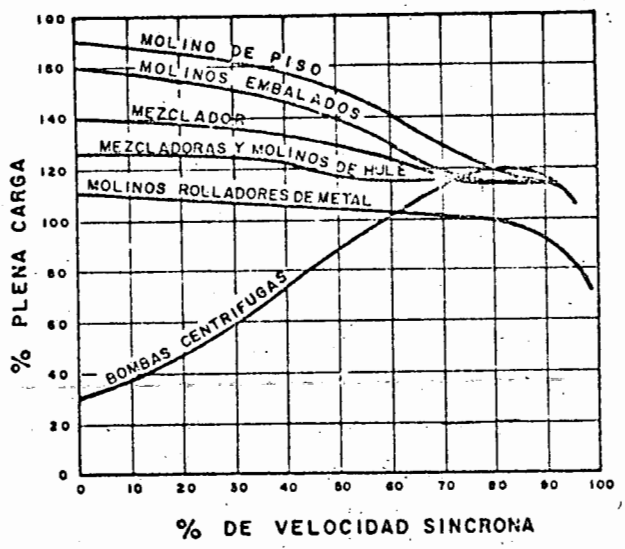


Figura 18

Curvas típicas de par para varias aplicaciones industriales.

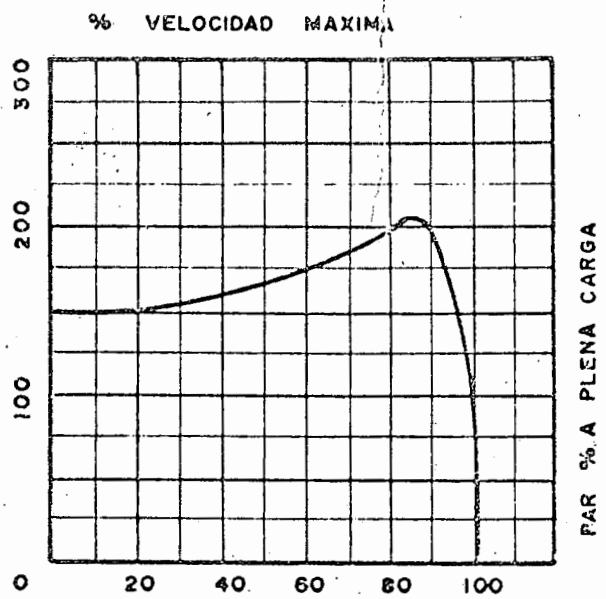


Figura 19

Característica par velocidad.

mente en molde, o bien bobinado. Tanto un tipo como el otro están provistos de un núcleo de chapas magnéticas ajustado a presión sobre el eje. La figura 21 muestra el aspecto exterior de un motor de jaula de ardilla.

Las tapas del motor se afianzan firmemente, una a cada lado de la carcasa, con auxilio de tornillos. En ellas van montados los cojinetes sobre los cuales se apoya y gira el eje del rotor. A tal efecto se emplean indistintamente cojinetes de bolas y cojinetes de resbalamiento. En los motores verticales para equipos de bombeo el cojinete superior es el que soporta el peso del equipo de bombeo y los esfuerzos inherentes a los efectos hidrodinámicos en la puesta en marcha, operación y paro del motor.

Funcionamiento del motor trifásico

Las bobinas alojadas en las ranuras están conectadas de modo que formen tres arrollamientos independientes iguales, llamados fases. En la figura 22 se han representado esquemáticamente las tres fases o arrollamientos de un motor. Dichos arrollamientos están distribuidos y unidos entre sí de tal manera que, al aplicar a sus terminales la tensión de una red de alimentación trifásica, se genera en el interior del estator un campo magnético giratorio que arrastra al rotor y lo obliga a girar a determinada velocidad. Esta velocidad depende exclusivamente de la frecuencia y el número de polos, y se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$Vs = \frac{120\ f}{P}$$

Donde:

Vs = Velocidad síncrona en revoluciones por minuto del campo magnético giratorio.

f = Frecuencia en ciclos por segundo.

P = Número de polos.

Para un motor de cuatro polos y que opera a 60 c.p.s. su velocidad síncrona es:

$$Vs = \frac{120 \times 60}{4}$$

$$= \frac{7\ 200}{4}$$

$$Vs = 1\ 800 \text{ R.P.M.}$$

Debido a efectos de carga, tipo y diseño de estos motores, la velocidad real del rotor no es la misma que la del campo magnético giratorio, provocando un deslizamiento o diferencia de velocidad síncrona, por tal motivo a estos motores se les llama también "Asíncronos".

Este deslizamiento se determina de la siguiente manera:

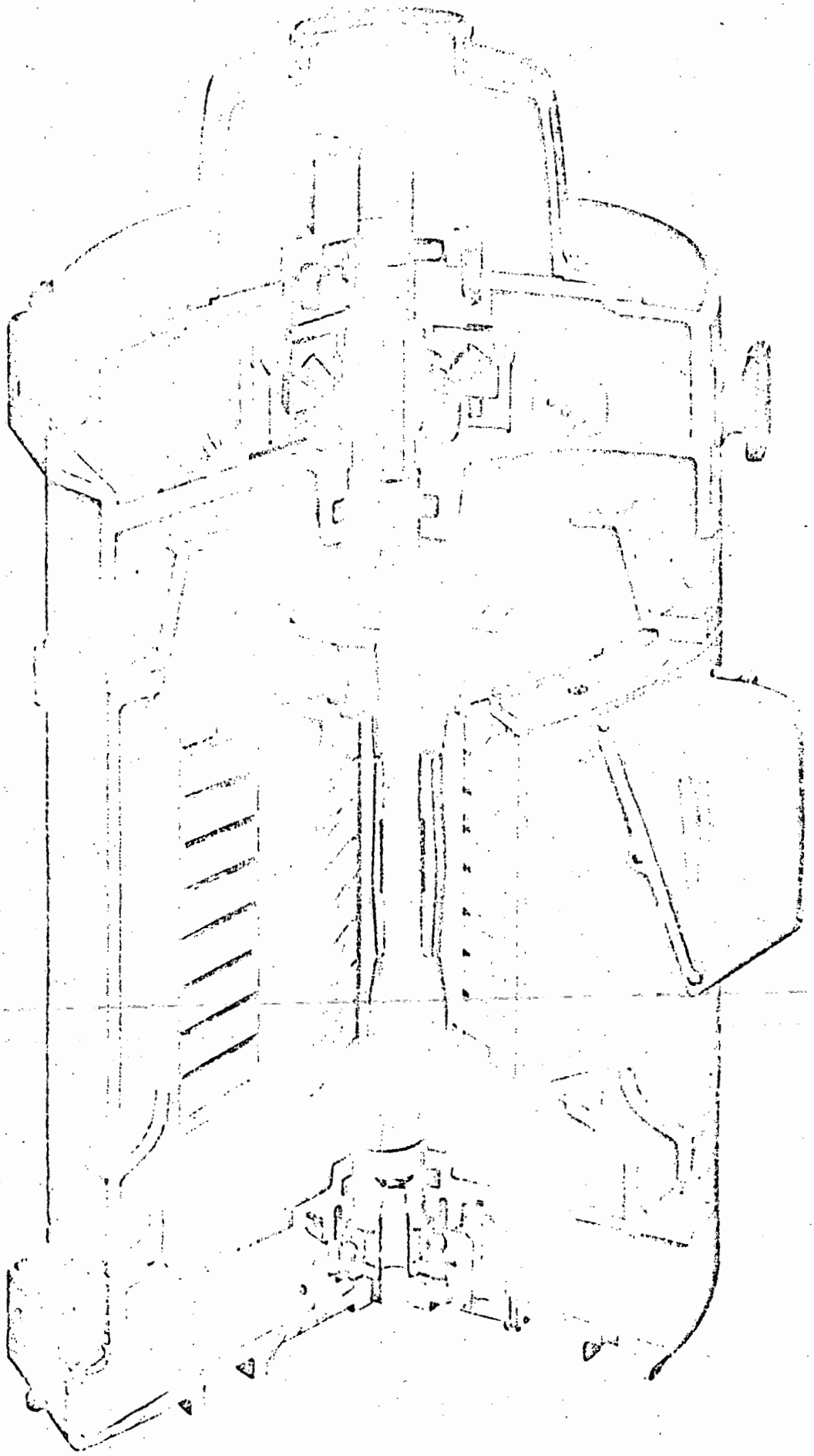
$$\% S = \frac{Vs - Vr}{Vs} \times 100$$

Donde:

% S = Por ciento de deslizamiento.

Vs = Velocidad síncrona en R.P.M.

Vr = Velocidad del rotor en R.P.M.



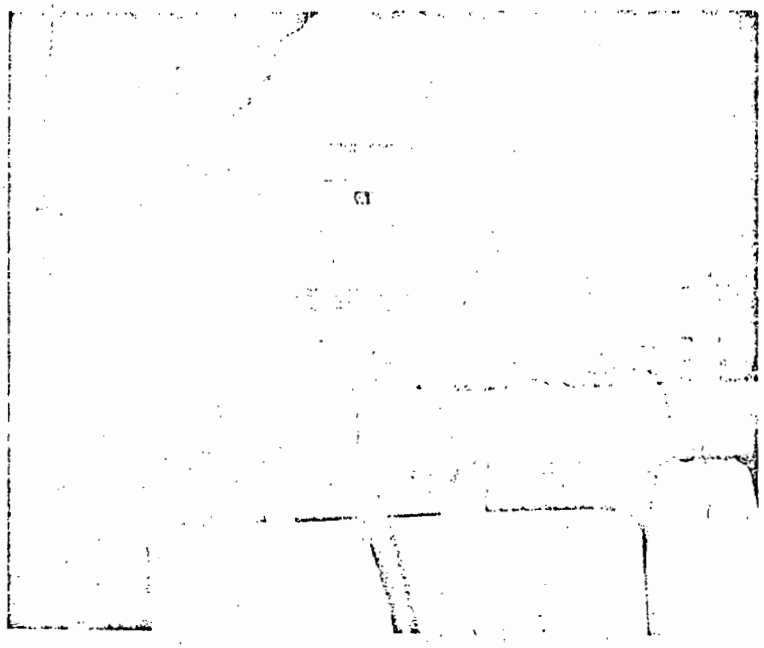


Figura 21

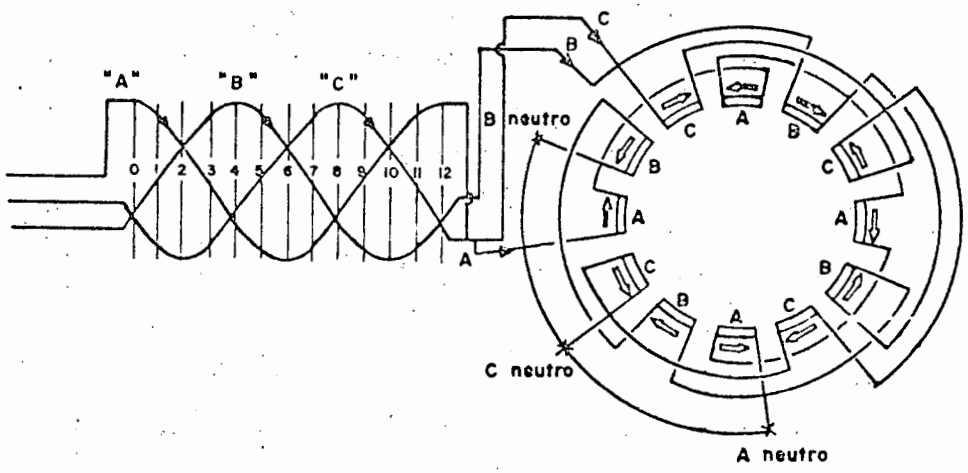


Figura 22

Conservación Preventiva

La conservación preventiva de los aparatos eléctricos consiste en la aplicación metódica de rutinas para su ensayo, limpieza, secado, barnizado, ajuste y lubricación. Para obtener el mejor éxito de tales rutinas es conveniente que cada motor, generador, regulador, etcétera, tenga su cartulina u hoja histórica en la que se anoten los ensayos y reparaciones efectuadas. Un buen programa de conservación prolongará la vida de los aparatos, tanto los nuevos como los usados, si se lleva cuidadosamente y se confía su ejecución solamente a personal especializado (ver forma DGO-EM-01).

En un buen programa de conservación conviene prever descansos para las máquinas, aprovechando los períodos de inactividad o poco uso, con el propósito de efectuar en ellas revisiones periódicas. Con ello se asegura la continuidad de su utilización y se disminuye el peligro de averías graves durante los picos de las cargas. Siguiendo un programa adecuado las averías pueden descubrirse desde el principio y la acción correctiva puede aplicarse antes de que se produzca el daño. La figura 23 muestra una avería típica que puede ocurrir cuando se descuida la conservación. **Es conveniente que los encargados de cuidar los aparatos eléctricos adopten una actitud de vigilancia: que miren, escuchen, olfateen y toquen, para descubrir los síntomas de las averías perturbadoras.**

Aislamiento

La mayor parte de los aislantes de casi todas las máquinas eléctricas consisten en compuestos orgánicos que contienen agua como una parte integrante de su constitución química. Las temperaturas excesivas tienden a deshidratar y a oxidar dichos aislantes, haciéndolos quebradizos y de fácil desintegración bajo la acción de las vibraciones y de los choques. Tales aislantes no se conservan indefinidamente durante la vida de las máquinas eléctricas. **Se deterioran poco a poco; lentamente a bajas temperaturas y más rápidamente a las elevadas. Cuando mayor sea la carga, más alta será la temperatura y más corta la vida del aislamiento.** Por consiguiente: la pregunta de qué temperatura puede tolerarse para la seguridad de funcionamiento de una máquina, solamente puede contestarse según la vida que para ella se desee.

Los factores económicos, tales como el costo inicial, el costo de reposición, el de la conservación y la posibilidad de que la máquina se haga anticuada, son de primera importancia para determinar los años deseables de servicio útil de los aislamientos. Por consiguiente, la potencia permisible en caballos de vapor y en kilowatts, de acuerdo con lo grabado en las placas indicadoras de características de las máquinas, depende de la permisible elevación de temperaturas reducida de las consideraciones económicas. Al sobrepasar del régimen de carga de una máquina se calientan los aislamientos más de lo permisible y se apresura su deterioro, mientras que, haciéndola funcionar a menor potencia que la de régimen, se prolonga su vida útil.

Cuidadosas estadísticas indican que la vida de los aislantes se reduce aproximadamente a la mitad por cada 10°C de elevación de la temperatura de funcionamiento. Por ejemplo, si una máquina que se ha diseñado para funcionamiento continuo a 70°C se hace trabajar a 80°C, su vida se reducirá a la mitad.

"Clasificación de aislamiento".—Los aislamientos eléctricos se clasifican por la estabilidad a varias temperaturas de los materiales utilizados en su construcción. Los seis grados más corrientes de la clasificación se indican a continuación:

Clase O de aislamiento, consistente en materias orgánicas tales como el algodón, seda o papel, sin impregnar con

líquidos dieléctricos, tales como el barniz aislante.

Clase A de aislamiento, consistente en materias orgánicas tales como el algodón, seda o papel, impregnados con líquidos dieléctricos, tales como barniz o esmalte.

Clase B de aislamiento, consistente en materias inorgánicas como la mica, fibra-cristal o amianto, formando cuerpo con un cemento orgánico.

Clase F de aislamiento, consiste en materiales como mica, fibra de vidrio, asbestos, etc., con substancias adherentes adecuadas.

Clase C de aislamiento constituido solamente por materias inorgánicas, como la mica, el cristal o la porcelana.

Clase H de aislamiento, consistente en materiales inorgánicos como la mica, fibra-cristal o asbesto, cementados con una sustancia silicosa. (Ver Fig. 23).

La máxima temperatura permisible asignada a cada uno de los grados de la clasificación, es la de la Tabla

* Temperatura máxima permisible para Aislamientos Eléctricos (°C):

Clase O	90
Clase A	105
Clase B	130
Clase F	155
Clase H	200
Clase C	220

Elevación permisible de temperatura.— Durante el funcionamiento normal de las máquinas eléctricas su temperatura se eleva con relación a la del aire circundante. Como la temperatura del ambiente en las salas de máquinas de los EE.UU., casi nunca excede de los 40°C, se toma esta temperatura como referencia cuando se desea indicar el aumento máximo permisible. Por consiguiente, el aumento permisible de temperatura en el punto más caliente de los arrollamientos puede obtenerse restando 40° a la máxima temperatura permisible. La medición del aumento real de temperatura puede efectuarse exteriormente mediante termómetros o interiormente con detectores embebidos o mediante medidas de resistencia.

Como el valor de la temperatura en el interior de la máquina es mayor que en el exterior, las indicaciones del termómetro son siempre inferiores a las obtenidas por los detectores embebidos o por las mediciones de resistencia. Además, teniendo en cuenta los distintos espesores de los aislantes, las diferentes posibilidades de enfriamiento en los distintos puntos, la inaccesibilidad de los puntos más calientes, etc., el aumento de temperatura observado puede ser menor que el valor real. Por consiguiente, cuando se determina el aumento de temperatura sobre los 40°C del ambiente debe añadirse un margen de seguridad.

A menos que se indique otra cosa el aumento permisible de temperatura inscrito en las placas indicadoras de características de las máquinas eléctricas está basado en las lecturas obtenidas con el termómetro de un ambiente de 40°C. Por lo tanto, la temperatura máxima total permisible es la inscrita en la placa aumentada en 40°C. **Un aumento mayor, aun cuando la del ambiente sea menor de 40°C, sería una indicación de algo incorrecto y podría ser debido a una sobrecarga, una obstrucción en los conductos de ventilación, un cortocircuito, etc.**

La figura 24 representa la curva de los años de vida a distintas temperaturas para los aislamientos de la clase A. La temperatura indicada es la del ambiente, más el aumento de temperatura, más un 15% para obtener la máxima temperatura interna. Los dos lados sombreados de la banda indican las vidas máximas y mínimas que pueden esperarse para cada temperatura de funcionamiento y la línea recta del centro indica la temperatura media

TEMPERATURA MAXIMA PERMISIBLE PARA LAS DISTINTAS CLASES DE AISLAMIENTO

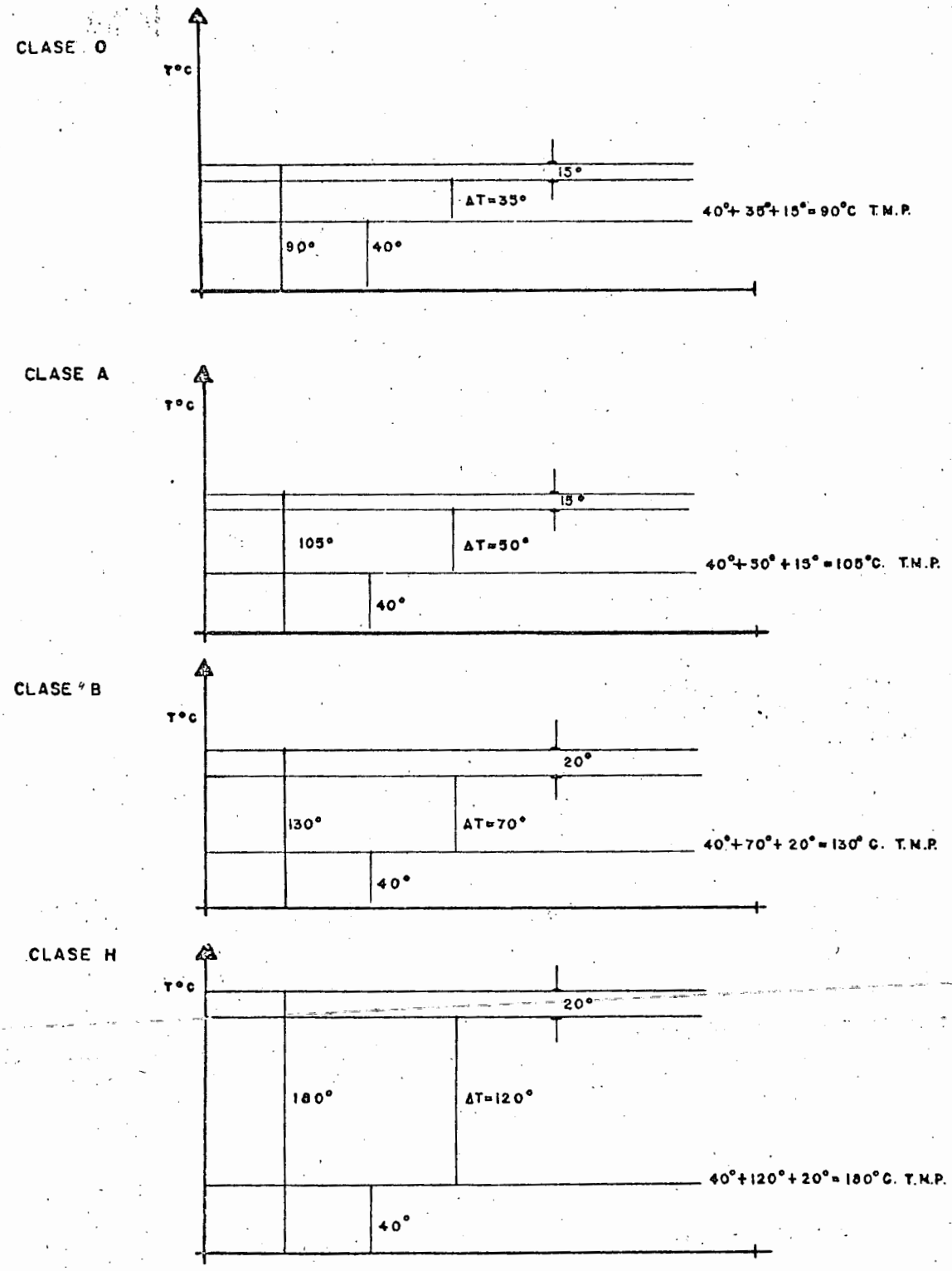


Figura 23

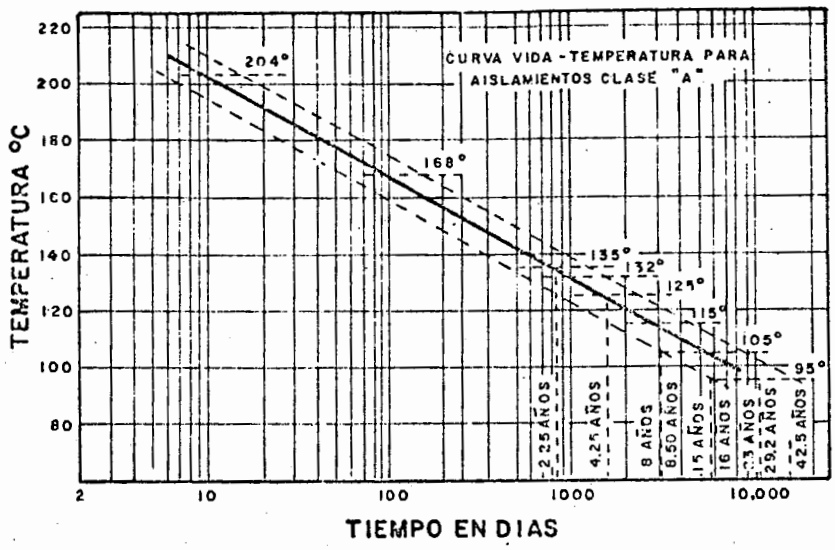


Figura 24

Por ejemplo, si una máquina con aislamientos de la clase A se hace funcionar con un aumento de 40°C sobre la temperatura del ambiente, y la de éste es también de 40°C, tendremos que sus partes internas más calientes estarán a una temperatura aproximada de 40+40+15=95°C. La curva de vida en la figura 24 indica que dicha máquina tendrá una vida probable de 29, 2 años mientras se haga trabajar a dicha temperatura. Pero, si se hiciera trabajar, consintiendo que la temperatura alcanzara 105°C, o sea, 10°C más que lo anteriormente supuesto, su vida probable se reduciría a 15 años.

Aunque la curva vida-temperatura permite estimar la vida probable de una máquina, un factor predominante es la forma en que se haga trabajar. **Las máquinas que funcionan intermitentemente tienen una vida más larga que las que trabajan de modo continuo.**

Las vibraciones, sobretensiones y otras condiciones de funcionamiento adversas, acortan su vida útil por debilitarse sus aislamientos.

Resistencia de aislamiento.—Se denomina resistencia de aislamiento la medida de la dificultad opuesta al paso de la corriente por los materiales aislantes. Tal resistencia se altera por la humedad y la suciedad. Por consiguiente, las medidas de aislamiento constituyen una buena indicación del deterioro de las máquinas ocasionado por dichas causas.

La resistencia de aislamiento puede medirse aplicando tensiones, que no sean peligrosas para las máquinas, entre sus conductores y su carcasa o masa metálica, pudiendo ser leída directamente en un megóhmetro o calculada indirectamente por la lectura de un vóltmetro. Cuando las medidas se efectúan y calculan adecuadamente, constituyen un buen posible diagnóstico de averías probables.

La humedad absorbida por los arrollamientos o condensada en la superficie de los aislamientos ocasiona una disminución de los valores de resistencia de los aislamientos. Por consiguiente, para que las medidas de aislamiento tengan su significado exacto deben efectuarse inmediatamente después de parar la máquina. Con ello se evitarán los errores debidos a la condensación de la humedad en los arrollamientos. Cuando la temperatura de la máquina es inferior a la del ambiente

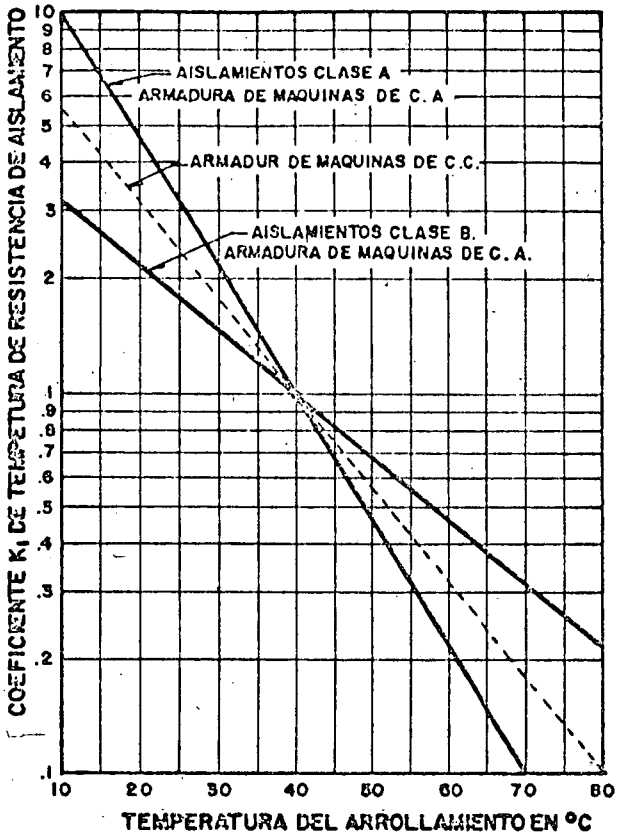


Figura 25

circundante, la humedad se condensa en ella y se absorbe gradualmente por los aislantes. Las resistencias de aislamiento de las máquinas de corriente continua son más sensibles a los cambios de humedad que los arollamientos de las máquinas de corriente alterna debido al mayor número de posibles derivaciones en las armaduras y arrollamientos de excitación de las primeras.

Corrección por temperatura de las medidas de resistencia de aislamiento.—Los materiales aislantes tienen características de resistencia negativa, es decir, que su resistencia disminuye grandemente con el aumento de temperatura. Por lo tanto, si las lecturas de las resistencias de aislamiento que se tomen a distintas temperaturas quieren compararse, han de corregirse a una temperatura única de referencia, usualmente la de 40°C. La figura 25 contiene las curvas para obtener la corrección de resistencias según la temperatura en las máquinas eléctricas. Para obtener el valor correcto, debe dividirse la resistencia observada por el factor de corrección correspondiente a la temperatura del momento de la observación:

$$R_{40} = \frac{R_t}{K_t}$$

donde R_{40} = Valor corregido de la resistencia de aislamiento

R_t = Valor observado de la resistencia de aislamiento

K_t = Factor de corrección

Ejemplo: Se ha observado que la resistencia de aislamiento de un motor de c.c.

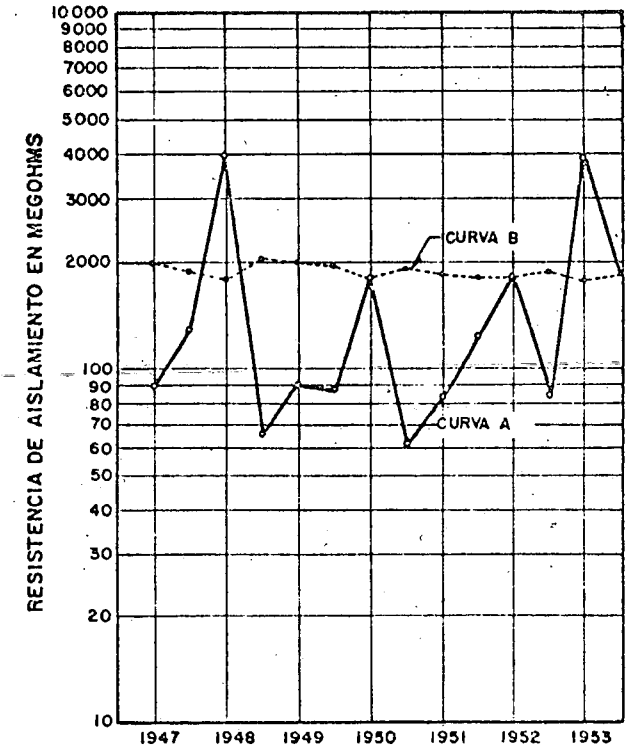


Figura 26

es de 20 megohms a la temperatura de 60°C, ¿cuál será el valor corregido a 40°C?

Solución: El factor de corrección obtenido para las máquinas c.c. en la figura 25 es 0,32. Por lo tanto:

$$R_{40} = \frac{20}{0,32} = 62,5 \text{ megohms.}$$

La figura 26 ilustra muy claramente la necesidad de corregir las resistencias de aislamiento a una temperatura común de referencia. La curva A corresponde a una resistencia sin corregir y la B a la misma resistencia corregida. Las grandes fluctuaciones indicadas en la curva A, sin corregir, darían una impresión errónea de la tendencia de la resistencia de aislamiento. La curva corregida muestra que sólo se ha producido ligeras modificaciones de la resistencia durante los seis años y medio en que se han efectuado las medidas.

CAPITULO V

CONSERVACION DE LOS AISLAMIENTOS ELECTRICOS

Limpieza de los aislamientos eléctricos

La causa más frecuente de las averías eléctricas consiste en la perforación del aislamiento. Tales averías pueden ocasionarse por la absorción de humedad, aceite y polvo en los arrollamientos, y por el calentamiento excesivo, las vibraciones, las sobretensiones y el envejecimiento.

La limpieza del polvo puede efectuarse provechosamente con un aspirador portátil de limpieza por el vacío. Con aire bien seco y comprimido entre 2 y 3 kgs. por cm², puede hacerse también una limpieza eficaz y utilizando anteojeras y una máscara contra el polvo es posible acercarse a la máquina y efectuar una buena limpieza. El inconveniente de utilizar el aire comprimido es el de que muchas veces se quita el polvo de un sitio para que quede depositado en otro.

Las suciedades incrustadas que impiden el paso del aire por los huecos de ventilación, deben quitarse cuidadosamente con rascadores de madera dura o de fibra. Los de metal dañarían a los aislantes y no deben utilizarse.

Los aislantes que estén recubiertos de una película de aceite o de mugre, deben limpiarse con una gamuza o con un trapo que no esté deshilachado, mojado con petróleo limpio, tal como el petróleo Stoddar. Como se trata de líquidos inflamables deben usarse con precaución en la vecindad de llamas cercanas. La utilización de tales líquidos con exceso, daña a los barnices aislantes; deben usarse solamente para eliminar la suciedad aceitada y limpiar en seguida el sitio de aplicación con un trapo seco y limpio. La proyección del líquido en forma de lluvia, con un pulverizador que puede acercarse a los puntos a limpiar, constituye un método excelente de ablandar y quitar la mugre que se deposita en los sitios de difícil alcance, tales como los huecos de ventilación y partes recónditas de los arrollamientos de inducido y del estator. El líquido debe utilizarse proyectado en forma de lluvia, no con un chorro único. Los espacios cerrados deben ventilarse forzando la circulación del aire.

El uso del tetracloruro de carbono debe evitarse por ser muy tóxico. Es más pesado que el aire y se queda en las partes bajas de los sitios mal ventilados. Si se emplea para pulverizar, el operador debe colocarse una máscara adecuada. De no tomarse precauciones pueden resultar serios daños y aun la muerte por sofocación. En los colectores, anillos y escobillas, el tetracloruro de carbono ejerce perniciosos efectos por destruir la superficie protectora. También daña a la goma, y por lo tanto no debe utilizarse en los cables o conductores cubiertos de goma. Si se ha

estimado necesario usarlo, deben eliminarse después de su uso todas las trazas que pudieran quedar, mediante una buena ventilación, antes de proceder al rebarnizado, ya que los vapores que quedasen entre los arrollamientos ejercerían un efecto corrosivo cuando se ionizasen. El tetracloruro de carbono es por sí un agente de limpieza excelente, pero debe utilizarse con mucho cuidado. Los disolventes del comercio no deben utilizarse en aislantes de la clase H, porque atacan a los barnices silicosos.

Cuando se limpian grandes motores, suele ser necesario subirse a la máquina. Antes de hacerlo, el operador debe vaciar todos sus bolsillos, ya que cualquier tornillo u otro pequeño material que cayera dentro de la máquina daría lugar a una avería seria cuando se pusiera en marcha.

Limpieza con agua

La limpieza de la máquina eléctrica con agua pura como disolvente, como también con el líquido Dreft, se efectúa muchas veces con éxito en los talleres de reparación y se recomienda especialmente para limpiar los aislantes de la clase H. La limpieza debe efectuarse tan rápidamente como sea posible; una vez lavada la máquina con agua pura y caliente y quitado el exceso de humedad con un trapo seco y limpio se introduce en una estufa para secarla.

Los equipos o maquinarias que hayan estado sumergidos, deben chorrearse con agua caliente para eliminar toda traza de sal y de fango. La presión del agua no debe exceder de 2 kgs. por cm^2. La operación de lavado debe prolongarse hasta que el agua quede libre del gusto salino. En tales casos la máquina deberá secarse después al horno, aplicando el calor externamente. Sin embargo, aun después del mejor tratamiento posible y de comprobaciones cuidadosas, las máquinas que han estado sumergidas algunas veces fallan cuando se ponen en servicio.

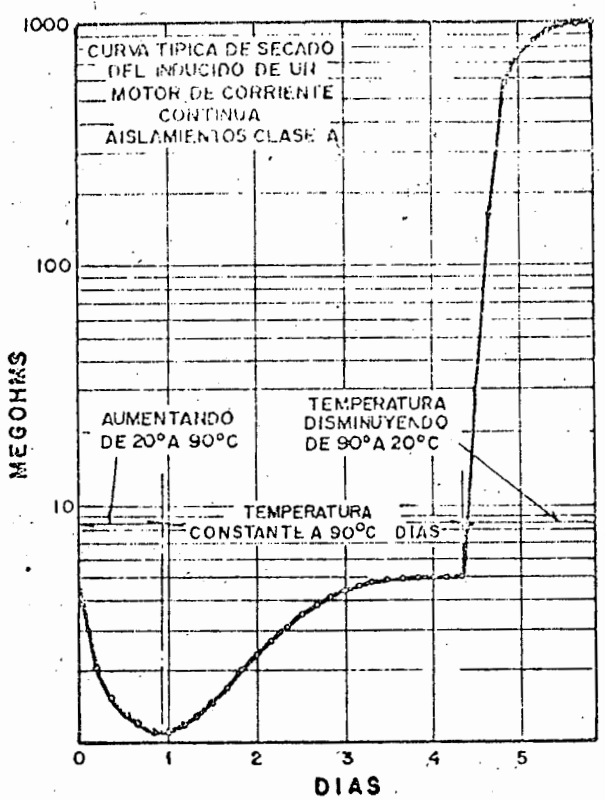
Secado de los aislamientos eléctricos

El modo más corriente de secar los aislantes consiste en la aplicación de calor externo. Ello puede hacerse con un horno permanente de secado, o por medio de un horno improvisado con toldo que envuelvan la máquina. En la parte más alta de los toldos debe dejarse un agujero para dejar escapar el aire húmedo. Las máquinas pequeñas se sacan a menudo con éxito colocándolas encima de un calentador. Cuando se utiliza calor externo para el secado, la temperatura de los arrollamientos no debe exceder de 90°C, medidos por termómetros colocados en las bobinas. La mejor fuente de calor para calentar los hornos de secado de máquinas, son los radiadores eléctricos o lámparas radiantes. Los calentadores de vapor o de aire caliente son también adecuados.

Deben efectuarse medidas de resistencia de aislamiento durante 60 segundos cada 4 horas, mientras dura la operación de secado. La figura 27 representa una curva típica de un inducido de motor de corriente continua. Durante la primera parte de la operación de secado el aumento de temperatura produce la disminución de los valores de la resistencia de aislamiento. Después, con la temperatura de secado constante, la resistencia aumenta porque se expulsa la humedad. Cuando el aislamiento está seco y puede enfriarse, la resistencia aumenta al valor más alto. Los valores punteados en la curva no se han corregido a una temperatura base, porque tal corrección no sería útil en este caso.

Secado con calor interno

Los arrollamientos que tienen una resistencia de aislamiento mayor de 50 000 ohms cuando están fríos, pueden secarse con calor interno. La corriente se suministra a los arrollamientos a un voltaje bajo y el calor interno desarrollado (pérdidas $I^2 R$) sirve para eliminar la humedad. La



Curva típica de secado de un inducido de motor de corriente continua.

Figura 27

corriente requerida puede obtenerse de una dinamo de corriente continua para soldaduras, o puede generarse por la propia máquina. En este último caso el inducido se pone en cortocircuito y mientras la máquina se hace girar a menos de la mitad de su velocidad de régimen, se aumenta gradualmente la corriente de excitación del campo hasta que un amperímetro colocado en el circuito del inducido indique la corriente requerida. Con la velocidad reducida de la máquina se evita el posible daño a los aislamientos húmedos o mojados.

Como la temperatura interna de la máquina será mayor que la externa, la temperatura total de los arrollamientos, medida por termómetros colocados entre las espiras, no debe exceder de 80°C y deben tardarse por lo menos 6 horas hasta alcanzar dicho valor. Además, el aumento gradual de corriente para llegar a tal valor debe repartirse en el período total de las 6 horas. Un calentamiento rápido de los arrollamientos podría formar bolsas de vapor que romperían y ocasionarían daños permanentes a los aislamientos (en las máquinas de corriente alterna sólo deben usarse termómetros con cubeta de alcohol, porque los de mercurio se afectan por tensiones inducidas que pueden falsear la lectura atribuyéndoles mayor valor que el real.

Cuando para el secado del inducido de una máquina de corriente continua se utiliza el calor interno producido por la propia máquina, el inductor en serie debe desconectarse. De lo contrario podría ocasionar una subida rápida del voltaje y destruir el aislamiento.

Los motores de inducción pueden secarse impidiendo el movimiento del rotor y

aplicando al estator un 25% de la corriente de régimen.

El inductor de un alternador o de un motor síncrono deben secarse aplicando a los arrollamientos corriente continua. Si se usara corriente alterna la acción del transformador podría sobrecalentar y posiblemente dañar a la jaula de ardilla o a los arrollamientos mojados. Para conducir la corriente al rotor no deben utilizarse las escobillas porque los anillos se ennegrecerían y corroerían en los sitios de contacto con las escobillas y éstas se sobrecalentarían. Para dicho propósito deben colocarse bandas de cobre alrededor de los anillos.

Determinación de la resistencia de aislamiento

Aparatos de medida de resistencia de aislamiento.—Un aparato de medida de esta clase consiste en el mgóhmetro que indica directamente la resistencia, accionado con una fuente de corriente tal como una batería, un rectificador o un generador, incluido en el interior del mismo aparato. El megóhmetro de tipo generador mostrado en la figura 28 se llama medidor de aislamiento "Megger" y obtiene su energía eléctrica de una pequeña dinamo movida por la manivela. Para efectuar una medida se desconecta el aparato a medir de la línea de servicio y se

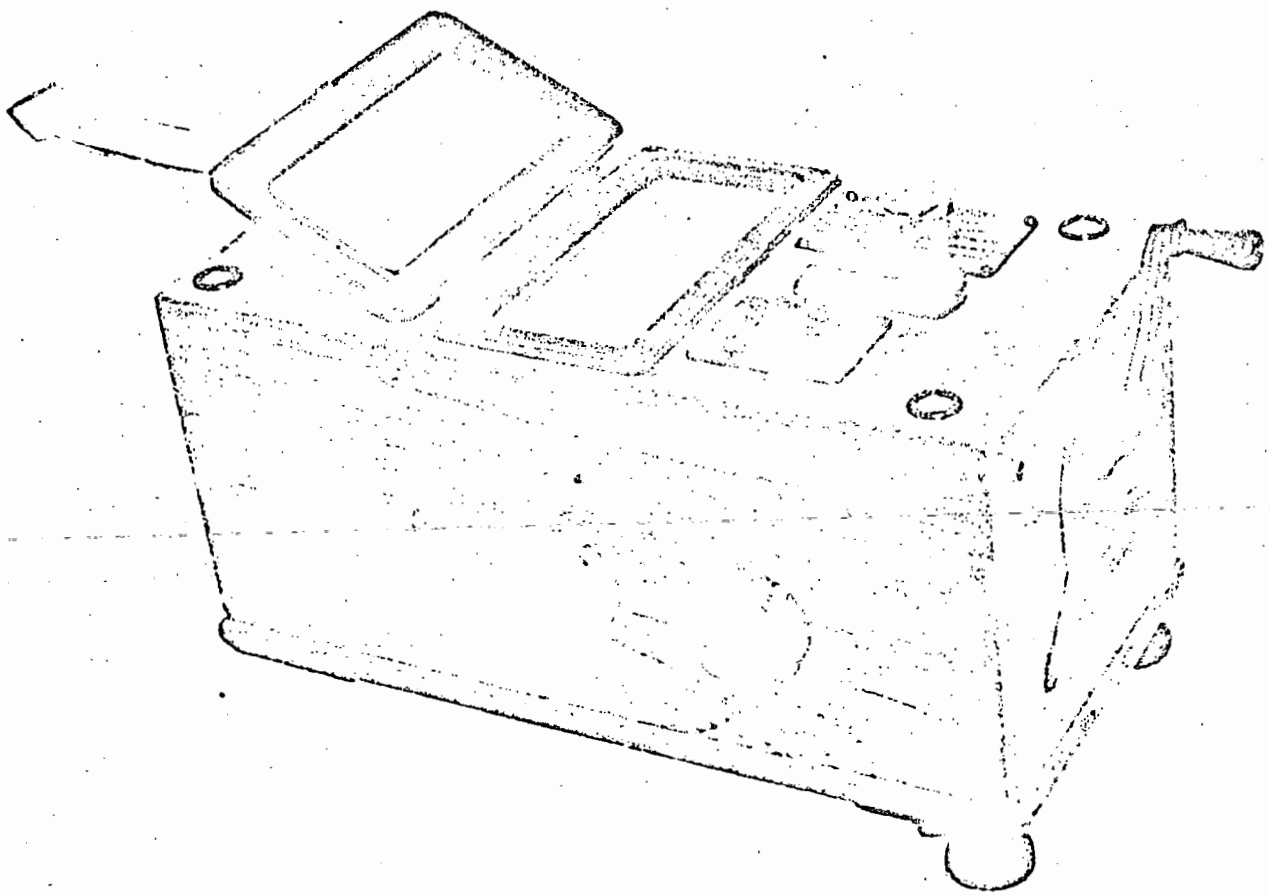


Figura 28

conecta un terminal del Megger a sus arrollamientos y el otro a su masa metálica. Moviendo la manivela del Megger a su velocidad normal. Según se indica en las instrucciones del instrumento, se observará que la aguja se mueve hacia una posición de la escala que indicará el valor de la resistencia de aislamiento que se está probando.

Las grandes máquinas con buen aislamiento tienen una capacidad considerable entre los conductores y la armazón o carcasa, por lo cual, mientras están en funcionamiento pueden adquirir una carga de electricidad estática que queda retenida, durante algún tiempo, después de su desconexión. Como la existencia de la energía eléctrica almacenada, aunque sea de poca cuantía, ocasionaría errores en la lectura del megóhmetro, los arrollamientos de las grandes máquinas deben conectarse a tierra, por lo menos durante 15 minutos inmediatamente antes de efectuar las mediciones.

Hay Meggers para varias tensiones, a escoger entre las de 100 a 2 500 volts. La selección del tipo adecuado se basa en la tensión a que debe funcionar el equipo a probar. Si la tensión de régimen de la máquina a ensayar es de 100 volts, o menor, debe escogerse un Megger de 100 a 250 volts. Si la tensión del equipo a ensayar sobrepasa los 100 volts, se recomienda el empleo de un Megger de 500 volts. Los Meggers con tensiones hasta 2 500 volts se utilizan para pruebas especiales.

Cuando se utiliza un Megger deben observarse cuidadosamente los movimientos de la aguja ya que pueden indicar detalles provechosos. Las derivaciones de la corriente en las superficies sucias de los aislantes producen generalmente rápidas desviaciones momentáneas hacia la parte inferior de la escala; mientras que el comportamiento de la aguja cuando el aislamiento medido está en buen estado de limpieza consiste en una oscilación hacia la parte inferior, seguida de una subida gradual hasta el valor final de la resistencia. El descenso inicial de la aguja hacia el cero de la escala se debe a la capacitancia de los arrollamientos y se observa especialmente en las grandes máquinas, en los cables y en los condensadores. Sin embargo, el tiempo de carga es corto, generalmente sólo de algunos segundos. La subida gradual de la aguja durante el movimiento de la manivela se debe al efecto de absorción dieléctrica del aislamiento. Pueden transcurrir horas antes de que la electrificación sea completa y la aguja deje de subir. La absorción dieléctrica consiste en la acumulación de cargas eléctricas en los aislantes cuando están sometidos a distintos potenciales entre sus dos superficies. No se deben a derivaciones a través del aislante, sino a la absorción de cargas. En tales condiciones los aislantes almacenan energía en forma de esfuerzo molecular. Cuando se descargan, proceso relativamente lento, las moléculas vuelven a colocarse en su sitio habitual y el esfuerzo se alivia. Como medida de seguridad, todas las grandes máquinas en las que se haya efectuado una prueba de aislamiento de cierta duración, deben descargarse después de terminar la prueba.

CAPITULO VI

ARCHIVO DE DATOS TECNICO-ADMINISTRATIVOS PARA EQUIPOS ELECTROMECANICOS

Muy importante es el contar con un inventario de los equipos electromecánicos, el cual permite llevar un control de las reparaciones requeridas y efectuadas, así como la historia técnica-administrativa de los mismos. Para lograr este objetivo se han elaborado las tarjetas correspondientes; la tarjeta DGO-A-01 es utilizada para llevar el inventario de equipos tanto motores como transformadores instalados o de repuesto en el almacén; en esta tarjeta puede anotarse la localización y movimientos del equipo como sus características principales de operación con las partes de repuesto más importante. Como complemento de esta tarjeta se ha formulado la DGO-EM-01 donde se permite llevar el récord de las reparaciones hechas a cada uno de los equipos inventariados.

La cuidadosa conservación de los datos registrados en varias fechas resulta esencial para el análisis lógico del estado de los aislamientos. Las comprobaciones de las resistencias de aislamiento deben efectuarse regularmente con el mismo método y aparato de pruebas. Pueden hacerse cada mes, cada seis meses o cada año, según se estime conveniente, anotándose la resistencia, la temperatura y la fecha. Las lecturas del megóhmetro deben corregirse a una temperatura base, tal como la de 40°C, y deben anotarse punteándolas en un impreso semilogarítmico para la más fácil determinación de la tendencia. Aunque cada lectura, individualmente considerada, sea más elevada que el mínimo requerido, una marcada tendencia al descenso indicaría la probabilidad de averías próximas. Las tarjetas DGO-EM-02, DGO-EM-03 y DGO-EM-04, representa un modelo de cartulina impresa para facilitar el registro y archivo de las resistencias de aislamiento.

Los ensayos de absorción dieléctrica y según el método de las dos tensiones son las más utilizadas para determinar el estado general de los aislamientos eléctricos. Sin embargo, para precisar las averías en las grandes máquinas, se utilizan tres métodos. Algunos requieren aparatos de media complicados y demasiado costosos.

TARJETA DE INVENTARIO

Nº _____

MOTOR - TRANSFORMADOR.

LOCALIZACION	FECHA	APLICACION	OBSERVACIONES
1			
2			
3			
4			

HP-KVA	RPM	FASES	CICLOS	VOLTS.	AMPS.PC.	SERIE No	MARCA	TIPO	ARMAZON

PEDIDO Nº _____ FECHA _____

DIAGRAMA DE CONEXIONES Nº _____

TEMPERATURA DE TRABAJO _____

MOTOR	TRANSFORMADOR	CONTROL
BALEROS TIPO _____	CLASE _____	MARCA _____
SUPERIOR _____	PRIMARIO _____	TIPO _____
INFERIOR _____	SECUNDARIO _____	INSTRUCTIVO _____
FLECHA	TEMPERATURA _____	CABLE CALIBRE _____
DIAM. _____ LONGITUD _____		
CUÑERO _____ X _____ X _____		

DGO-A-01

RECORD DE REPARACIONES

T. DE I. Nº _____

FECHA	FALLA	COMO SE REPARO	COMENTARIOS

SUPERVISO: _____

DOG-EM-01

TABLAS PARA SELECCION DE ELEMENTOS TERMICOS

27 A	28 A	29 A	
Capacidad en amperes del elemento térmico			No. Cat.
			10177
84.8 - 95.9	8:2 - 92.7		H1021
96.0 - 107	92.8 - 103		H1022
108 - 121	104 - 114	109 - 121	H1023
122 - 134	115 - 127	122 - 134	H1024
135 - 151	128 - 145	135 - 151	H1025
152 - 169	146 - 161	152 - 170	H1026
170 - 189	162 - 180	171 - 189	H1066
190 - 208	181 - 198	190 - 209	H1027
209 - 236	199 - 223	210 - 236	H1028
237 - 261	224 - 247	237 - 261	H1029
262 - 292	248 - 277	262 - 270	H1030

Para motores con factor de servicio de 1.15 recomendamos usar elementos térmicos un tamaño menor para proteger a partir de un 115% de la corriente nominal.

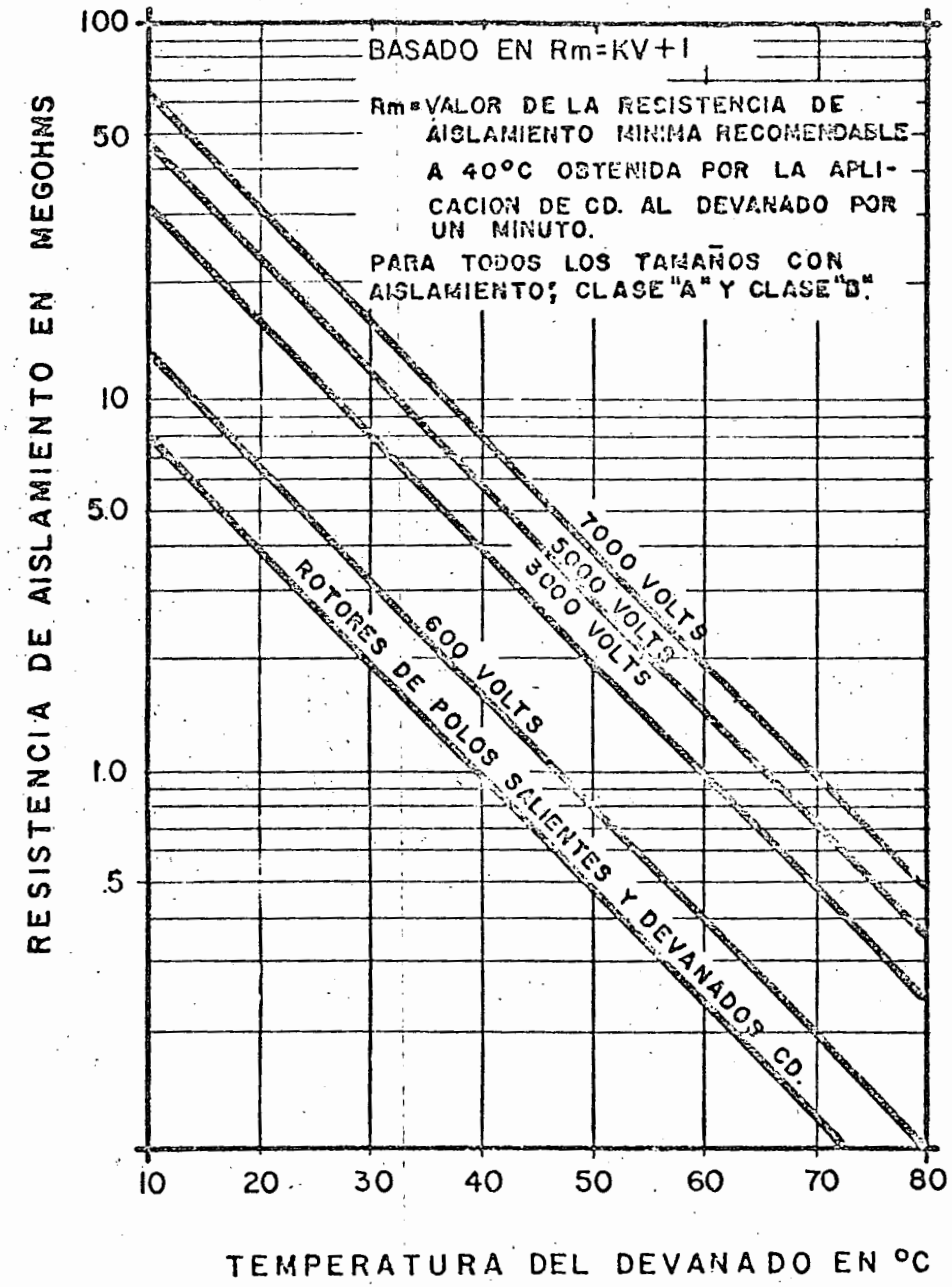
Para motores con factor de servicio de 1.0 recomendamos usar elementos térmicos dos tamaños menores para proteger a partir de 100% de la corriente nominal.

TABLAS PARA SELECCION DE ELEMENTOS TERMICOS

45 A	46 A	47 A	
Capacidad amperes del elemento térmico			Cat. No.
			H1036
			H1037
			H1038
			H1039
17.3 - 19.3	15.8 - 17.5		H1040
19.4 - 21.4	17.6 - 19.3		H1041
21.5 - 23.9	19.4 - 21.5		H1042
24.0 - 27.8	21.6 - 24.7		H1043
27.9 - 31.6	24.8 - 28.1		H1044
31.7 - 35.9	28.2 - 31.6	28.5 - 32.2	H1045
36.0 - 40.7	31.7 - 35.8	32.4 - 36.5	H1046
40.8 - 46.1	35.9 - 40.1	36.7 - 41.5	H1047
46.2 - 52.8	40.2 - 45.4	41.6 - 47.5	H1048
52.9 - 59.9	45.5 - 51.5	47.6 - 53.9	H1049
60.0 - 66.1	51.6 - 56.8	54.0 - 59.5	H1050
66.2 - 73.1	56.9 - 62.1	59.6 - 65.8	H1051
73.2 - 80.7	62.2 - 68.6	65.9 - 72.7	H1052
80.8 - 94.3	68.7 - 79.9	72.8 - 84.8	H1054
94.4 - 104	80.0 - 87.9	84.0 - 94.4	H1055
105 - 116	88.0 - 99.1	94.5 - 104.9	H1056
117 - 127	99.2 - 108.9	105.0 - 115.9	H1057
128 - 145	109 - 125	116.0 - 130.9	H1058
146 - 150	126 - 135	131.0 - 135.0	H1059

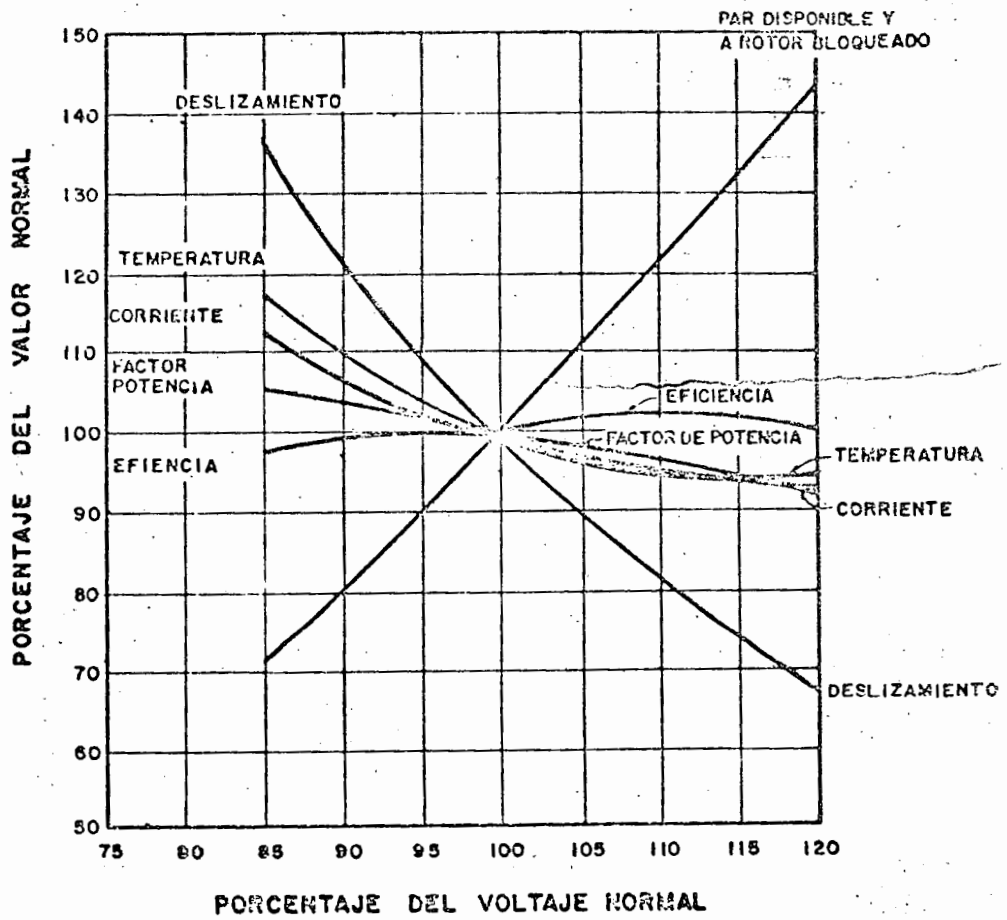
Para motores con factor de servicio de 1.15, recomendamos usar elementos térmicos un tamaño menor paro proteger a partir de un 115% de la corriente nominal.

Para motores con factor de servicio de 1.0, recomendamos usar elementos térmicos dos tamaños menores para proteger a partir de 100% de la corriente nominal.



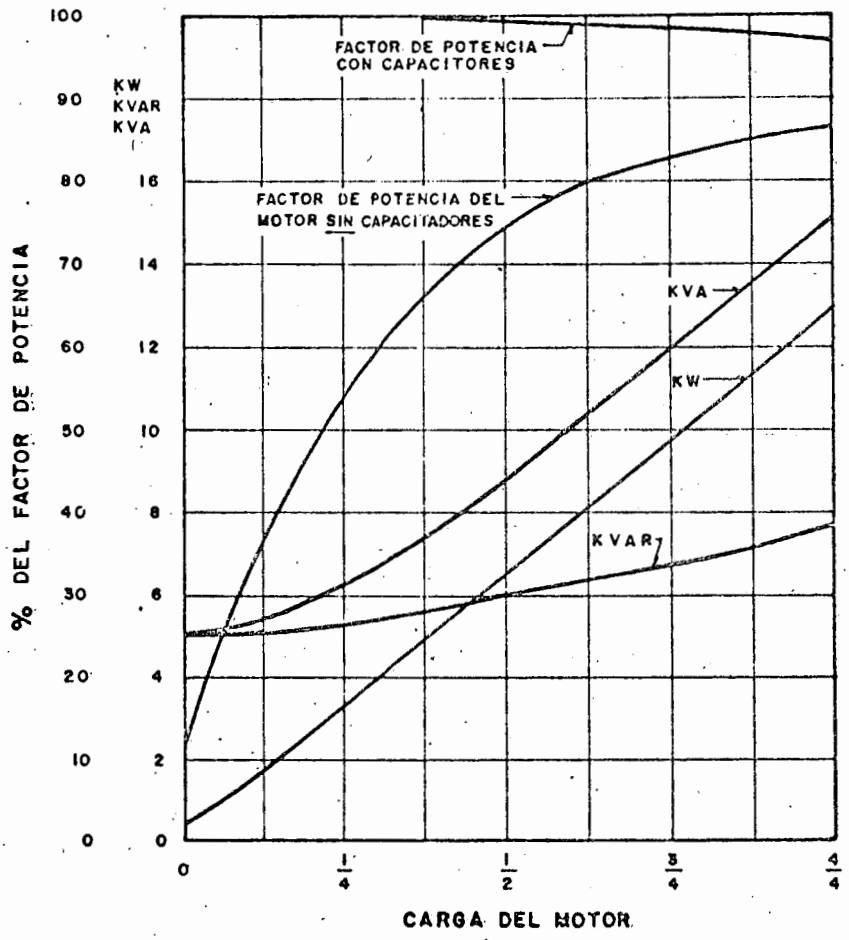
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO MINIMA RECOMENDABLE

61



EFECTOS GENERALES DE LAS VARIACIONES DE VOLTAJE EN LOS MOTORES DE INDUCCION

62



CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE OPERACION PARA UN MOTOR DE INDUCCION DE MEDIANA CAPACIDAD

FORMULAS ELECTRICAS PARA VARIOS SERVICIOS DE ENERGIA

SERVICIO	WATTS	KILOWATTS	MEGAWATTS	KVA	MVA
DC	$W = EI$	$KW = \frac{EI}{1000}$	$MW = \frac{EI}{1\,000\,000}$		
UNA FASE CA	$W = EI \times FP$	$KW = \frac{EI \times FP}{1000}$	$MW = \frac{EI \times FP}{1\,000\,000}$	$KVA = \frac{EI}{1000}$	$MVA = \frac{EI}{1\,000\,000}$
DOS FASES CA	$W = 2EI \times FP$	$KW = \frac{2EI \times FP}{1000}$	$MW = \frac{2EI \times FP}{1\,000\,000}$	$KVA = \frac{2EI}{1000}$	$MVA = \frac{2EI}{1\,000\,000}$
TRES FASES CA	$W = 1.73EI \times FP$	$KW = \frac{1.73EI \times FP}{1000}$	$MW = \frac{1.73EI \times FP}{1\,000\,000}$	$KVA = \frac{1.73EI}{1000}$	$MVA = \frac{1.73\,EI}{1\,000\,000}$

En la tabla de arriba

E = Volts efectivos de la línea
I = Amperes efectivos de la línea
W = watts

KW = Kilowatts (1000 watts)
MW = megawatts (1.000 000 watts)
FP = Factor de potencia

HOJA DE CHEQUEO 19 _____

POZO Nº. _____

RAMAL. _____

No.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGTO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
FECHA												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												

CHEQUEO SEMANAL: Vibración, alta temperatura, nivel de aceite. TRIMESTRAL: Aislamiento y conexiones, limpieza, arrancador.

DGO-EM-05

SARH · COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO
DIRECCION GENERAL DE OPERACION

RECORD DE INSPECCION DE APARATOS ELECTRICOS
TRANSFORMADOR

Localizacion. _____

DATOS DE PLACA

Marca. _____ KVA. _____ Fases. _____

Volts. Prim _____ Volts. Sec. _____ Ciclos _____

Clase. _____ Tipo _____ No. Serie _____

DIAGRAMA CONEXIONES No. _____

FECHA	RESIST. DE AISLAMIENTO MΩ			DIELECTRICO ACEITE KV.				VOLTAJE DE LINEAS			POSIC TAP. VOLTS	POSIC TAP. Nº
	BT - AT	BT - T	AT - T	P - 1	P - 2	P - 3	PROMEDIO	E_{1-2}	E_{1-3}	E_{3-4}		

FECHA	TIPO DE SERVICIO	OBSERVACIONES

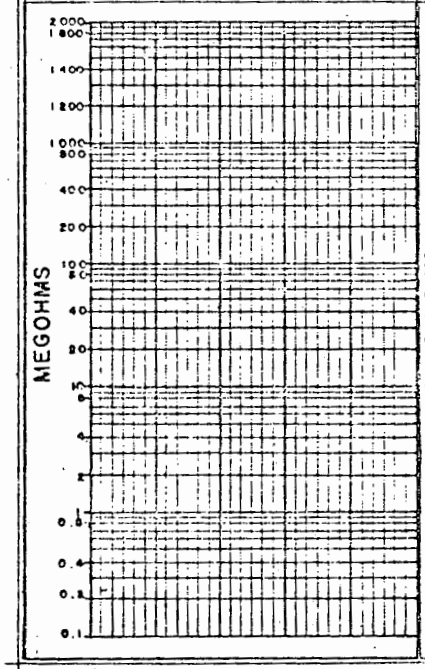
FECHA	TIPO DE SERVICIO	OBSERVACIONES

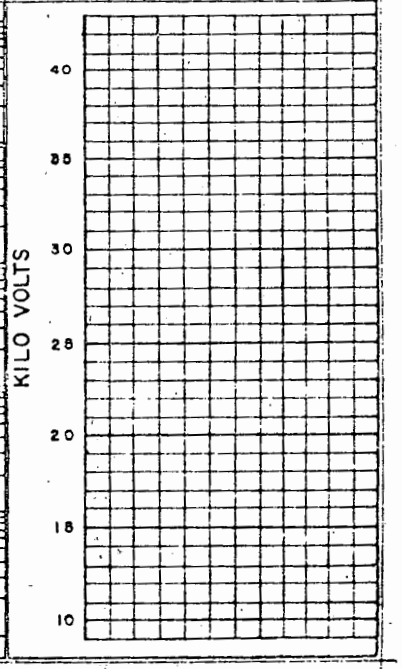
RECORD DE INSPECCION DE APARATOS ELECTRICOS

Loc. _____

DATOS PLACA

MOTOR	TRANSFORMADOR
Marca. _____	Marca. _____
HP. _____ Volts _____	KVA _____ Volts _____
RPM. _____ Amp. _____	Clase _____ Fases _____
No. Serie _____	No. Serie _____
FECHA DE INSPECCION	FECHA DE INSPECCION
TEMP.	TEMP.





SARH · COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO
DIRECCION GENERAL DE OPERACION

RECORD DE INSPECCION DE APARATOS ELECTRICOS

MOTOR

Localizacion: _____

DATOS DE PLACA

Marca _____ HP _____

Volts. _____ AMP _____ RPM _____

No. Serie _____ Close _____ Estilo _____

Cod. _____ Balero Sup. _____ Balero Inf. _____

FECHA	RESIST DE AISLAMIENTO MΩ			TEMP.	CORRIENTE			AMBIENTE		NIVEL ACEITE	
	DEV. 1-T	DEV. 2-T	DEV. 1-2	MOTOR	F-1	F-2	F-3	SECO	HUMEDO	SUP.	INF.

FECHA	TIPO DE SERVICIO	OBSERVACIONES

RECORD DE PRUEBA DE AISLAMIENTO

PARA USAR PROBADOR DE AISLAMIENTO ARRIBA DE 2000 MEGOHMS

APARATO _____ Nº _____ _____

LOCALIZACION _____ FECHA DE INSTALACION _____

FECHA						
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	INFINITO					
	2000					
	1000					
	800					
	400					
	200					
	100					
	60					
	40					
	20					
	10					
	8					
	4					
	2					
	1					
	.6					
	.8					
	.1					
	.06					
	.02					
	.01					
	CERO					

DGO - EM - 02

FECHA	LECTURA	TEMPERATURA AMBIENTE		APARATO	TEMPERATURA BASE Factor de Corrección	

DGO - EM - 02 (reverso)

INTRODUCCION

Cada bomba centrífuga Worthington es el resultado de alrededor de un siglo de progreso en el campo de la Ingeniería Hidráulica. Las bombas Worthington son diseñadas científicamente y están construidas para dar un servicio digno de confianza y duradero.

Worthington cuenta con un cuerpo bien entrenado de diseñadores, asesores e ingenieros de servicio para asistirlo a usted en sus problemas de bombeo.

Una selección cuidadosa, de materiales y métodos de manufactura, le aseguran a usted que tendrá una bomba que le dará mayor rendimiento.

Este boletín cubre la instalación, Operación y Mantenimiento de las Bombas Verticales Tipo Turbina.

Lea este panfleto y famliarícese con su unidad de bombeo.

Guarde este boletín en un lugar accesible para cuando necesite consultarlo.

CONTENIDO

INSPECCION DEL EQUIPO

Tan pronto como se reciba un embarque, inspecciónese y cotéjese con la lista de embarque o con la remisión, y repórtese al agente local de la Compañía de Transportes, en caso de daño o faltante.

Inspecciónense huacales y bultos antes de tirarlos. Algunas veces, partes o accesorios, se aseguran, independientemente, a los huacales o cajas.

ALMACENAMIENTO

Nuestras unidades se embarcan para su inmediata instalación. Si van a ser almacenadas antes de instalarse, tómense todas las precauciones necesarias para protegerlas contra la humedad, intemperie, corrosión u otros daños.

LOCALIZACION DE LA BOMBA

Las unidades deben ser montadas donde sean fácilmente accesibles para su inspección y mantenimiento. Déjese espacio suficiente, alrededor de la unidad, para que el motor cuente con libre circulación de aire.

NOTA: Las características de fabricación del motor deben llenar las necesidades que las condiciones del lugar de la instalación requieran. Son necesarias cubiertas especiales para los motores, cuando se tenga humedad excesiva, humos o polvo peligroso.

ELIMINACION DE MATERIAL EXTRAÑO EN EL POZO

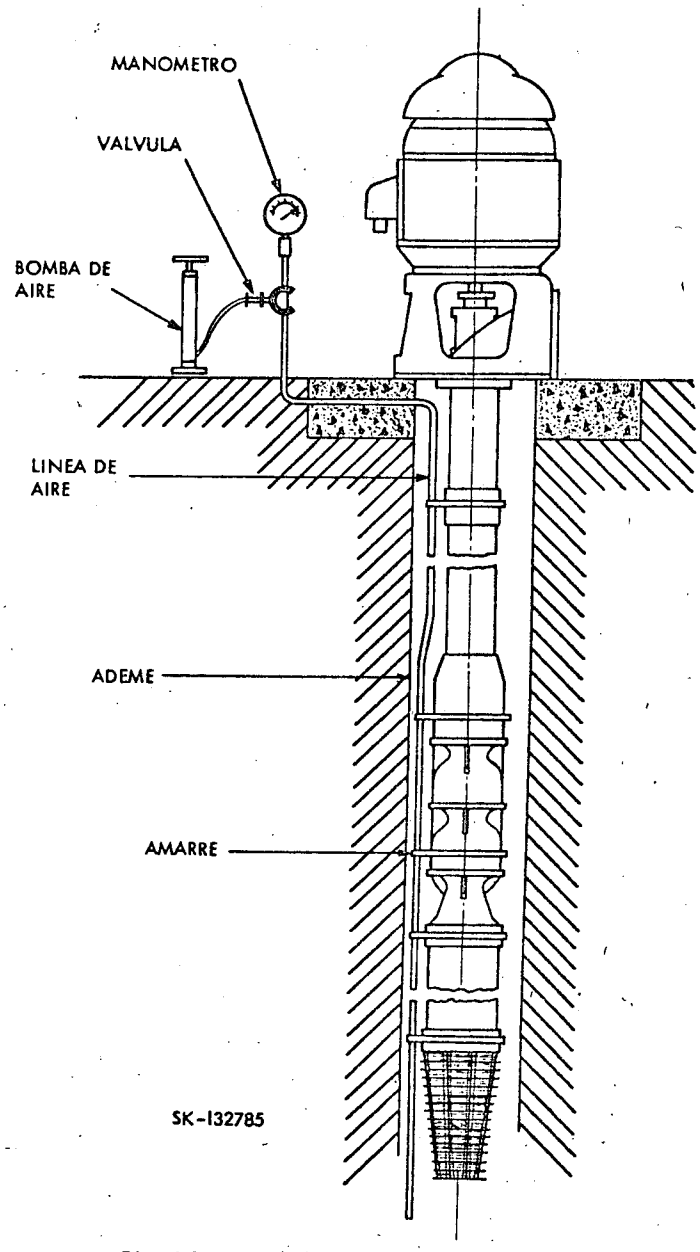
Todo material extraño, tal como pedazos de metal, de madera, etc., debe ser extraído del pozo antes de que se instale la bomba. Si se deja cualquier material de éstos en el pozo, podrá ser succionado por la bomba y ocasionarle un serio daño. Como precaución adicional se recomienda usar una coladera para cada bomba. Se evitará así la entrada de cuerpos extraños de tamaño inadecuado.

DISPOSITIVO MEDIDOR DE NIVELES

En todos los casos se recomienda la instalación de un dispositivo medidor de niveles, como el mostrado en la figura SK-132785.

Es muy importante conocer el nivel que tiene el pozo cuando se bombea. Si el nivel del agua desciende abajo del cuerpo de tazones, la bomba succiona aire y trabaja en seco. Esto origina el bombeo de un volúmen menor de agua, o un suministro intermitente, lo que ocasionará trastornos que acortarán la vida de la bomba.

Se recomienda que se instale una válvula de compuerta y un manómetro en la línea de descarga. Las fluctuaciones de este aparato indicarán que el pozo no produce suficiente agua para abastecer la bomba, por abatimiento, periódico o alarmante, del nivel del líquido. En tal caso la capacidad puede ser reducida por medio de la válvula de compuerta y así suministrar un abastecimiento contínuo.



Disposicion para la lineo de Aire en una Bomba de Pozo Profundo Tipo Turbina.

CIMENTACION

Este párrafo sólo contiene ideas generales. El tamaño y peso de la unidad, las condiciones del terreno y los niveles de las crecientes, determina-

rán el diseño más adecuado para cada cimentación, la cual deberá ser permanente y rígida, de concreto, de acero estructural o de una combinación de ambos, pero de masa suficiente para absorber todas las vibraciones normales. Los pernos de anclaje pueden ser colocados o empotrados en el concreto, fijando su posición por medio de trazos o escantillones, referidos a las tuberías de succión y descarga. Si se usa concreto, los pernos de anclaje, del tamaño especificado, podrán quedar encerrados en un tubo, dos o tres diámetros mayor que el del perno, para compensar las pequeñas variaciones de alineamiento.

EQUIPO NECESARIO PARA UNA INSTALACION

1.—Pernos de anclaje con tuercas, cuando sean necesarios.

2.—Equipo para nivelar (tornillos de ajuste, cuñas, etc.).

3.—Grúa giratoria, tripié, poste grúa con diferencial de cadena, o un equipo similar provisto de un gancho giratorio. (Ver Instalación).

4.—Abrazaderas o elevadores para tubo que ajusten con el diámetro exterior de los tazones y tubos de columna.

4.—Abrazaderas o elevadores para tubo que ajusten con el diámetro exterior de los tazones y tubos de columna.

5.—Polines adecuados sobre los cuales puedan descansar las abrazaderas del tubo.

6.—Dos caimanes de tamaño apropiado para el tubo de columna.

7.—Un cepillo de alambre y solvente para limpiar las cuerdas.

8.—Un buen "compuesto" para las cuerdas de los tubos y una mezcla adecuada, que no se endurezca, para las cuerdas del tubo de protección, si la bomba se lubrica con aceite.

9.—Dos llaves "stillson" de tamaño propio, para la flecha y tubos de protección.

10.—Empaque cuadrado para la caja de estopas (suministrado por Worthington).

11.—Lubricantes recomendados para el motor y la bomba (ver Instalación).

12.—Herramientas de mano.

INSTALACION

(Bombas lubricadas por agua)

La bomba, tal como se embarca de fábrica, consta de tres partes principales como sigue:

1.—Cuerpo de tazones, o sea la sección de impulsores y tazones ensamblados.

2.—Columna, que incluye tubo de succión, coladera, tubo de columna, flecha, coples y chumaceras.

NOTA: "Hemos de advertir que los tubos de columna ya llevan el cople apretado y en su posición correcta; por la cual, al acoplarse al tubo siguiente será necesario apretar solamente éste hasta que tope con el soporte respectivo. (Ver MK-101286)".

3.—Cabeza de descarga, incluyendo el codo de descarga, soporte para el elemento motriz y caja de estopas.

Compruébense los números de serie del cuerpo de tazones y de la cabeza de descarga, para estar seguro de que coinciden. Ensámblense los componentes de la bomba en el sitio de emplazamiento. Colóquense sobre el suelo los diferentes tramos de tubo de columna y flecha, en el orden en el cual deban instalarse en el pozo. LIMPIENSE, DE GRASA Y SUCIEDAD, LA FLECHA Y TODAS LAS CUERDAS DEL EQUIPO. Insértense las secciones de flecha dentro del tubo de columna.

Céntrese el gancho sobre el pozo, dejando altura suficiente para elevar las secciones de la bomba. Colóquense los polines a través de la cimentación, para que las abrazaderas descansen sobre ellos, cuando sea introducida al pozo cada sección. (SK-132784).

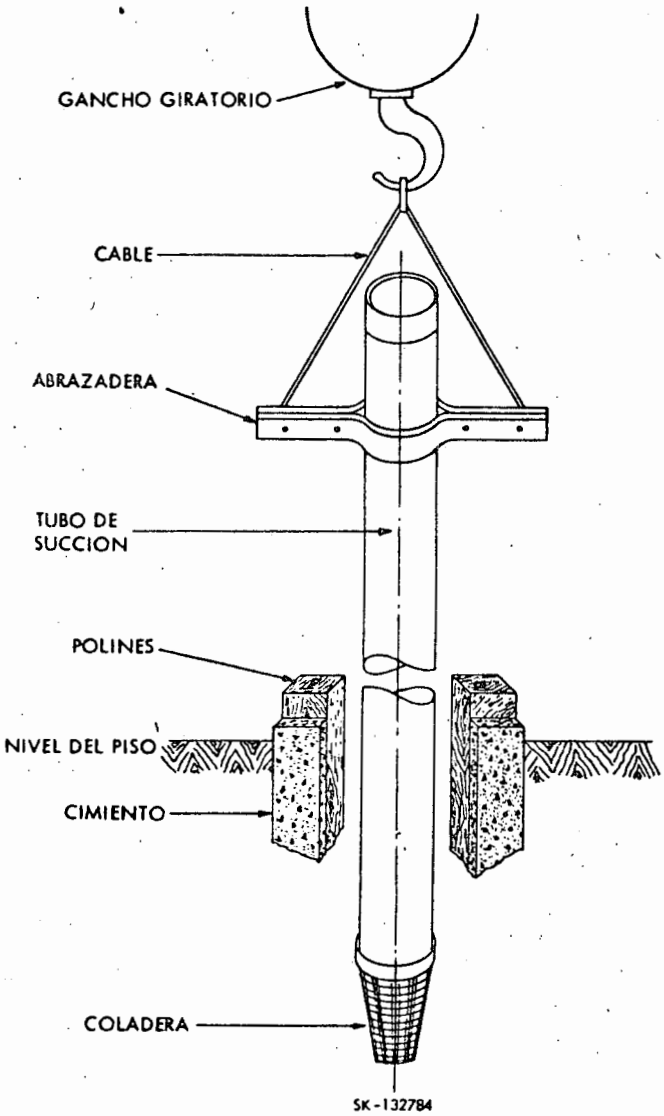
Se recomienda usar una coladera para cada bomba. Esto impide que las partículas sólidas sean succionadas dentro de la bomba y causen daños. Colóquese la coladera en el extremo de succión de la bomba. Si está equipada con un tubo de succión, colóquese una abrazadera como a 30.5 cm. (12") del extremo superior. (Véase SK 132784).

Elévese el tubo hasta su posición, teniendo cuidado de no dañar la coladera. Bájese después dentro del pozo hasta que las abrazaderas descansen sobre los polines colocados con este propósito.

Mídase y tómese nota de la longitud del juego axial de la flecha en el cuerpo de tazones. Esto será útil cuando se ajuste el margen de operación de la bomba.

Apriétese una abrazadera justamente abajo del cono de salida del cuerpo de tazones. Elévese el cuerpo de tazones, aplíquese el compuesto para cuerdas a todas las roscas y atorníllese el tubo de succión. Quítense las abrazaderas del tubo de succión y bájese entonces la sección de tazones dentro del pozo, hasta que las abrazaderas descansen en los polines.

Sujétense la flecha y el tubo de columna como se ve en la figura SK-132783. La camisa de la flecha y el cople del tubo deberán estar en la parte superior de la sección ensamblada. Apriétese después una abrazadera al tubo de columna, justamente abajo del cople y entonces elévese la sección ensamblada, teniendo cuidado de no arrastrarla en el piso.

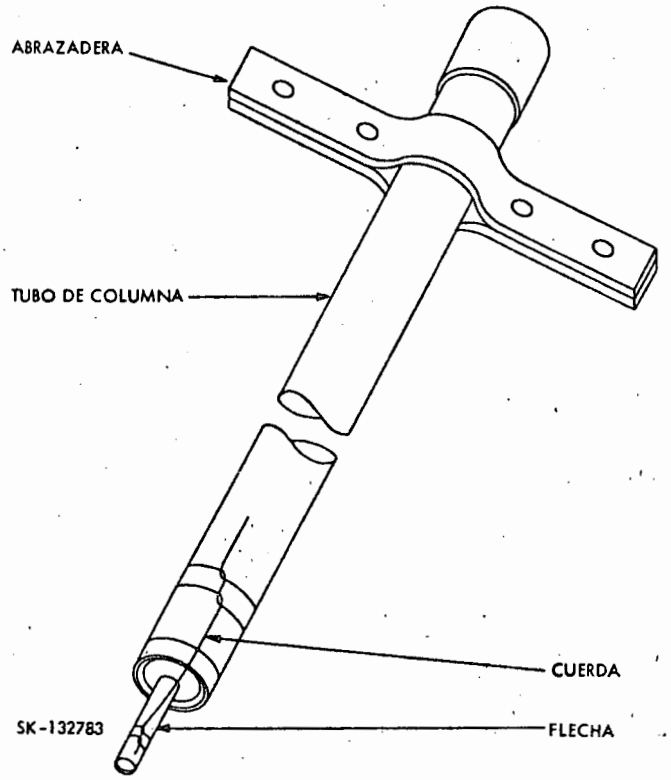


Atorníllese la cuerda izquierda de la flecha dentro del cople. COMPRUEBE ANTES QUE LAS CUERDAS ESTEN LIMPIAS. Es importante que las flechas se aprieten a tope en el centro del cople. Aplíquese el preparado para las cuerdas de tubo a la rosca derecha del tubo de columna y atorníllese dentro del cono de salida hasta que tope con el asiento en él y forme una junta bien apretada.

Quítense las abrazaderas del cuerpo de tazones y bájese la sección completa de la columna permitiendo que las abrazaderas descansen sobre los polines colocados a través de la cimentación. Vea SK-132782.

Mójese bien la chumacera de hule para la flecha lubricada con agua, a fin de que pueda deslizarse fácilmente sobre ella. Colóquese el portachumacera de tal manera, que el extremo con anillo de retensión de la chumacera, quede hacia abajo. Veanse los cortes para los detalles adicionales.

Atorníllese el portachumacera dentro del cople hasta que quede a tope contra el tubo de columna.



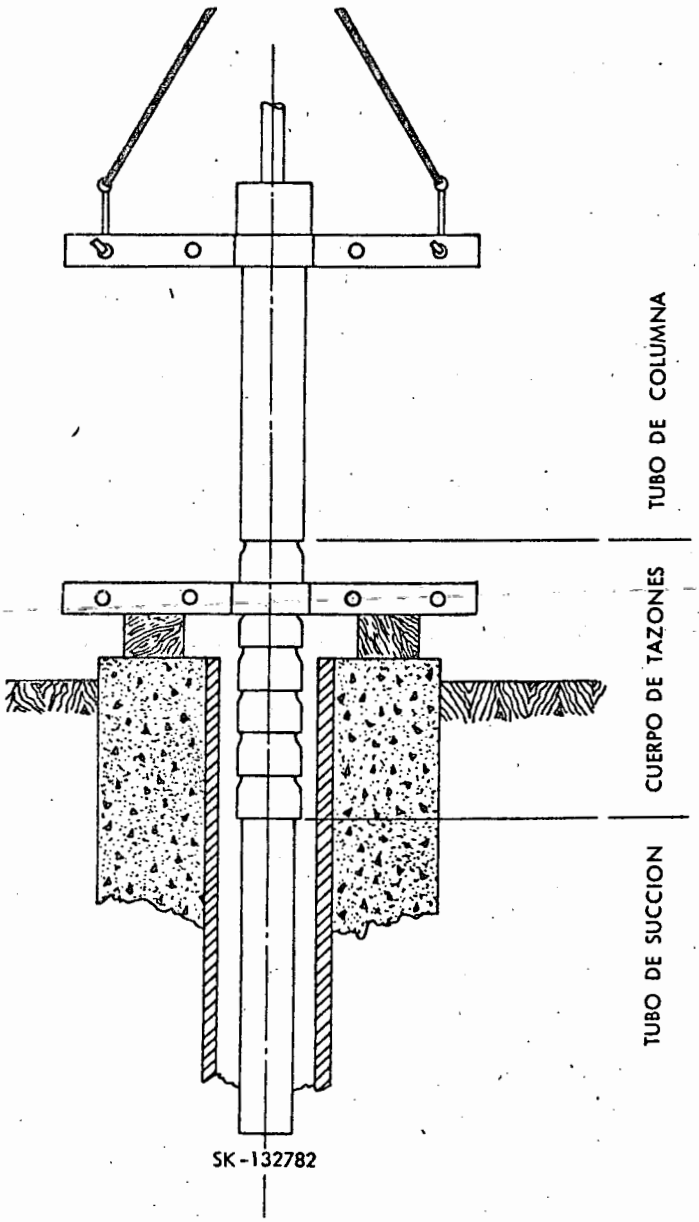
METODO DE SUJETAR Y DISPOSICION DE UNA SECCION DE 3 MTS. (10') DE COLUMNA LUBRICADA POR AGUA LISTA PARA INSTALARSE.

Instálense todas las secciones de tubo de columna y flechas de la manera ya descrita. Después de que cada sección quede instalada, cotéjese con el dibujo, para comprobar que la longitud que la flecha sobresale es la correcta. COMPRUEBESE QUE LOS EXTREMOS DEL TUBO DE COLUMNA QUEDEN FIRMEMENTE A TOPE CONTRA CADA LADO DEL PORTA CHUMACERAS. Esto es muy importante pues asegura que las chumaceras de hule trabajarán sobre camisas de acero inoxidable a lo largo de todas las flechas de línea. (Ver MK-101286).

Una bomba de pozo profundo nunca debe ser forzada dentro de un pozo, porque cualquier saliente puede romper un tazón fundido. Por otra parte, cuando las bombas deban ser instaladas en pozos que tengan un diámetro reducido, las abrazaderas se harán girar suavemente al mismo tiempo que la bomba vaya descendiendo. De esta manera la bomba deslizará limando cualquier pequeña obstrucción con la que tropiece al descender.

La última sección del tubo de columna (tubo de columna superior) tiene una brida en un extremo. La sección superior o última de la flecha, es la flecha superior y tiene un cuñero en el extremo más alto. El tubo de columna superior y la flecha superior se ensamblan de la misma manera que la tubería de columna. Colóquese entonces la junta suministrada con la bomba, en la brida del tubo de columna superior.

Quítese la caja de estopas (si esta fue atornillada a la cabeza de descarga desde la fábrica) y afiáncese el cable o cadena del aparejo a la cabeza de descarga, de tal manera que ésta pueda descender sobre la flecha superior, rectamente y con facilidad. Atorníllese uniformemente la cabeza al tubo de columna superior y entonces bájese el conjunto hasta la cimentación.



Si es una bomba para irrigación se aconseja equiparla con un tubo de descarga con objeto de que la vena líquida caiga fuera del área de la cimentación.

Antes de poner el elemento motriz sobre la cabeza de descarga colóquese la caja de estopas y la junta y pónganse también el prensa estopas y el anillo desviador de hule en la flecha. (Véase la Sección de Mantenimiento). Quítese el embrague del elemento motriz y hágase descender este último hasta que descanse sobre la cabeza de descarga, atornillándolo finalmente, en su lugar.

Cálcese la cabeza de descarga sobre la cimentación, hasta lograr que la flecha superior de la bomba se alinie en el centro exacto de la flecha hueca del elemento motriz. (Si el elemento motriz es algún otro que no sea un motor eléctrico vertical de flecha hueca, véase el suplemento para instrucciones adicionales). NO SE DEBE nivelar la cabeza de descarga usando un nivel de burbuja.

Apriétense los pernos de anclaje (si se usan) cuidadosamente, a modo de no forzar la bomba fuera de su posición. Cuñas y pernos deberán sostener la bomba sin esfuerzo y permitir la colocación de una lechada de cemento alrededor de la base de la cabeza de descarga.

Antes de volver a colocar el embrague, compruébese que el sentido de rotación del elemento motriz sea contrario al de las manecillas de un reloj cuando se mire hacia abajo. Una vez comprobada la corrección del sentido de rotación, vuélvase a colocar el cople del elemento motriz y póngase la correspondiente cuña como se explicará adelante, en el párrafo de Operación. Ajuste de los Márgenes de Trabajo para la Bomba, Pág. 10.

INSTALACION

(Bombas lubricadas por aceite)

La bomba, tal como se embarca en la fábrica, consta de tres partes principales como sigue:

1.—Cuerpo de tazones, o sea la sección de impulsores y tazones ensamblados.

2.—Columna que incluye tubo de succión, coladera, tubos de columna, flechas, tubos de protección, coples, chumaceras y estrellas de hule.

NOTA: Hemos de advertir que el tubo de columna ya lleva el cople apretado en su posi-

ción correcta;; por lo cual, al acoplarse al tubo siguiente, será necesario apretar solamente éste hasta que tope con el espaciador.

(Ver MK-101286).

3.—Cabeza de descarga, incluyendo el codo de descarga, soporte para el propulsor, caja de estopas y equipo para lubricación.

Compruébese ante todo, que los números de serie del cuerpo de tazones y de la cabeza de descarga, coinciden.

Ensámblense los componentes de la bomba en el lugar de erección. Colóquense en el suelo todos los tramos de tubo de columna, tubo de protección y flecha, uno junto a otro, en el orden en que deban ser instalados en el pozo.

LIMPIENSE DE GRASA Y DE SUCIEDAD ACUMULADA, LA FLECHA Y TODAS LAS CUERDAS DE LA BOMBA. Ensámblense dos tramos de tubo de protección de 1.52 m.(5') atornillándolos equidistantemente a una chumacera de línea, asegurándose de que los extremos de los tubos de protección estén limpios y sin rebabas.

Hágase la junta más hermética usando laca para empaques, o algún preparado que no se endurezca, en las cuerdas de las chumaceras de línea.

Deslícese una flecha limpia dentro del tubo de protección ensamblado. Insértense las flechas y tubos de protección, a su vez, dentro del tubo de columna. Cuando el conjunto así formado esté ya listo para elevarlo, sujétense la flecha y el tubo de protección al tubo de columna de tal manera que el tubo de protección sobresalga abajo del tubo de columna alrededor de 30 cm. (1') y la flecha sobresalga la misma longitud del tubo de protección. Véase Fig. SK-122379.

Céntrese el gancho sobre el pozo dejando altura suficiente para elevar las secciones de la bomba. Colóquense polines a través de la cimentación, para que las abrazaderas descansen sobre ellos cuando cada sección descienda en el pozo. Véase Fig. SK-132784.

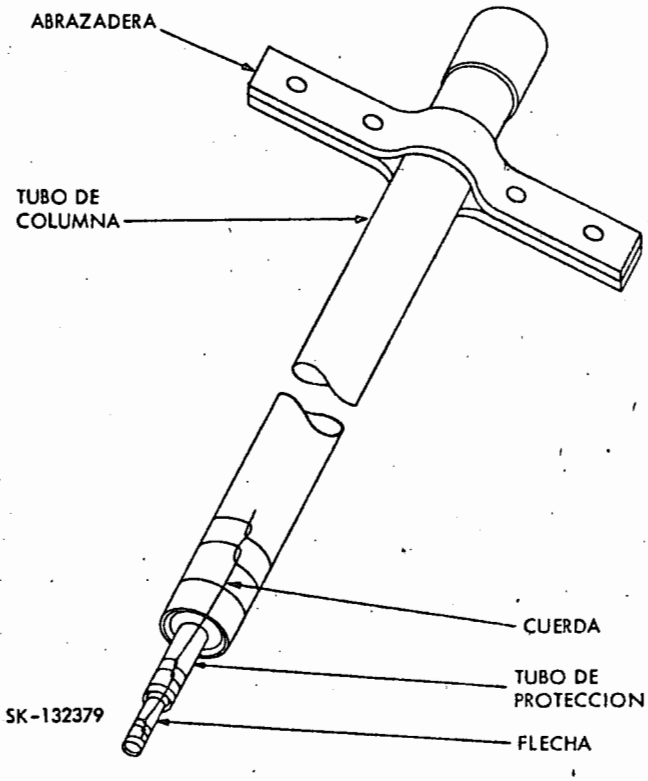
Se recomienda usar una coladera para cada bomba. Esto impide que las partículas sólidas que estén dentro del pozo sean succionadas dentro de la bomba y causen daños. Colóquese la coladera en el extremo de succión de la bomba. Si la bomba está equipada con un tubo de succión, colóquese una abrazadera como a 30 cm. (1') abajo del extremo superior. Elévese el tubo hasta su posición, teniendo cuidado de no dañar la coladera. Introdúzcanse en el pozo de manera que la abrazadera descanse en los polines puestos con este propósito.

Mídase y anótese el juego axial de la flecha del cuerpo de tazones. Esto será útil cuando se ajusten los márgenes de trabajo de la unidad.

Apriétese una abrazadera justamente abajo del cono de salida, en el cuerpo de tazones. Elévese el conjunto, aplíquese el "preparado" en las porciones roscadas y atorníllese en el tubo de succión. Quítense las abrazaderas del tubo de succión y bájese el conjunto de tazones al pozo, hasta que sus abrazaderas descansen sobre los polines.

Cuando la flecha de línea sea de un diámetro menor que la flecha de impulsores, el tubo de protección deberá ser reducido proporcionalmente. Esta reducción será hecha en el extremo superior del tramo de 1.52 m. (5') de tubo de protección, que esté conectado al cono de salida del cuerpo de tazones. En tales casos se requerirá una chumacera de reducción que tenga una rosca grande y otra más pequeña para conectar dos diámetros diferentes de tubo. (Vea Fig. MK-101359).

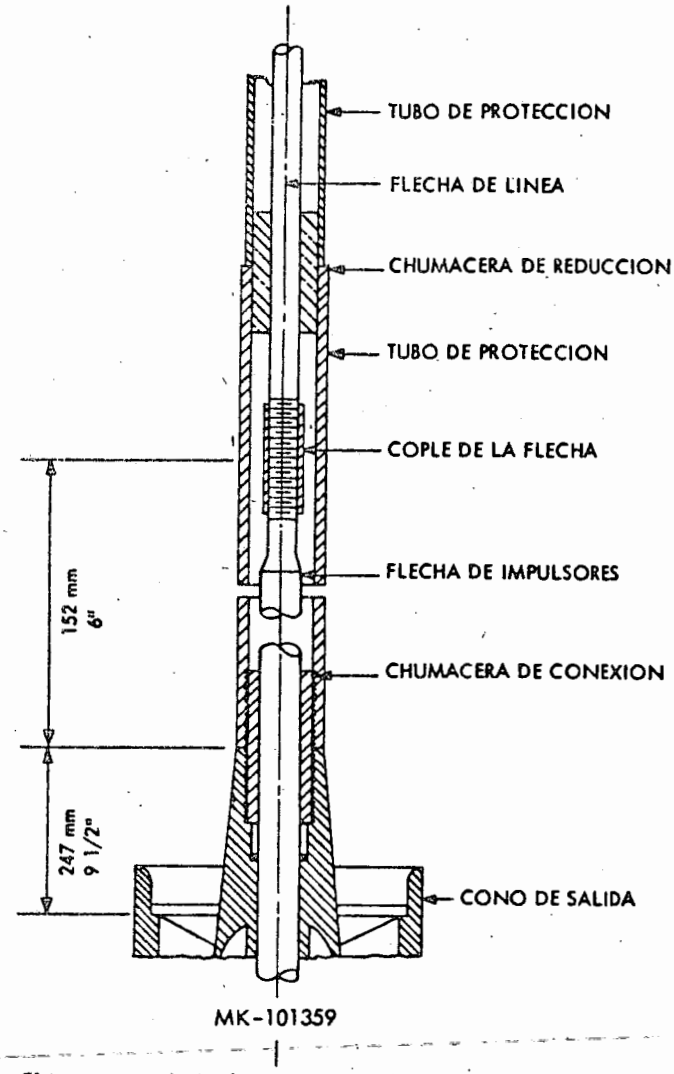
Sujétense la flecha, el tubo de protección y el tubo de columna como se ve en la Fig. SK-132379. Apriétese una abrazadera al tubo de columna, justamente debajo del cople, entonces elévese la sección ensamblada, teniendo cuidado de no rasparla en el suelo.



METODO DE SUJETAR Y DISPOSICION DE UNA SECCION DE 3 MTS. (10') DE COLUMNA LUBRICADA POR ACEITE LISTA PARA INSTALARSE.

Atorníllese la cuerda izquierda de la flecha en el cople, COMPROBANDO PREVIAMENTE QUE LAS CUERDAS ESTEN LIMPIAS. Es muy importante que las flechas queden apretadas a tope en el centro del cople.

Aplíquese laca para juntas, o cualquier otro preparado para cuerdas, que no endurezca, en la parte saliente de la chumacera de conexión colocada en el cono de salida y atorníllese la cuerda izquierda del tubo de protección hasta que éste y el cubo del cono de salida estén a tope, de manera que se tenga una junta bien apretada.



Sistema para reducir el diámetro de la flecha y el tubo de protección.

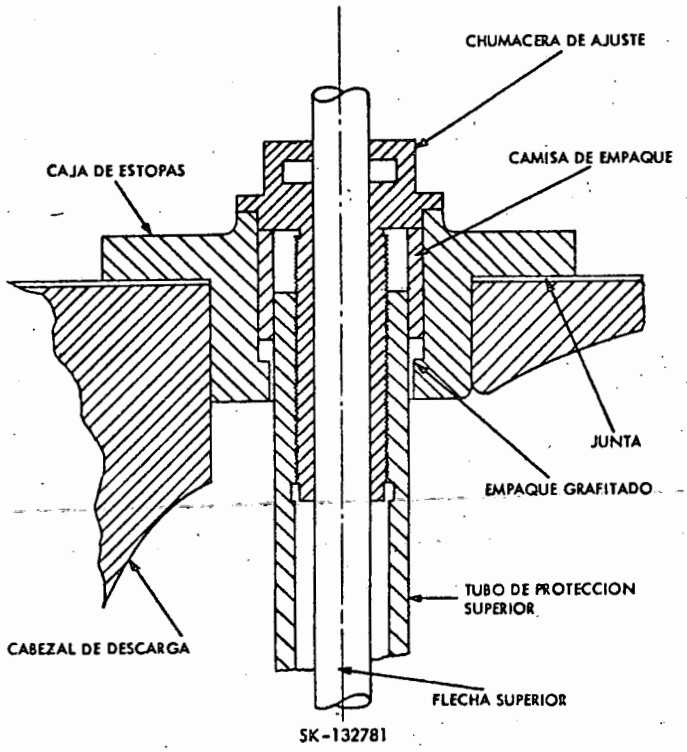
Quítense las abrazaderas del ensamble de tazones y bájese la sección completa, hasta que las abrazaderas descansen en los polines sobre la cimentación. Vea Fig. SK-132782.

Vaciése un 1/16 de litro del aceite recomendado en el tubo de protección. (Sección de Lubricación).

Póngase laca o "compuesto" para roscas en la cuerda de una chumacera de línea y atorníllese dentro del tubo de protección, atornillando también un cople en la flecha de línea.

Colóquese el espaciador de tubo de columna en un cople. Instálense todas las secciones restantes de tubo de columna, tubo de protección y flecha, de la manera descrita anteriormente. Después de que quede instalada cada sección, cotéjese con el dibujo de elevación la distancia que sobresale la flecha del tubo de protección y éste del tubo de columna. COMPRUEBESE QUE LOS EXTREMOS DEL TUBO DE COLUMNA ESTEN FIRMEMENTE A TOPE CONTRA CADA LADO DEL ESPACIADOR. (Ver dibujo MK-101286).

En cada tercer tubo de columna deberá instalarse un estabilizador para tubo de protección o estrella de hule. Sumérjase el estabilizador o estrella en un balde de agua jabonosa y deslícese sobre el tubo de protección, dentro del tubo de columna, de tal manera que quede un poco abajo de la parte superior de este último tubo. Colóquese la estrella inmediatamente después de descender en el pozo una longitud completa de columna de 9 mts. (30').



Sección de la chumacera de ajuste y Caja de Empaque.

No se use grasa o aceite para instalar esta estrella.

Una bomba de pozo profundo nunca debe ser forzoda dentro de un pozo, porque cualquier saliente puede romper un tazón fundido. Por otra

parte, cuando las bombas deban ser instaladas en pozos que tengan un claro reducido entre el tubo de columna y de ademe, las abrazaderas se harán girar suavemente al mismo tiempo que la bomba vaya descendiendo. De esta manera la bomba deslizará limando cualquier pequeña obstrucción con la que tropiece al descender.

La última sección del tubo de columna (tubo de columna superior) tiene una brida en un extremo. El tubo de protección superior es más corto que los demás y se instala con la cuerda interior más larga hacia arriba.

La última sección o sección superior de las flechas, es la flecha superior y tiene un cuñero en el extremo superior. Cuando todas las longitudes normales de columna con 3 m. de largo han sido instaladas, la flecha superior se atornilla firmemente en su cople. El tubo de columna superior se ensambla de la misma manera que la tubería de columna anterior. Colóquese la junta suminstrada con la bomba, en la brida del tubo de columna superior.

Si la cabeza de descarga viene de fábrica con la caja de estopas atornillada, quítese ésta. Colóquese entonces la cadena o cable del diferencial a la susodicha cabeza de manera que ésta descienda sobre la flecha superior, suavemente y en ángulo recto. Apriétese uniformemente la cabeza al tubo de columna superior y bájese la cabeza de descarga hasta la cimentación.

Si es una bomba para irrigación se aconseja equiparla con un tubo de descarga con objeto de que la vena líquida caiga fuera del área de la cimentación.

Antes de colocar el motor eléctrico ó el cabezal de engranes sobre la cabeza de descarga, es necesario poner la chumacera de ajuste. Para esto colóquese la caja de estopas; póngase una tira de empaque cuadrado en la caja, formando un anillo, con las juntas a tope; deslícese la camisa de empaque dentro de la flecha hasta colocarla sobre la tira de empaque; deslícese la chumacera de ajuste en la flecha y atorníllese con una llave de tal manera que el tubo de protección quede sujeto a una tensión moderada. La chumacera de ajuste deberá forzar la camisa o manguito de empaque hacia abajo y apoyarse sobre la cara de la caja de empaque para hacer una junta a prueba de presión. Véase la Fig. SK-132781.

Instálese el lubricador como se muestra en el dibujo de la cabeza de descarga. Si se requiere un lubricador automático con solenoide cotéjense las características eléctricas para comprobar que están de acuerdo con las de la fuente de energía. Conéctese cada punta a cualquiera de las terminales del motor. Llénese el lubricador con un aceite ligero como se recomienda en la Sección de Lubricación. Un aceite más pesado que el recomendado, puesto dentro de la tubería de protección, consumirá potencia excesiva y además no podrá lubricar bien las chumaceras. Déjese que algo de este aceite (el recomendado lubrique la tubería de protección.

Ver dibujo MK-101287.

Quítese el embrague del propulsor y entonces hágase que descienda sobre la flecha de la bomba hasta que descanse sobre la cabeza de descarga. Atorníllese en su lugar.

Alcese la cabeza de descarga en la cimentación hasta alinear la flecha de la bomba en el centro exacto de la flecha hueca del propulsor. (Si el propulsor no es un motor eléctrico de flecha hueca, véase el suplemento para instrucciones adicionales). NO SE DEBE TRATAR de nivelar la cabeza empleando un nivel de burbuja.

Apriétense cuidadosamente los pernos de anclaje (si se usan) de tal modo que la bomba no pierda su posición. Tanto las cuñas como los pernos deberán sostener la bomba sin esfuerzos y dejar un espacio alrededor de la base de la cabeza de descarga para que sea llenada con lechada de cemento.

Antes de colocar nuevamente el embrague del propulsor, véase que el sentido de rotación sea el indicado, que es el contrario al de las manecillas de un reloj cuando se mira hacia abajo. Estando correcto el sentido de rotación colóquese el embrague y su correspondiente cuña de la manera que se explica en el párrafo Operación: Ajuste de los Márgenes de Trabajo para la Bomba. Pág. 9.

INSTRUCCIONES PARA EL SISTEMA DE DISTRIBUCION

Para la mayoría de las aplicaciones de una bomba de pozo profundo, deberá colocarse una válvula de retención (check) y una de compuerta, en la línea de descarga, cerca de la cabeza. Para facilitar el acceso, instálese la válvula de retención (check) entre la bomba y la válvula de compuerta. La válvula de retención proteje la bomba contra presiones excesivas, y cuando la bomba se para, elimina la posibilidad de que la unidad trabaje en sentido inverso, a velocidad excesiva con el consiguiente peligro de daño.

Pónganse soportes independientes para la tubería, cerca de la bomba, con objeto de que ésta no cargue el peso de la tubería y sea fácil cualquier maniobra.

Durante la instalación de la tubería compruébese que dentro de ella no quedaron fundentes o restos del material usado para juntas.

Las bombas para irrigación que descarguen sobre la superficie del terreno, no necesitan válvulas, pero es aconsejable instalar un mecanismo de cierre automático, que puede ser una simple aleta dentro del tubo de descarga, destinada a impedir la entrada de material extraño y hasta pequeños animales.

OPERACION

Ajuste de los márgenes de trabajo para la bomba

El ajuste de los márgenes de trabajo en la bomba, depende del alargamiento de la flecha, el que a su vez depende del empuje axial hidráulico o, dicho de otra manera, de la fuerza que tiende a alargar la flecha, del diámetro, de la longitud y del material de que está hecha ésta.

El ajuste de los márgenes de trabajo, después de que el propulsor de flecha hueca ha sido colocado en posición sobre la cabeza de descarga, se hace atornillando la tuerca de ajuste a la posición recomendada como se muestra en el grabado. Si la flecha superior ajusta en el embrague exactamente (Véase SK-132791) el mecanismo se ensambla alineando los cuñeros de la flecha y del embrague, insertando la cuña y atornillando la tuerca en la flecha hasta que embone la cara superior del embrague. Se continúa apretando la tuerca contando ahora el número de vueltas que atornilla y entonces se fija en su posición con el tornillo de seguro.

Si la flecha superior es de menor diámetro que el agujero del embrague del propulsor. (Véase SK-132790) se suministra una tuerca de ajuste especial, con camisa, para que la flecha quede centrada. El ajuste del impulsor se hace de la misma manera que el ajuste anterior, excepto que deberán darse vueltas completas para permitir la inserción de la cuña. Nótese, también, que en este caso la cuña deberá ser insertada después del ajuste.

Si la longitud del juego axial de la flecha fue anotado, como se sugirió en la Sección Instalación, puede permitirse que la tuerca de ajuste eleve la flecha más de lo recomendado en el dibujo de elevación. La flecha puede ser elevada, como máximo, 3 mm. (1/8") menos que el juego axial anotado. Se recomienda operar la bomba con los impulsores en el juego máximo hasta que el pozo esté suministrando agua clara.

Después de que el pozo haya sido trabajado de esta manera, vuélvase a ajustar el juego del impulsor con el número de vueltas recomendado para la tuerca de ajuste. Este es el márgen mínimo con el cual debe operar el impulsor.

Después de que la unidad haya sido trabajada así por unos días, lo mejor será revisar el juego del impulsor, otra vez. Un nuevo ajuste puede ser necesario debido al apretón adicional de las roscas de la flecha durante el trabajo de la bomba.

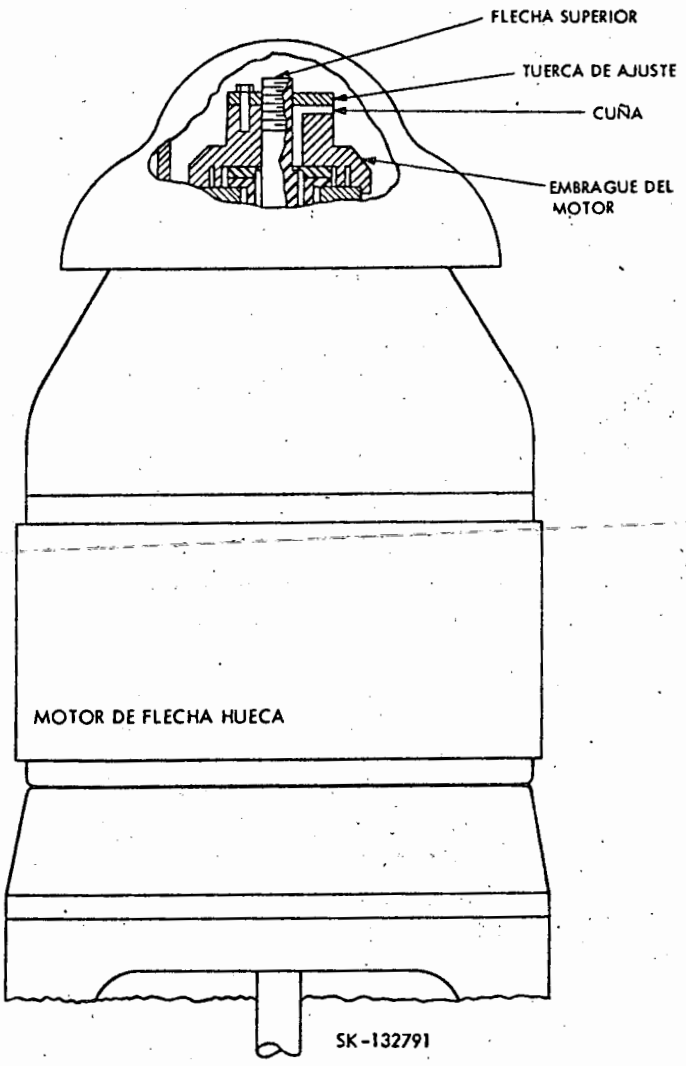
No se permita que la bomba sea operada cuando los impulsores rocen contra los tazones.

ARRANQUE Y PARADA DE LA BOMBA

Arránquese la bomba con la válvula de descarga parcialmente abierta. Abrase después la válvula lentamente, hasta que la presión o la capacidad alcance el valor deseado.

Cuando la bomba sea puesta en operación, deberá hacerlo suavemente y no ofrecer dificultad alguna. Si esto ocurre consúltese la sección Causas y Dificultades en la Operación.

Con objeto de evitar oscilaciones en el sistema y choques sobre el equipo, ciérrese lentamente la válvula de compuerta en la descarga, antes de parar el propulsor.



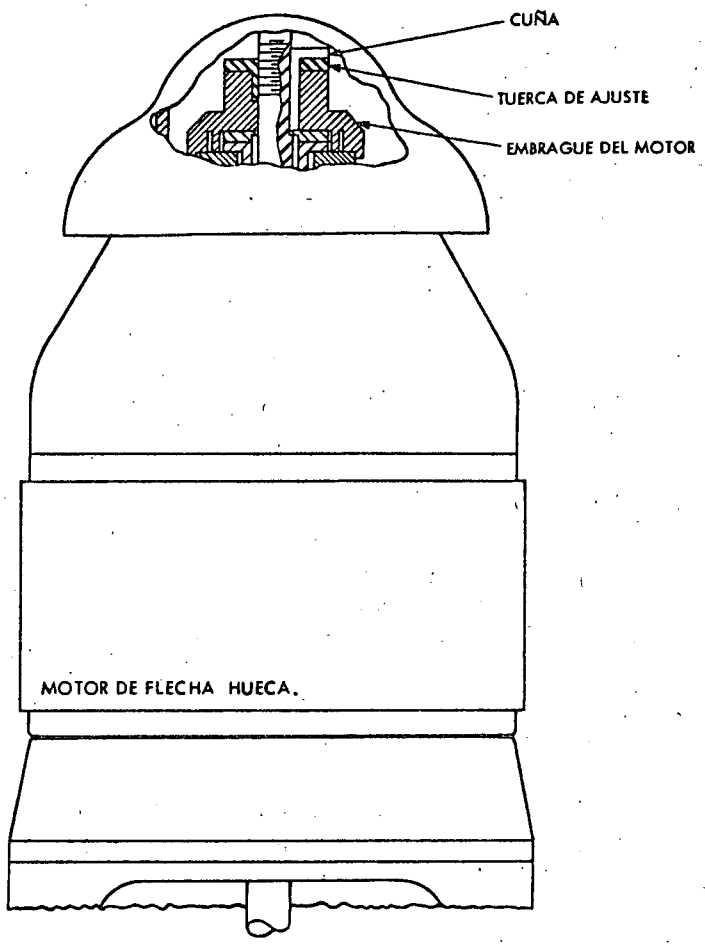
LUBRICACION

Las bombas lubricadas por agua dependen principalmente de las propiedades lubricantes del líquido bombeado, para la protección de las chumaceras de la columna y del cuerpo de tazones. La chumacera del cono de succión se empaca con una grasa insoluble. Cuando se llene de nuevo el espacio para grasa dispuesto en la cabeza de succión como complemento de una inspección de la bomba, úsese una grasa que tenga una viscosidad media a la temperatura del agua del pozo: (deberá ser aproximadamente 500 SSU a 55° Centígrados 131°F.). Se aconseja poner un antioxidante en dicha grasa. Todas las grasas de buena calidad lo tienen. Las bombas con flecha lubricada con agua deberán ser prelubricadas antes del arranque poniendo un poco de agua dentro de la columna con objeto de mojar las chumaceras de las flechas de línea. El agua de prelubricación deberá escurrir durante cinco minutos por cada 30 mts. (100') de columna a una presión de 0,350 ks./cm2 (5 lbs.) cuando menos.

Las bombas lubricadas por aceite requieren mayor atención. La conservación de los bujes de los tazones depende principalmente de las propiedades lubricantes del líquido bombeado, pero arriba de los sellos, que se ponen en el cono de salida, se vierte un líquido lubricante. Si este es aceite se debe introducir por la chumacera de ajuste, como se aprecia en el corte transversal del dibujo. Se recomienda usar un buen aceite ligero para turbina (aproximadamente 150 SSU a la temperatura del agua bombeada). El lubricador deberá ajustarse de manera que deje caer en el tubo de protección de la flecha, de 5 a 6 gotas por minuto, mientras la bomba esté en operación.

Síganse las recomendaciones que figuran en el párrafo relativo a instalación, por cuanto se refiere a la cantidad de aceite que debe verterse en el tubo de protección, al hacerse el montaje y echar a andar la bomba. Cuando las condiciones de servicio hagan aconsejable lubricar una bomba de lubricación por aceite, con agua limpia en lugar de aceite, será necesario usar chumaceras de ajuste especiales. En tales casos se verterá agua dentro del agujero roscado de que están provistas las chumaceras de ajuste. Para tener la seguridad de que el tubo de protección esté bien lleno de agua cuando la bomba se ponga a trabajar, cuídese de verter el agua lubricante algunos minutos antes de arrancar la bomba. Los mejores resultados se obtendran si se vierte un mínimo de 7.5 l.m.p. (dos galones por minuto).

En lo conducente, consúltense las instrucciones de operación correspondiente al motor, para la lubricación de éste.



SK-132790

MANTENIMIENTO
Bombas lubricadas por agua

Estas bombas se suministran provistas con una caja de estopas. No se necesita ninguna atención o ajuste especial que no sean los de rutina para cualquier caja de estopas.

En ningún caso deberá apretarse el prensaestopas con la firmeza que requeriría evitar cualquier escape de agua. Esta práctica disminuiría la duración del empaque y haría que la flecha se rayara. Lo más conveniente será aflojar el prensaestopas hasta que las tuercas se puedan apretar a mano y permitir entonces que haya escapes abundantes durante el período de arranque inicial de la bomba o después de que se cambie el empaque. A partir de ese punto se irán reduciendo las fugas gradualmente apretando las tuercas del prensaestopas con unas cuentas vueltas una y otra vez hasta que el empaque quede bien ajustado. La maniobra se proseguirá hasta que las fugas sean normales, por ejemplo de 40 a 60 gotas aproximadamente por minuto.

Cuando se coloque nuevo empaque dará los mejores resultaaos utilizar anillos moldeados. Es-

WORTHINGTON

Bombas verticales para pozos profundos

Descarga sobre el suelo

a) Diseño:

La nota destacada del diseño de la bomba vertical Worthington, es la relevante atención que se ha prestado al estudio hidrodinámico de las superficies.

Todos los pasajes de líquidos han sido diseñados hidrodinámicamente para evitar turbulencias destructivas y corrientes parásitas y para asegurar el flujo suave del fluído.

Hay otras características importantes que dan a la bomba vertical Worthington la calidad necesaria para un largo y seguro funcionamiento. La flecha es más fuerte y robusta, de diámetro extradimensionado y extra rígido. Los cojinetes son robustos con mayor superficie para soporte y menor distancia entre sí, para reducir la carga específica y consecuentemente reducir el desgaste. Estas bombas se pueden ofrecer lubricadas por agua o aceite.

b) Eficiencia del impulsor:

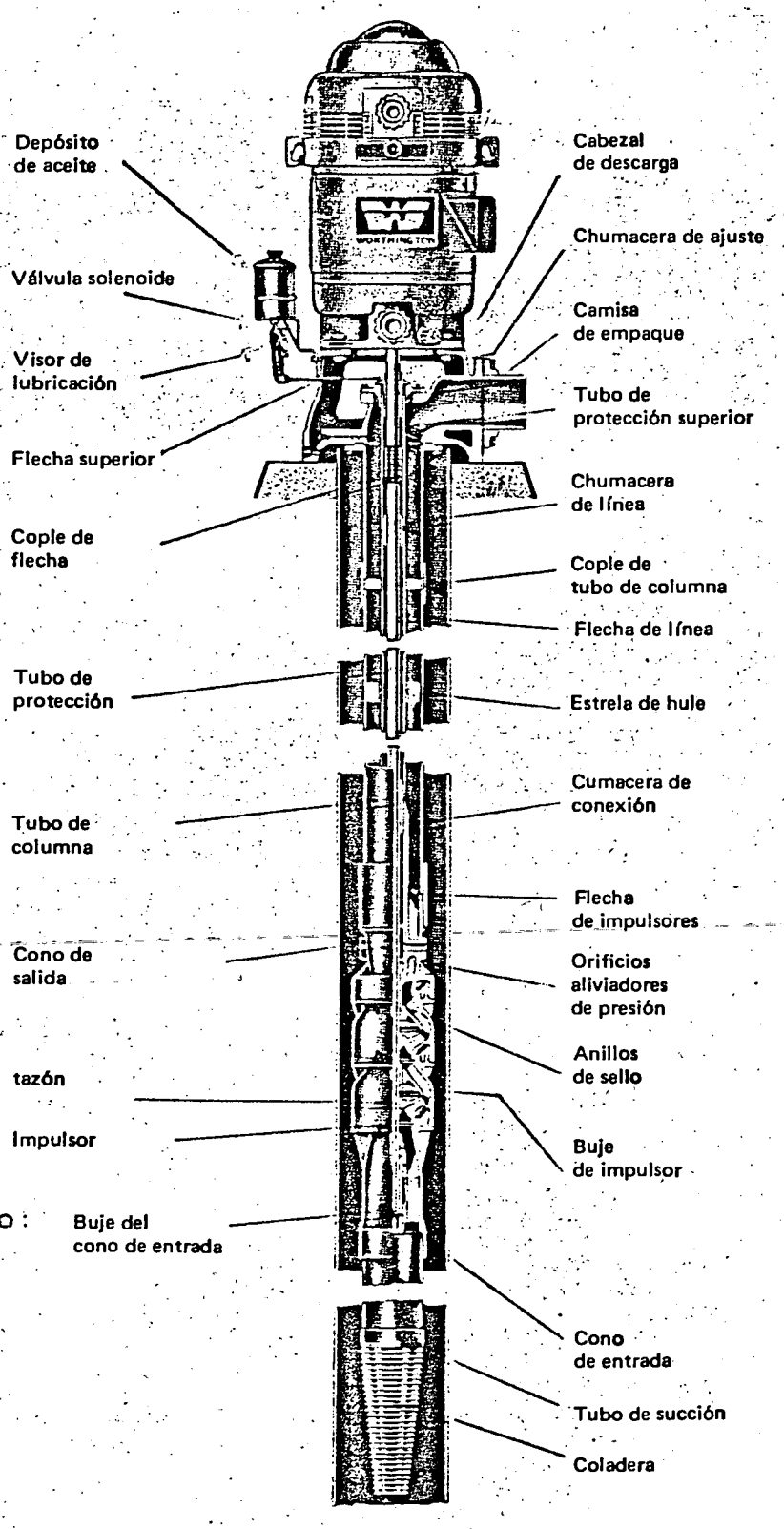
El corazón de la bomba vertical Worthington es su impulsor. Este impulsor da más alto nivel de eficiencia de bombeo a través de todo el rango de operación.

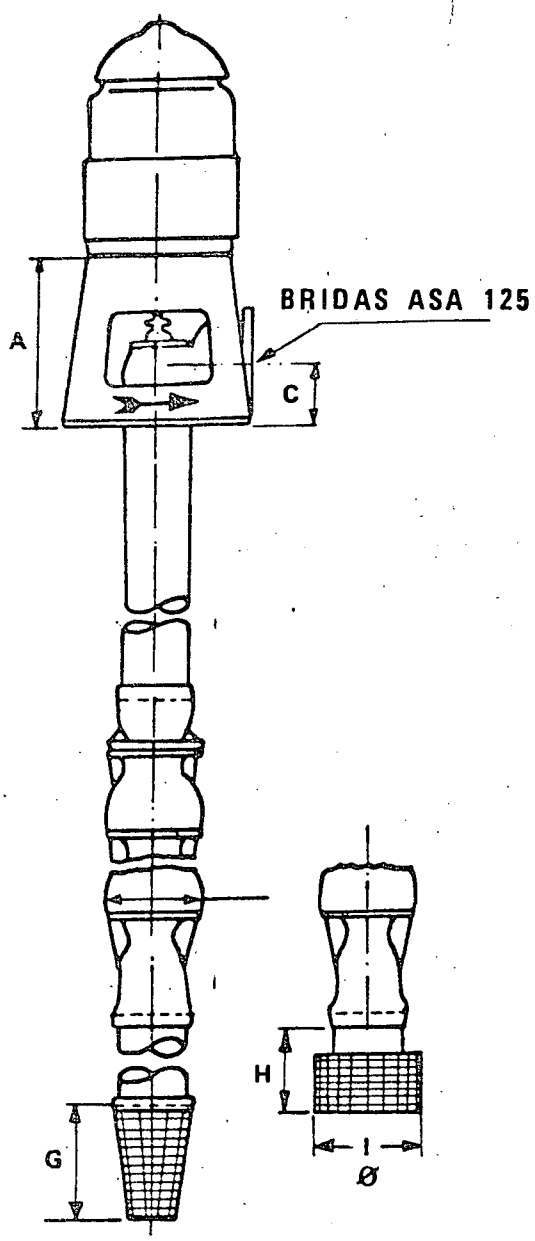
Las bombas verticales Worthington se adaptan para cambiar las condiciones operativas, ya sea modificando, agregando o quitando étapas.

Por medio de una cuidadosa selección del modelo de bomba, la forma de la curva caudal-altura puede ser adaptada a las necesidades específicas de la instalación.

c) Flexibilidad para accionamiento:

Muchos y variados sistemas de accionamiento pueden ser usados. El motor vertical es el más común; también pueden usarse motores de combustión interna, turbinas o motores horizontales, ya sea a través de una polea o de un cabezal de engranes; cuando se requiere un accionamiento dual, para reserva, se puede usar un cabezal combinado para accionamiento por motor eléctrico vertical o por motor de combustión horizontal.





DIMENSIONES DEL CABEZAL DE DESCARGA

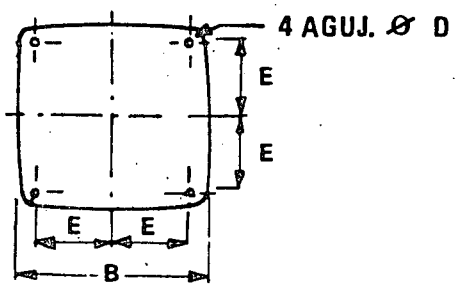
CABEZAL	Diametro de descarga	A	B	C	D	E
IM-6412	4	10 3/4	14 1/2	5	3/4	
IM-0616	6	12 1/4	20	7 1/4	3/4	8
IM-0816	8	14 1/4	20	7 1/4	3/4	8
2006	6	16 1/2	24	7 3/4	7/8	9 3/4
IM-1019	10	17 1/4	22	8 3/4	7/8	9 1/2
E-10	10	17 1/4	28	8 3/4	7/8	12 1/2
2412	12	20 1/4	30 1/4	10 3/4	7/8	11 3/4

DIMENSIONES DE LA COLADERA

TAMAÑO DE LA COLADERA	G	H	I
4	10 3/4	5 1/2	8
6	16	5 3/4	12
8	22 1/2	6 1/4	15
10	29 1/2	7 3/4	20
12	38 1/2	8 3/8	20

Todas las dimensiones en pulgadas.

CIMENTACION DEL CABEZAL DE DESCARGA



Fábrica y Ventas: Worthington de México, S.A.
Poniente 140 No. 859
México 16, D.F.
Tel: 567-5100 con 16 líneas

WORTHINGTON

10 b.

tos anillos se proporcionarán como empaque de repuesto sobre pedido. Sin embargo, cuando se quieran acondicionar este tipo de anillos de un rollo de empaque se cortarán los extremos a tope y se acomodarán con cuidado para evitar que se produzcan deformaciones en los extremos. Cada nuevo anillo se colocará tan hondo como se pueda dentro de la caja de estopas por medio del prensaestopas. Se tendrá cuidado de cuatrapear las juntas poniéndolas alternativamente a 180 grados una de otra.

PIEZAS DE REPUESTO QUE SE RECOMIENDAN

Se aconseja tener siempre a la mano las siguientes partes de repuesto:

Un juego de empaques.

Un juego completo de bujes para el cuerpo de tazones.

La mitad de las chumaceras que lleve la columna.

MANTENIMIENTO
Bombas lubricadas por Aceite

Estas bombas se suministran con la flecha protegida por tubo de protección y con lubricador. Lo único que se necesita con ellos es llenar el lubricador y comprobar que éste funcione satisfactoramente.

PIEZAS DE REPUESTO QUE SE RECOMIENDAN

Se aconseja tener siempre a la mano las siguientes partes de repuesto:

Un juego completo de anillos de sello y de separadores.

Un juego completo de bujes para el cuerpo de tazones.

La mitad de las chumaceras que lleva la columna.

PROBLEMAS DE OPERACION Y CAUSAS QUE LO MOTIVAN

La Bomba no Arranca

1.— Bajo voltaje.
2.— Circuito eléctrico incompleto. (Pruébense todas las fases).
3.— Motor defectuoso.
4.— La bomba se metió forzada en un pozo que no tiene la verticalidad requerida.
5.— Los impulsores rozan en los topes superiores o en el extremo inferior.

LA BOMBA NO SACA LIQUIDO

1.—El impulsor inferior no trabaja sumergido.
2.—Baja velocidad de la bomba (voltaje o frecuencia insuficientes).
3.—La presión de descarga es muy grande.
4.—Hay cuerpos extraños atorados en las vías de agua.
5.—Se tapó la coladera.
6.—La flecha está rota.
7.—La dirección de la rotación es incorrecta.

CAUDAL INSUFICIENTE

1.—Baja velocidad.
2.—Presión de descarga mayor que aquélla para la que la bomba fue pedida.
3.—Coladera o vías de agua parcialmente obstruídas.
4.—Defectos mecánicos como, por ejemplo anillos de desgaste destruídos, impulsores desprendidos de la flecha.
5.—Vapor o aire que entran al cono de succión.
6.—Posibles indicaciones incorrectas del manómetro.
7.—Espejo de agua inferior al estimado.

PRESION INSUFICIENTE

1.—Caudal mayor de aquél para el que la bomba fue pedida.
2.—Las mismas causas que originan la insuficiencia de caudal antes explicado, salvo la número dos.

LA BOMBA TRABAJA EN SECO DESPUES DE ARRANCAR

1.—El nivel o espejo de agua cae por debajo del cono de succión.

LA BOMBA SOBRECARGA EL MOTOR

1.—Velocidad muy alta (voltaje o frecuencia excesivos).

2.—Disminución de la carga total que hace bombear líquido en exceso.

3.—El líquido bombeado tiene una gravedad específica diferente de aquélla para la cual se pidió la bomba.

4.—Bajo voltaje o insuficiencia de capacidad en el motor.

5.—Impulsores que rozan en el extremo superior o en el extremo inferior.

LA BOMBA VIBRA

1.—Alineamiento incorrecto.
2.—Cimentación carente de rigidez.
3.—Impulsores parcialmente atascados y por ello mismo fuera de balance.
4.—Flecha doblada.
5.—Elementos de rotación atorados.
6.—Bujes desgastados.
7.—Vapor o aire que entran al cono de succión.

DESGASTE EXCESIVO

1 —Arena en el agua bombeada.
2.—Pozo sin la verticalidad requerida.
3.—Flecha doblada.
4.—Véase lo relativo al caso de que la bomba vibre.

CORROSION

Si las flechas, los tubos o las piezas de fundición son atacadas porque el agua contenga impurezas excesivas téngase presente que Worthington está preparada para suministrar partes construídas de materiales resistentes a la corrosión. Las flechas pueden ser hechas de acero inoxidable, de bronce o de metal Monel; los tubos de auténtico hierro maleable, de acero cobrizado o de bronce; y las piezas fundidas, de bronce o de otras aleaciones especiales. Worthington cuenta con un cuerpo de especialistas y con facilidades de laboratorio que le permiten probar toda clase de aguas y tendrá el mayor gusto en proporcionar recomendaciones y en presentar cotizaciones que cubran estos casos especiales. Siempre que se presenten, los Ingenieros de la Worthington recomendarán materiales que, a su juicio, sean los más adecuados para las condiciones de servicio previstas. En tales casos no se podrán ofrecer garantías expresas con respecto a la vida de las partes recomendadas porque aunque se conozca el análisis químico del agua de que se trate, la velocidad con que esa misma agua circula por la bomba, tendrá efectos en la actividad de la corrosión.

BOMBAS MODELOS 6 Q A 15 Q
INSTRUCCIONES PARA SU REPARACION

Cuando se necesite reajustar el cuerpo de tazones de una de estas bombas, se sacará del pozo haciendo a la inversa las operaciones ya descritas para la instalación.

La consulta de la sección transversal aquí dibujada indicará el procedimiento a seguir para desmantelar o para armar. Al efecto se pondrá el cuerpo de tazones en posición horizontal y a un nivel adecuado que facilite el trabajo. Será necesario marcar los tazones para que guarden la misma posición cuando se armen de nuevo. Se quitarán los tornillos que unen el cono de succión con el tazón inferior y se deslizará el cono de succión hasta el extremo de la flecha. Se empujará entonces el buje del impulsor ranurado hacia la parte superior de la bomba. Se usará al efecto el útil de montaje SK-132787 que podrá ser suministrado junto con la bomba si así se pide, o comprado en Worthington de México cuando se desee. Después de que se haya aflojado el buje, el impulsor quedará suelto y podrá ser extraído hacia el extremo de la flecha. Finalmente se insertará un desarmador en la ranura del buje del impulsor para aflojarlo y se sacará también por el extremo de la flecha.

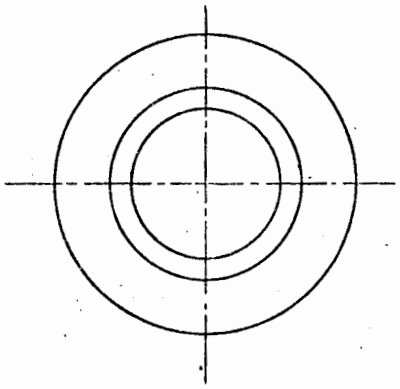
La misma operación se repetirá tantas veces como tazones e impulsores haya en cada bomba.

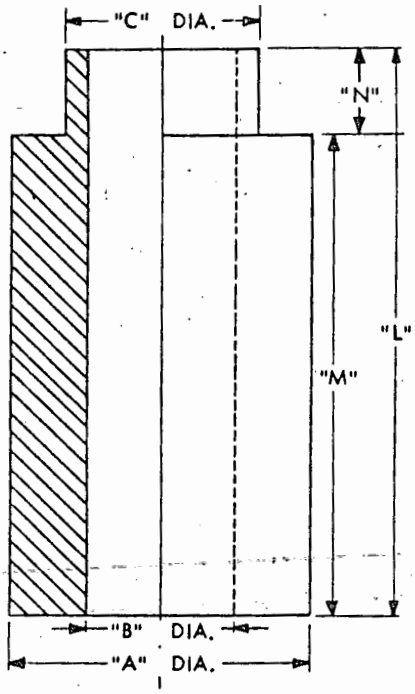
Después de que la bomba por reparar haya quedado desarmada se procederá a inspeccionar las partes y a repararlas. Si se trata de una bomba lubricada por aceite, el cono de salida se desarmará también quitando la chumacera de conexión a tiempo de desatornillar su cuerda izquierda. Para quitar el juego de anillos de sello y de espaciadores, se desatornillarán los tres tornillos que fijan las placas de retén y se extraerán los sellos a mano.

Para renovar los bujes de los tazones, cabeza de succión, caja de estopas y los anillos de desgaste (si se suministraron con la bomba), se quitarán a máquina las partes desgastadas, se meterán a presión bujes o anillos de tazón nuevos y se maquinará el diámetro interior al tamaño y alineamiento correcto. Si se desea, se puede también consultar a la fábrica con respecto a las dimensiones correctas de maquinado.

Si el cuerpo de tazones está provisto de un cono de entrada extra reforzado, éste se podrá desarmar desatornillando la cuerda izquierda del adaptador o capacete del cono de entrada y extraer los sellos "clipper" con los dedos.

MODELO DE BOMBA Y FLECHA	A	B	C	L	M	N
6 Q- 25.4 mm 6 Q- 1"	63.5 mm 2 1/2"	26.2 mm 1 1/32"	31.8 mm 1 1/4"	127 mm 5"	108 mm 4 1/4"	19 mm 3/4"
8 Q- 31.7 mm 8 Q- 1 1/4"	63.5 mm 2 1/2"	32.5 mm 1 9/32"	41.3 mm 1 5/8"	127 mm 5"	108 mm 4 1/4"	19 mm 3/4"
10 Q- 38.1 mm 10 Q- 1 1/2"	76.2 mm 3"	38.9 mm 1 17/32"	46 mm 1 13/16"	140 mm 5 1/2"	114 mm 4 1/2"	25.4 mm 1"
12 Q- 44.5 mm 12 Q- 1 3/4"	76.2 mm 3"	45.2 mm 1 25/32"	55.6 mm 2 3/16"	152 ... 6"	127 mm 5"	25.4 mm 1"
14-15 Q- 50.8 mm 14-15 Q- 2"	88.9 mm 3 1/2"	51.6 mm 2 1/32"	55.6 mm 2 3/18"	203 mm 8"	178 mm 7"	25.4 mm 1"



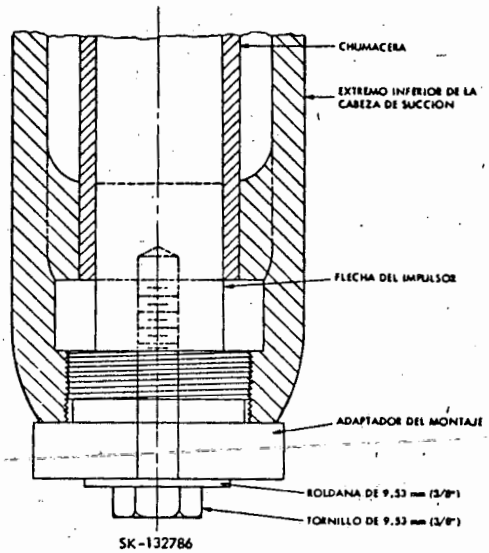


SK-132787

BOTADOR DEL BUJE DEL IMPULSOR

Antes de colocar nuevamente los sellos "clipper" o anillos de sello, se estudiará la sección transversal para comprobar que la secuencia y dirección son los correctos.

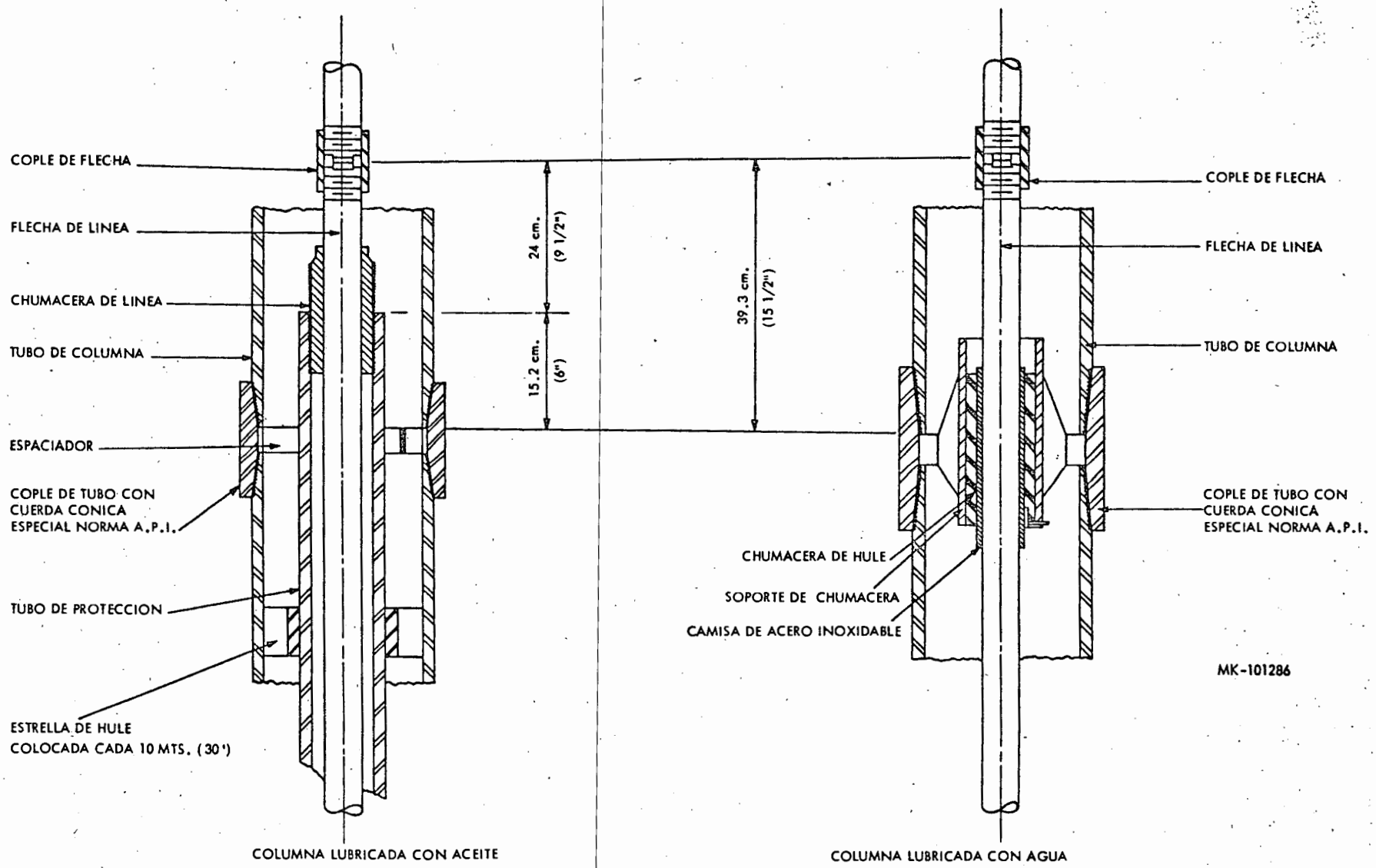
Al ensamblar de nuevo se atornillará en la parte inferior del alojamiento del buje del cono de entrada, el tapón adaptador (SK-132786) que será suministrado con la bomba si así se ordena o que podrá también comprarse en Worthington de México o con sus distribuidores autorizados cuando así se quiera. Habrá que acomodar el extremo inferior de la flecha hasta que tope con el adaptador y sujetarlo en su lugar con un tornillo de 9.5 mm. (3/8") a través del agujero del tapón. A continuación se hará deslizar el capacete del buje del cono de entrada y se reajustará en caso dado el prisionero. Con posterioridad se deslizará en la flecha un impulsor y se fijará tal como se muestra en el corte seccional. Entonces se encajará un desarmador en la ranura del buje de impulsor y se deslizará hasta el extremo de la flecha. Acto seguido se quitará el desarmador y se colocará el buje dentro del cubo del impulsor con ayuda de la herramienta de montaje SK-132787 con objeto de apretar el impulsor en la flecha. Finalmente se deslizará el tazón sobre la flecha, comprobando que las superficies apareadas estén limpias de grasa o de polvo. Más aún, las superficies de contacto se pintarán con un buen compuesto anticorrosivo. Para terminar se alinearán las nervaduras exteriores del tazón y se atornillará éste al cono de entrada apretando uniformemente todos los tornillos hasta que la unión quede bien firme.



Adaptador de Montaje para bombas modelo "Q".

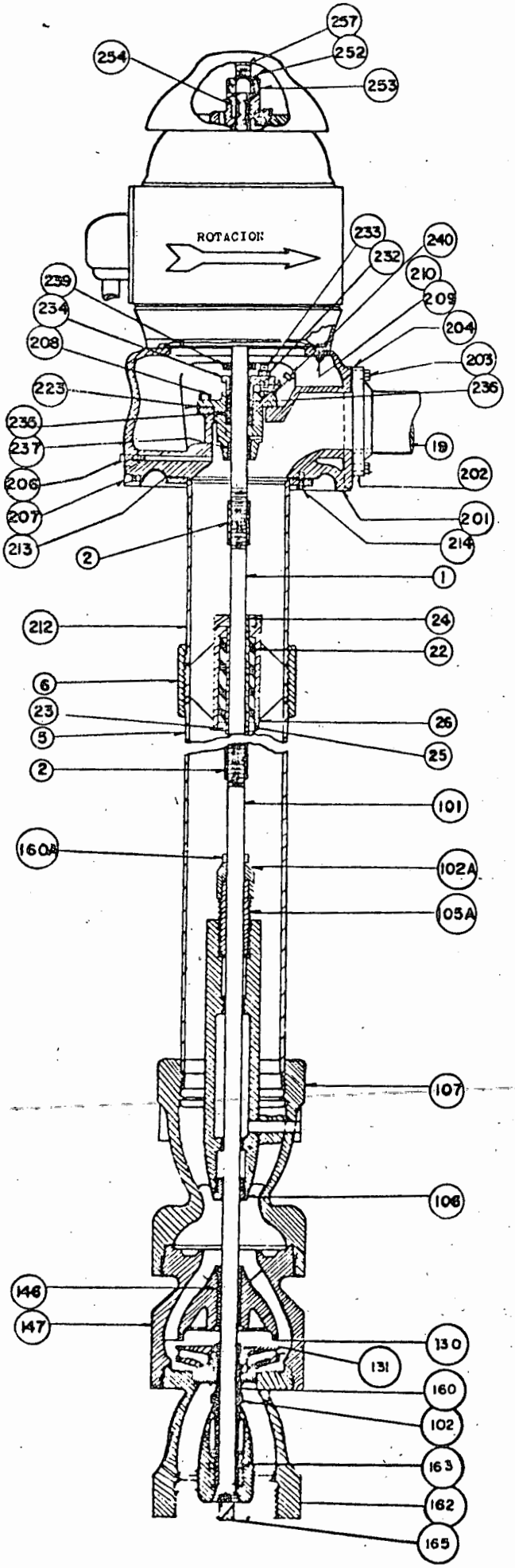
La operación anterior se repetirá hasta que todos los tazones e impulsores estén nuevamente en su sitio. Se quitará entonces el adaptador o tapón de montaje, se lubricará el buje del cono de entrada con una buena grasa insoluble que se pondrá a través de la grasera que se adaptará temporalmente a la entrada para el tubo que está roscado en la parte inferior del cono de entrada.

Acto seguido se pondrán el tapón que se suministra con la bomba. La bomba quedará así lista para ser montada en el pozo como ya se explicó en el capítulo de instalación.



* Cuando use chumaceras de reducción agregue 6.35 mm (1/4") a la dimensión anotada.

CABEZALES DE DESCARGA MODELO 1204



REF.	C A B E Z A L.
201	CABEZAL DE DESCARGA.
202	BRIDA DE DESCARGA.
203	TORNILLOS BRIDA DE DESCARGA.
204	JUNTA BRIDA DE DESCARGA.
206	TAPON (CONEXION PARA LUBRICACION CON AGUA).
207	TAPON (CONEXION DEL RESPIRADERO).
208	TORNILLOS CAJA DE EMPAQUES.
209	TUERCAS BASE DEL MOTOR.
210	TORNILLOS BASE DEL MOTOR.
212	TUBO DE COLUMNA SUPERIOR.
213	JUNTA (TUBO DE COLUMNA SUPERIOR).
214	TORNILLOS (TUBO DE COLUMNA SUPERIOR).
223	JUNTA DE CAJA DE EMPAQUES.
232	TUERCAS DE TORNILLOS DE PRENSA ESTOPAS.
233	ESPARRAGOS DE PRENSA ESTOPAS.
234	PRENSA ESTOPAS.
235	JAULA DE SELLO.
236	JUEGO DE EMPAQUES.
237	BUJE DE CAJA DE EMPAQUES.
239	ANILLO DESVIADOR.
240	GRACERA DE COPA.
252	TORNILLO DE SEGURO.
253	TUERCA DE AJUSTE.
254	CUÑA DE FLECHA SUPERIOR.
257	FLECHA SUPERIOR.
19	TUBO DE DESCARGA.

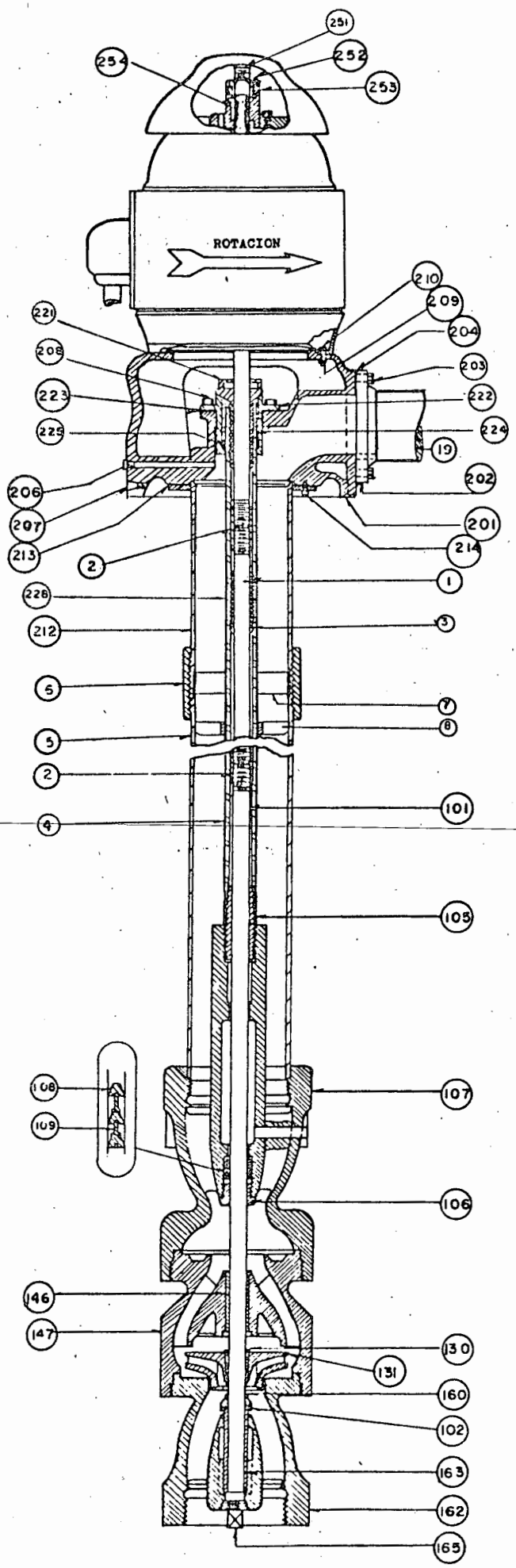
	COLUMNA.
1	FLECHA DE LINEA.
24	CAMISA DE FLECHA.
2	COPLE DE FLECHA.
26	SOPORTE DE CHUMACERA.
22	CHUMACERA DE LINEA.
23	RETEN DE CHUMACERA.
25	REMACHES DE CHUMACERA.
5	TUBO DE COLUMNA.
6	COPLE DEL TUBO DE COLUMNA.

	CUERPO DE TAZONES.
160A	RETEN DEL CAPACETE.
162	CONO DE ENTRADA.
163	BUJE DEL CONO DE ENTRADA.
102	CAPACETE CONO DE ENTRADA.
165	TAPON DE TUBO.
160	ANILLO "O"
107	CONO DE SALIDA.
106	BUJE RETEN.
105A	CHUMACERA DE CONEXION.
102A	CAPACETE CONO DE SALIDA.
131	IMPULSOR
130	BUJE DE IMPULSOR.
101	FLECHA DE IMPULSOR.
147	TAZON.
146	BUJE DE TAZON.

LISTA DE PARTES PARA LA BOMBA VERTICAL
TIPO TURBINA MODELO
5 5/8 QD. LUBRICADA POR AGUA.

MX-202184

CABEZALES DE DESCARGA MODELO 1204.



REF.	C A B E Z A L.
252	TORNILLO DE SEGURO.
201	CABEZAL DE DESCARGA.
202	BRIDA DE DESCARGA.
203	TORNILLOS BRIDAS DE DESCARGA.
204	JUNTA BRIDA DE DESCARGA.
206	TAPON (CONEXION PARA LUBRICACION CON AGUA).
207	TAPON (CONEXION PARA EL RESPIRADERO).
208	TORNILLOS (CAJA DE EMPAQUES).
209	TUERCAS TORNILLOS BASE MOTOR.
210	TORNILLOS BASE MOTOR.
212	TUBO DE COLUMNA SUPERIOR.
213	JUNTA (TUBO DE COLUMNA SUPERIOR).
214	TORNILLOS (TUBO DE COLUMNA SUPERIOR).
223	JUNTA DE CAJA DE EMPAQUES.
222	CAJA DE EMPAQUES (CON # 224).
221	CHUMACERA DE AJUSTE.
224	CAMISA DE EMPAQUE.
225	EMPAQUE GRAFITADO.
228	TUBO DE PROTECCION SUPERIOR.
251	FLECHA SUPERIOR.
254	CUÑA DE FLECHA SUPERIOR.
19	TUBO DE DESCARGA.
253	TUERCA DE AJUSTE.

	COLUMNA.
1	FLECHA DE LINEA.
3	CHUMACERA DE LINEA.
2	COPLE DE FLECHA.
4	TUBO DE PROTECCION.
6	COPLE DE TUBO DE COLUMNA.
7	ESPACIADOR.
8	ESTRELLA.
5	TUBO DE COLUMNA.

	CUERPO DE TAZONES.
109	SEPARADOR DE SELLO.
162	CONO DE ENTRADA.
163	BUJE DEL CONO DE ENTRADA.
102	CAPACETE CONO DE ENTRADA.
165	TAPON DE TUBO.
160	ANILLO "O" ELASTICO.
107	CONO DE SALIDA.
105	CHUMACERA DE CONEXION.
131	IMPULSOR.
130	BUJE DE IMPULSOR.
101	FLECHA DE IMPULSOR.
147	TAZON.
146	BUJE DE TAZON.
108	ANILLOS DE SELLO "U"
106	BUJE RETEN.

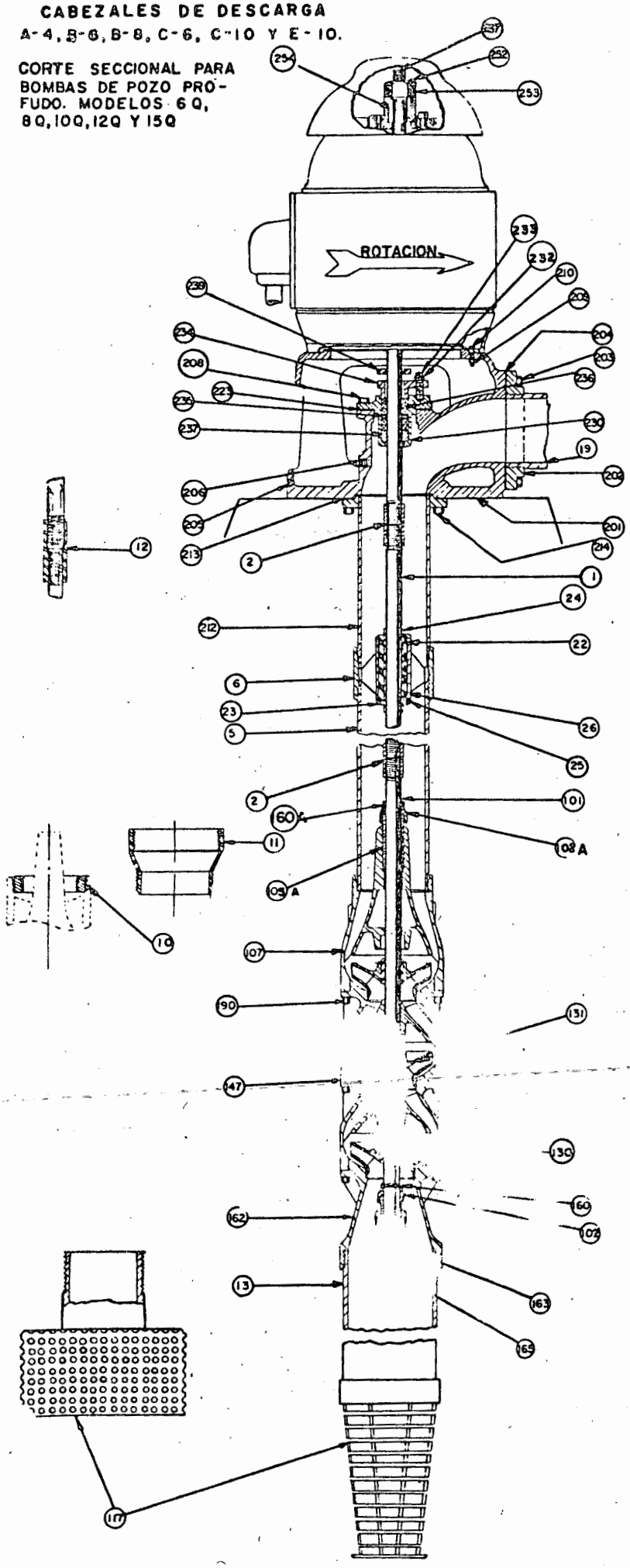
LISTA DE PARTES PARA BOMBA VERTICAL
TIPO TURBINA MODELO
5 5/8 QD. LUBRICADA POR ACEITE.

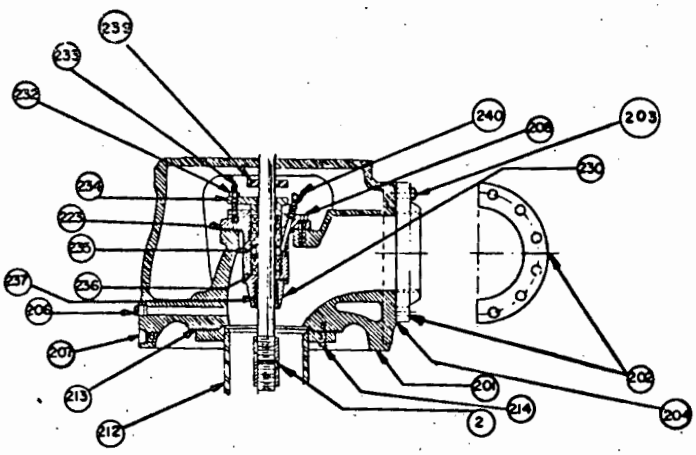
MX-202195

CABEZALES DE DESCARGA

A-4, B-6, B-8, C-6, C-10 Y E-10.

CORTE SECCIONAL PARA BOMBAS DE POZO PROFUDO. MODELOS 6Q, 8Q, 10Q, 12Q Y 15Q





CABEZALES DE DESCARGA

1204, 1606, 2006 Y 2412.

CABEZAL

201	Cabezal de Descarga.
202	Brida de Descarga.
203	Tornillos brida de descarga.
204	Junta brida de descarga.
205	Tapón (conexión drenaje).
206	Tapón (conexión para lubricación con agua).
207	Tapón (conexión del respiradero).
208	Tornillos (caja de empaque).
209	Tuercas base del motor.
210	Tornillos base motor.
212	Tubo de columna superior.
213	Junta (tubo de columna superior).
214	Tornillos (tubo de columna superior).
223	Junta de caja de empaques.
230	Caja de empaques. (con # 237).
232	Tuercas de tornillos de prensa estopas.
233	Esparragos de prensa estopas.
234	Prensa estopas.
235	Jaula de sello.
236	Juego de empaques.
237	Buje de caja de empaques.
239	Anillo desviador.
240	Grocera de copa.
252	Tornillo de seguro.
253	Tuerca de ajuste.
254	Cuña de flecha superior.
257	Flecha superior.
19	Tubo de descarga.

COLUMNA.

12	Cople de reducción o ampliación.
1	Flecha de linea.
24	Camisa de flecha.
2	Cople de flecha.
26	Soporte de chumacera.
22	Chumacera de linea.
23	Reten de chumacera.
25	Remaches de la chumacera.
5	Tubo de columna.
13	Tubo de succión.
117	Coladera.
6	Cople del tubo de la columna.
11	Campana de ampliación.
10	Anillo de reducción.

CUERPO DE TAZONES.

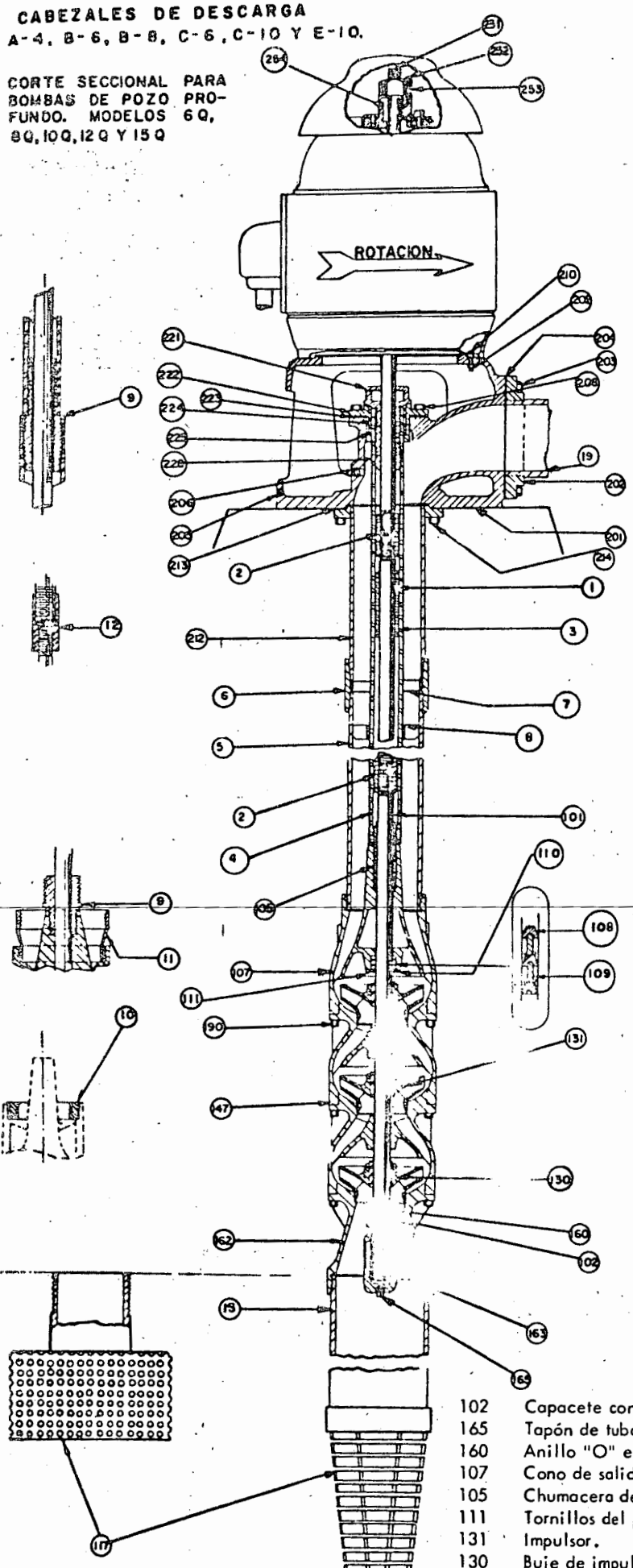
160A	Reten del capacete.
162	Cono de entrada.
163	Buje del cono de entrada.
102	Capacete cono de entrada.
165	Tapón de tubo.
160	Anillo "O".
107	Cono de salida.
105A	Chumacera de conexión.
102A	Capacete cono de salida.
131	Impulsor.
130	Buje de impulsor.
101	Flecha de impulsores.
147	Tazón.
190	Tornillos para tazón.

LISTA DE PARTES DE BOMBAS VERTICALES
TIPO TURBINA LINEA "Q".
LUBRICACION POR AGUA.

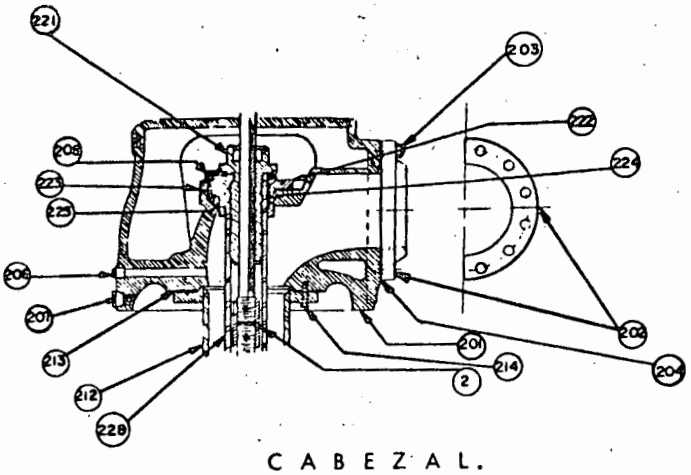
MX-202037

CABEZALES DE DESCARGA
A-4, B-6, B-8, C-6, C-10 Y E-10.

CORTE SECCIONAL PARA BOMBAS DE POZO PROFUNDO. MODELOS 6Q, 8Q, 10Q, 12Q Y 15Q



CABEZALES DE DESCARGA
1204, 1606, 2006, Y 2412.



C A B E Z A L.

201	Cabezal de Descarga.
202	Brida de Descarga.
203	Tornillos brida de descarga.
204	Junta brida de descarga.
205	Tapón (conexión drenaje).
206	Tapón (conexión para lubricación con agua).
207	Tapón (conexión del respiradero).
208	Tornillos (caja de empaque).
209	Tuercas tornillos base motor.
210	Tornillos base motor.
212	Tubo de columna superior.
213	Junta (tubo de columna superior).
214	Tornillos (tubo de columna superior).
223	Junta de caja de empaque.
222	Caja de empaques (con # 224).
221	Chumacera de ajuste.
224	Camisa de empaque.
225	Empaque grafitado.
228	Tubo de protección superior.
252	Tornillo de seguro.
253	Tuerca de ajuste.
254	Cuña de flecha superior.
251	Flecha superior.
19	Tubo de descarga.

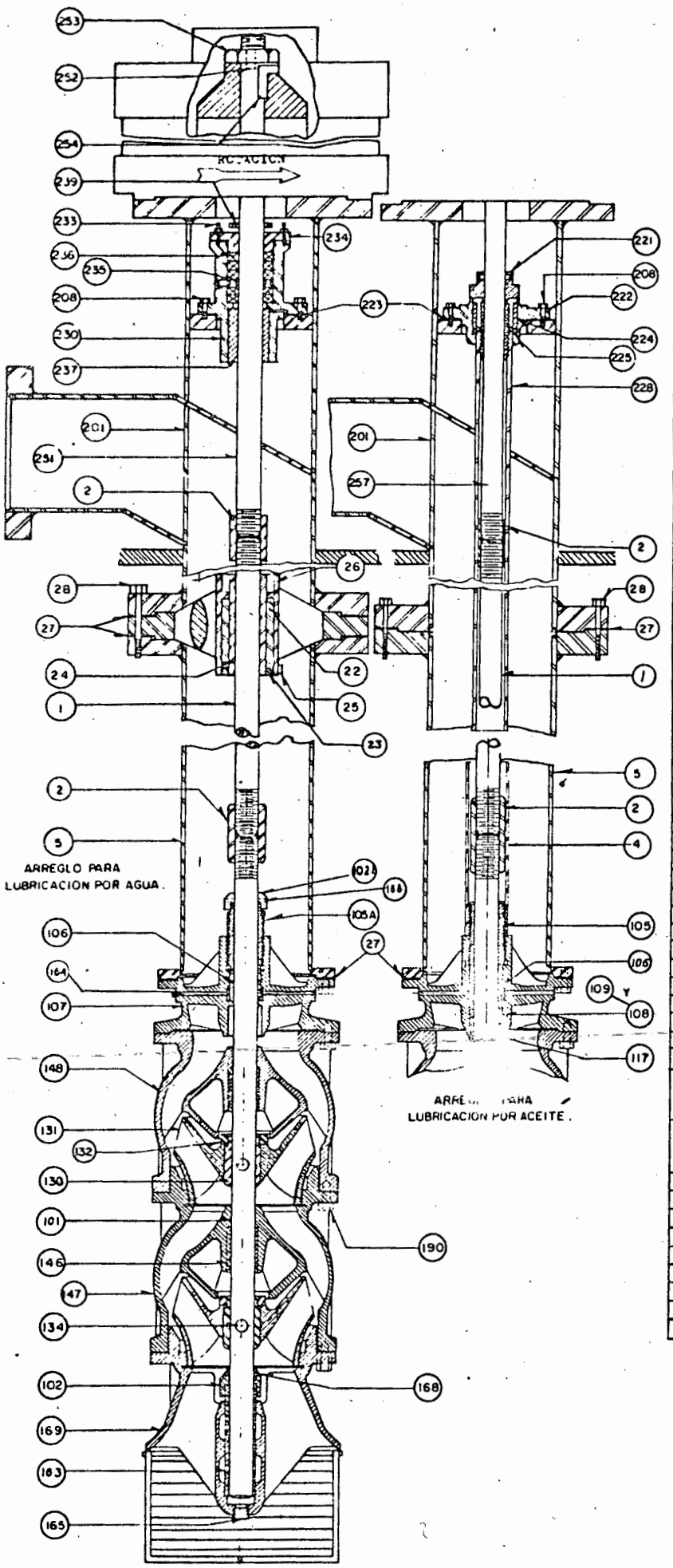
C O L U M N A.

9	Chumacera de reducción o ampliación.
1	Flecha de linea.
3	Chumacera de linea.
2	Cople de flecha.
4	Tubo de protección.
6	Cople de tubo de columna.
7	Espaciador.
8	Estrellas.
5	Tubo de columna.
13	Tubo de succión .
117	Coladera.
10	Anillo de reducción.
11	Campana de ampliación.
12	Cople de reducción o ampliación.

CUERPO DE TAZONES.

102	Capacete cono de entrada.
165	Tapón de tubo.
160	Anillo "O" elástico.
107	Cono de salida.
105	Chumacera de canexión.
111	Tornillos del plato reten.
131	Impulsor.
130	Buje de impulsor.
101	Flecha de impulsor.
147	Tazón
190	Tornillos para tazón.
108	Anillos de sello.
109	Anillo separador de sello.
110	Plato reten.
162	Cono de entrada.
163	Buje del cono de entrada.

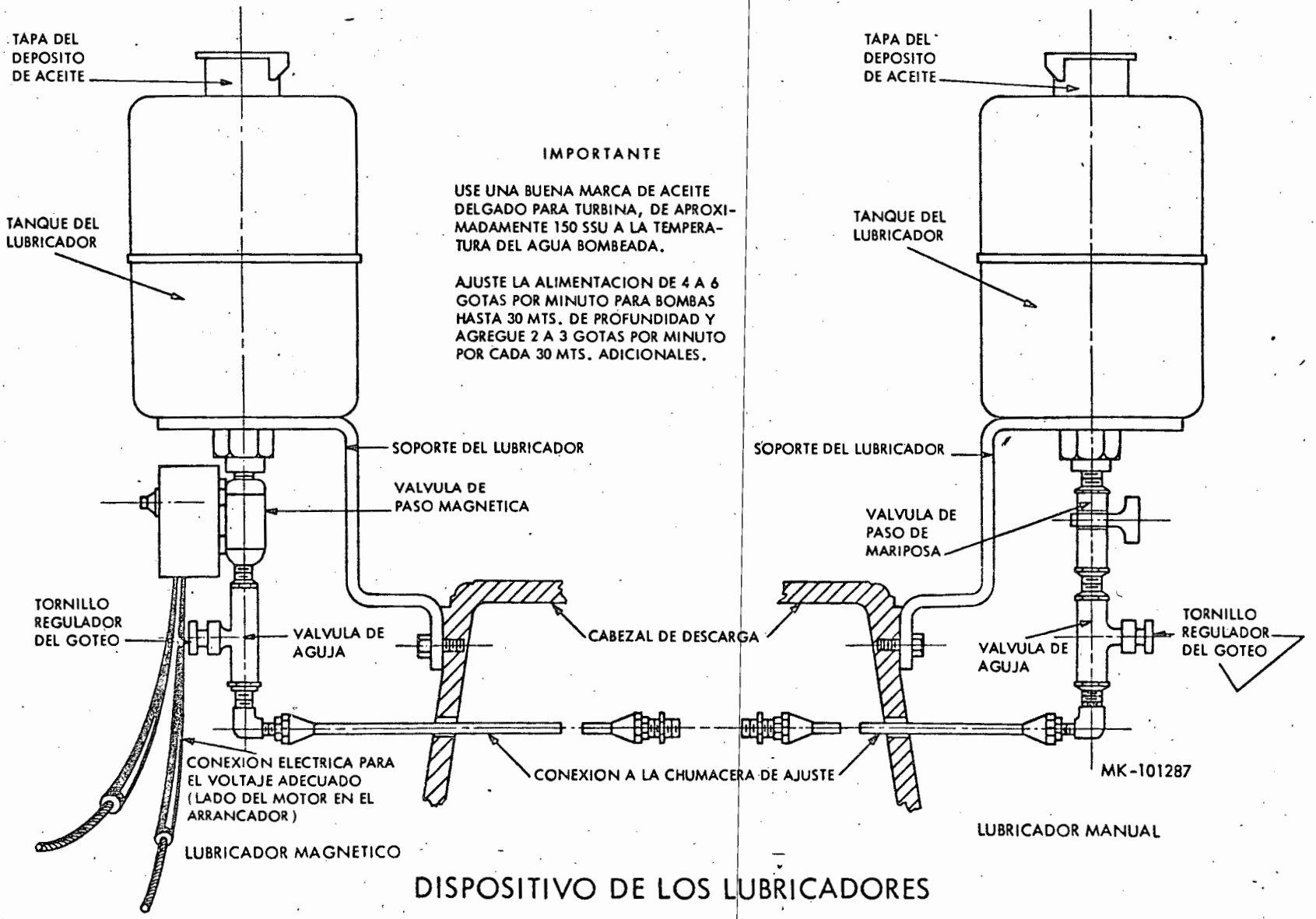
LISTA DE PARTES DE BOMBAS VERTICALES
TIPO TURBINA LINEA "Q".
LUBRICACION POR ACEITE.
MX-202039



REF.	CUERPO DE TAZONES	LUBRICACION AGUA	LUBRICACION ACEITE
2	COPLE DE FLECHA	x	x
102	CAPACETE CONO DE ENTRADA	x	x
105	CHUMACERA DE CONEXION		x
105A	CHUMACERA DE CONEXION	x	
106	BUJE DEL CONO DE SALIDA	x	x
107	CONO DE SALIDA	x	x
108	ANILLO DE SELLO "U"		x
109	SEPARADOR DE SELLO		x
101	FLECHA DE IMPULSORES	x	x
117	RETEN DE SELLO		x
131	IMPULSOR	x	x
132	TUERCA DEL BUJE DE IMPULSOR	x	x
130	BUJE DEL IMPULSOR	x	x
134	PERNO DEL BUJE DEL IMPULSOR	x	x
146	BUJE DE TAZON SUPERIOR E INTERMEDIO	x	x
147	TAZON INTERMEDIO (CON No. 146)	x	x
148	TAZON SUPERIOR (CON No. 146)	x	x
165	TAPON PARA TUBO	x	x
168	PRISIONERO DEL CAPACETE	x	x
169	CAMPANA DE SUCCION	x	x
163	BUJE DE LA CAMPANA DE SUCCION	x	x
190	TORNILLOS DE LOS TAZONES	x	x
102A	CAPACETE CONO DE SALIDA	x	
164	TAPON PARA TUBO	x	
	CABEZAL DE DESCARGA		
2	COPLE DE FLECHA	x	x
201	CABEZAL DE DESCARGA	x	x
208	TORNILLOS CAJA DE EMPAQUES	x	x
221	CHUMACERA DE AJUSTE		x
222	CAJA DE EMPAQUES		x
223	JUNTA DE LA CAJA DE EMPAQUES	x	x
224	CAMISA DE EMPAQUES		x
225	EMPAQUE		x
228	TUBO DE PROTECCION SUPERIOR		x
230	CAJA DE EMPAQUES	x	
233	ESPARRAGOS DEL PRENSA ESTOPAS	x	
234	PRENSA ESTOPAS	x	
235	JAULA DE SELLO	x	
236	JUEGO DE EMPAQUES	x	
237	BUJE DE LA CAJA DE EMPAQUES	x	
239	ANILLO DESVIADOR	x	
251	FLECHA SUPERIOR	x	
252	TORNILLO DE SEGURO	x	x
253	TUERCA DE AJUSTE	x	x
254	CUNA DE LA FLECHA SUPERIOR	x	x
257	FLECHA SUPERIOR		x

REF.	COLUMNA	AGUA	ACEITE
1	FLECHA DE LINEA	x	x
5	TUBO DE COLUMNA	x	x
22	CHUMACERA DE LINEA	x	
23	RETEN DE CHUMACERA	x	
24	CAMISA DE FLECHA	x	
25	REMACHE DE LA CHUMACERA	x	
26	SOPORTE DE LA CHUMACERA	x	
27	JUNTA TUBO DE COLUMNA	x	x
28	TORNILLOS TUBO DE COLUMNA	x	x
4	TUBO DE PROTECCION		x

LISTA DE PARTES BOMBAS
22 QH Y 22 QJ
MX-202183



IMPORTANTE

USE UNA BUENA MARCA DE ACEITE DELGADO PARA TURBINA, DE APROXIMADAMENTE 150 SSU A LA TEMPERATURA DEL AGUA BOMBEADA.

AJUSTE LA ALIMENTACION DE 4 A 6 GOTAS POR MINUTO PARA BOMBAS HASTA 30 MTS. DE PROFUNDIDAD Y AGREGUE 2 A 3 GOTAS POR MINUTO POR CADA 30 MTS. ADICIONALES.

DISPOSITIVO DE LOS LUBRICADORES

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS

TEMA 3

QUIMICA DEL AGUA

Ing. Francisco Montejano Uranga

enero 1979

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE

PLANTAS POTABILIZADORAS

T E M A 3

Revisión de los principios de química y microbiología aplicados al tratamiento del agua.

QUIMICA

3.1 Toma de muestras

2 litros para análisis físico-químicos
El tiempo transcurrido entre la toma y el análisis no debe ser mayor de

72 horas para aguas no poluidas.
48 horas para aguas ligeramente poluidas.
12 horas para aguas poluidas.

Ese tiempo debe registrarse en el informe de laboratorio.

Al tomar la muestra hay que hacer las determinaciones de pH, temperatura y gases disueltos.

La muestra debe ser representativa de las condiciones existentes, y su manejo no debe contaminarla. El envase debe estar limpio; hay que enjuagarlo 2 ó 3 veces con el agua objeto de muestreo.

Para que sea representativa, debe ser una muestra "compuesta" de porciones formadas a diferentes tiempos en que se considere que hay variaciones en la calidad, ó de diferentes puntos de muestreo.

En caso de toma de muestra "compuesta" deberán seguirse las instrucciones del laboratorista.

El envase debe rotularse con número, fecha, lugar, nombre del que la toma, con información sobre alguna particularidad de esa muestra.

Para las muestras de sistema de distribución, antes de tomarla, hay que dejar escurrir el agua por algunos minutos.

Las de pozos se tomarán después de extraer agua con la bomba durante un tiempo suficiente que asegure que el agua representa la calidad del acuífero.

De una corriente, y si se toma una sola muestra debe ser del punto medio y a media profundidad.

3.2 Turbiedad

Es la expresión de la propiedad óptica de una muestra, que hace que la luz se disperse y sea absorbida cuando pasa a través de la muestra.

Los medios para estimarla, son de dos tipos, cuyos resultados no son siempre comparables:

Turbidímetros
Nefelómetros

Los más sencillos son los turbidímetros; el que se usa como base para calibrar otros aparatos es el turbidímetro Jackson; consiste esencialmente en un tubo de vidrio; ya marcado con diversas turbiedades, que se monta verticalmente en un soporte; se coloca una vela especial debajo del tubo; se pone en el tubo una pequeña porción de la muestra; se enciende la vela; con una pipeta se agrega la muestra en porciones sucesivas hasta que la forma de la flama se pierda (cuando se ve desde la parte superior del tubo); se lee la turbiedad directamente en la graduación del tubo.

La Lectura se anota en unidades Jackson de turbiedad.

El tubo Jackson se usa para determinar la turbiedad de suspensiones de alta turbiedad: 25 a 1,000 unidades.

Para otras turbiedades, se verá el procedimiento en las prácticas de laboratorio.

Las Normas Internacionales de Potabilidad establecen un máximo de 5 unidades Jackson.

Las Normas de E. U. A. establecen cero.

El hecho es que por lo común, 10 unidades son apenas perceptibles, - cuando el volumen es de 1/4 de litro.

3.3 Color

Importancia sanitaria.

El ser humano rechaza el agua con color. Un agua que presenta color puede ser inocua a la salud, pero es rechazada; en cambio un agua con metal tóxico en solución, y sin color, (cristalina) es aceptada.

El problema de la eliminación del color mediante tratamiento, es uno de los problemas más difíciles. Por todo ello, la determinación del color es una de las tareas más importantes.

Unidad : 1 mg/l de Pt, en forma de cloroplatinato de potasio cobaltoso.

En general, las aguas naturales presentan colores "verdaderos" de color amarillento, que varía poco en tonalidad. Por ello, en el laboratorio lo que se mide es más bien la INTENSIDAD del color, en lugar del tono.

Por tanto, se distinguen dos clases de color :

Color verdadero
Color aparente

Puede definirse el color verdadero, como aquel que no es removible por centrifugación.

A ello se debe que una muestra que se sospecha tiene color aparente, se somete primero a centrifugación, antes de determinar su color mediante comparación con tubos Nessler de soluciones de color conocido, o con - aparatos calibrados previamente con patrones de solución de $K_2 \; P_t \; Cl_6$

La Normas Internacionales establecen una concentración aceptable de potabilidad, de 5 unidades.

De hecho, para el común de las gentes, 10 unidades son apenas perceptibles en un volumen de un vaso de agua común.

3.4 Olor

Como en el caso del color, lo que se estima es la intensidad y no la clase de olor.

El olor se estima mediante el cociente conocido como "Número de olor - incipiente". y puede definirse como el recíproco de la dilución de la muestra (con agua inodora) que apenas huele.

$$N.O.I = \frac{A + B}{A}$$

A = ml de muestra

B = ml de agua inodora

Desde el punto de vista sanitario, el olor es importante, porque, como en el caso de las propiedades anteriormente mencionadas, el olor de un agua influye en el hecho de ser rechazada o aceptada, y determina los procesos de tratamiento.

Las normas internacionales no fijan un N.O.I. Sólo mencionan que el olor y el sabor no deben ser motivo de rechazo.

Su determinación se detallará en el laboratorio.

Revisión de los Principios fundamentales de Química.

Lista de los elementos más comunes
(Para memorizar los que tengan *)

NOMBRE	SIMBOLO	PESO AT.	VALENCIA
Aluminio *	Al	26.98	+ 3
Arsénico *	As	74.91	+ 5,+ 3,0, -3
Azufre *	S	32.07	+ 6,+ 4,0,-1,-2
Bario	Ba	137.36	+ 2
Bismuto	Bi	209.00	+ 5,+3,0,-3
Boro	B	10.82	+ 3
Bromo	Br	79.92	+ 5,+1,0,-1
Cadmio	Cd	112.41	+ 2
Calcio *	Ca	40.08	+ 2
Carbono *	C	12.01	+ 4
Zinc *	Zn	65.38	+ 2
Cloro *	Cl	35.46	+ 7,+5,+3,+1,0,-1
Cobalto	Co	58.94	+ 2,+3
Cobre	Cu	63.54	+ 1,+2
Cromo	Cr	52.01	+ 6,+3,+2,0
Estaño	Sn	118.70	+ 2,+4
Fluor	F	19.00	- 1
Fósforo	P	30.97	+ 5,+3,+1,0,-2,-3
Hierro	Fe	55.85	+ 2,+3
Hidrógeno *	H	1.01	+ 1
Magnesio *	Mg	24.32	+ 2
Manganeso	Mn	54.94	+ 7,+6,+4,+3,+2,0
Mercurio	Hg	200.61	+ 2
Niquel	Ni	58.69	+ 2
Nitrógeno *	N	14.01	+ 5,+4,+3,+2,+1,0, -1,-2,-3
Oro	Au	197.00	+ 3,+1,0
Oxígeno *	O	16.00	- 2
Plata	Ag	107.88	+ 1
Platino	Pt	195.23	+ 2, +4
Plomo	Pb	207.21	+ 2
Potasio *	K	39.10	+ 1
Selenio	Se	78.96	+ 6,+4,+2,0,-2
Silicio	Si	28.09	+ 4
Sodio *	Na	22.99	+ 1
Uranio	U	238.07	
Yodo	I	126.91	+ 7,+5,+4,+1,0,-1

Nota: Los subrayados son los tóxicos.

Pesos atómicos.

Si mediante balanza analítica, se separan 22.99 g de Na, a ese peso se le llama átomo-gramo.
En la Naturaleza, los gases y los elementos llamados halógenos, se presentan en moléculas formadas por dos átomos.
Así, el hidrógeno, gas, está formado por moléculas H_2.
El nitrógeno: N_2, el oxígeno O_2

Si en alguna forma, se logra separar por peso 32.00 g de oxígeno, ese peso tiene 6.023×10^{23} moléculas veraderas de oxígeno.
Si por peso, se separan 2.02 g de hidrógeno, ese peso contiene 6.023×10^{23} moléculas verdaderas de hidrógeno.

2×35.46 g de cloro tienen 6.023×10^{23} moléculas de cloro.

22.99 g de Na contienen 6.023×10^{23} átomos verdaderos de sodio.

$$\text{Peso equivalente de un elemento} = \frac{\text{Peso atómico}}{\text{Valencia}}$$

Hay elementos que siempre aparecen en los compuestos con una sola valencia.

Ejemplo de elementos con valencia constante (no cambia).

H; + 1	Ca; + 2
Ag;+ 1	Mg; + 2
K; + 1	Ba; + 2
Na;+ 1	O; - 2

Al;+ 3 El carbono C; + 4
Fe;+2,+3
Cu;+1,+2

Los halógenos es común que trabajen con valencia -1, pero hay muchos compuestos en que aparecen con las otras valencias anotadas en la lista.

Se pueden formar compuestos de elementos
+ y -

$2\ H^+ + O^= \longrightarrow H_2O$
$2\ H_2 + O_2 \longrightarrow 2\ H_2O$
$Cl_2 + Ca \longrightarrow Ca\ Cl_2$
$Cl_2 + 2Ag \longrightarrow 2\ Ag\ Cl$
$Cl^- + Ag^+ \longrightarrow Ag^+Cl$

$Mg^{++} + O^= \longrightarrow MgO$
$2Mg + O_2^= \longrightarrow 2\ MgO$

Si se ponen juntos 2 x 35.46 g de cloro con 2 x 22.99 g de sodio, hay igual número de átomos de uno y otro; se corresponden 1 a 1, y se combinan para dar 6.023×10^{23} moléculas de NaCl.

$$Cl_2 + 2\ Na \longrightarrow 2\ Na\ Cl.$$

$$2 \times 35.46 \times 2 \times 22.99 \longrightarrow 116.90$$

1 molécula g + 2 átomos g ---→ 2 moléculas g

La reacción anterior se podría haber escrito

$$Cl + Na \longrightarrow NaCl$$

$$35.46 + 22.99 \longrightarrow 58.45$$

Al peso 35.46 se le llama peso Equivalente del Cloro, porque para fines de reacciones químicas, equivale a otro peso de sodio: 22.99 g, porque ambos tienen el mismo número de átomos reales.

Así, un equivalente de cloro = 35.46 g de cloro
Un equivalente de Na = 22.99 g

En la reacción $Cl_2 + 2\ Na \longrightarrow 2Na\ Cl$,
2 equivalentes de cloro + 2 equivalentes de sodio dan dos equivalentes de NaCl.

En la lista de elementos se ve que el cloro puede tener valencia -1, y el Na, +1

En las combinaciones químicas generalmente se unen los elementos de signo contrario.

Ejemplos de pesos equivalentes de elementos:

$$\text{Peso Equiv. del oxígeno} = \frac{16.00}{2} = 8.00$$

$$\text{Peso Equiv. del Mg} = \frac{24.32}{2} = 12.16$$

Las reacciones siempre tienen lugar de un equivalente de un elemento, con un equivalente de otro.

2 Equiv, con 2 Equiv.
3 Equiv. con 3 Equiv.
etc.

Así:

$Cl_2 + Ca \longrightarrow CaCl_2$

2 x 35.46 + 40.08 ---> 111.00 g

2 Equiv. + 2 Equiv. ---> 2 Equiv.

Por esa razón, si se ponen juntas

35.46 g de cloro + 20.04 g de Ca ---> 55.50 g de $CaCl_2$

1 Equiv. + 1 Equiv. ---> 1 Equiv.

Siempre se combinan 1 Equiv. con 1 Equiv., pero fijarse en -- que la reacción no es una suma de equivalentes.

Por ejemplo: en la reacción de $Cl_2 + Ca \longrightarrow CaCl_2$

2 Equiv. + 2 Equiv. ---> 2 Equiv.

La reacción no es una relación de igualdad, sino una relación de equivalencia.

<u>Peso Equivalente de un compuesto</u>

$$\text{P.E. de un compuesto} = \frac{\text{Peso molecular}}{\text{Valencia del elemento de mayor valencia}}$$

Ejemplo:

$$\text{El P.E. del } CaCl_2 = \frac{40.08 + 2 \times 35.46}{2}$$

$$= 55.5 \text{ g}$$

Radicales

En la Naturaleza, hay grupos de elementos que se presentan -- siempre juntos en diversos componentes, como si fueran un solo elemento.

Por Ejemplo:

Na_2 (CO_3)
K_2 (CO_3) Todos contienen el grupo CO_3
H_2 (CO_3)
Mg (CO_3)

Al grupo CO_3 se le llama radical carbonato.

Cuando ese grupo está cargado eléctricamente, se le llama ion

ion $CO_3^{=}$, ion $SO_4^{=}$ con HCO_3^{-} , ion $NO_2^{=}$

ion NO^{-}

También los elementos cargados eléctricamente, se les llama iones.

H^+; ion hidrógeno
Cl^-; ion cloruro
Na^+; ion sodio
etc.,

Con los iones mencionados se pueden formar la mayor parte de los compuestos con que se trabaja en ingeniería sanitaria.

Los análisis químicos se hacen en la mayoría de los casos, buscando los elementos, y los compuestos formados por los radicales y los elementos.

Carbonatos (y bicarbonatos)
Sulfatos
Cloruros (y los otros "uros" de los halógenos)
Nitratos

Así, en los análisis se reportan los contenidos de carbonato de sodio, Ca, K, Mg.

Sulfato de Na, Ca, Mg

Nitratos de Na, Ca, Mg

Cloruros de Na y Mg

Ejercicios.

¿Cúal es la valencia del átomo o grupo de átomos (ion) subrayados de cada uno de los compuestos siguientes?

$H\ (NO_3)$	$Na(OH)$	$NaCl$	K_2S
$Ca\ (OH)_2$	$Na_2(CrO_4)$	$K_2(Cr_2O_7)$	
$H_3\ (PO_4)$	$H_2(SO_4)$	$(NH_4)\ Cl$	
$As\ Cl_3$	Al_2O_3	$Ba\ O$	HBr
$K\ (MmO_4)$	$K_2\ (CrO_4)$	$K\ (ClO_3)$	
$Fe\ Cl_3$	Ag_2O	H_2CO_3	

Números de oxidación

¿Cuál es el número de oxidación del átomo subrayado en cada uno de los compuestos siguientes?

$K_2\ CrO_4$, $K_2\ Cr_2\ O_7$, $K\ MmO_4$

$Na\ Mm\ O_4$

Soluciones

Solución:

Dispersión de átomos, moléculas o iones, de una sustancia en un medio líquido.

Suspensión:

Dispersión de sustancias en partículas de tamaño mayor que el atómico, molecular o iónico.

Diferencias de una solución y una suspensión:

Efecto Tindal

Unidades

mg/l;

Molar : moles por litro de solución.

Normal : equivalentes por litro de solución.

% : peso por unidad de volumen de solución.

Alcalinidad

1a. Definición:

Capacidad de una solución para neutralizar un ácido.

2a. Definición:

La cualidad de las aguas naturales debido a la presencia de los radicales

$CO_3^{=}$, HCO_3^{-} , y en las aguas tratadas, los anteriores y OH^{-}

Los silicatos también causan alcalinidad.

Expresión de una sustancia como otra.

Con ejemplos.

Si el análisis del Ca de un agua dice:

Ca -------- 120 mg/l;

Es común y útil expresarlas como Ca CO_3

P.E. del Calcio = 20 g

P.E. del Ca CO_2 = 50 g

¿Cuántos equivalentes de Ca hay en 120 mg de Ca ?

$\frac{0.120}{20}$ = 0.006 Equiv. de Ca

Por otra parte

0.006 Equiv's. de Ca CO_3 = 0.006 X 50 = 0.300 gramos

ó 300 mg

Se puede decir que el agua contiene 120 mg/l de Ca

ó

300 mg/l de Ca como Ca CO_3

La operación puede simplificarse:

$$120 \times \frac{50}{20} = 300$$

Sust. A como B = Contenido de A $\frac{\text{Peso Equiv. B}}{\text{Peso Equiv. A}}$

La alcalinidad y la dureza siempre se expresa como Ca CO_3 para hacerlas comparables y ver las relaciones que existen entre esas dos cualidades.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS

PRACTICAS DE QUIMICA

Ing. Francisco Montejano Uranga

enero 1979

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

C O L O R

El color de las aguas naturales puede ser "aparente" o "verdadero".
Para medir el color en el laboratorio, hay que eliminar el color "aparente" mediante centrifugación; por tanto, lo que se mide es sólo el color "verdadero".

La unidad para medir el color, es el color producido por 1 mg/l de solución de P_t en forma de $K_2 P_t Cl_6$ (cloroplatinato de potasio) en agua destilada.

La medida del color de la muestra, se puede hacer por comparación de su color, con una serie de patrones de color, en tubos Nessler, mediante una solución patrón de 500 mg/l de P_t, y haciendo diversas diluciones, una para cada patrón.

Cada tubo se rotula con su color en mg/l.
La muestra también se pone en tubo Nessler y se compara con los tubos Nessler ya rotulados, y se ve cual es el tubo de igual color que la muestra.

<u>Solución Patrón de 500</u>

Disolver 1.246 g de $K_2 P_t Cl_6$, que contiene 0.5 g ó 500 mg de P_t, y agregar 1 g de $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ (Cloruro Cobaltoso) en un poco de agua destilada.

Llévese a 1 litro. Esa solución es la de 500 mg/l.

<u>Preparación de patrones</u>.

Tómense 20 ml de solución patrón y agréguense 80 ml de H_2O destilada; esa será la dilución:

$$\frac{20}{20 + 80} = \frac{20}{100} = \frac{2}{10}; \text{ ó } 1 \text{ a } 5$$

ó sea la dilución que contiene 1/5 de 500 ó 100 mg/l de color.
Vacíese en Nessler y rotúlese: color 100

Tómense 18 ml de solución de 500; agréguense 82 ml de agua destilada;

$$\text{dilución: } \frac{18}{18+82} = \frac{18}{100}$$

$$\frac{18}{100} + 500 = 90 \text{ mg/l}$$

rotúlese

Tómense sucesivamente 16, 14, 12, 10, 8, 6, 4 y 2 ml de solución de 500, vacíense en Nessler de 100, llévense a 100 con agua destilada y se trandrán los patrones de color de 70, 60, 50, 40, 30, 20 y 10 mg/l de color.

Estos patrones van de 10 en 10 mg/l.

Si se quiere mayor precisión, se pueden hacer en la misma forma, patrones que vayan de 5 en 5, o de 2 en 2, etc.

O L O R

Número de Olor Incipiente

N.O.I.

Puntos previos:

Se tiene una muestra de agua que despide olor, y agua inodora en cantidad suficiente.

Dilución.

Supóngase que se desea hacer una dilución 1:10 (uno a diez) de -- agua con olor al agua inodora.

Se toma 1 ml del agua con olor, y se vacía en 9 ml de agua inodora con lo cual se tiene una dilución

$$\frac{1}{1 + 9} = \frac{1}{10} = 1:10$$

Si llamamos "A" a los ml de agua con olor y "B" a los ml de agua inodora, la dilución es:

$$\text{DILUCION} = \frac{A}{A + B}$$

Número de Olor Incipente.

Se define como el recíproco de la dilución que apenas huele

Si en el ejemplo anterior de dilución, ya se habían hecho varias diluciones:

1:2 ; 1:8 ; 1:10 ; y todas huelen, pero la 1:12 ya no olía (resultado (-)), la que apenas huele es 1:10, entonces el N.O.I. de esa muestra es

$$\text{N.O.I.} = 10 = \frac{A + B}{A}$$

Los Métodos Estándar recomiendan que A + B sea siempre 200 ml, de tal manera que los ml de agua con olor, siempre se lleven a 200 ml con agua inodora; y además, se sugiere hacer una prueba previa, gruesa, para determinar en forma tosca, el rango o ambito en que está el N.O.I.

PROCEDIMIENTO

PRUEBA GRUESA (40°C)

Tomar 200 ml de la muestra, percíbase el olor; si huele, regístrese (+).

Tómense 50 ml de la muestra, elévese a 200 ml con agua inodora, si huele, regístrese (+).

Tómense 12 ml; llévense a 200; si hay olor, regístrese (+).

Tómense 2.8 ml; no huele, regístrese (-).

La que apenas huele es 12 ml.

Dilución $\frac{12}{12 + 188} = \frac{12}{200}$

N. de O.I. grueso $\frac{200}{12} = 16.6(6)$
$\doteq 17$

Para precisar el N.O.I., seleccione de la tabla, el juego de ml que hay que diluir a 200, hasta que al encontrar el que apenas huele, se pueda encontrar el NOI en forma semajante a la anterior.

Por ejemplo, para el ejemplo anterior, el juego de ml para el de 12 ml es

12, 8.3, 5.7, 4.0, 2.8

ya se llevaron los 12 a 200 y el resultado es (+)

tómense 8.3; llévense a 200; el resultado es (+)

tómense 5.7; llévense a 200; el resultado es (-)

El que apenas huele es 8.3

La dilución es $\frac{8.3}{8.3 + 191.7} = \frac{8.3}{200}$

El N.O.I. $= \frac{200}{8.3} = 24$

ml. de agua con olor, para la prueba gruesa } 200, 50, 12, 2.8

ml de muestra para la prueba definitiva

Si en la prueba gruesa, la que sale (-) es 50; (la de 200 es la que apenas huele)

Entonces háganse diluciones de: 140 a 200
100 a 200
70 a 200
50 a 200

Si en la prueba gruesa, la que sale (-) es la de 12 ml, (la de 50 es la que apenas huele), entonces háganse diluciones de:

35 a 200
25 a 200
17 a 200
12 a 200

Si en la prueba gruesa, la que sale (-) es la de 2.8 ml, (la de 12 es la que apenas huele), entonces háganse diluciones de:

2 a 200
1.4 a 200
1.0 a 200

TURBIEDAD.

Se puede medir haciendo uso del depósito conocido como Turbidímetro de Jackson o de Bujía.

El turbidímetro consta esencialmente de un tubo vertical graduado, y por debajo tiene una bujía encendida, que se observa de arriba hacia abajo.

La unidad de turbiedad es la centésima parte, de la turbiedad que hace que desaparezca la flama, cuando el espesor que atraviesa la luz es de 21.5 cm.

Si la turbiedad está entre 25 y 1,000 unidades, se usa el tubo Jacson.

Si la turbiedad de la muestra está entre 5 y 100, se usan patrones preparados por diluciones de una suspensión de turbiedad conocida mediante el tubo Jackson.

Si la turbiedad es menor de 5 unidades, se usa el turbidímetro de Baylis o el St.Louis, o el nefelómetro,o instrumentos fotoeléctricos.

Como práctica de laboratorio, se tendrá una suspensión de 500 unidades aproximadamente.

De ella se prepararán patrones de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 unidades. Cada patrón estará rotulado.

La turbiedad de la muestra se determinará, comparando visualmente la muestra con los patrones.

Precaución.

Al medir la turbiedad de la suspensión con el tubo Jacson, no se encienda la bujía, si el tubo Jackson está vacío, porque en esa forma se rompe.

Con la bujía apagada, vaciar una pequeña cantidad de suspensión, y hasta después, encienda la bujía.

Luego, con una pipeta, váyase vaciando más suspensión, hasta que desparezca la forma de la bujía, y sólo se vea el campo de luz difusa. Entonces hágase la lectura.

ALCALINIDAD

Reactivos

Solución 0.02 N de H_2SO_4

Indicadores:

Fenolftaleina, Anaranjado de metilo, y Mixto.

(1) Hágase una determinación gruesa de la alcalinidad total, usando el Indicador de A.M.

Si la alcalinidad total $>$ 100 mg/l, repítase la prueba usando primero Fenolftaleína y luego A.M.

Regístrese el resultado

Si la alcalinidad total de la determinación

gruesa $<$ 100 mg/l; repítase la prueba usando F e indicador Mixto.

Regístrese el resultado

pH

Determinar el pH de la muestra mediante el potenciómetro.

CO_2

Con los datos de alcalinidad y pH, temperatura y sólidos S. estimados, use la gráfica de los Métodos Estándar y determine CO_2 de la muestra.

DUREZA TOTAL

Método del EDTA

Reactivos:

Solución de EDTA; 1 ml = 1 mg de dureza como Ca CO_3

Indicador; Negro de Erio Cromo T.

Regulador de pH.

Tomar en un Erlenmeyer 50 ml de muestra; poner __ ml de amortiguador de pH, poner unas gotas del indicador; gotear solución de EDTA de la bureta hasta que aparezca un color azul puro, hacer la lectura.

Calcular la DT., en mg/l como $CaCO_3$, tomando en cuenta el volumen que se tomó de muestra.

Dureza del calcio
Indicador Murexida

para pH de 12, ponga 2 ml de solución 1 N de Na OH, agregue un polvito de Murexida; titule rápidamente con EDTA, hasta que aparezca el color bugambilia.

Haga la lectura de la bureta.

Calcule la D del calcio en mg/l como Ca CO_3 y regístrela.

Dureza del Mg

DMg = D.T - D el Calcio

CLORUROS Cl^-

Método de Mohr

Reactivos. Solución de Ag NO_3, 0.0141 N

Indicador de cromato de potasio.

Se preparó disolviendo 50 g de K_2 CrO_4

en un poco de agua destilada.

Se agregó solución de Ag NO_3 hasta que apareció el precipitado rojo.

Se dejó en reposo por 12 horas, se filtró y se diluyó a 1 litro con agua destilada.

Determine la concentración del ion Cl^-, usando ____ ml de muestra en un Erlenmeyer. Agregue 1.0 ml de indicador de K_2CrO_4, titule con la solución de Ag NO_3 de la bureta hasta que aparezca apenas el tinte rojizo.

$$\text{mg/l de } Cl^- = \frac{\text{ml de Ag } NO_3 \text{ x N del Nitrato X } 35450}{\text{ml de muestra}}$$

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS

TEMA 3

QUIMICA DEL AGUA

Ing. Francisco Montejano Uranga

enero 1979

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

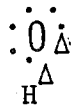
Origen de los iones. (en solución)

Se forman debido al efecto dieléctrico del solvente (el agua), al separar los átomos de una molécula neutra que contiene elementos ligados por unión iónica o electrostática.

Ej. : El agua divide al NaCl en iones, totalmente

$Na\ Cl \dashrightarrow Na^{+}\ Cl^{-}$

El agua divide al agua en iones, sólo parcialmente



Neutro

Un átomo neutro de hidrógeno $H^{\cdot}$ (electrón)

H^{+} ion hidrógeno

El grupo OH queda con un electrón en exceso del número de electrones correspondiente a la neutralidad : $:\ddot{O}:$; $H^{\cdot}$

Neutralidad 6 + 1 = 7

Ej. : El oxhidrilo tiene 8 e ; 1 e de más

$\dashrightarrow$ negativo

A diferencia de la solución de NaCl, en que todo el cloruro de sodio en solución, aparece en forma de iones, el agua divide en iones a sólo una pequeña parte de moléculas de agua.

a 25 °C, aparece en forma iónica, en un litro de agua (1 litro = 1,000 g); $10^{-7} = \frac{1}{10,000,000}$

$$\frac{1}{10,000,000} \times 1000 = \frac{1}{10,000} \text{ de g} = 0.1 \text{ de 1 mg}$$

Aún así, el número de iones reales de H^{+} y OH^{-} es muy grande, y está disperso en el litro de agua.

Como cada molécula de agua de las que se ioniza, da una ion H^{+} y 1 ion OH^{-}, el agua pura contiene, a 25°C, igual número de iones H y por tanto igual número de iones gramo de H^{+}, y iones gramo de OH^{-}

La concentración de moléculas, o de átomos gramo se expresa con { }

También

$\{H^{\pm}\}$ significa el número de iones gramo de hidrógeno, por litro

En el agua pura a 25°C $\{H^+\} = \{OH\} = 10^{-7}$

Potencial de hidrógeno

Se llama pH : $- \log \{H^+\}$

$\log 10^{-7} = -7$

$pH = - \log 10^{-7} = -(-7) = 7$

Producto iónico del agua

$\{H^+\}\{OH^-\} = Kw = 10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14}$

Por introducción de una sustancia al agua, y si hay reacción química, puede suceder que el número de iones $H^{\pm}$ aumente o disminuya por ejemplo :

$$CO_2 + H^+ + OH^- \dashrightarrow H_2CO_3$$

$$H_2CO_3 \dashrightarrow H^{\pm} + HCO_3^- \dashrightarrow$$

$$\dashrightarrow H^{\pm} + CO_3^{=}$$

Los iones OH^- disminuyen para forma HCO_3^-

Hay aumento de $\{H^+\}$

Si el CO_2 es el que viene de la atmósfera, la $\{H^+\} = 10^{-5.5}$ iones g

$$10^{-5.5} > 10^{-7}$$

$$pH = - \log 10^{-5.5} = 5.5$$

El agua pura con CO_2 de la atmósfera (agua destilada), tiene pH = 5.5

Si esa agua se hierve, para expulsar el CO_2 y se impide la entrada del CO_2 de la atmósfera, el pH = 7.0

Lo notable es que si la $\{H^+\}$ aumentó; la OH^- disminuye en tal forma que que el producto iónico es el mismo

$$10^{-5.5} \times 10^{-8.5} = 10^{-14}$$

En el caso del agua pura, en que $\{H^+\} = \{OH^-\}$, a la solución se le llama neutra

Cuando $\{H^+\} > \{OH^-\}$

$$10^{-5.5} > 10^{-8.5}$$

ó

$$pH = 5.5 < 7,$$

por el hecho de que predominan las H^+, a la solución de CO_2 en agua se le llama solución ácida.

Cuando por algún motivo $\{OH^-\} > \{H^+\}$ ó $pH > 7$, a la solución se le llama básica.

<u>Uniones químicas</u>

Unión iónica o electrostática

Ejemplo : El Na; sólido y el cloro (gas)

$$:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}\cdot + Na\cdot \longrightarrow (:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:)^- + (Na)^+$$

Neutro Neutro NaCl

Atomo neutro de Cloro

N° at. 17; 2,8,7 : $:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}\cdot$

Atomo de nuetro de Sodio

N° at. 11; 2,8,1 N·

Hay traslado de electrones :

El electrón del sodio se va al cloro,

El Na. se carga (+); el cloro se carga a (-)

Se unen $\longrightarrow$ NaCl ; Cristal

Si se hace una solución de NaCl, en agua, el agua parte o divide al NaCl

$$:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}: Na \longrightarrow Na^{\pm} + (:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:)^-$$

Se sabe que esto sucede, debido a que si se hace una solución de NaCl, es muy buena conductora de la electricidad.

Unión Covalente

Los dos elementos contribuyen con un electrón a la pareja unión, pero no hay traslado de electrones. El par de elementos permanece unido. Los elementos no ganan ni pierden electrones. No se cargan eléctricamente;

Ej: H:H ; H_2 ; los dos hidrógenes permanecen unidos en solución acuosa.

Se disuelve H_2 en agua, el agua no lo separa: La unión es covalente.

En el caso de la disociación del agua; una unión es iónica y la otra es covalente. El ion OH^- está formado por unión covalente.

Al ion OH^- nunca lo separa el agua por que de H^+ y oxígeno.

Acidos:

Todo compuesto capaz de liberar iones H^+

Ej: H_2CO_3, HCl, HNO_3, H_2SO_4

Bases o Alcalis

Todo compuesto capaz de aceptar iones H^+

El ion $OH^- + H^+ \longrightarrow H_2O$

$NaOH + H^+ + Cl \longrightarrow NaCl + H_2O$

El NaOH es una base

$HCO_3^- + H^+ \longrightarrow H_2CO_3$; el HCO_3^- es aquí una base o álcali

$HCO_3^- \longrightarrow H^+ + CO_3^=$; el HCO_3^- aquí es un ácido

A estos compuestos se les llama anfotéricos.

Alcalinidad

Característica del agua debida a la presencia de los iones negativos OH^-, HCO_3^- ; $CO_3^=$, los cuales hacen que esa agua que los contiene, sea capaz de neutralizar ácidos, si se les agrega.

Los silicatos también producen alcalinidad, por ello, se puede describir la alcalinidad, como la capacidad que puede tener un agua, para reaccionar con un ácido.

Debido a esto último, la alcalinidad se mide agregando ácido a una muestra alcalina, hasta lograr que toda la alcalinidad reaccione con la solución ácida que se agrega.

Cuando se igualan el número de equivalantes de la alcalinidad, con el número de equivalentes de ácido, se dice que se ha alcanzado el punto de equivalencia o punto final de la titulación.

Sin embargo, hay que hacer notar que al igualar esos números de equivalentes, no necesariamente se llega a la neutralización (no se llega a pH = 7)

La razón es la siguiente:

Cuando se hace una titulación de alcalinidad, las reacciones son:

$$OH^- + H^+ \longrightarrow H_2O$$

$$CO_3^{=} + H^+ \longrightarrow HCO_3$$

$$HCO_3^- + H^+ \longrightarrow H_2CO_3$$

y por tanto, se forma un ácido, el ácido H_2CO_3, que dará H^+ en cantidades equivalentes a la alcalinidad inicialmente presente.

Una alcalinidad de 300 ó más mg/l produce un pH final de titulación de 4.6
Una alcalinidad inicial de 100 ó menos, produce un pH final de 5 a 5.5

Cuando se hace una titulación de alcalinidad, surge el problema de saber cuando se llega al punto de equivalencia. Precisamente, el conocimiento de los cambios de pH y los indicadores, ayudan a conocer los puntos finales de las titulaciones.

Indicadores

Colorantes orgánicos, cuyo tono, o cuya intensidad de color, no depende de la concentración del indicador, sino del pH de la solución a la que se agregan.

En el caso particular de la alcalinidad, cuando se tiene una muestra con sólo HCO_3^-, el pH es 8.3 ó 8.4.

No importa cual sea la concentración de HCO_3^- en la muestra, el pH es 8.3 a 8.4.

Por otra parte, el indicador permite conocer el volumen necesario

de solución ácida para cambiar todas las OH^- y $CO_3^{=}$ en HCO_3^-.

Si luego se agregan unas gotas de anaranjado de metilo, la muestra se torna amarilla. Se sigue goteando solución ácida, hasta que la solución se pone de un color canela. Cuando esto sucede todos los iones HCO_3^- se han convertido en H_2CO_3 y el pH puede ser aproximadamente 4.5 ó 4.6.

Se ha llegado al punto final o punto de equivalencia.

Si se conocen:

1. La concentración de la solución ácida.

2. Los volúmenes gastados de solución ácida para decolorar el rosa de la fenolftaleina, y para cambiar el color amarillo del A. de M. a color canela.

3. El volumen de muestra; entonces es posible determinar las concentraciones de OH^-, HCO_3^- y $CO_3^{=}$ originalmente presentes, mediante una titulación de alcalinidad, usando los indicadores fenolftaleina y anaranjado de metilo.

Resultado	Alcal. de OH^-	$CO_3^{=}$	HCO_3^-
F = 0	0	0	T
F 1/2 T	0	2 F	T -2F
F = 1/2 T	0	2 F	0
F 1/2 T	2F-T	2(T-F)	0
F = T	T	0	0

Reacciones que tienen lugar, durante una titulación de alcalinidad.

Suponiendo que la muestra tiene

OH^-, $CO_3^{=}$ y HCO_3^-

$OH^- + H^+$ del ácido $\longrightarrow H_2O$ que se disocia muy poco

$CO_3^{=} + H^+$ del ácido $\longrightarrow HCO_3^-$ (pH = 8.4)

$HCO_3^- + H^+$ del ácido $\longrightarrow H_2CO_3$ que se disocia muy poco

El pH es 5.5 si la Alc. inicial < 100

pH = 6.5 si la alcalinidad inicial es > 100

Indicadores.

Fenolftaleina. Cambia de color a pH = 8.4

Rojo de metilo y verde de bromocresol. Cambia de color de azul verdoso a gris acero.
pH = 5.2 a 5.0
Gris acero a rosa pálido de 5.0 a 4.8

Anaranjado de Metilo
Cambio de color de amarillo a canela } pH = 4.6 a 4.4

Análisis volumétrico. Titulación

Descripción.

Bureta y matraz

V_x = Volumen de muestras con la sustancia x, en el matraz.

N_x = Concentración en Equiv's/litro, de x.

V_y = Volumen del reactivo en la bureta

N_y = Concentración en Equiv's/litro de y

En general, el producto VN = número de equivalentes.

Las sustancias reaccionan; equivalente con equivalente.

El punto final de una titulación tendrá lugar cuando el número de equivalentes de la sustancia del reactivo (de la bureta) sea igual al número de equivalentes de la sustancia de la muestra (en el matraz).

Núm. Equiv's. de x = Núm. de Equiv's. de y

$$N_x V_x = N_y V_y$$

$$N_x = \frac{V_y N_y}{V_x}$$

$$g/l \text{ de } x = \frac{V_y N_y P.E.x}{V_x}$$

$$\text{mg/litro } x = \frac{V_y\ N_y\ P.E.X \times 1{,}000}{V_x}$$

Multiplicando ambos miembros por $\frac{P.E_z}{P.E_x}$

$$\text{mg/l de } x \text{ como } z = \frac{V_y N_y\ P.E_x \times 1{,}000\ P.E_z}{V_x \qquad PE_x}$$

$$\text{mg/l de } x \text{ como } z = \frac{\text{ml de } y\ N_y \times 1{,}000\ PE_z}{\text{ml de muestra}}$$

Para la alcalinidad, que se expresa como $Ca\ CO_3$ sea cual fuere el racidal que la produce

$$\left(\begin{array}{l}\text{mg/litro de Alc.}\\ \text{como } Ca\ CO_3\end{array}\right) = \frac{\text{ml de Soluc.de } H_2SO_4 \times \text{N ácido y PE.}CaCO_3 \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

Como el P.E del $Ca\ CO_3 = 50$ y si se toman 100 ml de muestra

$$\left(\begin{array}{l}\text{mg/l de Alc.}\\ \text{como } Ca\ CO_3\end{array}\right) = \frac{\text{ml de ácido} \times \text{Nácido} \times 50 \times 1{,}000}{100}$$

Aquí se ve que conveine que $N_y = 0.02$ Equiv./litro

$$\left(\begin{array}{l}\text{mg/l de Alc.}\\ \text{como } Ca\ CO_3\end{array}\right) = \frac{\text{ml de ácido} \times 0.02 \times 50 \times 1{,}000}{100}$$

$$\boxed{\begin{array}{l}\text{mg/l de Alc.}\\ \text{como } Ca\ CO_3\end{array} = 10 \times \text{ml. de solución de ácido.}}$$

Dureza.

Aguas duras son aquellas que gastan mucho jabón para producir espuma. Cuando se hierven, depositan "sarro"
Forman incrustaciones en las calderas

La dureza se debe a la presencia de los iones

Ca^{++} y Mg^{++} principalmente.

Se clasifica de acuerdo con los radicales a los que estaban asociados esos iones antes de estar en solución (o en forma iónica)

D.C. Dureza de los carbonatos

$$\left.\begin{array}{l} Ca\,(HCO_3)_2 \\ Mg\,(HCO_3)_2 \\ Mg\,CO_3 \end{array}\right\} \text{Solubles en agua}$$

D.N.C. Dureza de los No carbonatos o de los

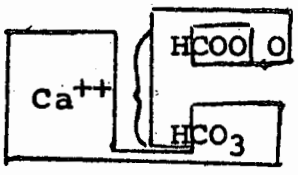
$SO_4^{=}$, Cl^-, y NO_3^- de Ca y Mg

Ej: $Ca\,SO_4$
$Mg\,SO_4$ solubles en agua

Compuestos tales como el $Ca\,CO_3$, $Mg\,(OH)_2$ son insolubles. Permanecen como tales, sin disolverse (precipitado) y se disocian muy poco, por eso, prácticamente no causan dureza.

A la dureza debida a la presencia de $Ca\,(HCO_3)_2$ en forma de Ca^{++} y $2HCO_3^-$ se le llama dureza temporal, porque si se hierve el agua, se expulsa el CO_2; entonces

$$Ca\,(HCO_3)_2 \xrightarrow{\text{Ebullición}} CO_2\uparrow + CaCO_3\downarrow + H_2O$$



A la dureza que no se puede eliminar por ebullición, se le llama dureza permanente.

$$\left.\begin{array}{l} Ca^{++} \\ Mg^{++} \end{array}\right\} \begin{array}{l} CO_3^{=} \\ SO_4^{=} \\ Cl^- \\ NO_3^- \end{array}$$

Como se expresa la dureza

Como carbonato de Ca, cualesquiera que sean los iones que la producen.

Relaciones entre la alcalinidad y la dureza

D.T = D C + DNC

Como los radicales $CO_3^{=}$ y HCO_3^{-}, (asociados a los que producen dureza) producen también alcalinidad,

Si la Alc. Total = D.T., entonces no hay D.N.C.

Si la Alc. T > D.T., tampoco hay D.N.C.

El exceso de alcalinidad, se debe a la presencia de $NaHCO_3$

$Na_2 CO_3$; $KHCO_3$, $K_2 CO_3$ o bicarbonato de Na y K que sí producen

alcalinidad, pero no producen dureza.

Si la alcalinidad T < D.T.; entonces sí hay dureza de las Na Carbonatos

D.N.C. = D.T - Alc. T.

Determinación de la dureza.

Métodos de laboratorio:

Volumétrico = "complexímetrico"
Gravimétrico

El volumétrico es el más rápido y fácil

El gravimétrico es más exacto, pero es más laborioso.

Método Volumétrico. Dureza Total

También lleva los nombres de:

Método complexímetrico
Método del Versenato - Titra Ver. (indicador)
Método EDTA
"Secuestren"

En la bureta, una solución de concentración conocida de la sal de sodio del ácido Etilen-Diamino-Tetra Acético.

Esta Sal "secuestra" a los iones divalentes de Ca^{++} y Mg^{++}, dando

iones complejos muy estable. Llamando M^{++} a los iones que producen la dureza.

$$M^{++} + EDTA \longrightarrow \{M.EDTA\} \longrightarrow (1)$$

Se usa como indicador del punto final de la titulación, el reactivo conocido como

Negro de Erio Cromo T

Si se pone un poco de este indicador en agua destilada (sin Ca^{++} ni Mg^{++}), le imparte un color azul.

Si se agrega el indicador N. de E.T al agua dura (con iones Ca^{++} y Mg^{++}), este se cambia con unos cuantos iones de Ca^{++} y Mg^{++} dando un color violeta

$$N.\ de\ E.T + M^{++} \longrightarrow \underset{\text{color violeta}}{[M.N\ de\ ET]} \quad ---(2)$$

o

" vino

Si se procede a la titulación con Solución de EDIA, los iones Ca^{++} y Mg^{++} son "secuestrados" por el EDTA; de acuerdo con (1). Persiste el color violeta (o rojo vivo).

Cuando el EDTA agota los iones Ca^{++} y Mg^{++}, todavía le quita sus iones Ca^{++} y Mg^{++} al complejo de color vino (o violeta), dejándolo en su estado original azul. Ese cambio de color anuncia el punto final de la titulación.

La solución de EDTA se ha preparado previamente, de tal manera que:

$\longrightarrow$ 1 ml de Solución de EDTA = 1 mg de dureza como $CaCO_3$

$\rightarrow$ Determinación del Ca, por el método EDTA= Cal. Ver.

Para ello se usa la misma solución de la sal de sodio de EDTA, pero antes de titular, se agrega una solución de Na OH; 1N, la cual logra subir al pH a 12, con lo cual se precipita el Mg^{++} en forma de $Mg(OH)_2$

o

Se procede a la titulación usando como indicador el reactivo conocido Murexida (purpurato de amonio).

El mecanismo es semejante al anterior

Murexida + algunos iones de Ca^{++} $\longrightarrow$ rosa

Murexida sola $\longrightarrow$ bugambilia

Durante la titulación persiste el color rosa.

Cuando el EDTA secuestra todos los iones Ca^{++}, todavía le quita sus iones Ca^{++} al complejo de color rosa, dejándolo en su estado original de color bugambilia, lo cual indica el punto final de la titulación.

Dureza del magnesio.

$$D_{Total} - D_{Calcio} = D_{Magnesio}$$

Importancia sanitaria de la dureza.

1) Ausencia de espuma con el uso del jabón. El uso de detergentes elimina esa desventaja.

2) Las incrustaciones en las calderas requieren su cuantificación, y tratamiento.

3) Procesos industriales que requieren aguas blandas.

4) Para la salud del hombre, la dureza no tiene gran significación. El organismo se acostumbra a las aguas duras.

Clasificación de las aguas por su dureza.

$<$ 100 mg/litro como $CaCO_3$: aguas blandas

100 a 200 mg/litro como $CaCO_3$: aguas moderadamente duras

$>$ 200 mg/litro: aguas duras

Ablandamiento.

Dos procedimientos

(1) Con Cal y Na_2CO_3

(2) Intercambio iónico

Ablandamiento con $Ca(OH)_2$ y Na_2CO_3 en 2 etapas

PRIMERA ETAPA

El CO_2 consume Cal

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O \longrightarrow (1)$$

Dureza de los Carbonatos

$$Ca^{++} + 2HCO_3^- + Ca(OH)_2 \longrightarrow \underline{CaCO_3} + 2H_2O$$

$$Mg^{++} + 2HCO_3^- + Ca\ (OH)_2 \longrightarrow \underline{Ca\ CO_3} + Mg^{++} + CO_3^{=} + 2H_2O$$

<u>Dureza del magnesio</u>.

$$Mg^{++} + CO_3^{=} + Ca\ (OH)_2 \longrightarrow Ca\ CO_3 + \underline{Mg\ (OH)_2}$$

$$Mg^{++} + SO_4^{=} + Ca\ (OH)_2 \longrightarrow Ca^{++} + SO_4^{=} + \underline{Mg\ (OH)_2}$$

Así, la cal requerida para la primera etapa, está en relación con el contenido de CO_2 , DC, y contenido de Mg. Como la dureza de los carbonatos y la alcalinidad son numéricamente iguales, cuando se expresan como $Ca\ CO_3$, los cálculos de la cantidad de cal requerida pueden ser:

Reactantes

$CO_2 + Ca(OH)_2$; CO_2 en mg/l 74/44 = $Ca\ (OH)_2$ en mg/l.
44 74

Alc + $Ca(OH)_2$; Alc. en mg/l 74/100 = $Ca\ (OH)_2$ en mg/l.
100 74

$Mg^{++} + Ca(OH)_2$; Mg^{++} en mg/l 74/24.3 = $Ca(OH)_2$ en mg/l.
24.3 74

Para que tengan lugar las dos últimas reacciones, tiene que haber un exceso de iones OH^-, para que excedan el producto de solubilidad del $Mg\ (OH)_2$. Por esa razón, se requiere un pH = 10.8

Por esa razón hay que agregar un exceso de aprox. 50 mg/l de $Ca(OH)_2$

Ese exceso se remueve en las etapas posteriores.

El proceso de esta primera etapa se hace en un tanque en que se sedimentan los precipitados debidos a la adición de Cal, que son

$Ca\ CO_3$ e $Mg\ (OH)_2$

Al final de esta etapa se agrega CO_2

A este proceso se le llama recarbonatación, y tiene por objeto convertir los excesos de cal, en $Ca\ CO_3$, para que puedan ser removidos en la 2a. etapa.

$$Ca^{++} + 2(OH)^- + CO_2 \longrightarrow \underline{Ca\ CO_3} + H_2O$$

Además, el $Mg(OH)_2$ que no se precipitó y el que no se sedimentó, es convertido en $Mg\ CO_3$

$$Mg^{++} + 2OH^- + CO_2 \longrightarrow Mg^{++} + CO_3^{=} + H_2O$$

Al agregar el CO_2, el pH no debe ser menor de 9.5; si pH < 9.5, mucho de los $CO_3^{=}$ se convierten en HCO_3^-, y el exceso de Ca^{++} no se precipitará como $CaCO_3$ como es deseado.

La cantidad de CO_2 para la recarbonatación de la primera etapa puede calcularse como sigue:

Reactantes	Cálculos
$Ca\ (OH)_2 + CO_2$ (74, 44)	; $Ca\ (OH)_2$ (en exceso) x 44/74 = CO_2 en mg/l
$Mg\ (OH)_2 + CO_2$ (58.3, 44)	; $Mg\ (OH)_2$ (residual) x 44/58.3 = CO_2 en mg/l
	Total de CO_2

SEGUNDA ETAPA

Después de la primera etapa y su recarbonatación, el agua contiene dureza remanente de Mg, la dureza restante de carbonato de Ca no precipitado o no sedimentado, y la dureza DNC originalmente presente o la formada.

Para eliminarla hay que agregar $Na_2\ CO_3$

$$Ca^{++} + SO_4^{=} + Na_2\ CO_3 \longrightarrow Ca\ CO_3 + Na^+ + SO_4^{=}$$

DNC + $Na_2\ CO_3$ (100, 106) ; DNC x 106/100 = $Na_2\ CO_3$ en mg/l

RECARBONATACION DE LA 2a. ETAPA

Después de los procesos anteriores, el agua está sobresaturada de $Ca\ CO_3$. Se seguirá precipitando, como incrustaciones en los granos de arena de los filtros, y en las tuberías, lo cual se puede evitar mediante una recarbonatación

$$CO_2 + CO_3 + H_2O \longrightarrow 2\ HCO_3^-$$

Suficiente para bajar el pH a 8.6

Ejemplo:

D.T. ------→ 280 mg/l como $Ca\ CO_3$

Mg ------→ 21 mg/l

Alc. T ----→170 mg/l como $Ca\ CO_3$

CO_2 ------→ 6 mg/l

Cal hidratada requerida para

CO_2 6 X 74/44 = 10.09

Alc. 170 x 74/100 = 125.80

Mg^{++} 21 x 74/24.3 = 63.95

Exceso = 50.00

Total 249.84

Si la cal comercial es del 90%

$$\frac{249.84}{0.9} = 277.62 \text{ mg/l}$$

<u>$Na_2 CO_3$ que se requiere</u>

DNC = 280 - 170 = 110 mg/l

Carbonato de sodio

$$110 \times \frac{106}{100} = 117 \text{ mg/l}$$

Recarbonatación de la primera etapa
Exceso de cal apagada = 50 mg/l

$$50 \times \frac{44}{74} = 29.73$$

$$Mg(OH)_2 \quad 20\left(\frac{44}{58.3}\right) = 15.1$$

Recarbonatación de la Segunda etapa:

Agregar CO_2 hasta que el pH baje a aproximadamente 8.6

<u>Ablandamiento por intercambio iónico</u>

Zeolitas - Naturales
Sintéticas

Cloruros

Importancia Sanitaria.

No son dañinos al hombre. En concentraciones mayores de 250 mg/l, imparten sabor salado.

Se usa como trazador. También sirve para detectar contaminación con aguas negras.

Su determinación en el laboratorio

Método de Mohr

Reactivo de $Ag\ NO_3$; 0.0141 N

$Cl^- + Ag \longrightarrow Ag\ Cl$ precipitado

Indicador $K_2\ Cr\ O_4$

$2\ Ag^+ + CnO_4^{=} \longrightarrow Ag_2\ CrO_4$

Color ladrillo

$$Cl^- \text{ en mg/l} = \frac{(\text{ml } Ag\ NO_3 - \text{testigo}) \times 0.5 \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

$$0.5 = 0.0141 \times 35.46$$

Fluoruros

Significación Sanitaria

$(F^-) > 1.00$ mg/l ----→ Fluorosis. Manchas en los dientes

$(F^-) < 1.00$ mg/l ----→ Propensión a las caries

Determinación de F^- en el laboratorio

Métodos Colorímetros

Método del Reactivo de Alizarino Zirconio.

Mientras mayor es la concentración de

F; menor es la cantidad del color resultante

(Reactivo de alizarino - Zr) + $6F^-$ ----→ alizarino amarillo
Rojizo

+ $Zn\ F_6^{=}$

El método es apropiado para hacerlo mediante comparación visual de la muestra en tubo Nessler, con patrones de concentraciones conocidas de F^- también en tubos Nessler.

La razón es que las intensidades de color son bajas.

METODO SPANDS.

Es semejante. Da coloración más intensa y por eso es apropiado para uso de fotocolorímetro de espectrofotómetro.

En relación con los fluoruros, son importantes los métodos para los procesos de fluoruración y de defluoruración.

Hierro y Manganeso

Ocurren:
En las aguas subterráneas.
En ríos, lagos y vasos de almacenamiento.
En el suelo. En minerales en forma de óxido férrico Fe_2O_3;

como carbonato ferroso $FeCO_3$ poco soluble.

La presencia de CO_2 en las aguas subterráneas de suelos y el carbonato ferroso

$$FeCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Fe^{++} + 2HCO_3^-$$

Los mayores problemas se presentan cuando en el suelo existe como compuestos férricos insolubles.

Mientras hay O_2 disuelto, aunque haya este tipo de fierro +++ y bastante CO_2, no hay disolución. Sin embargo, en condiciones anaerobias, el fierro férrico y el Mn se reduce de +4 a +2 en su estado de oxidación, poniéndose en solución.

Esto tiene lugar debido a reacciones biológicas en presencia de materia orgánica en las aguas subterráneas y en lagos que se estratifican.

Significación Sanitaria

No dañan la salud del hombre.
Manchas en las ropas en el proceso de lavado.
Manchas en los muebles de baño.
Crecimiento en las tuberías.
Sabor.

Determinación de Hierro en el laboratorio.

Método de la fenantrolina (colorimétrico)

Se basa en el hecho de que el reactivo 1,10 fenantrolina se combina con el ion Fe^{++} para formar un ion complejo de color anaranjado rojizo, cuya intensidad depende de la concentración de Fe^{++}.

Se usan tubos Nessler o fotómetro. Previo a la aplicación de la fenantrolina, hay que disolver los precipitados férricos tratando la muestra con HCl

$$Fe(OH)_3 + 3H^+ \longrightarrow Fe^{+3} + 3H_2O$$

y transformando el ion Fe^{+3} en iones Fe^{+2}

usando hidroxilamina como agente reductor

$$4\ Fe^{+3} + 2\ NH_2\ OH \longrightarrow 4\ Fe^{+2} + N_2O + H_2O + 4H^+$$

El Mn se presenta en las aguas naturales en la forma soluble de ion Mn^{+2}. Por aireación da el ion Mn^{+4}, que a su vez produce MnO_2 coloidal, constituyendo así un problema especial para su eliminación que en términos generales, consiste en la desestabilización del coloide de $Mn\ O_2$.

De otra manera, si no se elimina, causa manchas oscuras en la ropa durante el lavado.

Determinación del Mn en el laboratorio.

Método colorimétrico.
Método del Metaperyodato de Potasio.

Fundamentalmente se basa en la coloración morada que da el ion permangánico cuya intensidad varía con la concentración.

Se pueden usar tubos Nessler para los patrones de color, pero el ion permangánico no se obtiene directamente del $KMm\ O_4$ sino de una solución de $Mm\ SO_4$ que mediante el metaperyodato de K y H_2SO_4 convierte el ion Mn^{++} en ion $Mn\ O_4^-$ que es el ion que produce color.

La muestra se trata en la misma forma y se compara con los patrones.

Prueba del vaso para la coagulación y floculación.

(Pruebas de las jarras)

Puntos previos.

Solución: Dispersión de partículas de una sustancia en un líquido (solvente), cuando el tamaño de esas partículas es molecular, tamaño atómico o iónico.

Las partículas no se sedimentan, no presentan el efecto "Tindal", debido a su tamaño extremadamente pequeño.

Diám. < 10 Å (1 Å = 10^{-8} cm.)

ó < 1 milimicra

Suspensión Coloidal:

Es una dispersión de partículas de una sustancia en el solvente, cuando el tamaño de esas partículas oscila entre 10 Å a 1,000 Å (0.001 a 1). Una micra = 1/1,000 de ml.

Las partículas tampoco se sedimentan como en el caso de las soluciones, pero sí presentan el efecto Tindal.

El efecto Tindal consiste en ver una partícula de tamaño aparente mayor que el real, debido al contraste de luz y sombra producido por rayos de luz rasante.

En muchos casos las aguas turbias naturales deben su turbiedad a la presencia de coloides inorgánicos u orgánicos.

Las partículas coloidales que producen turbiedad, aún cuando no son extremadamente pequeñas, no se sedimentan porque están cargadas negativamente, y se repelen.

Pueden representarse

Para eliminar ese defecto de las aguas naturales, es necesario romper el coloide de turbiedad, neutralizando la carga negativa, y permitiendo así que las partículas no se repelan y se sedimenten.

Si se logra que también se peguen esas partículas, para formar otras mayores, se dice que se floculan y se aumenta su velocidad de sedimentación.

Para romper el coloide de turbiedad, se aplican a la solución, sales con elementos positivos, que al ionizarse, neutralizan la carga del coloide.

Las más usadas son el alumbre.

$Al_2 (SO_4)_3 \cdot 14 H_2O$ ó $18 H_2O$

y el Sulfato férrico $Fe_2 (SO_4)_3$

Al^{+3} + Coloid → Al Coloid neutro o menos negativo

En cualquier forma, hay reacciones químicas al agregar el coagulante.

Cuando se agrega alumbre al agua turbia, el alumbre reacciona con los iones oxhídrilos del agua, para formar

$Al (OH)_3$ que se ioniza poco

$$Al_2 (SO_4)_3 + 6 H_2O \rightarrow 2 Al (OH)_3 + 6 H^+ + 3 SO_4^{=}$$

Baja el pH a tal grado que la reacción se interrumpe.

Eliminando las H^+ se logra que no baje el pH y que siga la formación de $AL(OH)_3$

Los bicarbonatos de las aguas naturales actúan como amortiguadores de pH porque acaparan a las H^+

$$H CO_3^- + H^+ \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow H_2O + CO_2$$

Para desarrollar mejor los aspectos cuantitativos se escriben las ecuaciones en forma molecular.

$$Al_2 (SO_4)_3 + 6 H_2O \rightarrow 2 (Al(OH)_3) + 3 H_2 SO_4$$

$$3 Ca (HCO_3)_2 + 3 H_2SO_4 \rightarrow 3CaSO_4 + 6 CO_2 + 6 H_2O$$

$$Al_2 (SO_4)_3 + 3 Ca(HCO_3)_2 \rightarrow 2Al(OH)_3 + CaSO_4 + 6 CO_2$$

La misma ecuación se puede escribir, para relaciones de peso, como sigue:

$$Al_2(SO_4)_3\ 14 H_2O + 3Ca (HCO_3)_2 \rightarrow 2 Al(OH)_3 + 3CaSO + 6 CO_2$$

600 3 x 100 6 x 44 + 264

+ 14 H_2O

De aquí resulta que:

600 partes de alumbre destruyen 300 partes de alcalinidad

1 mg/l de alumbre destruye 0.5 mg/l de alcalinidad

600 partes de alumbre producen 264 partes de CO_2

1 mg/l de alumbre produce 0.44 mg/l de CO_2

PRUEBA DE "JARRAS"

El hecho de que las aguas naturales presenten cualidades cuyas características nocivas son muy diversas, tales como turbiedad, color, dureza, etc., implica que es necesario corregir esas características nocivas mediante procesos tales como coagulación, floculación, ablandamiento, estabilización, etc.

Por otra parte, en la teoría de esas procesos intervienen constantes y variables difíciles de cuantificar en forma también teórica.

De esas dos circunstancias surge la necesidad de experimentar por tanteos, en muchas muestras de tamaño relativamente pequeño, los métodos conocidos de tratamiento en el dispositivo conocido como Dispositivo de Jarras.

Consiste en una serie de 6 depósitos de 2 a 4 litros de capacidad donde se pone la muestra. El dispositivo tiene agitación mecánica (paletas) de velocidad variable.

Con ello es posible tantear diversos valores para:

Dosis de reactivos (coagulantes)
Velocidades de agitación para la Mezcla
Tiempo de Mezcla
Velocidad de Floculación
Tiempo de Floculación
Valores de pH, etc.

y obtener así valores óptimos y seleccionar los mejores métodos y procesos aplicables al proyecto de una obra de tratamiento.

Es conveniente tener presente que el pH y la alcalinidad cambian cuando se agrega un coagulante.

Cada milimole/litro de Fe^{+3} ó de Al^{+3} agregado hace que baje 3 milimoles de alcalinidad.

Mediante este mismo dispositivo, es posible seleccionar ayudas de coagulación tales como la sílice activada, Nalco 600 y otros con diversos nombres comerciales.

En lo que se refiere a tiempos de mezcla rápida, son comunes, valores que oscilan desde 10 segundos hasta 5 minutos.

Para mezcla lenta o floculación, son comunes valores que oscilan entre 5 y 30 minutos.

Estos valores determinarán los tiempos de retención de los depósitos de mezcla de los reactivos, y de los depósitos de floculación; así como las características de los equipos de agitación de ambos, en el proyecto definitivo de la Planta de Tratamiento.

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS

Lunes 30 de Oct.	Martes 31 de Oct	Miércoles 1°de Nov.	Jueves 2 de Nov.	Viernes 3 de Nov.	Sábado 4 de Nov.
INAUGURACION TRATAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA	HIDRAULICA QUIMICA DEL AGUA	QUIMICA DEL AGUA MICROBIOLOGIA DEL AGUA	VACACIONES	BOMBAS PROTECCION DE LAS FUENTES DE CAPTACION	PRACTICAS DE QUIMICA Y MICROBIOLOGIA
Lunes 6 de Nov.	Martes 7 de Nov.	Miércoles 8 de Nov.	Jueves 9 de Nov.	Viernes 10 de Nov.	Sábado 11 de Nov.
FUNC. UND. CONST. DE UNA PLANT. DE POTABILIZACION.	COAGULACION Y FLOCULACION	SEDIMENTACION	FILTRACION	DESINFECCION	PRACTICAS DE DESINFECCION
DESARENADORES Y AERACION	COAGULACION Y FLOCULACION	SEDIMENTACION	FILTRACION	DESINFECCION	
Lunes 13 de Nov.	Martes 14 de Nov.	Miércoles 15 de Nov.	Jueves 16 de Nov.	Viernes 17 de Nov.	Sábado 18 de Nov.
TRATAMIENTO - COMPLEMENTARIO Y PREVENTIVO.	NUEVA TECNOLOGIA EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA.	SISTEMAS DE CONTROL Y TALLERES			
Lunes 20 de Nov.	Martes 21 de Nov.	Miércoles 22 de Nov.	Jueves 23 de Nov.	Viernes 24 de Nov.	Sábado 25 de Nov.

PRACTICAS EN LA CIUDAD DE MORELIA

DICTORIO DE PROFESORES

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS

ING. EDMUNDO IZURIETA RUIZ
Profesor del C.E.C.
Tacuba No. 5
Tel.- 512-80-94

ING. FRANCISCO SUSAN COLOMBRES
Investigador - Sec. Ing. Sanitaria
Instituto de Ingeniería - UNAM.
Tel.- 550-52-15 ext. 3603 ó 3604

ING. FRANCISCO MONTEJANO URANGA
Profesor de tiempo completo "B"
DESFI - UNAM.
Tel.- 550-52-15 ext. 4472

SRA. GABRIELA MOELLER DE JALIFE
Secretaria Académica Auxiliar
DESFI - UNAM.
Tel.- 548-58-77

ING. ARMANDO ADAME SAENZ
Oficina de Plantas de Tratamiento, D.D.F.
San Antonio Abad No. 231 - 7°piso
Col. Obrera México 8, D.F.
Tel.- 588-33-16

ING. RODRIGO SOLIS ALBA
Subdirector de Area de Investigación y Entrenamiento - Dirección General de Protección y Ord. Ecológica -SARH
Av. San Bernabé No. 549
México 20, D.F.
Tel.- 595-29-88

ING. GASTON MENDOZA GAMEZ
Jefe de la Oficina de Desarrollo
Tecnológico. Dirección General
de Contrucción y Operación Hi-
dráulica, D.D.F.
San Antonio Abad No. 231 - 7°piso
Col. Obrera México 8, D.F.
Tel.- 578-30-20

ING. DONATO GUTIERREZ AGUIRRE
Residencia en Torreón, Coah.
Dir. Gral. de Protección y -
Ordenación Ecológica - SARH.
Tel.- 4 29 72 (lada 171)

ING. ARNULFO PAZ SANCHEZ
Oficina de Plantas de Tratamiento D.D.F.
San Antonio Abad No. 231 - 7 °piso
Col. Obrera México 8, D.F.
Tel. 578-32-18

ING.ROBERTO COSSIO
Wallace & Tiernan de México
Apartado Postal 348 ó 349
Ecapetpec, Estado de México
Tel.- 564-58-11 y 569-13-22

ING. ROGELIO GONZALEZ RODRIGUEZ
Servicio de Agua y Drenaje de Monterrey
Matamoros No. 1717 Pte.
Col. Obispado
Monterrey, N.L.
Tel.- 47-20-00 ext. 170 (lada 83)

ING. JORGE TRIVIÑO MORALES
Consultor de la OSP/OMS
Plan Nacional de Adiestramiento-SAHOP.
Reforma No. 51 - 18° piso
México 4, D.F.
Tel.- 535-53-17

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS

P R O G R A M A

1. TRATAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA

Importancia de la operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable en México. Ciclo hidrológico e impurezas del agua. La calidad del agua potable y el tratamiento. Revisión de los principales parámetros. Normas. La calidad del agua y el impacto en la salud.

Número de horas: 2

Profesor:

ING. EDMUNDO IZURIETA R.

2. REVISION DE LOS PRINCIPIOS GENERALES DE HIDRAULICA EN CONDUCTOS.

Leyes que rigen la circulación de líquidos en conductos. Concepto de caudales y gastos. Conductos abiertos. Conductos cerrados. Presión hidrostática. Carga piezométrica. Pérdida de carga. Medición de caudales: Métodos prácticos, vertedores y aparatos más utilizados.

Número de horas: 2

Profesor:

ING. FRANCISCO SUSAN COLOMBRES

3. REVISION DE LOS RPINCIPIOS DE QUIMICA Y MICROBIOLOGIA APLICADOS AL TRATAMIENTO DEL AGUA.

Toma de muestras. Turbiedad. Color. Olor. Dureza. Alcalinidad. pH. Estabilidad del carbonato de calcio. Prueba del vaso para la coagulación y floculación (métodos de las jarras). Ablandamiento. Cloro residual. Hierro. Manganeso. Floruros. Determinación del fluor. Cloruros. Sustancias tóxicas. Bacteriología del agua. Recuento en placa. Grupo coliforme. Indice NMP. Técnica del filtro membrana. Examen microscópico del agua. Microorganismos que causan olores y sabores. Microorganismos que obstruyen los filtros. Microorganismos presentes en las aguas contaminadas. Olores y sabores. Normas de calidad. Prácticas de laboratorio.

Número de horas: 6

Profesor:
ING. FRANCISCO MONTEJANO URANGA
Q.F.B. GABRIELA MOELLER DE JALIFE

4. PRINCIPIOS GENERALES DE BOMBAS, MOTORES Y APARATOS DE MEDICION.

Principios de funcionamiento de bombas, motores y medidores. Válvulas. Principales problemas de la operación, mantenimiento y accesorios. Instalaciones eléctricas. Sistemas de control. Mantenimiento preventivo.

Número de horas: 2

Profesor:
ING. ARMANDO ADAME SAENZ

5. PROTECCION DE LAS FUENTES DE CAPTACION.

Contaminación, intrusión salida, control de algas. Aguas subterráneas. Aguas superficiales. Medidas aplicables a los embalses.

Número de horas: 2

Profesor:

ING. RODRIGO SOLIS ALBA

6. FUNCION DE LAS UNIDADES CONSTITUTIVAS DE UNA PLANTA DE POTABILIZACION.

Revisión de los procesos más generalizados de tratamiento del agua. Funciones y esquemas.. Pruebas para determinar la eficiencia de los procesos de tratamiento.

Número de horas: 2

Profesor:

ING. GASTON MENDOZA GAMEZ

7. DESARENADORES Y AERACION.

Función del tratamiento preliminar. Normas de operación y mantenimiento de los desarenadores. Revisión de los fundamentos de la aeración: Métodos y equipo.

Número de horas: 2

Profesor:

ING. FRANCISCO MONTEJANO URANGA

8. COAGULACION Y FLOCULACION.

Principios generales. Coloides. Adsorción. Ionización. pH. Coagulantes e interferencias. Preparación de soluciones de coagulantes y propiedades. Equipos dosificadores: en solución y en seco. Mezcladores y acondicionamiento del flóculo.

Número de horas: 4

Profesor:

ING. GASTON MENDOZA GAMEZ

9. SEDIMENTACION

Principios generales. Período efectivo de sedimentación. Funcionamiento y control de los sedimentadores. Vertedores de entrada y salida. Altura de la capa de sedimentos. Evacuación de los sedimentos. - Sedimentadores de contacto con sólidos en suspensión (manto de lodos). Sedimentadores de flujo horizontal y vertical. El pulsador Degremont. El Accelator Infilco. Control del proceso de sedimentación. Ensayos para determinar la eficiencia de los sedimentadores. Comportamiento hidráulico de los sedimentadores.

Número de horas: 4

Profesor:

ING. DONATO GUTIERREZ

10. FILTRACION.

Revisión de los principios básicos. Objetivos. Funcionamiento: velocidad de filtración, pérdida de carga, lavado de la arena, comprobacio-

nes de laboratorio. Filtros lentos de arena. Filtros rápido de arena El lecho del filtro: especificaciones de la arena, especificaciones de la grava, partes integrantes del filtro. Técnicas de lavado. Lavado con aire. Reguladores de gasto. Indicadores de carga. Válvulas y tuberías. Filtros de presión. Control del proceso de filtración. Precisión de los instrumentos de control. Operación y eficiencia de los filtros. Mantenimiento de las partes constitutivas de los filtros (reguladores y controladores).

Número de horas: 4

Profesor:

ING. ARNULFO PAZ SANCHEZ

11. DESINFECCION

Revisión de la teoría. Objetivos. Compuestos de cloro. Precauciones en el manejo. Instalación y funcionamiento de los cloradores. Mantenimiento de los dosificadores. Empleo de hipocloritos. Funcionamiento de los equipos hipocloradores. Punto de cloración. Cloro residual. Recomendaciones de seguridad. Ejercicios. Pruebas de laboratorio y prácticas.

Número de horas: 4

Profesor:

ING. ROBERTO COSSIO

12. TRATAMIENTO COMPLEMENTARIO Y PREVENTIVO.

Remoción de hierro y manganeso: problemas y métodos. Ablandamiento y desmineralización: métodos y operación del sistema. Corrosión y métodos anticorrosivos. Floruración: métodos y control. Desfloruración.

Número de horas: 4

Profesor:

ING. HERNANDO CORREAL

13. NUEVA TECNOLOGIA EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA.

Coagulación-floculación. Proceso de sedimentación de alta velocidad - (laminar). Filtros con lecho de materiales diferentes. Simplificación del tratamiento.

Número de horas: 4

Profesor:

ING. JORGE TRIVIÑO

14. SISTEMAS DE CONTROL Y TALLERES.

Programa de operación de la planta. Instrumentación. Formas de control. Archivos. Informes. Laboratorio de calidad del agua. Papel del taller en la operación y mantenimiento de la planta. Sistemas de organización. Personal. Equipo, materiales y herramientas. Adiestramiento de los recursos humanos.

Número de horas: 2

Profesor:

ING. ROGELIO GONZALEZ

15. PROFESORES Y NUMERO DE HORAS:

Nombre del profesor	Tema	n° horas
Ing. Edmundo Izurieta (CEC)	1-Tratamiento y calidad del agua	2
Ing. Francisco Suzán C. (Inst. Ing. UNAM)	2-Revisión principios Hidráulica	2
Ing. Francisco Montejano (DESFI)	3-Revisión de los principios de química.	4
Sra. Gabriela Moeller	3-Microbiología aplicada al tratamiento del agua	2
Ing. Armando Adame (DDF)	4-Principios de Bombas, Motores y aparatos de medición	2
Ing. Rodrigo Solís (SARH)	5-Protección de las Fuentes de Captación.	2
Ing. Gastón Mendoza (DDF)	6-Función de las und. constitutivas de una planta de potabilización	2
Ing. Francisco Montejano (DESFI)	7-Desarenadores y Aeración	2
Ing. Gastón Mendoza (DDF)	8-Coagulación y floculación	4
Ing. Francisco Montejano (DESFI). Ing. Donato Gutiérrez (SARH)	9-Sedimentación	4
Ing. Arnulfo Paz S. (DDF)	10-Filtración	4
Ing. ROBERTO COSSIO	11-Desinfección	4
Ing. Hernando Correal C.	12-Tratamiento complementario y preventivo.	4
Ing. Jorge Triviño (OSP)	13-Nueva tecnología en el tratamiento del agua.	4
Ing. Rogelio González (Monterrey)	14-Sistemas de control y talleres.	4
PRACTICAS:		
Ing. Francisco Montejano y Sra. Gabriela Moeller	3-Prácticas de laboratorio (sábado)	4

	1 semana		No. horas
ING. ROBERTO COSSIO	11-Prácticas de campo	(sábado)	4
Ing.Francisco Montejano e Ing. Edmundo Izurieta	Prácticas planta Morelia	(1 semana)	

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS.

TRATAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA

ING. EDMUNDO IZURIETA R.

OCTUBRE, 1978.

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20

TRATAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA

La dotación de agua de buena calidad ha sido una permanente preocupación del hombre. Actualmente, hay mayor conciencia sobre este particular por el hecho de que al irse constituyendo, a través del tiempo, grandes conglomerados humanos, los riesgos son mayores si se exponen grandes número de personas al consumo de agua que no reúne condiciones de potabilidad.

En términos generales, las plantas de tratamiento tienden a mejorar la calidad del agua de consumo doméstico o la que se emplea para fines industriales y recreativos. Las plantas de tratamiento deseñadas en América Latina han seguido los patrones técnicos de los paises industrializados introduciendo ligeras modificaciones; prácticamente, hasta 1950 los parámetros de diseño permanecieron casi sin cambios, unicamente en los últimos 25 años se han introducido inovaciones sustanciales.

CRITERIOS SOBRE CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua de consumo doméstico se sujeta a normas definidas, las que tienen pequeñas variaciones de un país a otro. Tales normas se han fijado en base a dos criterios fundamentales que podrían resumirse así.

- no debe ser peligrosa para la salud o la vida de los consumidores.

- el sistema debe poderse operar a un costo razonable.

Para poder cumplir con el primero, el agua no debe contener microorganismos patógenos, ni substancias tóxicas para la salud. Para lograr el segundo, las características deben ser tales que no produzcan daño a la red de distribución, a las industrias, ni a la economía privada; como ocurrirá cuando exísten en el agua altos niveles de hierro, sulfatos y carbonatos, principalmente.

Las normas internacionales para agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS) establecen cifras y porcentajes sobre el contenido de gérmeness califormes, generalmente asociados a la contaminación fecal.

Tales normas, entre sus principales puntos, recomiendan:

1. En el curso del año, el 95% de las muestras no debe contener ningún germen coliforme en 100 ml.
2. Ninguna muestra ha de contener E. coli en 100 ml.
3. Ninguna muestra ha de contener más de 10 gérmenes coliformes por 100 ml.
4. En ningún caso han de hallarse gérmenes coliformes en 100 ml. de dos muestras consecutivas.

El Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos (USPHS) también tiene normas de potabilidad que se aplican a porciones de 10 y 100 ml. de las muestras de agua.

En lo que respecta a normas químicas sobre potabilización exísten criterios con el objeto de fijar límites de las sustancias

que pueden producir determinadas enfermedades.

Tanto la OMS y el USPHS fijan límites permisibles para ciertas sustancias tóxicas como el arsénico, bario, cromo hexavalente, cianuro, plomo, selenio, mercurio, cobre; compuestos orgánicos tales como hidrocarburos polinucleares, compuestos fenólicos; y sales como cloruros, nitratos y sulfatos.

En forma similar, la OMS y el USPHS, y los países establecen, con el objeto de lograr ciertas características sobre la aceptabilidad del agua por parte del público consumidor, costos de operación y mantenimiento de las redes y economía de algunos - procesos industriales. Se establecen límites para las características físicas, turbiedad, color, olor, y sabor y sólidos totales; características químicas; rango de pH, dureza total, calcio, hierro, manganeso, magnesio, zinc, boro.

PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA

El tratamiento del agua puede dividirse en 4 grupos:

- procesos de clarificación
- procesos de desinfección
- procesos de acondicionamiento químico
- procesos de acondicionamiento organoléptico

En las gráficas No. 1 y No. 2, se sintetiza las distintas etapas del tratamiento.

En los últimos años ha habido una clara tendencia para mejorar la clarificación del agua; así por ejemplo, las normas de los Estados Unidos para el año de 1942 recomendaban que el agua de abastecimiento público no debería tener una turbiedad mayor a 10 unidades; en cambio, en 1962, recomiendan que sea reducido a 5 unidades. Debemos hacer el comentario que cuando el agua ha sido tratada mediante el proceso de clarificación se pueden obtener turbiedad que no excede a 1 unidad; por esta razón, las normas serán revisadas para ajustarlas a ese límite. Aún más, en 1968 la American Water Works Asociation adoptó ciertas metas para la calidad del agua y recomendó que la turbiedad no debería exceder de 0.1 unidades.

Originalmente, el propósito de la clarificación o tratamiento del agua fué el de proveer un líquido aceptable estéticamente. Actualmente, se reconoce que el proceso de la clarificación es muy efectivo para reducir el contenido bacteriano, la remoción de un alto porcentaje de cualquier virus que podría estar presente y en la remoción de todos los quistes de ameba histolítica.

La clarificación también incrementa la efectividad de la desinfección mediante el empleo de cloro; ya que removidas las partículas se disminuye la protección a los microorganismos existentes en el agua; además, con la clarificación se reduce el sedimento que podría depositarse en el sistema de distribución y dificultar el control de los problemas de olor y sabor.

ASPECTOS SANITARIOS DEL TRATAMIENTO.

Para mejorar la calidad del agua convirtiéndola en inofensiva para la salud, será necesario cuidar los aspectos sanitarios en todos los procesos integrantes del tratamiento, aún más, debe tenerse presente que el almacenamiento del agua en los embalses tiene también efecto sobre el contenido bacteriano, ya que está asociado con: sedimentación, cambios químicos, condiciones ambientales desfavorables para las bacterias, tales como la temperatura del agua, ausencia de alimento, acción germicida de la luz solar en los tres primeros metros del agua que tienen baja turbiedad, y el consumo de bacterias por parte de los organismos depredatorios tales como los protozuarios.

Por esta razón, los lagos que tienen agua clara poseen grados bajos de contaminación bacteriológica; así por ejemplo el Río Mississipi tiene un promedio coliforme de 1,680 organismos por 100 ml., en los períodos de almacenamiento en los lagos, tal promedio se reduce a 22 por 100 ml.

En lo referente a otro proceso de tratamiento, como es la aeración, debemos mencionar que mediante éste se logra la solubilidad del oxígeno en las aguas claras, cifras que varían de 14.62 ppm para 0°C., 9.74 ppm para 17°C. y 7.63 ppm cuando la temperatura alcanza los 30°C. La aeración; por esta razón, es una causa importante de la corrosión de las tuberías, hecho que se debe principalmente a la adsorción de oxígeno, a pesar de

que haya remoción del anhidrido carbónico. Muchas sustancias productoras de sabores y olores son de baja volatibilidad, de ahí que la aeración no es efectiva para eliminarlos, a pesar de que hay un concepto generalizado que es contrario. La aeración por sí sola no sirve como método para ese control, lo que es cambio si se logra mediante dosis de cloro y el empleo de carbón activado.

En muchas unidades del proceso de tratamiento se originan problemas debidos al crecimiento de algas sobre sus paredes, lo que requiere un control mediante la utilización de soluciones de sulfato de cobre (10 gramos por litro). Este control evita la presencia de problemas de color, olor, sabor y turbiedad, principalmente; así como también, dificultades que se originan en los filtros porque las algas ocasionan obturaciones en los poros de medio filtrante.

Los operadores de plantas de tratamiento deberán estar atentos a la importancia que tiene el laboratorio para poder suprimir el crecimiento de organismos, de ahí la importancia de la denomada biología y bacteriología de las aguas de consumo. De todas maneras, los organismos que tienen importante significado en los procesos de tratamiento son los siguientes:

Plantas	Animales
- bacterias	- protozuarios
- hongos	- rotíferas
- algas	- esponjas

- vegetación acuática con raíces.
- malezas
- vermes
- crustáceos

El estado coloidal en las aguas tiene una importancia muy grande y está constituído principalmente por sólidos insolubles tanto inorgánicos como orgánicos, finamente divididos cuyas partículas tienen tamaño intermedio entre las dispersiones moleculares y las verdaderas soluciones, por esta razón, son visibles al microscópio. La materia orgánica colorante proveniente de las hojas de los árboles frecuentemente adquiere las dimensiones de los coloides y puede estar constituida de ácido húmico o tánico o por compuestos complejos de hierro y materia orgánica. Una propiedad importante del estado coloidal es que las partículas tienen una carga eléctrica; por ejemplo, la arcilla coloidal y la materia orgánica tienen cargas negativas en las aguas naturales, estas cargas ocasionan que los coloides repelen a los otros lo que ocasiona que se mantengan en suspensión a pesar de que el agua se mantiene en reposo por largos períodos de tiempo.

Las grandes áreas superficiales de los coloides favorecen la adsorción o adhesión de capas extremadamente finas de moléculas de gases o líquidos o sustancias disueltas, con los que los coloides entran en contacto. En esta forma el carbón activado adsorberá sabores y olores producidos por sustancias.

Los coloides que ocasionan el color y que están cargados eléctricamente negativos, se coagulan en forma más efectiva en las zonas ácida cuyo pH varía de 4.4 a 6, porque los iones de aluminio son positivos, provenientes del coagulante, neutralizando los coloides negativos que ocasionan el color; por esto, los - flocs del hidróxido de aluminio no intervienen en la coagulación de los coloides que ocasionan el color;en efecto, el hidróxido de aluminio no se constituye en valores bajos de pH usado en la remoción del color. La coagulación efectiva de aguas altamente coloreadas, a bajo pH puede efectuarse seguida de un segundo paso que consiste en aplicación de cal al efluente de la sedimentación primaria.

UNIDADES CONSTITUTIVAS DEL PROCESO DE TRATAMIENTO.

Básicamente, la potabilización del agua esta constituída de los siguientes elementos:

1. Captación
2. Separación de partículas gruesas (rejillas y desarenación).
3. Mezcla rápida.
4. Floculación química
5. Sedimentación.
6. Filtración
7. Desinfección
8. Almacenamiento

Dependiendo de la calidad del agua, pueden haber otros procesos para complementar el tratamiento, tales como el acondicionamiento químico: estabilización (adición de cal o soda), ablandamiento (reducción de la dureza ocasionada por los iones Ca y Mg), remoción de Fe y Mn, remoción de metales tóxicos y desalinización.

El agua puede aparecer turbia y/o coloreada, la turbiedad es la capacidad del líquido para diseminar la luz, se debe a partículas de arcilla provenientes de la erosión del suelo, a algas o crecimientos bacterianos.

El color está constituído por sustancias químicas, la mayoría de las veces proveniente de la degradación de la materia orgánica (hojas, plantas acuáticas, etc.).

Las soluciones tienen partículas cuyas dimensiones son menores a una milimicra; en cambio, en el estado coloidal las dimensiones son de 1 a 100 micras.

COAGULACION-FLOCULACION.

El proceso de la coagulación-floculación supone 3 pasos principales:

1. Adición de coagulantes
2. Dispersión de coagulantes
3. Aglutinación de las partículas

Los coagulantes constituídos por sales de aluminio y hierro - siempre deben aplicarse en soluciones verdaderas, si se hace en suspensión o en polvos disminuye la efectividad del proceso y se desperdicia la sustancia química.

En el proceso de la coagulación-floculación debe considerarse el pH, ya que se forman diferentes cuerpos. En el caso de los coagulantes que contienen aluminio, a mayor pH se remueve la turbiedad por constituirse flóculos de $Al_2(OH)_3$ que atrapan las partículas. El pH modifica también las cargas electrostáticas de - las partículas coloidales.

En los últimos 15 años se ha venido usando compuestos naturales o sintéticos ya sean como coagulantes o como ayudantes de la coagulación, son los denominados "polielectrolitos", polímeros de alto peso molecular, se clasifican como aniónicos y catiónicos, según que los grupos ionizantes sean negativos o positivos. Uno de los polielectrolitos más usados de antaño es la sílica activada.

En el proceso denominado "mezcla rápida" el coagulante se distribuye a través del agua que va a ser tratada, esa agitación rápida se ejecuta en tanques especiales con capacidades equivalente a un minuto del flujo, en el cual se agitan las aspas de dispositivos movidos por motores eléctricos.

Hay varios tipos de mezlcadores entre los que se tienen, princi_

palmente, los dispersores con orificios, mezcladores hidráulicos y mecánicos, con el objeto de producir turbulencia de la sustancia química coagulante .

FLOCULACION

Una vez dispersados los coagulantes hay que producir una lenta agitación en el agua para permitir el crecimiento del flóculos

Hay que cumplir con ciertas condiciones para lograr la condición anterior, entre las cuales tenemos:

1. Forma de producir la agitación
2. Gradiente de velocidad
3. Tiempo de detención

Por medio del floculador se desea reunir o agrupar los microflócu los para formar partículas mayores con peso específico superior al agua y compactar el floc (disminuyendo su grado de hidratación) para producir una baja concentración volumétrica que permitirá una alta eficiencia en la sedimentación.

Los floculadores se clasifican en hidráulicos y mecánicos, según la energía que se emplee. Los primeros son de flujo horizontal, vertical o helicoidal. Los mecánicos emplean dispositivos eléctricos para mezclar la sustancia química (coagulante) con el agua.

Las sustancias químicas utilizadas como coagulantes son muy varia

das en composición, ordinariamente son compuestos de aluminio o de hierro, que al disolverse con el agua forman flóculos que van aumentando de peso para depositarse en el fondo del tanque. Esto permite que los flóculos arrastren o lleven consigo el material disperso en el agua que ocasiona la turbiedad, aún más, a las bacterias que deterioran la calidad del agua.

El empleo de las sustancias químicas o coagulantes requiere la aplicación de una tecnología para el almacenamiento, maniobra y dosificación de los productos químicos.

Los dosificadores pueden ser, en solución o en seco, según el caso. Detalles sobre este asunto se tratará detalladamente en otro tema del curso.

SEDIMENTACION

Tiene como objeto separar los flóculos de mayor tamaño y reducir la concentración de sólidos de suspensión. El material restante será posteriormente retenido por los filtros.

Hay varios factores importantes que deben tomarse en cuenta para el funcionamiento del sedimentador, entre los principales pueden mencionarse:

1. Carga superficial
2. Profundidad
3. Período de retención

4. Velocidad horizontal
5. Forma del tanque y relación de las dimensiones
6. Distribución del influente
7. Sistemas de recolección del efluente.
8. Condiciones de acumulación y remoción de los lodos.

El proceso de sedimentación es interferido con mucha frecuencia por los movimientos superficiales de la masa líquida (viento), acción de la temperatura que ocasiona ascensos y descensos del agua, cortos circuitos en el desplazamiento del líquido, etc.

Logicamente también deben tomarse en cuenta otros factores que interfieren en la buena operación de la planta como son la forma de los sedimentadores, el número, la longitud. No sólo el período de retención juega un papel importante en la eficiencia del sedimentador.

Si el funcionamiento de los sedimentadores se han tomado en cuenta los factores antes mencionados se obtienen efluentes de calidad satisfactoria, y no se requiere el ejercicio de maniobras especiales.

En muchas ocasiones es necesario realizar adaptaciones en el sedimentador para amortiguar el efecto del agua de entrada mediante la instalación de pantallas o tabiques que permiten una uniforme distribución del líquido. Un problema generalizado en los sedimentadores radica en los vertedores de salida, los que ocasio-

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS.

TRATAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA

ING. EDMUNDO IZURIETA R.

OCTUBRE, 1978.

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

nan velocidad excesiva que levanta el flóculo ocasionando efluentes con alta turbiedad y contenido de flóculos. Será por esta razón indispensable tomar en cuenta la carga superficial y la velocidad en el vertedor.

Para el buen funcionamiento de los sedimentadores hay que tener en cuenta la distribución de los sedimentos y su altura. Su remoción puede ser de tipo hidráulico o mecánico, según el funcionamiento del tanque sedimentador.

Para garantizar una buena calidad de efluente, que posteriormente será pulida en el proceso de filtración, será indispensable vigilar la operación de sedimentación, no sólo por observaciones oculares sino ejecutando pruebas de laboratorio, principalmente para la determinación del pH, turbiedad, exceso de flóculos en el efluente, indice coli, etc.

La prueba del cloruro de sodio puede emplearse para conocer el "período de tránsito" en el sedimentador.

FILTRACION

La filtración es el proceso empleado en el tratamiento del agua con el objeto de separar el material en suspensión que no pudo ser retenido en el sedimentador. Para esto se emplea un material poroso de variadas especificaciones, según sea el caso. La filtración tiene la caraterística de que también realiza la re-

moción de los microorganismos o bacterias.

En términos generales, los filtros pueden ser lentos (el agua - fluye despacio) y rápidos (tienen mayor velocidad de filtración y requieren tratamiento previo de coagulación y sedimentación).

Tanto los filtros lentos (FL) como los filtros rápidos (FR) tienen ventajas y desventajas. Los FL no requieren instalación especial para el proceso de coagulación, el equipo utilizado no es complejo, el lecho filtrante (arena) es de fácil adquisición, - son de fácil operación, el efluente o agua filtrada es menos corrosiva y de calidad uniforme, eliminan las bacterias en forma uniforme, requieren arenas extensas para su construcción, no son flexibles en lo referente a cantidad de agua filtrada, no son - de funcionamiento adecuado durante períodos prolongados en los que la turbiedad es superior a 50 ppm, no son eficientes para - la remoción del color, no operan eficientemente si hay abundancia de algas.

Los FL están constituidos básicamente por una capa de grava de - 0.30 metros (es el medio de sostén), una capa de arena de 0,90 a 1.10 metros de espesor (tamaño efectivo de 0.30 a 0.35 mm y coeficiente de uniformidad de 1.8 a 2.0) y una capa de agua que varía de 1.0 a 1.50 metros.

Los FL operan con una tasa de filtración variable que, por lo - general, es de 6.0 a 9.0 m^3/m^2/día, lo que quiere decir una velocidad de filtración de 25 a 38 cm/hora.

En las plantas de tratamiento integradas por FL es recomendable tener dos ó tres unidades, debiendo cada filtro estar provisto de un medidor de pérdida de carga, un flotador para regular la velocidad. Los FL no deben funcionar con cargas negativas para evitar la fijación del aire.

En la operación de las unidades es importante evitar que el agua caiga libremente sobre la capa de arena, cuando el filtro es - nuevo o haya sido "descabezado". El control del laboratorio debe incluir la realización de algunas pruebas para hacer exámenes periódicos de la arena, determinaciones de turbiedad, color, número de microorganismos, tanto en el influente como en el efluente.

Los FR funcionan con velocidades mayores a los FL.Originalmente se les denominó filtros mecánicos porque tenían unos rastrillos que facilitaban la agitación de la arena durante el lavado.

Están constituidos por una capa de grava de 0.30 a 0.45 metros de espesor, una arena de 0.60 a 0.75 metros (tamaño efectivo de 0.45 a 0.55 y coeficiente de uniformidad de 1.50 a 1.70) y una capa de agua que fluctua entre 1.40 a 1.80 metros de espesor.

La tasa de filtración es de $87.5/m^3/m^2/$día a $157.0/m^3/m^2/$día, lo que significa una velocidad de 6 a 11 centímetros por minuto.

Entre los factores que influyen en la operación del FR podemos mencionar principalmente la calidad y especificaciones del medio filtrante, la velocidad de filtración, la clase del influente, -

la temperatura del agua y la dureza del flóculo.

Por mucho tiempo los FR fueron diseñados para una tasa de filtración de 118 m^3/m^2/día, equivalente a la clásica cifra de 2 GPM/pie^2, la que ha servido también para la operación de las unidades filtrantes. Desde hace pocos años se ha logrado incrementar totalmente la tasa de filtración gracias al empleo de medios múltiples.

Para tener una buena operación de los FR hay que eliminar los copos o flóculos pequeños y residuales del coagulante que escaparon de la sedimentación, para lo que hay que considerar los factores antes anotados.

Al fijar la velocidad de filtración es indispensable tener presente:

1. La calidad del agua que se desea producir, recordando que a mayor velocidad de filtración la calidad del agua puede desmejorar.
2. La competencia del personal responsable de la operación de la planta.
3. La confianza que se tenga de los procesos previos a la filtración, como son los de floculación y sedimentación.
4. Los consumos mínimo, máximo y promedio diario de la población.
5. La calidad del agua cruda y las fluctuaciones en relación con el tiempo.
6. La eficacia de la desinfección y la que se requiere.

En lo que respecta al lecho del filtro o medio filtrante debe tener características tales para que pueda cumplir con la velocidad de filtración fijada, se recomienda en promedio de 4.8 m/hr.

La granulometría de la arena se define por medio de dos factores, el coeficiente uniformidad (Cu) y el tamaño o diámetro efectivo (Te).

El coeficiente de uniformidad es:

$$Cu = \frac{\text{abertura del tamiz que pasa 60\% (mm.)}}{\text{abertura del tamiz que pasa 10\% (mm.)}}$$

el tamaño efectivo es:

Te= tamaño del tamiz que deja pasar el 10%

Si hay seguridad en el proceso de tratamiento, se puede aumentar el Te antes recomendado, de 0.4 - 0.5 mm, a 0.5 - 0.7 mm. Es una buena práctica poner sobre la grava una capa de arena de 7.5 cm un poco más gruesa y de Te de 0.8 a 2.0 mm.

La limpieza del FR se efectúa en forma ascendente, con agua que tiene un caudal de 0.8 a 1.2 m^3/m^2/minuto y una velocidad de 0.8 a 1.20 m/minuto. La duración de funcionamiento de un filtro entre dos lavados se denomina "carrera del filtro".

En el FR, como consecuencia de la pérdida de porosidad ocasionada por el movimiento de los flóculos y el material en suspen-

sión, se ocasiona una pérdida de carga que induce al lavado del filtro. Esa pérdida de carga es de 1.8 a 2.70 m.

El lavado de FR produce una expansión del medio filtrante o arena, pudiendo variar del 30 al 50% de su espesor. En las gráficas de la página se puede apreciar que la expansión está relacionada con el Te y la velocidad del agua de lavado. En la curva de la página se relacionan diferentes tasas de filtración con distintas carreras del filtro y el porcentaje de agua usada en el lavado.

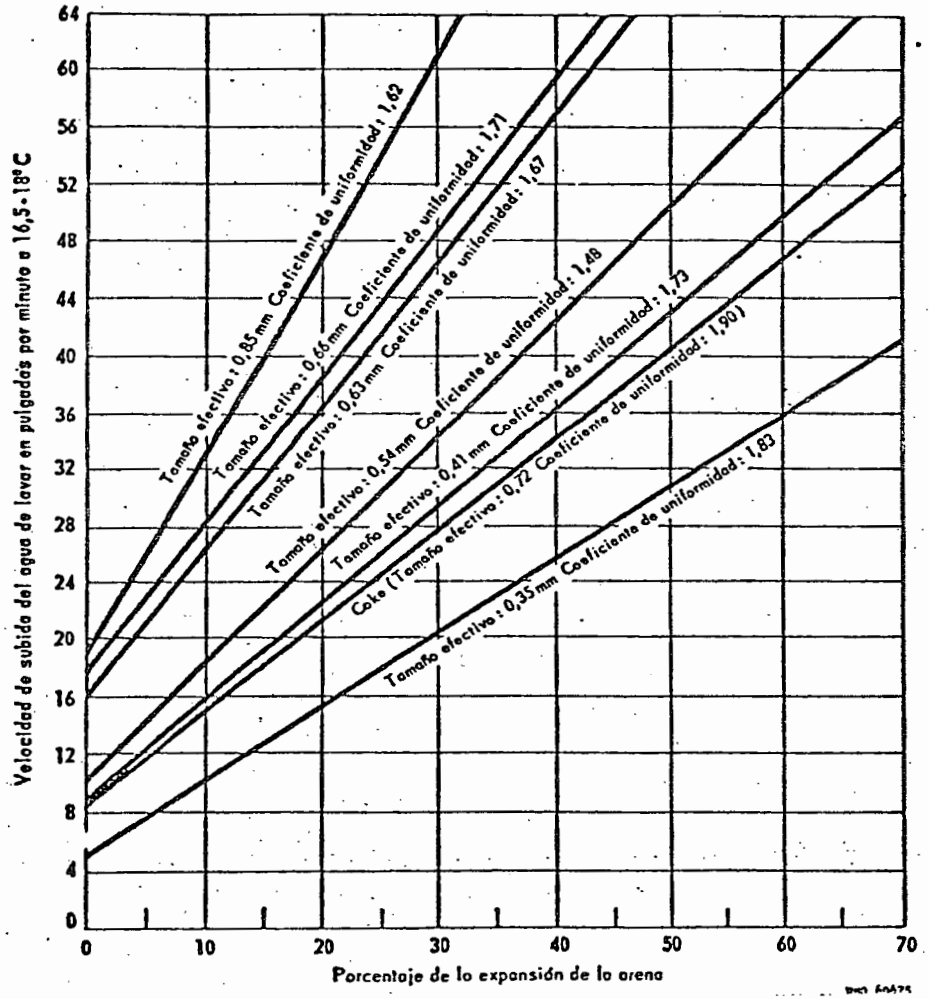
Los FR tienen dispositivos mecánicos que permiten: control del nivel del influente, control del caudal del efluente, control del nivel del agua en el filtro, medidor de pérdida de carga. Estos dispositivos son de variado diseño hasta tener plantas automáticas que presentan problemas de mantenimiento debido a la falta de personal altamente especializado.

Para vigilar la buena operación de la filtración es necesario recurrir al laboratorio, con el objeto de practicar pruebas para determinar la turbiedad y el color y hacer exámenes bacteriológicos. Como la turbiedad debe ser inferior al 1 ppm, para su determinación se emplean turbidímetros especiales que aprecian 0.1 ppm. Es una buena práctica mantener un dispositivo óptico para observar continuamente la claridad del agua filtrada, mediante una luz instalada en el depósito de agua filtrada.

Sin el recurso del laboratorio es muy difícil evaluar la eficiencia de la filtración en lo que respecta a la calidad bacteriológica. De todas maneras se conoce que es casi 100% eficiente, para dar un ejemplo, una agua cruda que tiene un NMP de coliformes igual a 5000/100 ml. después de la filtración las características bacteriológicas deben ser inferiores a NMP 1/100 ml., aún más, el agua clorada será de mejor calidad.

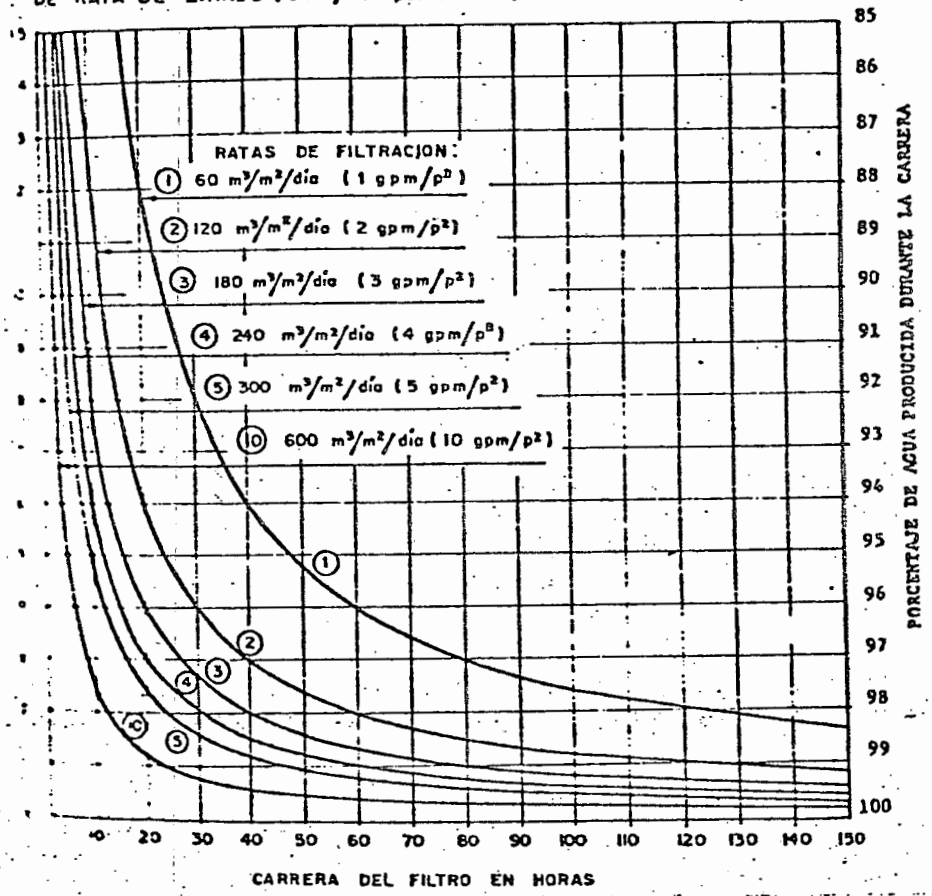
21

PORCENTAJES DE LA EXPANSION DE LA ARENA



22

PORCENTAJE DE AGUA DE LAVADO USADA PARA DIFERENTES CARRERAS DE FILTRACION – SE CONSIDERO UN LAVADO DE 8 min a 0.75 m^3/m^2/min. DE RATA DE LAVADO (6 m^3/m^2 por lavado)



NORMAS SOBRE POTABILIZACION

	MAXIMA PERMISIBLE		
	MEXICO	OMS	USPHS
1. SUSTANCIAS TOXICAS			
Arsenico (As) mg/l	0.05	0.05	0.05
Bario (Ba.) mg/l	-	-	1.00
Cadmio (Cd.) mg/l	-	0.01	0.01
Cromo Hexav: (Cr^{+6}) mg/l	0.05	-	0.05
Cianuro (Cn) mg/l	-	0.05	
Plata (Ag) mg/l	-	-	0.05
Plomo (Pb) mg/l	0.10	-	-
Mercurio (Hg) mg/l	-	0.001	-
Selenio (Se) mg/l	-	0.01	0.01
Cobre (Cu) mg/l	3.00	1.50	1.00
2. COMPUESTOS ORGANICOS			
Hidrocarburos Palinucl. Aromaticos	-	0.20	-
Compuestos orgánicos fenolicos	-	-	0.001
3. SALES			
Cloruros (Cl^-)mg/l	250	600	250
Fluoruros (F^-)	1.50	06-17	1.4-2.4
Nitratos (No3)	-	45*	45*
Sulfatos (So4)	250	400*	250*
4. CARACTERISTICAS FISICAS			
Turbiedad (Uj)	10	25	5*
Color (unidades)	20	50	15*
Olor y sabor	-	ning.	3*
Sólidos totales mg/l	1,000	1,500	
Rango de pH	6.0-8.0	6.5-9.2	

NORMAS BACTERIOLOGICAS

MEXICO:

1. MENOS DE 20 ORGANISMOS (COLI+COLIF) POR LITRO
2. MENOS DE 200 COLONIAS POR CC. (37°C-24 HRS.)

OMS:

1. AGUA SIN DESINFECTAR. NO DEBE TENER LA MUESTRA E. COLI - POR 100 ML.
2. DE CUMPLIRSE EL 1, PUEDEN TOLERARSE HASTA 3 GÉRMENES COLIFORMES POR 100 ML. DE AGUA NO DESINFECTADA.
3. EN EL CURSO DEL AÑO, EL 95% DE LAS MUESTRAS NO DEBE CONTENER GERMEN COLIFORME POR 100 ML.
4. NINGUNA MUESTRA HA DE CONTENER MÁS DE 10 GÉRMENES COLIF. - POR 100 ML.
5. EN NINGÚN CASO GÉRMENES COLIF. EN 100 ML. DE DOS MUESTRAS CONSECUTIVAS.

USPHS:

1. ESTABLECE NORMAS PARA PORCIONES DE 10 Y 100 ML.
2. NO MÁS DE 5% DE MUESTRAS CUANDO SE EXAMINAN MENSUALMENTE MÁS DE 20 MUESTRAS (10 ML.)
3. NO MÁS DE 20% DE MUESTRAS CUANDO SE EXAMINAN MENSUALMENTE MÁS DE 5 MUESTRAS)100 ML.)

MUESTREO PARA EL EXAMEN BACTERIOLOGICO (1)

POBLACION ABASTECIDA	INTERVALO MAXIMO MUESTREO	NUMERO MINIMO DE MUESTRAS
MENOR 20,000 HAB.	1 MES	
20,000-50,000 HAB.	2 SEM.	1 MUESTRA POR CADA 5,000 HAB. Y POR MES.
50,001-100,000 HAB.	4 DÍAS	
MAYOR 100,000 HAB.	1 DÍA	1 MUESTRA POR CADA 10,000 POR MES

(1) EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN. NORMAS OMS

EFECTO DEL TRATAMIENTO DE PLANTAS POTABILIZADORAS

	AERACION 1	SEDIMENTACION SIN COAGULACION 2	SEDIMENTACION CON COAGULACION 3	FILTRACION LENTA 4	COAGULACION SEDIMENTAC. FILTRACION RAPIDA 5	DESINFECCION 6
BACTERIA	0	++	+++	++++	++++	++++
COLOR	0	0	+++	++	++++	++
TURBIEDAD	0	++	+++	++++	++++	0
OLOR Y COLOR	++	+	+	++	(++)	++++ (--)
DUREZA	+	0	--	0	--	0
CORROSION	+++	0	--	0	--	0
HIERRO Y MANGANESO	+++	+	+	++++	++++	0

EFECTOS DEL TRATAMIENTO EN LA CALIDAD DEL AGUA

	turbiedad ppm.	No. de bacterias (cc.)	Indice Coli (100 cc.)
AGUA CRUDA	108	12,623	1,155
AGUA SEDIMENTADA	65	7,083	754
COAGULADA Y SEDIMENTADA	4	1,128	52
FILTRADA	0	0.56	0
AGUA CRUDA	1,400	17,000	9,300
PRESEDIMENTADA	850	--	--
COAGULADA	130	10,000	600
SEDIMENTADA	23	350	350
FILTRO (influente)	7	80	46
FILTRO (efluente)	0.2	14	2.8
SISTEMA	0.2	7	0.01
CRUDA	6	6,993	2149
PLATA (influente)	4	1,383	10.1
FILTRO (efluente)	0	409	0.95
PLATA (efluente)	0	6	0
SISTEMA	0	137	0.51
CRUDA	1.805	40,948	37,547
SEDIMENTADA	--	21,156	6,201
FILTRO (influente)	26	133	0.418
FILTRO (efluente)	0.65	42	0.445
SALIDA PLATA	--	24	0.304

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS

A E R A C I O N.

Ing. Francisco Montejano U.

Noviembre, 1978.

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

A E R A C I O N

Fuentes de los gases disueltos en el agua.

De la atmósfera, la superficie del agua toma aire (absorbe principalmente Oxígeno y nitrógeno, cantidad pequeña de CO_2, H_2S)

Del suelo y del subsuelo, el agua absorbe grandes cantidades de CO_2 que tiene origen en la descomposición de la materia orgánica, y oxígeno, del - proceso fotosintético.

Objetivos de la Aeración

Oxigenos (absorbes)
Remoción de Gases (CO_2)
Agitación
Para oxidar el F_e+ +
Para eliminar olores y sabores
Remoción de CH_4

Aereadores

Cuatro Tipos:
1) Degravedad
2) Aspersores
3) Difusores
4) Mecánicos

1) Degravedad

Airador de cascada - Escalonado
Planos inclinados
Chimeneas Verticales
Charolas o canaletas perforadas

2) Aspersores

Lanzan gotas de agua desde chiflones estacionarios o móviles.

Fuentes

3) Difusores

4) Aeradores Mecánicos

Paletas Sumergidas

Paletas superficiales o cepillos

5) Helice en el fondo.

6) Turbinas

En potabilización, como los fines de la aereación son la precipitación del - F_e+ + en forma de F_e + + o la eliminación de la dureza temporal: o la eliminación del CO_2, los más comunmente usados son los aereadores de aspención.

Aereador de Fuente

Exposición de 2 segundos bajo la concentración de CO_2 en 70 u 80%.
Para la eliminación de CO_2, se puede usar Cal.
Si CO_2 = 10mg/ℓ, es más economía la Cal.
Si CO_2 > 1omg/ℓ, es más economía el aereador de fuente.

D I A G R A M A

Desarenadores

Finalidad.

Las aguas que se han de someter a procesos de tratamiento, pueden traer en suspensión particular de arena que en caso de no eliminarlos, no van a sufrir cambios durante dichos procesos, y si pueden entorpecerlos, así como pueden también dañar los dispositivos a los que tienen lugar esos procesos;- tales dispositivos pueden ser las bombas, los mecanismos y agitación para mezcla de reactivos, para floculación, etc. Así que hay que eliminar esa arena - en los llamados desarenadores.

Puntos Previos

Una forma de eliminar la arena consiste en aplicar los principios - básicos de sedimentación por gravedad, y en particular, sedimentación de partículas separadas.

Principios Básicos

Las particulas separadas, (las que no se aglomeran al asentarse) como es el caso de los granos de arena, lo hacen con velocidad constante.

Si mediante cribado, se obtiene en el laboratorio, muestras de arena formadas por particulas, por ejemplo, de 0.1 mm de diámetro y si en una probeta de un litro, se les dejó sedimentarse y se les mide su tiempo y la profundida del corren, es posible determinarsele v_s velocidad de sedimentación, la - cual resultó aproximadamente de 2.3 ó 2.4 cms/seg. estas particulas se mantienen en suspención porque la corriente que las contiene tiene velocidades de - arrastre de 60cms/seg. o mayores.

Si en un depósito se logra disminuir la velocidad de la corriente de agua, a un valor menos que la velocidad de arrastre, de esas particulas, entonces se sedimentan. Ese depósito constituye el desarenador.

Tiempo de Retención

Para un depósito de forma prismático rectangular con flujo continuo el tiempo de retención es t_r, es el tiempo que tarda una particula de agua, en ir desde la entrada hasta la salida del depósito. Este tiempo se puede calcular así:

$$t_r = \frac{V}{Q}$$

Siendo V el volúmen del tanque y
Q el gasto que pasa por el tanque

Tiempo de Sedimentación

Conocida mediante pruebas de laboratorio, ν_5 velocidad de sedimentación de las particulas de tamaño mínimo, que se quieren eliminar, se puede calcular el tiempo que tarda en asentarse en el tanque, al recorrer la profundidad H del tanque:

$$t_5 = \frac{H}{\nu_5}$$

Al desarenador se le puede imaginar, como un tanque a lo largo del cual camina una probeta con la misma velocidad con que avanzó el agua del tanque.

Dentro de la probeta se sedimenta una particula de arena, y la probeta avanza.

Para que la particula alcance el fondo antes de que la probeta salga del tanque, es necesario que

$$t_r = t_5$$

$$\frac{V}{Q} = \frac{H}{\nu_5}$$

Si dividimos entre H ambos miembros de esa expresión

$$\frac{\text{Area Horizontal}}{Q} = \frac{1}{\nu_5}$$

Por el hecho de que en la última expresión no figure la profundidad H del tanque, se concluye que en el fenómeno de sedimentación de particulas separadas, no influye la profundidad

Tambien

$$\nu_5 = \frac{Q}{\text{Area Horiz. de Tanque}}$$

Esta expresión conduce a imaginar que el agua corre verticalmente - aun cuando de hecho no sea así, y por eso al valor de ν_5 se le llama carga superficial C_5.

Tambien de esa expresión se ve, que una vez conocidos:

a) la velocidad de sedimentación o C_5 de las particulas que se requieren eliminar, y

b) el gasto que se desea desarenar, es posible calcular el área horizontal del desarenador, al cual, por lo dicho, se le puede dar cualquier profundidad, con la única condición de que la velocidad horizontal de la corriente de agua dentro del tanque, saque a las particular por arrastre.

Ejemplo:

Calcular las dimensiones de un desarenador, para eliminar particulas de 0.1 mm de diámetro de un gasto de Q = 240 litros/seg., sabiendo que la velocidad de sedimentación de las particulas de 0.1 mm de diámetro es de 2.4 ó ν_5 = 0.024 m/seg.

$$\text{Area horizontal} = \frac{0.240}{0.024} = 10 \text{ m}^2$$

La profundidad puede ser cualquiera. Cuando se proyecta un desarenador, no se diseña uno solo sino dos como mínimo en el presente y uno más para el futuro 3 en total.

El tirante H o profundidad del agua en el desarenador puede ser cualquiera, con tal de que no haya velocidad horizontal de arrastre que pordría sacar a las particulas ya asentadas.

ν de arrastre para las particulas de 0.1 mm de diámetro es 0.60 m/s.

Suponer que nos decidimos por una velocidad horizontal un poco menor 0.50 m/s

Q = ν horizontal por área transversal

0.024 m^3/seg. = 0.5 m/s por área transversal

$$\text{Area transversal es} = \frac{0.024}{0.5} = 0.048\ m^2$$

$$H = \frac{\text{Area transversal}}{\text{Ancho en Area Transversal}} = \frac{0.048}{0.5\ m} = 0.096\ m$$

o cualquiera mayor

Diseño Operación Manual y Mecánica

Gasto variable Vertedor proporcionado
Diseño Hidrogramo
Dimensión y Detalles
Cantidades de arena

Casos en que hay que proyectar desarenador
Tanques en ríos

o

Canales de riego
Cd. Mante - Canal de Riego
abajo lleva arena

VELOCIDADES DE SEDIMENTACION 50° F.

mm

Diámetro	1.0	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01	0.005
Arena Cuarzo	330	170	54	16	4	0.2	0.04
Carbón (Coal)	100	50	17	5	1	0.05	0.01
Salidas de agua	80	40	12	2	0.5	0.02	0.005

La cantidad de agua varía de 1 a 12 pies^3/ milla de carbón.

Distribución de electrones en los átomos de los elementos.

Elemento	No. Atomico	K 1s	L 2s	L 2p	M 3s	M 3p	M 3d	N 4s	N 4p	N 4d	N 4f	O 5s	O 5p	O 5d	P 6s	P 6p	P 6d	Q 7s
H	1	1																
He	2	2																
Li	3	2	1															
Be	4	2	2															
B	5	2	2	1														
C	6	2	2	2														
N	7	2	2	3														
O	8	2	2	4														
F	9	2	2	5														
Ne	10	2	2	6														
Na	11	Corazón de 10, Ne			1													
Mg	12				2													
Al	13				2	1												
Si	14				2	2												
P	15				2	3												
S	16				2	4												
Cl	17				2	5												
A	18	2	2	6	2	6												
K	19	Corazón de 18, A						1										
Ca	20							2										
Sc	21						1	2										
Ti	22						2	2										
V	23						3	2										
Cr	24						5	1										
Mn	25						5	2										
Fe	26						6	2										
Co	27						7	2										
Ni	28						8	2										
Cu	29	2	2	6	2	6	10	1										
Zn	30	Corazón de 28, Cu^+						2										
Ga	31							2	1									
Ge	32							2	2									
As	33							2	3									
Se	34							2	4									
Br	35							2	5									
Kr	36	2	2	6	2	6	10	2	6									
Rb	37	Corazón de 36, Kr										1						
Sr	38											2						
Y	39									1		2						
Zr	40									2		2						
Cb	41									4		1						
Mo	42									5		1						
Ma	43									6		1						

Continuación

Elemento	No. Atomico	K 1s	L 2s	L 2p	M 3s	M 3p	M 3d	N 4s	N 4p	N 4d	N 4f	O 5s	O 5p	O 5d	P 6s	P 6p	P 6d	Q 7s
Ru	44		Corazón de 36 Kr							7		1						
Rh	45									8		1						
Pd	46									10								
Ag	47	2	2	6	2	6	10	2	6	10		1						
Cd	48											2						
In	49											2	1					
Sn	50		Corazón de Pd^{o} or Ag^{+}									2	2					
Sb	51											2	3					
Te	52											2	4					
I	53											2	5					
Xe	54	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6					
Cs	55														1			
Ba	56														2			
La	57													1	2			
Ce	58										1			1	2			
Pr	59										2			1	2			
Nd	60		Corazón de								3			1	2			
Il	61										4			1	2			
Sm	62										5			1	2			
Eu	63		54 Xe								6			1	2			
Gd	64										7			1	2			
Tb	65										8			1	2			
Dy	66										9			1	2			
Ho	67										10			1	2			
Er	68										11			1	2			
Tu	69										12			1	2			
Yb	70										13			1	2			
Lu	71	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	1	2			
Hf	72													2	2			
Ta	73													3	2			
W	74		Corazón de											4	2			
Re	75													5	2			
Os	76		68 Lu^{+++}											6	2			
Ir	77													9				
Pt	78													9	1			
Au	79	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	1			
Hg	80														2			
Tl	81														2	1		
Pb	82		Corazón de												2	2		
Bi	83		78 Pt^{o} or Au^{+}												2	3		
Po	84														2	4		
–	85														2	5		
Rn	86	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	2	6		
–	87																	1
Ra	88																	2
Ac	89		Corazón de														1	2
Th	90																2	2
Pa	91		86 Rn														3	2
U	92																4	2

Aireadores por gravedad (Fig. 24-1). Los diseños característicos incluyen los siguientes:

De cascada, en los cuales la caída disponible se subdivide en una serie de etapas.

Planos inclinados, provistos generalmente de placas de *retención* colocadas en planos en posición angular para romper la lámina de agua que, en otra forma, se produciría.

Columnas verticales, a través de las cuales caen gotas de agua y ascienden corrientes de aire en flujo a contracorriente.

Columnas de charolas o canales perforados, frecuentemente llenos con material de contacto como coque o piedra, el agua cae libremente de una charola a otra o de canal a canal y gotea sobre las superficies del medio de contacto presente.

Los aireadores de gravedad de esta clase son comunes en las plantas de purificación de agua, pero raros en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, el lecho de los filtros goteadores proporciona aireación por gravedad, así como contacto interfacial (Fig. 35-2*b*).

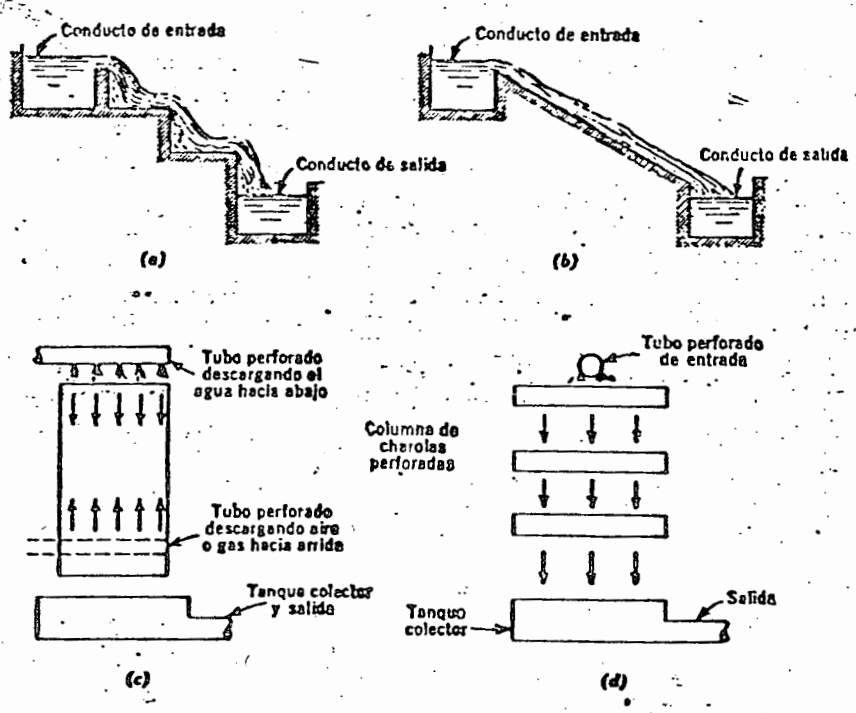


Fig. 24-1. Aireadores por gravedad. *a*) De cascada; *b*) de plano inclinado, posiblemente dotado de placas de retención; *c*) de torre con flujo a contracorriente de aire (gas) y agua; *d*) columna de charolas perforadas conteniendo posiblemente medio de contacto.

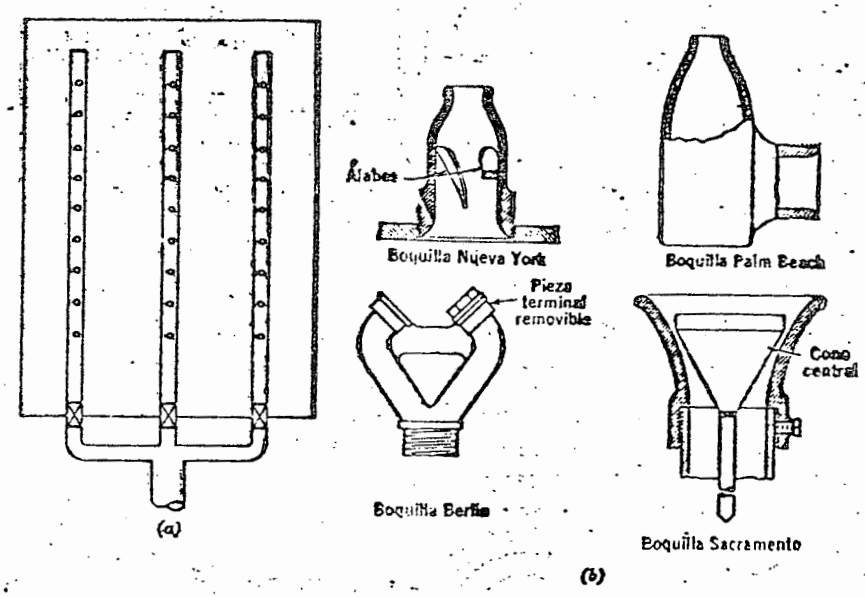


Fig. 24-2. Aireador por aspersión y boquillas. *a*) Aireador dotado de boquillas; *b*) boquillas para aireadores. Los coeficientes de descarga de estas boquillas varían de 0.85 a 0.92.

Aireadores por aspersión. Los aireadores por aspersión o a presión, atomizan gotas de agua del seno del aire a partir de orificios o boquillas estacionarios o móviles. Un movimiento rotativo que se imparte a las gotas causa la turbulencia en la superficie de contacto aire-agua.

Orificios o boquillas en tubos estacionarios (Figs. 24-2 a 24-4). El agua asciende, ya sea verticalmente o en ángulo, y cae a un vertedero colector, un lecho de contacto, o a un estanque colector que sirven para algún otro propósito útil. La exposición más larga en los chorros verticales se contrarresta en parte, por el acceso más libre del aire a la trayectoria de los chorros inclinados.

Orificios o boquillas en tubos móviles (Fig. 35-2). Los chorros se proyectan horizontalmente desde las aberturas y coadyuvan a la rotación de tubos radicales suspendidos desde una columna central de entrada, impulsando tubos móviles sostenidos en ambos extremos por carros que ruedan sobre un riel. Tanto los tubos distribuidores rotativos como los de movimiento rectilíneo pueden accionarse hidráulica o eléctricamente (Sec. 35-6).

Los orificios y boquillas estacionarios se emplean mucho en las plantas de purificación de aguas y los distribuidores móviles, en plantas de tratamiento de aguas residuales (filtros goteadores).

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS

COAGULACION Y FLOCULACION

ING. FRANCISCO MONTEJANO

Noviembre, 1978.

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

C O A G U L A C I O N

Coagulantes.

1) $Al_2 (SO_4)_3$ 18 H_2O Sulfato de aluminio comercial.

2) $Al_2 (SO_4)_3$ 14 H_2O Sulfato de aluminio.
(Filter Alum)

3) Se especifica a base del contenido de óxico de aluminio, (Al_2O_3) que debe ser el 17%.

4) Aluminato de Sodio.

5) Sulfato doble de aluminio y amonio.

6) Alumbre activado.

Sulfato de aluminio con aproximadamente 15% de silicatos - insolubles que sirven como núcleos en el proceso de coagulación, en el caso de aguas de poca turbiedad.

7) "Alumbre negro" (Black Alum)

Mezcla de sulfato de aluminio y carbón activado, para coagulación y para eliminación de olores y sabores.

8) Sulfato ferroso (Copperas) $FeSO_4$ 7 H_2O

Coagulante efectivo para pH de 8,5 y 11.

9) Sulfato férrico $Fe_2(SO_4)_3$

10) Cloruro férrico $Fe\ Cl_3$

11) Sulfato ferroso clorado (chlorinated Copperas)

12) Ayudas de Coagulación

Arcilla
Sílice activado
Polielectrólitos

<u>Propósitos generales</u> de la coagulación y floculación

Procesos aplicados como tratamiento de aguas superficiales para eliminar <u>turbiedad</u>, <u>color</u>, <u>olor</u> y <u>sabor</u>.

Origen de la turbiedad y del color.

Materia suspendida en el agua en forma coloidal. No se puede eliminar por sedimentación.

Estos coloides de turbiedad y color generalmente son partículas cargadas eléctricamente, con carga (-) negativa.

Origen del olor y del sabor.

Materia orgánica en descomposición
Gases disueltos
Residuos industriales
El cloro usado para la desinfección
Substancias producidas por ciertos microorganismos.

Diatomeas.

Asterionella - Olor a tierra húmeda cuando son menos de 500 unidades estandar.
Cuando son 500 a 1,000, dan olor ligeramente aromático.
Cuando son más de 1,000, dan olor a geranio.
Varios miles dan olor a pescado.

Lo mismo la Tabellaria Cianoficeas

Anabaena
Afanizomenen
Coelosfaerium
Clatrocistis
Microcistis

500 a 1,000 unidades dan olor a pasto recién cortado.
Si más de 1,000, dan olor picante.
Cuando mueren dan olor a chiquero.

Protozooarios.

Uroglanea
Simura

Olor aceitoso y a pescado.
El cloro refuerza el olor y el sabor.

La simura produce un sabor desagradable tan intenso, que las quejas de los usuarios surgen antes de que la simura pueda apreciarse en el microscopio.

MECANISMO DE LA COAGULACION

Tres acciones definidas

1) El coagulante se disuelve.

Los iones trivalentes comienzan a neutralizar las partículas coloidales de color y turbiedad cargadas negativamente. Es la fase más importante.

Al^{+3} + Coloid Coloid de Al menos cargado (-)

Cuando se agrega sulfato de aluminio al agua, pueden formarse $Al(OH)^{+}$ $Al(OH)_3$ ó $Al(OH_{\bar{a}}$ (complejo)

El Al^{+3} y las complejo positivas son las que anulan el coloide de aluminio, haciendo apto para que haya FLOCULACION.

En esta fase es en lo que se requiere la mezcla rápida para obtener las microflóculas.

2) Las microflóculas adsorben iones H^{+}, de la solución, retienen cargas positivas y continúan neutralizando partículas coloidales negativas de color y turbiedad constituyendo la 2a. fase de la coagulación.

3) Floculación. Se requiere agitación lenta. Es una fase de adsorción superficial. Formación de superficie activa. Las impurezas del agua son adsorbidas.

Las dosis de coagulantes para producir estas tres fases en forma óptima, deben llenar las siguientes condiciones:

a) Que sean las dosis mínimas para que su uso sea económico.

b) Que produzcan flóculos, no sólo grandes sino también pesados, que puedan sedimentarse en el menor tiempo.

c) Que no sólo se sedimenten en poco tiempo, sino que también eliminen el color, olor, turbiedad a valores inferiores a los de los límites permisibles.

REACCIONES QUIMICAS

Cuando se agrega sulfato de aluminio al agua, se combina con los iones OH^{-} para formar $Al(OH)_3$ el cual ioniza poco y se for-

man también iones H^+ y SO_4"

$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \quad 2Al(OH)_3 + 6H^+ + 3SO_4^{=} \text{ ----(1)}$$

Los iones H^+ bajan el pH al grado que disminuyendo los OH^- se interrumpe la formación de $Al_2(OH)_3$, a menos que esos iones H^+ sean removidos por los bicarbonatos presentes que sirven como reguladores de pH.

$$HCO_3^- + H^+ \quad H_2CO_3 \quad CO_2 + H_2O$$

Es así como interviene la alcalinidad 2 propia del agua.

Para aspectos cuantitativos es mejor escribir las reacciones en forma molecular.

$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \quad 2\,Al(OH)_3 + 3H_2SO_4 \text{ --- } 3$$

$$3Ca(HCO_3)_2 + 3H_2SO_4 \text{ -- } 3Ca\,SO_4 + 6CO_2 + 6H_2O \text{ ---4}$$

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(HCO_3)_2 \text{ --- } 2\,Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 6CO_2 \text{ --- } 5$$

Para relaciones de peso, la última sección debe escribirse

$$Al_2(SO_4)_3\,14H_2O + 3Ca(HCO_3)_2$$

600 $\quad$ 3 x 100 = 300

Alc. como CaCO y

$$2Al(OH)_3 + 3\,Ca\,SO_4 + 6\,CO_2 + 14\,H_2O$$

6 x 44 = 264

600 partes de alumbre destruyen 300 partes de Alc. ó 1 mg/l de alumbre produce 0.44 mg/l de CO_2

Estos cambios dan como resultado una baja en el pH. Como el bicarbonato de calcio se convierte en sulfato de calcio, parte de la D.C se cambia a DNC, lo cual representa una desventaja en cuanto a dureza se refiere.

Estas cifras sólo sirven para guiar los experimentos de coagulación, que hay que hacer, en cada caso particular, con la prueba de jarras.

SELECCION DEL COAGULANTE

Ph óptimo

Se hace a base de la prueba de jarras y el pH depende del -- coagulante.

Para las sales de aluminio:

pH entre 5.8 a 6.8

Para las sales de fierro 3.5 a 13

pero en la zona de 6.5 a 8.5 de pH, la precipitación se efectúa en forma más lenta e incompleta.

La eliminación de color tiene lugar en general, a pH bajo.

EQUIPO PARA LA PRUEBA DE JARRAS

1) Dispositivo mecánico
2) Vasos de precipitado de 1 a 2 litros
3) Pipetas
4) Embudos y papel filtro
5) Solución de coagulante

Disolver 10 g de coagulante en agua destilada y llévese a 1 litro. 1 ml de esta solución en 1 litro de agua da 10 mg/l ó sean 10 ppm.

DOSIS APROXIMADAMENTE DE COAGULANTE

CRITERIO DE LA ALCALINIDAD

1o. Determinar la alcalinidad total

2o. Sustraer 1/3 de la alcalinidad total y multiplicar por 2.

Ejemplo:	Alc. Total	60
	Menos 1/3	20
	Result.	40
		x2
		80 mg/l de coagulante.

CRITERIO DE LA TURBIEDAD

Turbiedad	Dosis aprox. de sulfato de aluminio en ppm.
0 a 20	10
50	10 a 15
100	15 a 20
150	20 a 30
200	30 a 40
300	30 a 50
500	30 a 80

Procedimiento

1) Colóquense muestras de 1 a 2 litros en el depósito de jarras.

2) Agréguense las dosis de coagulantes

3) Mezcla rápida; 0.5 a 3 minutos a 80 R.P.M.

4) Mezcla lenta; 10 a 20 minutos 20 a 30 R.P.M.

5) Observar el tiempo en que el flóculo en cada vaso.
Observe la apariencia de cada vaso a los 30 minutos.
Registre Alc., pH y Sulfato de Al residual, así como Fe y Mm

Seleccione la dosis que lleva las condiciones enumeradas en puntos anteriores.

Métodos para eliminar olores y sabores

1) Preventiva
2) Para eliminación una vez producidas

1) Uso de algicida; sulfato de cobre 1 a 2 ppm; previo prueba de laboratorio.
Aplicar de Sedgwich-Rafter y examen microscópico.

2) a) Aireación
b) Recloración
c) Supercloración
d) Cabrón activado
e) Ozono

SISTEMAS Y EQUIPOS

Dosificadores

a) Dosificación en solución

b) Dosificación en seco

Volumétricos
Gravimétricos

Floculación Mecánica

Tanques para la mezcla rápida

Tanques para mezcla lenta

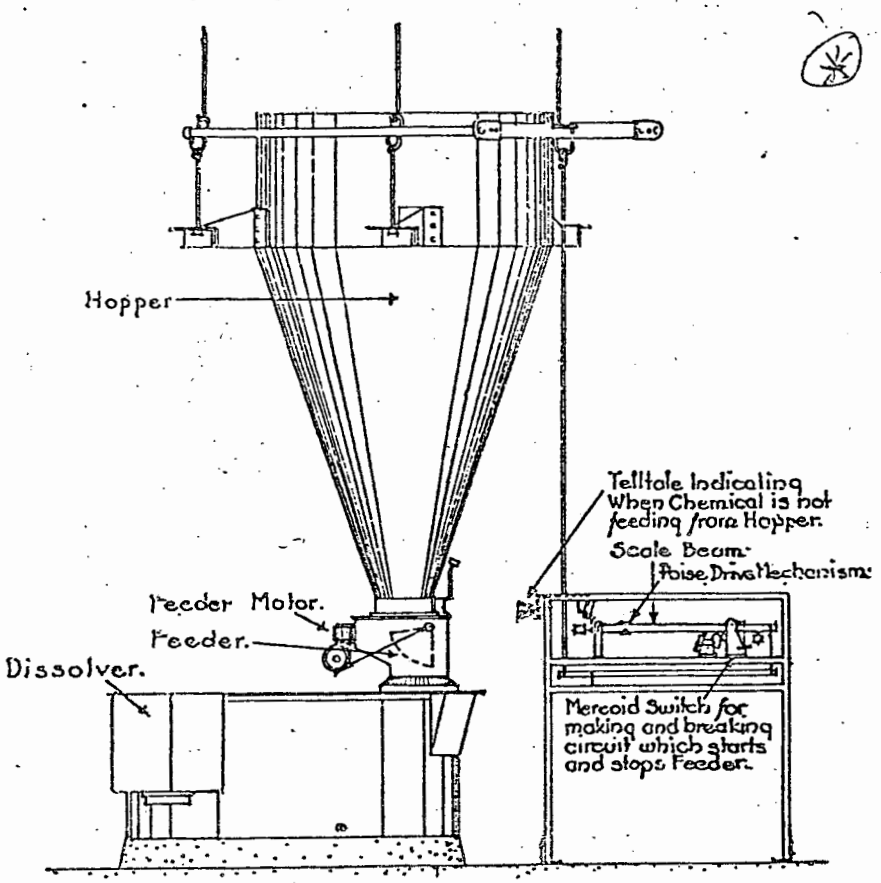
Floculación Hidráulica

Mezcla rápida y mezcla lenta

Canales con mamparas

The quantity of chemicals required to condition water for filtration usually is very small. It may vary in amount from a maximum of 1000 pounds to a minimum of less than 100 pounds per million gallons. Unless the water plant is a large one treating millions of gallons of water daily, or a softening plant requiring large quantities of chemicals,

CHEMICAL FEEDING DEVICE FOR CONTINUOUSLY WEIGHING AND DISSOLVING CHEMICALS



How Scale Operates

1. Poise is set to balance weight of chemical in hopper.
2. Poise is driven inward on beam at desired rate.
3. Inward movement of poise unbalances scale beam completing electrical circuit which starts feeder.
4. Discharge of chemical from hopper causes scale beam to gain balance, thus breaking contact and stopping feeder.
5. The cycle continues until hopper is empty.

TABLA DE PROPIEDADES

Producto Químico y fórmula	Peso aparente Kg/m³ (o bien ° Bé)	Disolución Recomendada (máxima)	Solubilidad gr. 100/ml. 0°C 20°C	Materiales adecuados de maniobra
Carbón Activado (C)	192 (polvo)	120 grs/lt.	Insoluble Suspensión máx. 120 grs./lt.	Seco: Hierro, acero. Húmedo: Acero inox. goma, Eductores de bronce.
Sílice Activada ($Si\ O_2$)	1000 (líquido)	Preparado activando el silicilato de sodio	Insoluble	Hierro, goma, aceros en gral.
Sulfato de Alúmina $Al\ 2\ (SO4)\ 3\ 14\ H_2\ O$, (aprox.)	960 a 1200 (granulado)	60 grs/lt.	60 — 71	Seco: Hierro, acero, hormigón. Húmedo: Plomo, goma, celulo, cipés, acero inox. 316, plásticos.
Sulfato de Aluminio líquido $Al\ 2\ (SO_4)\ 3 \times H_2\ O$	Solución de — 27° Bé — 32.2° Bé — 36.4° Bé	3 %	Completamente mezclable	Tanques revestidos de plomo, goma. Conductos de ebonita o plásticos.
Amoníaco Anhidro ($N\ H_3$)	———	———	47,3 — 34,6	Hierro, acero, vidrio, níquel, metal monel.
Sulfato de amonio $[(NH_4)_2SO_4]$	950	Aparatos en seco: 60 grs. lt. Aparatos en solución: 120 grs. lt.	70,6 — 75,5	Seco: Hierro, acero. Húmedo: Acero inox. goma, plásticos, cerámica.
Cal hidratada $[Ca\ (OH)_2]$	650	Aparatos en seco: 60 grs. lt. Aparatos en solución: 30 grs. lt.	0,18 — 0,16	Hierro, acero, goma, etc. No usar plomo.
Carbonato de sodio $[Na_2\ CO_3]$	Desde 650 a 1000	Aparatos en seco: 60 grs. lt. Aparatos en solución: 120 grs. lt.	7.0 — 21,5	Hierro, acero, conductos de goma, plásticos.
Sulfato ferroso $[Fe\ SO_4\ 7H_2\ O]$	1000	120 grs./lt.	28,7 — 43,5	Seco: Hierro, acero, hormigón. Húmedo: Hierro, plomo, goma, celulo, cipés, plásticos, acero inox.
Sulfato férrico $Fe\ 2(SO_4)3\ 3H_2O$	1140	240 grs. lt.	Muy soluble	Acero inox. 316, goma, plomo, cerámicas.
Hexametafosfato de sodio $(Na\ PO_3)\ 6$	800	120 grs./lt.	Muy soluble	Acero inox. goma, plomo, cerámicas, revestidos de celulo.

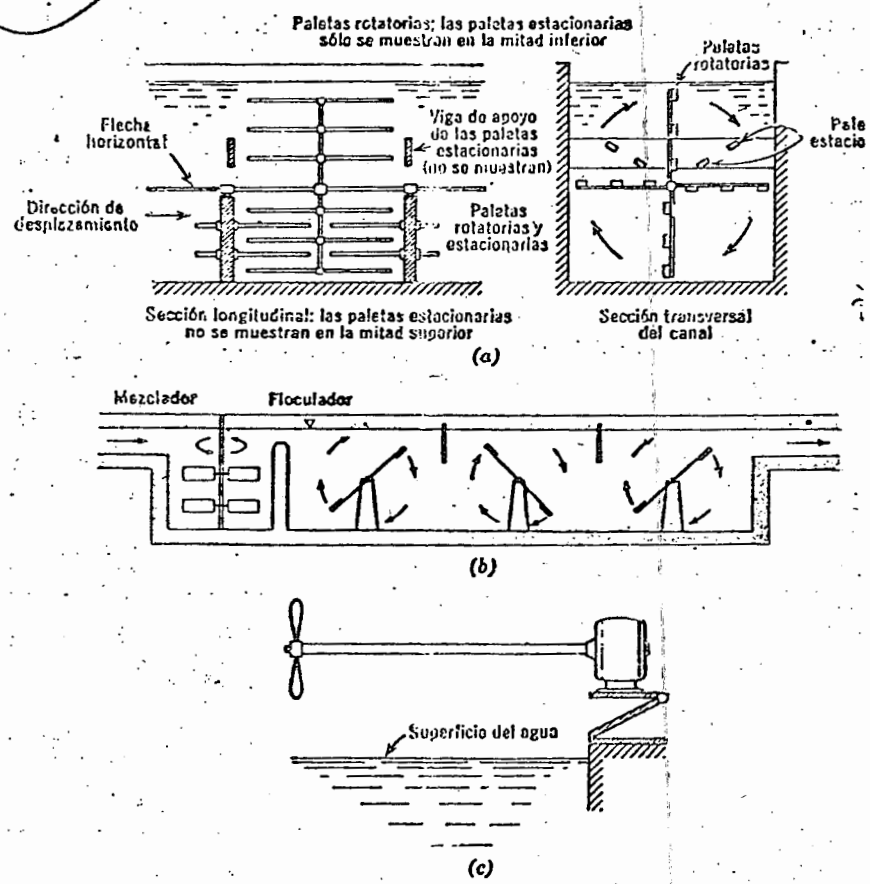


Fig. 26-2. Impulsores para mezclado y mezclado lento. *a*) Mezclador paletas u hojas con flecha horizontal longitudinal y paletas rotativas y cionarias. *b*) Mezclador de turbina con flecha vertical seguido de canal cruce, con agitación lenta, flecha horizontal y resuspensión de los flóc sedimentados en forma a contra corriente. *c*) Hélice mezcladora colo en posición horizontal.

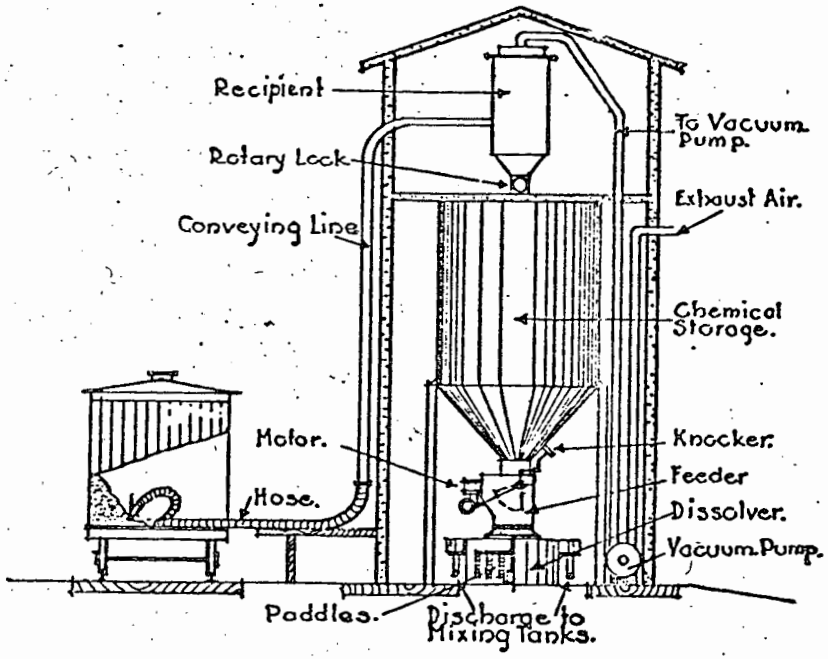
26-2*c*). Las hélices se emplean frecuente y principalmente en mezclad instantáneos.

La alimentación de potencia útil para mezclado y mezclado lento di nuye por el movimiento rotativo de las masas de agua como conjunt por la formación de vórtices. Los gradientes de corte se reducen por la diferencial en velocidad entre el impulsor y el agua disminuye, potencia gastada en los niveles cambiantes por la formación de vórt no se emplea para propósito de mezclado. Los estatores son aditame útiles para todos los tipos de impulsores. En la Fig. 26-5*c* y *d* se muest dispositivos combinados para mezcla y sedimentación.

labor-saving devices are not generally needed. However, softening for even a relatively small community may justify the installation of rather elaborate chemical handling devices.

Methods for handling, storing, and applying large quantities of chemicals were in the past very crude but now large quantities can be handled economically. Power shovels and pneumatic conveying devices have come into use. Elevation into bins from which the chemicals subsequently are fed into the water by gravity costs little. An explana-

PNEUMATIC UNLOADING, STORAGE AND FEEDING OF CHEMICALS



The pneumatic unloading system consists of an intake pipeline, including flexible hose and intake nozzle, receiving station, the filters for cleaning the conveying air, and the vacuum pump. To unload a car of chemicals, the vacuum pump and motor to drive the discharge mechanism under the receiving station are started. Atmospheric air is drawn in at the intake nozzle, and when the nozzle is immersed in the material, the inflow of air picks up the chemical and conveys it in a steady stream at high velocity to the receiving station. There the abrupt decrease in velocity causes the precipitation of the material in the hopper, when the conveying air is drawn up through the filters, which consist of three cylindrical housings containing cloth tubes. The air passes up through the tubes, but the cloth retains the fine dust particles, so that only cleaned air is drawn through the pump and discharged to the atmosphere. There is an automatic arrangement to clean the dust regularly from the cloth tubes in each filter compartment, so the dust feeds out of the system continuously with the coarser particles. The chemical is discharged through the rotary lock in the hopper, from which it is measured or weighed into the slaker or dissolver and thence into the water being treated.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS.

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES
CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

Q:F:B: GABRIELA MOLLER DE JALIFE

13 OCTUBRE DE 1978

BACTERIOLOGIA DEL AGUA

Los microorganismos que más frecuentemente se encuentran en el agua, son las bacterias. Pueden encontrarse en el agua atmosférica; abundan en las aguas superficiales y existen en pequeñas cantidades en aguas subterráneas, a estos organismos le siguen, en cuanto a su abundancia en el agua, las algas y protozoarios flagelados. Otros organismos que se encuentran a veces en el agua son los protozoarios patógenos, los virus, las larvas de tremátodos, las tenias y lombrices. Estos organismos, así como muchas variedades de bacterias, tienen una importancia grande desde el punto de vista sanitario, puesto que pueden ser agentes de enfermedad.

En general, la presencia de un número excesivo de bacterias o de organismos patógenos como los mencionados, convierte el agua en peligrosa, mientras que la presencia de algas y protozoarios flagelados le da solamente mal sabor.

Las bacterias que se encuentran en el agua pueden agruparse en 3 clases: bacterias naturales del agua, bacterias del suelo y bacterias de origen intestinal o de aguas negras.

Entre las bacterias naturales del agua, las más comunes son las del género Pseudomonas (Ps fluorescens y Ps aeruginosa), que producen un pigmento soluble en agua, a la que imparten fluorescencia verde, y que generalmente licúan la gelatina, y varias especies de los géneros Serratia, Flavobacterium y Chromobacterium, que producen

pigmentos insolubles de color rojo, amarillo anaranjado y violeta, respectivamente.

Estas bacterias naturales del agua se consideran generalmente como no patógenas para el hombre.

Las bacterias provenientes del suelo se encuentran en gran cantidad en las aguas superficiales en época de lluvias intensas. Normalmente, estas bacterias no viven mucho tiempo fuera de su ambiente natural y su eliminación del agua es activa por la sedimentación de la turbiedad que acompaña su presencia. Entre las especies más comunes se encuentran las del género Bacillus (B. cereus, B. subtilis), gram positivo, aeróbico, productor de esporas, que no produce gas a partir de carbohidratos. Otro grupo de bacterias que se encuentra especialmente en las aguas subterráneas puede clasificarse como plaga. La especie más conocida de este grupo Cremothrix polyspora, una de las llamadas bacterias ferruginosas, que oxida ciertas formas de hierro y ocasiona depósitos de óxido de este metal en las tuberías de agua.

Las bacterias manganesianas, que oxidan los compuestos de manganeso a dióxido de manganeso, se encuentran también en las aguas subterráneas. Aunque estas formas no son patógenas, son de gran interés en las plantas de tratamiento de agua, pues son la causa de frecuentes quejas por la coloración del agua potable y por formar depósitos que obstruyen las cañerías.

Entre los organismos encontrados comunmente en el intestino del

hombre y de los animales y que por lo tanto, podrían considerarse como indicadores posibles de contaminación, se pueden enumerar los siguientes: los bacilos del género Clostridium, grampositivos, formadores de esporas, anaeróbicos y productores de gas; los cocos del género Streptococcus, grampositivos; los bacilos gramnegativos no esporulados de los géneros Escherichia, Aerobacter y Proteus que, generalmente se consideran no patógenos, y los géneros Salmonella, que incluyen muchas especies patógenas.

EXAMEN BACTERIOLOGICO DEL AGUA

Desde el punto de vista del técnico que tiene a su cargo una estación de tratamiento de agua el objetivo principal del examen bacteriológico del agua es proporcionar toda la información relacionada con su potabilidad, es decir, evitar el peligro de ingerir organismos que puedan producir enfermedades. El procedimiento lógico y natural sería la detección, en el agua que se examina, de microbios patógenos específicos, como la Salmonella typhosa. Sin embargo, una tarea de esta naturaleza requiere mucho, tiempo, es difícil de llevar a cabo y no es práctica para un análisis rutinario del agua. Por la dificultad del aislamiento directo de bacterias que producen enfermedades específicas, se han ideado procedimientos indirectos que permitan obtener la información necesaria sobre la probable presencia de estos microorganismos patógenos.

Estos procedimientos los describiremos a continuación

Muestreo

Es necesario tomar en cuenta para cualquier tipo de análisis bacteriológico de agua los siguientes puntos:

1. La muestra de agua debe ser recolectada en un envase estéril (*)

2. La muestra debe ser representativa del abastecimiento del cual es tomada.

3. Debe evitarse la contaminación de la muestra durante el muestreo y después de este.

4. La muestra debe analizarse tan rápido como sea posible después de la toma.

5. Si el análisis de la muestra se retarda, ésta debe ser almacenada entre 0 y 10° C

(*) Si la muestra de agua para análisis ha sido previamente clorada debe usarse un agente que elimine el cloro residual. Comunmente se usa .1ml de una solución al 10% de tiosulfato de sodio que se agrega en el envase en que se tomará la muestra antes de su esterilización.

Los procedimientos bacteriológicos rutinarios consisten en; (I) cuenta en placa para determinar el número de bacterias presentes y (II) una prueba para revelar la presencia de bacterias coliformes

(I) Cuenta en Placa

Es una técnica empírica para determinar la densidad bacteriana de las aguas. Generalmente 1ml de la muestra se siembran en un medio determinado (agar nutritivo o triptona glucosa agar). Las placas se incuban a 20° C por 48 h o a 35° C por 24 h. Posteriormente se procede a contar las colonias y se calcula el número de bacterias por ml en la muestra.

La cuenta en placa es útil para determinar la eficiencia de operaciones utilizadas para remover o destruir organismos. Por ejemplo en la sedimentación, filtración y cloración. Se hace una cuenta antes y después del tratamiento específico y los resultados indican a que grado se redujo la población microbiana.

La muestra debe ser agitada vigorosamente y tomarse con una pipeta estéril para pasarse a una caja de petri o tubo para dilución. El volumen de muestra tomado dependerá de las características del agua. Un volumen muy usado es el de 1ml y .1ml y si se sospecha que el agua está muy contaminada hacer las diluciones pertinentes Una vez puesta la cantidad de muestra en la caja petri previamente esterilizada se vierten 10ml o más del medio seleccionado, licuado y a una temperatura de 43 a 45° C. La tapa de la caja de petri

debe ser levantada solamente para permitir el que se introduzca la pipeta para poner la muestra o el vertir el medio de cultivo.

El medio de cultivo y la muestra deben mezclarse perfectamente trás de lo cual se incuban a la temperatura indicada anteriormente. Después del tiempo de incubación se cuentan las colonias, escogiendo aquellas cajas que tengan un número de colonias entre 30 y 300. El resultado será el promedio de todas las cajas que caigan dentro de ese rango.

El conteo debe hacerse en un cuenta colonias Quebec.

(II) Prueba para revelar la presencia de bacterias coliformes

Como ya se mencionó, se podría pensar que el objetivo de un análisis de agua sería el de aislar microorganismos patógenos, cosa que no es verdadera por las siguientes razones:

> Los microorganismos patógenos pueden estar en el agua esporádicamente y no sobreviven por periodos largos de tiempo, por lo tanto podrían no estar presentes en las muestras enviadas al laboratorio.
>
> Como están presentes en muy pequeñas cantidades pueden no detectarse en los procedimientos de laboratorio.

Se sabe que los microorganismos patógenos llegan a los cuerpos de agua por medio de descargas intestinales. Se sabe también que ciertas especies bacterianas particularmente Escherichia

coli y algunos organismos relacionados denominados coliformes, estreptococo fecal (Streptococus faecalis) y clostridium perfringens habitan normalmente en el intestino delgado del hombre y otros animales y por consiguiente están presentes en las heces, por lo tanto, la presencia de cualquiera de estas especies bacterianas es evidencia de contaminación por excretas.

Si estos organismos están presentes en el agua, el camino está también abierto para que los microorganismos, patógenos contaminen el agua, ya que también están presentes en las heces, ya que el análisis de laboratorio para microorganismos patógenos presenta los problemas mencionados anteriormente. Se ha enfocado la atención a la identificación de especies bacterianas de origen fecal, particularmente del grupo coliforme, esto ha sido satisfactorio en la práctica y tiene las siguientes ventajas:

Los coliformes particularmente Escherichia coli, está siempre presente en grandes cantidades en el intestino delgado de los humanos.

Estos microorganismos viven más tiempo en el agua que los microorganismos patógenos.

Una persona sana no excretará microorganismos patógenos, pero si tuviera tifoidea, estos microorganismos si estarían presentes en sus heces, por lo tanto, la presencia de coliformes en el agua es una señal preventiva; esto quiere decir que el agua está sujeta a una contaminación potencial

y peligrosa.

El grupo de bacterias coliformes incluye todos los bacilos gram negativos aeróbicos, anaeróbicos y facultativos, no esporulados que producen ácido y gas a partir de la fermentación de la lactosa. Las especies clásicas de este grupo son Escherichia coli y Aerobacter aerogenes.

El examen para la identificación de microorganismos consta de tres etapas sucesivas:

(1) La prueba presuntiva; (2) la prueba confirmativa y (3) la prueba completa

(1) Prueba ~~confirmativa~~ presuntiva

Se ha encontrado que los coliformes son una de las pocas bacterias que fermentan el disacárido lactosa, con la producción de gas. Es posible detectar la presencia de coliformes en una muestra de agua agregándola en un medio de caldo lactosado que contenga un pequeño tubo invertido e incubando a 35° C por 24 ó 48 horas. La presencia de peptona en el medio, estimula el crecimiento de todas las bacterias; pero los coliformes tienen en la lactosa una fuente adicional de alimento que otras bacterias no pueden usar. Conforme los coliformes metabolizan la lactosa bajo condiciones anaeróbicas, forman ácido que disminuye el pH desprendiéndose bióxido de carbono e hidrógeno. Estos dos gases se atrapan en el tubo invertido siendo esto una

evidencia de la fermentación de la lactosa.

Si los coliformes fueran las únicas bacterias capaces de formar gas a partir del caldo lactosado, la prueba sería perfecta, pero desgraciadamente, otras bacterias también producen gas a partir del caldo lactosado. Estos productos de gas que no pertenecen al grupo coliforme, incluyen a aquellos microorganismos aerobios , formadores de esporas o bien debido a una acción de sinergismo entre dos o más especies bacterianas por lo que la producción de gas debe confirmarse que sea producida por microorganismos del grupo coliforme.

(2) Prueba confirmativa

Cuando se analiza agua potable o aguas en proceso de potabilización, todos los tubos gas positivo en la prueba presuntiva deben ser sometidos a procedimientos confirmativos.

Se aplica también a aguas de balnearios, efluentes clorados de las plantas de depuración de aguas negras y en general, a cualquier muestra de agua en la que se conoce por experiencia que no es aplicable la prueba presuntiva.

Para esta prueba se utilizan tubos de fermentación que contienen caldo lactosado bilis verde brillante o también pueden ser utilizadas placas de agar Endo o de agar EMB(eosina azul de metileno-lactosa).

A partir de los tubos de caldo lactosado inocular de inmediato

tubos que contienen caldo lactosado bilis verde brillante. Incubar a 35°C ± 0,5°C por 24 y 48 horas. Se considera como prueba confirmativa positiva la formación de gas (menor o mayor) en el interior del tubo invertido del caldo lactosado bilis verde brillante, en cualquier periodo de tiempo dentro de las 48 ± 3 horas.

Si se utilizan medios selectivos sólidos para la prueba confirmativa se debe inocular por estrías, de tal modo que después de incubarlas a 35°C ±0.5°C por 24 ± 2 horas se obtengan colonias aisladas, separadas unas de otras por 0,5 cm.

Pueden ser consideradas como positivas las colonias típicas que son nucleadas, con o sin brillo metálico. Las colonias atípicas son opacas, anucleadas, mucoides y de color rosa.

Se consideran como negativas a las colonias incoloras. Si al observar las placas sólo se han desarrollado colonias atípicas, el resultado es dudoso y debe efectuarse la prueba completa.

(3) Prueba Completa

Se aplica como etapa siguiente a la prueba confirmativa en el examen de muestras de agua si los resultados son aplicados en el control de la calidad del agua potable. También se recomienda cuando existe alguna duda sobre la validez de la prueba confirmativa.

El número de procedimientos requeridos para establecer la validez de la prueba confirmativa será determinado por la frecuencia de

interferencias de la flora del agua. Aproximadamente 20 pruebas durante cada tres meses serían suficientes donde existe una buena correlación con la prueba complementaria. Para pruebas comparativas, las muestras seleccionadas deberían incluir todas las muestras de agua de consumo en las cuales se encuentren coliformes en las pruebas confirmativas.

El procedimiento de la prueba completa consiste en tomar una o más colonias aisladas (típicas o atípicas) de cada placa de agar selectivo utilizado e inocular en tubos de caldo lactosa o caldo lauril triptosa para demostrar la fermentación de la lactosa, incubando a 35°C por 24 - 48 horas, y simultáneamente, efectuar un aislamiento de las colonias en tubos de agar inclinado para efectuar una coloración Gram después de la incubación de los tubos a 35°C por 18 - 24 horas. Al pasar las colonias al agar inclinado se debe tener el cuidado de seleccionar aquellas bien aisladas y separadas y tocarlas ligeramente con el asa para evitar el riesgo de transferir cultivos mixtos.

Transcurrido el tiempo de incubación, la formación de gas en el tubo de caldo lactosado o caldo lauril triptosa así como la visualización de bacilos Gran negativos, no esporulados, en el cultivo de agar inclinado, indican resultados positivos para bacterias del grupo coliforme en el volumen de muestra examinada.

EXAMEN DE COLIFORMES FECALES

Con sólo un pequeño esfuerzo adicional se puede llevar a cabo la

prueba de coliformes fecales por el procedimiento de tubos múltiples.

Este examen generalmente está hecho para investigar: casos de contaminación de corrientes de agua, fuentes de agua potable, sistemas de tratamiento de aguas residuales, aguas de balnearios, aguas marinas y en general, para monitoreo de calidad de agua. No se recomienda sustituir este examen de coliformes totales en agua potable puesto que en este caso ningún organismo coliforme debe estar presente.

A partir de cada uno de los tubos gas positivo, en caldo lactosado o caldo lauril triptosa en la prueba, presuntiva, se inoculan tubos que contienen caldo EC.

Los tubos de caldo EC se incuban a 44.5°C ± 0.2°C por 24 horas en un baño de agua con tapa para mantener estable la temperatura.

Los tubos sembrados deben ser colocados en el baño de agua dentro de los 30 minutos luego de la inoculación, así el crecimiento está relacionado a la exposición a temperatura elevada.

Cualquier inoculación directa de alícuotas de muestra en tubos de caldo EC, sin enriquecimiento preliminar sea en caldo lactosado o caldo lauril triptosa, es inadecuada.

Luego del periodo de incubación, los tubos son retirados del baño de agua, se agitan suavemente y se observa la producción de gas. La presencia de gas en cualquier cantidad es una prueba positiva.

Se calcula el número más probable (NMP), basándose en las combinaciones de tubos positivos y negativos, reportando los resultados como coliformes fecales por 100 ml.

CALCULO DEL NUMERO MAS PROBABLE (NMP)

Un cálculo matemático de la densidad probable de bacterias en una muestra se puede efectuar combinando los resultados positivos y negativos obtenidos en las pruebas de tubos múltiples. Aunque los cálculos del número más probable pueden ser hechos en base a cualquier combinación de porciones de muestra empleada, la combinación de tubos múltiples más frecuentemente utilizada es la de cinco porciones de 10 ml. para exámenes de agua potable, y de cinco porciones de tres diferentes diluciones decimales para obtener datos válidos en fuentes de agua cruda, en investigación de aguas contaminadas, y para controlar la calidad de tratamiento de los efluentes.

La práctica de utilizar series de tres tubos en lugar de cinco para acumular datos de NMP que son utilizados para establecer estándares de calidad del agua, da como resultado un NMP de precisión significativamente reducida.

La mayoría de las tablas de NMP están generalmente limitadas a valores de pruebas que comienzan con porciones de muestra de 10 ml. Los resultados de pruebas que empiecen por diluciones decimales requieren para su interpretación la siguiente fórmula:

$$\text{Valor en la tabla del NMP} \times \frac{10}{\text{volumen de muestra}} = \text{NMP por 100 ml.}$$

Por ejemplo, para una serie sembrada con volúmenes de muestra de 1 ml, 0.1 ml, 0.01 ml, y con tubos positivos correspondientes a 4, 2 y 0, tenemos que:

$$22 \times \frac{10}{1} = 220 \text{ NMP por 100 ml.}$$

Es costumbre registrar los resultados de los exámenes colimétricos en forma de quebrado, expresando en el numerador el número de tubos positivos y en el denominador en número de tubos inoculados; por ejemplo:

Para 5 porciones de 10 ml: 3/5

Para 3 series de 3 tubos cada una con 10 ml, 1 ml y 0.1 ml: 3/3 1/3 0/3

Para tres series de 5 tubos cada una con 10 ml, 1 ml y 0.1 ml 1/5 1/5 0/5

La prueba IMViC. La palabra IMVic es solo una nemotecnia de las pruebas de diferenciación para los organismos coliformes fecales y no fecales. Su estructura se deriva de:

I por Indol, o sea la prueba del indol;

M por Metilo, o sea la prueba del Rojo de metilo;

V por Vogues, o sea la prueba de Vogues-Proskauer;

i una vocal sin significado, usada unicamente como enlace; y

C por citrato, o sea la prueba del medio citratado de Koser.

Otro aspecto de la nemotecnia es que Escherichia coli, típicamente fecal, responde a las cuatro pruebas en la forma ++-- mientras que Aerobacter aerogenes, que se considera como coliforme no fecal, responde en la forma --++. Con un poco más de detalle los tres organismos que se diferencían en esta prueba responden así:

	Indol	Rojo de metilo	Vogues Proskauer	Citrado Koser
Escherichia coli				
Variedad I	+	+	-	-
Variedad II	-	+	-	-
Escherichia freundii				
Variedad I	-	+	-	±
Variedad II	+	+	-	+
Aerobacter aerogenes				
Variedad I	-	-	+	±
Variedad II	±	-	+	+

El fundamento de las pruebas diferenciales se basa en lo siguiente:

Indol.- Esta prueba se basa en que E. coli tiene la capacidad

de producir indol, mientras que A. aerogenes no lo produce.

Rojo de Metilo.- La cantidad de ácido producida en un medio glucosado y detectada por un indicador que es el rojo de metilo. Ambos organismos producen ácido a partir de la glucosa. Sin embargo E. coli produce un pH más bajo que hace que el indicador vire a rojo; mientras que los cultivos de A. aerogenes no producen este cambio de coloración.

Vogues Proskauer.- Esta prueba se basa en la habilidad para producir un compuesto, el acetilmetil carbinol en un medio peptonado y glucosado. E. coli no produce dicho compuesto, mientras que A. aerogenes sí.

Citrato.-

Se basa en la utilización del citrato de sodio. A. aerogenes es capaz de utilizar el citrato de sodio como única fuente de carbono. E. coli no puede aprovecharlo.

NOTA:

Para mayor detalles, consultar el Anexo 1 (prácticas de laboratorio).

EXAMEN DE COLIFORMES POR LA TECNICA DE FILTRO DE MEMBRANA

La mayoría de las muestras de agua puede ser analizada por los métodos de filtros de membrana. Actualmente, la prueba de filtro de membrana está siendo utilizada como un método normalizado para evaluar la calidad sanitaria del agua y definir su potabilidad.

Con esta técnica es posible examinar volúmenes muy variables de agua y ofrece un resultado directo de la concentración de bacterias coliformes en lugar de un estimado estadístico, como es el caso de la técnica de tubos múltiples.

Cada laboratorio debe realizar pruebas comparativas con la técnica de tubos múltiples a fin de establecer la validez de la prueba FM. Este estudio comparativo se basa en la interpretación sanitaria de la calidad del agua y no requiere que las dos pruebas proporcionen el mismo valor en cuanto a la concentración de coliformes.

Algunos tipos de muestras no pueden ser filtrados debido a la presencia de turbiedad, poblaciones excesivamente altas de bacterias no coliformes, o compuestos metálicos pesados. Estas dificultades pueden encontrarse al examinar muestras de algunas aguas de pozo, reservorios, lagos pequeños, efluentes industriales y efluentes clorados de baja calidad. En muestras turbias con pocos coliformes es recomendable usar el procedimiento de tubos múltiples.

Se recomienda filtrar un volumen de 100 a 200 ml para agua potable. La limitación en volumen depende también de la presencia de turbiedad. En este caso se recomienda que la muestra del

agua se analice por duplicado filtrando, por ejemplo, 50 ml. en cada membrana.

Para aguas contaminadas es necesario diluir previamente las muestras. Al efectuar la dilución, es necesario tener en consideración que el número ideal de colonias en el filtro membrana es de 20 a 80 en la determinación de coliformes totales.

El equipo de filtración debe estar esterilizado al comienzo de cada serie de filtraciones que pueden ser 30 o más muestras.

Una filtración en serie se considera interrumpida si hay un intervalo de 30 minutos o más entre las filtraciones de las muestras.

La esterilización del equipo normalmente se hace en el autoclave a 121°C durante 15 minutos. Para protegerlo de la contaminación durante su almacenamiento se le debe envolver en papel grueso resistente o en papel de aluminio. Si es necesario reesterilizar el equipo durante el día de trabajo es aconsejable exponer el embudo y el soporte a la luz ultravioleta durante 2 minutos.

GUIA PARA VOLUMENES DE MUESTRA A SER FILTRADOS EN LA PRUEBA DE COLIFORMES FECALES POR EL METODO DE FILTROS DE MEMBRANA

Fuente de Agua	Cantidad filtrada (ml)						
	100	50	10	1	0.1	0.01	0.001
Lagos, reservorios	X	X					
Pozos, vertientes	X	X	X				
Fuentes superficiales de plantas de agua potable		X	X	X			
Aguas naturales para bañistas		X	X	X			
Efluentes de plantas secundarias de tratamiento de aguas residuales.			X	X	X		
Estanques de granjas, ríos				X	X	X	
Corrientes de aguas de lluvia en áreas urbanas					X	X	X
Aguas residulaes municipales							
Area de engorde de animales					X	X	X

Para asegurar que no existe contaminación al comenzar las pruebas se deben someter 100 ml de agua de dilución al procedimiento de los FM, antes de iniciar el procesamiento de las muestras de agua.

El procedimiento de filtración consiste en hacer pasar por medio de vacío la muestra de agua a través de una membrana de celulosa de 0.45 u.

Luego de filtrada la muestra se lava el embudo tres veces con volúmenes de 20-30 ml de agua de dilución estéril.

Con una pinza estéril se retira la membrana de la unidad de filtración y se coloca con sumo cuidado en una placa de agar Endo o almohadilla embebida con medio Endo MF.

Es necesario evitar que se aprisionen burbujas de aire en la membrana. Si esto ocurre, se pueden eliminar fácilmente presionando suavemente en los bordes de la membrana o dislocándola con una pinza estéril.

Los filtros de membrana son extremadamente delicados y se dañan con facilidad. Por este motivo es recomendable utilizar pinzas adecuadas.

El caldo M-Endo y el agar M-Endo se usan para coliformes totales.

El tiempo transcurrido desde la filtración hasta iniciar la incubación no debe exceder de 20 minutos.

Los cultivos de membranas para coliformes totales se incuban durante 22-24 horas a 35°C ± 0.5°C, en posición invertida. Se debe utilizar incubadoras con un alto nivel de humedad (aproximadamente 90%). Un valor inferior podría causar que la superficie de la membrana pierda humedad más rápidamente de lo que pueda reponerse por difusión del medio proveniente de la almohadilla absorbente. Esto puede inhibir el crecimiento o producir colonias pequeñas no bien diferenciadas.

Un baño de agua a temperatura constante se puede transformar en una excelente incubadora. El baño de agua debe ser cubierto

y tener una plataforma apropiada, justo encima de la superficie del agua, sobre la cual pueden ser colocados los recipientes de cultivo para ser incubados. Se obtienen mejores resultados si se coloca una toalla húmeda sobre los recipientes de cultivo durante la incubación.

También se puede utilizar un incubador convencional. En este caso, los recipientes de cultivo deben ser colocados en recipientes herméticamente cerrados, con un papel o paño húmedo en su interior, para mantener las condiciones necesarias de humedad. Se puede usar para este fin un recipiente del tipo de los que son utilizados para guardar verduras en las refrigeradoras domésticas. Si en una incubadora no se puede mantener el alto grado de humedad requerida, se pueden realizar los cultivos en cajas de Petri plásticas colocadas en envases herméticamente cerrados. En estos recipientes se establece el nivel de humedad necesario por evaporación de una parte del medio de cultivo dentro de la caja de Petri.

Para el recuento de colonias de coliformes se recomienda el uso de un microscopio estereoscópico con luz fluorescente.

Tanto en el medio M-Endo como en el medio M-Endo agar LES las colonias típicas de coliformes tienen un color rosa o rojo obscuro con un brillo metálico dorado o verde amarillento.

Se recomienda la verificación de las colonias, sembrándolas en caldo lactosado y posteriormente en caldo lactosado bilis verde brillante. Las colonias expuestas al secado por más de algunos minutos no podrán ser capaces de desarrollarse cuando sean transferidas a los tubos de caldo lactosado.

Existen casos en que se encuentran en el agua ciertas bacterias coliformes que no llegan a producir colonias típicas. Por lo tanto, si se observa un gran número de colonias atípicas se debe proceder a identificarlas.

Puede suceder también que desarrollen en las aguas ciertos organismos no coliformes que produzcan colonias típicas del grupo coliforme. Muchos bacteriólogos han reportado la presencia de grupos de Aeromonas que presentan este tipo de colonias. En este caso hay que recurrir a la prueba de la citocromo-oxidasa para dirimir cualquier duda.

Los resultados de la densidad de coliformes totales determinados por el procedimiento de FM se reportan siempre como "coliformes totales por 100 ml", independiente de la dilución y naturaleza de la muestra utilizada.

Para el cálculo de la densidad de coliformes totales se utiliza la expresión siguiente;

$$\text{Colonias coliformes totales por 100 ml} = \frac{\text{colonias de coliformes contadas} \times 100}{\text{volumen de muestra filtrada}}$$

La densidad de coliformes es expresada, por lo tanto, en términos de coliformes totales por 100 ml.

Las membranas idealmente seleccionadas para efectuar el recuento de coliformes totales en aguas contaminadas son aquellas que tienen entre 20 y 80 colonias y no exceden de 200 colonias. Si el crecimiento de colonias no está bien definido se puede informar como "crecimiento conglomerado".

Si el número de colonias es excesivamente grande, el resultado se informará como "número excesivo para ser contado". En estos casos se deberá colectar una nueva muestra seleccionando los volúmenes apropiados para la filtración.

Olores y sabores

Es importante también, además de suministrar un agua libre de microorganismos patógenos, el suministrarla también libre de cualquier tipo de olores y sabores extraños. Algunos sabores y olores son de orígen químico, pero muchos tienen origen microbiológico. De aquí, que sea muy importante el conocer que microorganismos los causan y como pueden controlarse.

Varios estudios han llegado a la conclusión de que ciertas algas y actinomycetos son las responsables de la mayoría de olores y sabores producidos. Estos sabores y olores son causados por ciertos aceites esenciales producidos por estos microorganismos y que son liberados a su muerte. Se sabe que los actinomycetos viven en una relación parasitaria con las algas. Estas son el alimento de los actinomycetos y que producen ciertos compuestos que causan olores y sabores al agua, que son productos finales normales de los materiales liberados por las algas. Cuando el alga muere y se lisa, gran cantidad de este material es liberado a la solución y ocurre un rápido crecimiento de actinomycetos.

La muerte de las algas y el crecimiento de los actinomycetos es pues la causa de olores y sabores en el agua.

Control de algas

El control de cualquier tipo de crecimiento biológico es función de los nutrientes requeridos para la energía y producción del proto

plasma de las células. Ya que las algas utilizan luz solar como fuente de energía, su control está relacionado con la síntesis protoplásmica. El elemento crítico para el crecimiento de las algas es el fósforo; en algunos casos, el nitrógeno también lo es.

En la mayoría de las aguas naturales el contenido de fósforo es bajo y el crecimiento de las algas está limitado. Pero en áreas agrícolas, donde los escurrimientos de las aguas superficiales llevan consigo fertilizantes, el contenido de fósforo aumenta y aumenta también el crecimiento de algas. El uso de polifosfatos como constituyentes de los detergentes aumenta también el problema de control del crecimiento de algas en los cuerpos de agua que reciben la descarga de las aguas residuales tratadas o no tratadas a menos que el proceso de tratamiento incluya la remoción del fósforo.

Si no es posible prevenir que las aguas superficiales se contaminen con los fosfatos, debe prevenirse el crecimiento excesivo hasta un cierto nivel en que los microorganismos no causen olores y sabores. ESto puede hacerse por adición de algicidas en el momento adecuado. El algicida más comunmente usado es el sulfato de cobre.

Por un examen microscópico regular del cuerpo de agua es posible determinar la tasa de cambio de los microorganismos en cuestión y precedir cuando empieza a aumentar la población. A una tasa predeterminada de cambio de población, el cuerpo de agua puede ser tratado antes de que ocurra el crecimiento masivo. La adición de

sulfato de cobre a un cuerpo de agua antes del máximo crecimiento puede prevenir un crecimiento excesivo con una dosis mínima. Una vez que el crecimiento de las algas está fuera de nuestro control la concentración de sulfato de cobre requerida es más alta, y al morir las algas, los materiales que causan olores y sabores son liberados.

Las dosis de sulfato de cobre varían con las características químicas del agua y con el tipo de alga que se quiere combatir. En aguas duras, el cobre se precipita como carbonato y se requieren dosis mayores. Las aguas que contienen materia orgánica también atrapan al cobre y solamente el cobre en forma libre e iónica es algicida. La dosis de cobre libre requerida para el control de algas varía de 0.1 a 1.0 mg/l. Un efecto lateral del tratamiento con sulfato de cobre es un aumento repentino de la población bacteriana en el cuerpo de agua tratado, ya que el cobre es tóxico a las algas y también a los protozoarios. La muerte de estos protozoarios ocasiona un aumento en la población bacteriana que no se afecta por la concentración de cobre utilizada. Este aumento es temporal ya que el número de protozoarios pronto es restablecido controlándose entonces el número de bacterias.

Existen varios métodos disponibles para tratar los olores y sabores. El carbón-activado, la cloración y la aereación son tres de los métodos más comunmente usados.

El carbón activado tiene un gran poder de absorción para pequeñas concentraciones de materia orgánica y se usa donde se emplean la

filtración y la coagulación química. La cloración se usa en aguas con bajo contenido de materia orgánica. Las sustancias productoras de olor y sabor son químicamente oxidadas. La aereación es el método más simple para el control de olor pero resulta efectivo sólo si estas sustancias productoras son altamente volátiles a la temperatura normal del agua.

MICROORGANISMOS QUE OBSTRUYEN LOS FILTROS

Para purificar y desinfectar el agua para abastecimiento de la municipalidad, se usan tres procedimientos principalmente:

1) Sedimentación
2) Floculación y filtración y
3) Desinfección

Los detalles de estos procesos no son nuestro principal punto de interés pues serán estudiados en otro capítulo.

Después de la sedimentación, el agua clarificada pasa através de filtros de arena, de los cuales existen varios tipos.

El agua se pasa através de un lecho de arena de donde gotea lentamente. Conforme la filtración se lleva a cabo y el tiempo transcurre, se van acumulando alrededor de cada grano de arena y en los intersticios, especialmente en la parte superior del filtro una capa gelatinosa llamada"Schmutzdecke"(del alemán:"capa sucia") compuesta de millones de bacterias, protozoarios, algas y otros microorganismos. Esta capa va lentamente cerrando los poros entre los gramos de arena y hace que el lecho filtrante sea más efectivo. Por la acción enzimática y por los procesos de oxidación y reducción y la ingestión de las bacterias por miles de protozoarios que están presentes en la capa, el contenido bacteriano y químico del

agua se reduce grandemente.

Cuando esta capa gelatinosa es ya muy gruesa y obstruye el filtro, éste se deja fuera se servicio y se remueve esta capa.

La efectividad de la filtración se prueba constantemente por bacteriólogos en la planta quienes determinan el número y clase de bacterias presentes en el agua durante las diferentes etapas de la filtración. Estos filtros pueden remover hasta el 99% de las bacterias presentes en el agua de entrada.

MICROORGANISMOS PRESENTES EN LAS AGUAS CONTAMINADAS

Todas las aguas naturales contienen microorganismos vivientes en número limitado y las aguas contaminadas en un número elevado de vida microscópica. Para fines prácticos el agua es peligrosa como portador de enfermedad solamente cuando es contaminada con aguas negras de origen humano, por lo que es necesario su purificación.

Las aguas contaminadas contienen incontables microorganismos que son la parte viva natural de la materia orgánica que existe en las aguas negras. Son importantes por lo que se refiere a la salus pública porque pueden contener microorganismos patógenos perjudiciales al hombre. Dentro de estos organismos microscópicos están las bacterias y otros organismos vivos más complejos.

Las bacterias pueden ser saprófitas y parásitas. Las bacterias parásitas son las que viven normalmente a expensas del huésped ya que necesitan recibir el alimento preparado para consumirlo. Las bacterias parásitas que tienen importancia en las aguas negras provienen por lo general del tracto digestivo de las personas y de los animales cuyas deyecciones van a parar a las aguas negras. Entre estas existen ciertos tipos específicos que durante su desarrollo en el huésped producen compuestos tóxicos y venenosos que causan enfermedad al huésped; estas bacterias se conocen con el nombre de bacterias patógenas. Pueden estar presentes en las aguas negras que reciben las deyecciones de personas afectadas por

enfermedades como la fiebre tifoidea, la disentería, la cólera u otras infecciones intestinales.

La mayoría de las bacterias patógenas que se encuentran en el agua pertenecen a la familia Enterobacteriacea (bacílos entéricos), con excepción de Vibrio comma que pertenece a la familia Spirilleae.

Las bacterias patógenas más comunes pertenecen a los siguientes géneros:

Salmonella
Shigella
Vibrio comma

Estas bacterias son de gran importancia debido al tipo de enfermedades que producen. La Salmonella typhosa produce la fiebre tifoidea que se transmite al beber agua contaminada con heces humanas; es un bacilo gram negativo, facultativo, no esporulado y móvil el cual entra al cuerpo casi exclusivamente por el aparato digestivo. La diseminación de la enfermedad es por lo tanto por contaminación de aguas y alimentos con materias fecales.

La Salmonella paratyhi, S. Schotmulleri, y S Hirschfeldi, son los causantes de la fiebre paratifoidea que se designa como paratifoidea A, B y C respectivamente. Es clínicamente indistinguible de la fiebre tifoidea, su diferenciación es basicamente por reacciones serológicas. Se elimina en las heces y la infección es por el tracto gastrointestinal por lo que su transmisión es igual que la fiebre tifoidea.

La disentería baciliar es causada por una bacteria llamada Shigella dysentería. Se caracteriza por un periodo corto de incubación (48 h), dolor abdominal y diarrea. La severidad de la enfermedad varía de acuerdo con la especie de Shigella que la cause; es un bacilo gram negativo, no esporulado, facultativo. Su vía de acceso al organismo es digestiva, es excretado por las heces por lo tanto, para diseminarse deben ser contaminadas las aguas y las comidas.

El Vibrio Comma, un bacilo gram negativo no esporulado, aeróbico en forma de coma, causa la cólera asiática. El periodo de incubación es de 1 a 5 días, el vibrio se establece en el intestino, elaborando una endotoxina, estable al calor, altamente venenosa que al liberarse en el organismo por citólisis del microorganismo es responsable de la severidad de la enfermedad. La vía de acceso de los vibrios es el tracto gastrointestinal y por lo tanto la diseminación ocurre por el contacto de heces o vómito con los alimentos y el agua.

Otras bacterias patógenas comunes de la familia Enterobacteriaceae son:

Escherichia
Aerobacter
Serratia
Proteus, etc

La diarrea es la enfermedad más comunmente encontrada por ingestión de agua contaminada. Es una alteración no-específica del tracto gastrointestinal, ha sido atribuída a diferentes microorganismos como:

Escherchia coli
Pseudomonas aeruginosa
Proteus vulgaris
Chlostridium perfringens y varios estafilo cocos y estreptococos.

Existen otros microorganismos patógenos que ocasionalmente se encuentran en las aguas negras y que pueden ser diseminados por ésta.

Mycobacterium tuberculosis,

Bacillus anthracis. Virus de la hepatitis, virus de la poliomielitis.

La posible presencia de estos microorganismos en las aguas negras es una de las razones por las cuales deben colectarse cuidadosamente, tratarse en forma adecuada y disponerlas de manera segura, para prevenir cualquier transmisión de estas bacterias patógenas de una persona a otra.

Las bacterias saprófitas son las que se alimentan de materia orgánica muerta descomponiendo los sólidos orgánicos para obtener el sustento necesario y produciendo a su vez sustancias de desecho que consisten en sólidos orgánicos e inorgánicos. Por esta actividad son de suma importancia en los métodos de tratamiento de aguas negras ideados para facilitar o acelerar la descomposición natural de los sólidos orgánicos.

Hay muchas especies de bacterias saprófitas y cada una de ellas desempeña un papel específico en la descomposición de los sólidos orgánicos. Algunas bacterias saprófitas importantes son del género:

Sphaerotilus
Leptothrix
Crenotrix

bacterias del fierro (Gallionella ferruginea)
bacterias del azufre (Beggiatoa), que almacena azufre en la célula y los oxida a sulfato.
Bacterias nitrificantes (Nitrosomonas, Nitrobacter), que hacen uso de la energía de las reacciones químicas.

La descomposición que llevan a cabo estas bacterias puede ser aerobia y anaerobia.

Además de las bacterias existen otros organismos microscópicos presentes en las aguas contaminadas como son los virus, las algas, los hongos y los protozoarios (Entamoeba histolytica). La disentería amibiana es causada por este protozoario. La vía de acceso al organismo es por la boca, siendo los quistes la única forma de infección.

En general, la microbiología de las aguas contaminadas está constituida por los microorganismos existentes como flora normal del tracto digestivo de las personas; ya que estos microorganismos están contenidos en las heces que son la fuente de contaminación

del agua. Estos microorganismos son no-patógenos pero puede existir la posibilidad de que haya en las aguas negras microorganismos patógenos provenientes de las heces de personas infectadas o de portadores sanos.

Existen también en las aguas contaminadas microorganismos provenientes de las aguas y del suelo que provienen de diferentes orígenes y que llegan a formar parte de aquellas; estos microorganismos son no patógenos y muy útiles para la purificación de las aguas negras (bacterias saprófitas).

Debido a que la concentración de microorganismos patógenos en las aguas es pequeño, no puede analizarse directamente, por lo que se busca una evidencia indirecta de su presencia con los llamados microorganismos indicadores de la contaminación que son las bacterias del grupo coliforme que habitan normalmente en el tracto gastrointestinal de los seres humanos.

La eliminación de las bacterias coliformes de las aguas negras y la velocidad de su destrucción y muerte es paralela a las velocidades de destrucción de las bacterias patógenas intestinales. El estreptococo fecal es otra bacteria usada como indicador de la contaminación del agua.

Normas de calidad:

El muestreo debe hacerse en puntos representativos del sistema de distribución.

Los estándares para agua potable que establece el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos determina un número mínimo de muestras que deben analizarse. La frecuencia de muestreo para análisis bacteriológico es función de la población abastecida por el sistema de distribución.

población abastecida	No. mínimo de muestras por mes
0-2,500	1
10,000	7
25,000	25
100,000	100
1,000,000	300
2,000,000	390
5,000,000	500

debido a la densidad tan baja de coliformes en el agua potable no es necesario correr las tres series de 5 tubos para el NMP. Solamente se requiere un juego de tubos usando 10 ml. ó 100 ml.

Límites: Según se indique por las muestras que se examinen, la presencia de organismos del grupo coliforme no debe exceder de los siguientes límites:

1) Cuando se examinen porciones normales de 10 ml, no más del 10 por ciento deben mostrar, en cualquier mes, la presencia

del grupo coliforme. No será permisible la presencia del grupo coliforme en tres o más de las porciones de 10 ml. de una muestra normal cuando ocurran:

a) En dos muestras consecutivas,

b) En más de una muestra mensual, cuando se examinen mensualmente menos de 20 muestras; o,

c) En más del cinco por ciento de las muestras, cuando se examinen mensualmente más de 20 muestras.

Cuando se presenten organismos del grupo coliforme en tres o más de las porciones de 10 ml. de una muestra normal aislada, se deben tomar inmediatamente muestras diarias del mismo punto de muestreo y se deben examinar, hasta que los resultados que se obtengan cuando menos con dos muestras consecutivas demuestren que el agua es de una calidad satisfactoria.

Cuando se examinen porciones normales de 100 ml, no más del 60 por ciento deben mostrar, en cualquier mes, la presencia del grupo coliforme. No será permisible la presencia del grupo coliforme en todas las cinco porciones de 100 ml. de una muestra normal cuando ocurra:

a) En dos muestras consecutivas;

b) En más de una muestra mensual, cuando se examinen menos de cinco muestras mensuales; o

c) En más del 20 por ciento de las muestras, cuando se examinen mensualmente cinco o más muestras.

Cuando se presenten los organismos del grupo coliforme

en todas las cinco porciones de 100 ml. de una muestra normal aislada, se deben tomar inmediatamente muestras diarias del mismo punto de muestreo y se han de examinar, hasta que los resultados que se obtengan con dos muestreos consecutivos, cuando menos, demuestren que el agua es de una calidad satisfactoria.

Cuando se aplique la técnica de filtros de membranas, la media aritmética de la densidad coliforme de todas las muestras normales que se examinen en un mes no debe exceder de un organismo por 100 ml. El número de colonias coliformes por muestra normal no ha de exceder de 3/50 ml, 4/100 ml, 7/200 ml o 13/500 ml en:

a) Dos muestras consecutivas;

b) Más de una muestra normal cuando se examinen mensualmente menos de 20 muestras; o

c) Más de cinco por ciento de las muestras normales, cuando se examinen mensualmente 20 o más muestras.

Cuando en una muestra normal aislada las colonias coliformes exceden de los valores anteriores, se deben tomar inmediatamente muestras diarias del mismo punto de muestreo y se deben examinar, hasta que los resultados que se obtengan, cuando menos en dos muestras consecutivas, demuestren que se tiene agua de una calidad satisfactoria.

Todos los detalles de las técnicas para la determinación de las bacterias de este grupo, incluyendo la selección y preparación de los aparatos y medios de cultivo, la

recolección y manejo de las muestras, los intervalos y las condiciones de almacenamiento permisibles entre la recolección y examen de las muestras de agua, se deben verificar de acuerdo con "Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water" ("Métodos Estandar para el Examen de Aguas y Aguas de Desecho"), edición en vigor, y los procedimientos que se sigan deben ser los que se especifican en los mismos.

ANEXO I

PRACTICAS DE LABORATORIO

ANALISIS BACTERIOLOGICO DEL AGUA

Colimetría, número más probable y determinación con filtros de membrana. Coliformes fecales. Streptococcus faecalis, número más probable.

OBJETO. La determinación de la calidad de un agua es de vital importancia para el bienestar de la comunidad, ya que un agua contaminada puede provocar epidemias en una población.
La determinación de la potabilidad de un agua puede hacerse utilizando diferentes índices de contaminación. Entre los más comunes se cuentan Escherichia coli y Streptococcus faecalis.

I. COLIMETRIA

A. Cuenta estándar en placas

Material: Muestra de agua
Tubos con solución para dilución
Pipetas graduadas de 1 ml, esterilizadas
Cajas de Petri esterilizadas
Agar nutritivo o agar triptona glucosa

TECNICA

1. Agitar vigorosamente el frasco que contenga la muestra unas 25 veces o 40 veces en un 1 min. y tomar 1 ml para hacer las diluciones convenientes.
2. Colocar 1 ml de cada dilución en sendas cajas de Petri y verter encima el agar nutritivo previamente fundido y enfriado a una temperatura entre 43 y 45°C.
3. Homogeneizar, dejar solidificar e incubar invirtiendo.
4. Hacer observaciones a las 24 y 48 h respectivamente, si la muestra se incuba a 35°C o a 20°C. Contar y tomar como bueno el número en aquellas placas en las que haya entre 30 y 300 colonias.
5. Hacer los cálculos para determinar el número de microorganismos en 100 ml de la muestra original.

B. Técnica del número más probable

Material: Tubos con caldo lactosado
Muestra de agua
Pipetas graduadas, estériles, de 1 ml y 10 ml.
Tubos con solución para dilución.

TECNICA

1. Proceder como en A.1. Tomar 1 ml y hacer las diluciones convenientes, o bien, si se trata de agua potable, sembrar 3 tubos con 50 ml. otros 5 con 10 ml y 5 más con 1 ml. o bien agotar cualquiera de los sistemas que recomiendan las normas. Si se utilizan porciones de 10 ml en adelante, utilizar un volumen de caldo igual al de siembra, pero utilizando caldo de doble concentración.
2. Incubar durante 48 h a 35°C.

3. Observar la aparición de gas. Cualquier cantidad se considera como positiva.
4. Determinar el número más probable consultando las tablas en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

C. Técnica de los tubos de fermentación. Prueba completa.

Material: Igual que el de la prueba B y además:
Tubos de fermentación con caldo-bilis-lactosa-verde brillante
1 caja de Petri con gelosa Endo o con gelosa-eosina azul de metileno
1 alambre para siembra, con asa
1 Mechero
Tubos con gelosa nutritiva
Tubos de fermentación con caldo lactosado
1 Alambre recto para siembra
Portaobjetos
Colorantes y reactivos para coloración de Gram

1. Prueba presuntiva

Procedimiento

a. Inocular los tubos como se explicó en B. Incubar a 35°C 24 h
b. Tomar los tubos positivos para continuar la prueba, o si no hay dejar incubar otras 24 h más. Si a las 48 h no hay tubos positivos la prueba se da por concluida y se considera que no hay presencia de Escherichia coli.
c. Si hubo tubos que dieron positivo se prosigue el análisis para confirmar la presencia de miembros del grupo coliforme.

2. Prueba confirmativa

Procedimiento:

En cuanto los tubos de la prueba presuntiva muestre gas, proceder de inmediato a efectuar la siembra en los medios para la prueba confirmativa, de la manera siguiente:

a. Tomar del tubo positivo y transferir 1 asada al tubo con caldo-bilis-lactosa-verde brillante, Incubar a 35°C durante 48 h
b. Tomar de alguno de los tubos que dieron la prueba positiva presuntiva una cantidad muy pequeña con el asa. Sembrar sobre la caja de Petri con Endo o con eosina-azul de metileno, utilizando alguna de las técnicas de aislamiento. Incubar a 35°C 24 h invirtiendo las cajas.

Interpretación

La formación de gas en cualquier cantidad, dentro de las 48 h, constituye una prueba positiva, debiendo entonces continuarse la prueba hasta la fase de prueba completa

En las cajas de Petri con Endo se consideran colonias típicas todas aquellas que son nucleadas, tengan o no brillo metálico, como atípicas las opacas, no nucleadas, mucoides, después de 24 h de incubación y que presenten color rosa y como negativas todas las demás.

En el medio con eosina-azul de metileno se consideran típicas todas aquellas que tengan centro negro (cuando se ven desde abajo, contra la luz) y se denominan nucleadas. Las colonias atípicas son las no nucleadas de color rosa y opacas. El resto se considera como no -

coliformes.

3. Prueba completa

Procedimiento:

a. Si se desea utilizar los tubos con verde brillante para proseguir la prueba, siémbrese entonces sobre placas con Endo o eosina-azul de metileno, en cuanto en dichos tubos aparezca gas sin esperar a que pasen las 48 h.
b. En el caso de preferir las cajas de Petri, escójase una colonia típica o atípica y siémbrese en un tubo de fermentación con caldo lactosado y en otro con gelosa inclinada, utilizando el alambre recto para evitar tocar otra colonia.
c. Incube ambos tubos a 35°C durante 24 y 48 h. Observe la presencia o ausencia de gas en el tubo de fermentación. A las 24 h tome un poco de cultivo del tubo de gelosa, con el alambre recto y haga una coloración de Gram.

Interpretación:

La formación de gas en el tubo de fermentación y la presencia de bacterias Gram negativas, no esporuladas, en forma de bacilos cortos se considera como una prueba positiva completa.

4. Prueba diferencial. Reacciones IMVIC

a. Prueba de Indol

Material: Tubos con caldo triptófano
Tubos positivos de la prueba anterior o cajas Petri con colonias típicas o atípicas
Reactivo de Kovac o de Ehrlich
Alambre recto para siembras
Pipetas graduadas de 1 ml

Procedimiento:

1). Selecciones una colonia típica, bien aislada, de alguna de las placas de la prueba confirmativa y siembre de ahí, tomando con el alambre recto, en un tubo con caldo triptófano. Incube 24 h a 35°C.
2). Agregue 0.2 a 0.3 ml del reactivo de Ehrlich o 0.5 ml de la solución de Kovac. Deje reposar durante 10 min y observe el resultado.

Interpretación:

El color rojo que aparece en la capa superficial de alcohol amílico constituye una prueba positiva. Si se observa una coloración anaranjada puede ser indicativa de la presencia de escatol y la reacción se considera como ± . Si persiste el color original del reactivo (amarillo) la prueba se considera como negativa.

b. Prueba del rojo de metilo

Material: Tubos con 10 ml de caldo peptonado. Alambre recto
Solución indicadora de rojo de metilo Mechero

Procedimiento:

1) Sembrar de alguna de las colonias típicas de los medios de cultivo eosina-azul de metileno, al tubo con caldo peptonado, utilizando el alambre recto.
2) Incubar 5 días a 35°C.

3) Añadir 10 gotas del indicador

Interpretación:

Si aparece un color rojo la prueba se considera positiva, si el color es amarillo la prueba es negativa.

C. Prueba de Voges Proskauer

Material: Cajas de Petri de la prueba confirmativa
Tubos con 10 ml de caldo peptonado
Solución de alfa-naftol
Solución de hidróxido de potasio
Tubos de hemólisis
Pipetas graduadas de 1 ml.

Procedimiento:

1) Inocular el tubo de caldo peptonado con alguna de las colonias típicas seleccionadas en las cajas de Endo eosina-azul de metileno, tomándola con el alambre recto.
2) Incubar a 35°C 49 h
3) Tomar 1 ml del cultivo y anadirle 0.6 ml de solución de alfa-naftol y 0.2 ml de solución de KOH.

Interpretación:

Si aparece una coloración rosa o rojiza en los tubos, al cabo de 2 a 4 h, la prueba se considera positiva. La lectura debe hacerse precisamente en ese lapso, pues los resultados leídos después de las 4 h no tiene válidez.

d. Prueba del citrato de sodio

Material: Cajas de Petri con colonias típicas o atípicas en los medios de Endo o eosina-azul de metileno
Tubos con una superficie inclinada pequeña, de medio de citrato de Simmons.
Alambre recto para siembras

Procedimiento:

1) Inocule una pequeñísima cantidad de cultivo en la superficie inclinada del tubo con medio de Simmons.
2) Incube de 72 a 96 h a 35°C.

Interpretación:

El crecimiento, aunado al vire del indicador, constituye una prueba positiva. Si no se ve que haya cambiado el color del medio la prueba se considera como negativa.

Tabla con la interpretación de las reacciones IMVIC

Bacteria	Indol	Rojo de metilo	Voges-Proskauer	Citrato
Escherichia coli				
Variedad I	+	+	-	-
Variedad II	-	+	-	-
Escherichia freundii (intermedia)				
Variedad I	-	+	-	±
Variedad II	+	+	-	+
Aerobacter aerogenes				
Variedad I	-	-	+	±
Variedad II	+	-	+	±

D. Colimetría por el método de los filtros de membrana

Material: Aparato para filtración sobre membrana
Filtros de membrana esterilizados
Cajas de Petri de 50 ó 60 mm de diámetro
Frascos para muestra
Frascos con solución esterilizada para dilución
Pipetas y probetas graduadas
Tubo o frasco con medio de cultivo
Pinzas metálicas con la punta lisa
Microscopio
Medio MF-Endo.

Procedimiento:

1. Coloque un disco absorbente en cada caja de Petri y añádale 2.2 ml del medio MF-Endo
2. Con unas pinzas coloque sobre el aparato de filtración, previamente esterilizado, la membrana.
3. Filtre, después de agitar convenientemente la muestra, el volumen adecuado sobre la membrana.
4. Cierre el vacío y retire la membrana colocándola a continuación, con las pinzas, encima del disco absorbente impregnado de medio, dentro de la caja de Petri.
5. Incube a 35°C durante 20-22 h, con la caja en posición normal
6. Haga el recuento de las colonias de organismos coliformes.

Interpretación:

Se consideran organismos coliformes todos aquellos que producen una colonia obscura (generalmente de color verde-púrpura) con brillo metálico. El brillo puede cubrir toda la colonia, sólo el área central o bien toda la superficie. Para observarlo mejor hacer la observación al microscopio, como se indicará.

Resultados: (Consigne sus resultados indicando el número de coliformes en 100 ml.

E. Coliformes fecales

Esta es una prueba CONFIRMATIVA que se aplica a las pruebas presuntivas positivas y NO DIRECTAMENTE A LA MUESTRA.

Material: Tubos positivos de la prueba presuntiva
Tubos con caldo EC
Baño María a 44.5°C ± 0.5°C
Asa para siembras

Procedimiento:

1. Inocular por cada tubo positivo, uno con caldo EC, utilizando un asa.
2. Incubar a 44.5°C durante 24 h. No dejar pasar más de media hora entre la inoculación y la incubación.

Interpretación:

Se considera una reacción positiva, que indica origen fecal, la producción de gas en el tubo de fermentación, a las 24 h o antes de ese lapso.

Resultados:

Consigne, tabulándolos, sus resultados.

II. Streptococcus faecalis, DETERMINACION DEL NUMERO MAS PROBABLE

Material: 15 tubos con caldo-glucosa-azida
Tubos con solución para dilución, esterilizados
Muestra de agua
Pipetas de 1 ml y de 10 ml, graduadas, esterilizadas
Tubos con caldo-azida-violeta de etilo (EVA)
Asa para siembras

Procedimiento:

A. Prueba presuntiva
1. Inocule su serie de tubos con caldo-glucosa-azida, utilizando 1 ml de las diluciones adecuadas de la muestra.
2. Incube los tubos inoculados a 35°C 24 y 48 h.
3. Examine cada tubo, después de las 24 h, para ver si hay presencia de turbiedad y si en el fondo se ha formado un sedimento. Vuelva a observar a las 48 h. los tubos que a las 24 h dieron negativo.
4. Retenga todos los tubos positivos para la prueba confirmativa.
5. Si al final de período de incubación no presentan los tubos ni turbiedad ni sedimento, la prueba se considera negativa y eso significa que el agua es apta para ser bebida.

B. Prueba confirmativa
1. Todos los tubos con caldo-glucosa-azida que después de las 24 ó 48 h mostraron turbiedad se someten a la prueba confirmativa.
2. Transfiera tres asadas de cada tubo positivo a sendos tubos con medio EVA. El asa deberá tener un diámetro mínimo de 5 mm.
3. Incube los tubos inoculados a 35°C 48 h. La presencia de Streptococcus faecalis queda demostrada por la presencia de un sedimento violeta en el fondo del tubo, u ocasionalmente, por una turbiedad densa.

4. Comprueba la presencia de microorganismos esféricos que -- forman cadenas, tomando un poco del sedimento con un asa y haga un frote y tíñalo con Gram.

Resultados:

Consigne todos sus resultados, compare por cuál técnica le han - dado más fácilmente coincidencia los resultados. Determine el número más probable de estreptococos utilizando las mismas tablas que se -- usan para coliformes.

BIBLIOGRAFIA

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA. 14 th edition. 1972.

NOMBRE DEL ALUMNO FIRMA DEL PROFESOR

NMP Y LÍMITES DE CONFIANZA DEL 95 POR 100 PARA DIVERSAS COMBINACIONES DE RESULTADOS POSITIVOS EN LAS SIGUIENTES SERIES DE SIEMBRAS:

A) Cinco tubos de 10 ml, cinco de 1 ml y cinco de 0.1 ml.

Número de tubos positivos de:			NMP por 100 ml	Límites del NMP	
Cinco tubos de 10 ml	Cinco tubos de 1 ml	Cinco tubos de 0.1 ml		Inferior	Superior
0	0	1	2	<0.5	7
0	0	2	4	<0.5	11
0	1	0	2	<0.5	7
0	1	1	4	<0.5	11
0	1	2	6	<0.5	15
0	2	0	4	<0.5	11
0	2	1	6	<0.5	15
0	3	0	6	<0.5	15
1	0	0	2	<0.5	7
1	0	1	4	<0.5	11
1	0	2	6	<0.5	15
1	0	3	8	1	19
1	1	0	4	<0.5	11
1	1	1	6	<0.5	15
1	1	2	8	1	19
1	2	0	6	<0.5	15
1	2	1	8	1	19
1	2	2	10	2	23
1	3	0	8	1	19
1	3	1	10	2	23
1	4	0	11	2	25
2	0	0	5	<0.5	13
2	0	1	7	1	17
2	0	2	9	2	21
2	0	3	12	3	28
2	1	0	7	1	17
2	1	1	9	2	21
2	1	2	12	3	28
2	2	0	9	2	21
2	2	1	12	3	28
2	2	2	14	4	34
2	3	0	12	3	28
2	3	1	14	4	34
2	4	0	15	4	37
3	0	0	8	1	19
3	0	1	11	2	25
3	0	2	13	3	31
3	1	0	11	2	25
3	1	1	14	4	34
3	1	2	17	5	46
3	1	3	20	6	60
3	2	0	14	4	34
3	2	1	17	5	46
3	2	2	20	6	60
3	3	0	17	5	46
3	3	1	21	7	63
3	4	0	21	7	63
3	4	1	24	8	72
3	5	0	25	8	75

Número de tubos positivos de:			NMP por 100 ml	Límites del NMP	
Cinco tubos de 10 ml	Cinco tubos de 1 ml	Cinco tubos de 0.1 ml		Inferior	Superior
4	0	0	13	3	31
4	0	1	17	5	46
4	0	2	21	7	63
4	0	3	25	8	75
4	1	0	17	5	46
4	1	1	21	7	63
4	1	2	26	9	78
4	2	0	22	7	67
4	2	1	26	9	78
4	2	2	32	11	91
4	3	0	27	9	80
4	3	1	33	11	93
4	3	2	39	13	106
4	4	0	34	12	96
4	4	1	40	14	108
4	5	0	41	14	110
4	5	1	48	16	124
5	0	0	23	7	70
5	0	1	31	11	89
5	0	2	43	15	114
5	0	3	58	19	144
5	0	4	76	24	180
5	1	0	33	11	93
5	1	1	46	16	120
5	1	2	63	21	154
5	1	3	84	26	197
5	2	0	49	17	126
5	2	1	70	23	168
5	2	2	94	28	219
5	2	3	120	33	281
5	2	4	148	38	366
5	2	5	177	44	515
5	3	0	79	25	187
5	3	1	109	31	253
5	3	2	141	37	343
5	3	3	175	44	503
5	3	4	212	53	669
5	3	5	253	77	788
5	4	0	130	35	302
5	4	1	172	43	486
5	4	2	221	67	698
5	4	3	278	90	849
5	4	4	345	117	999
5	4	5	426	145	1 161
5	5	0	240	68	754
5	5	1	348	118	1 005
5	5	2	542	180	1 405

B) Cinco tubos de 10 ml.

Número de tubos positivos de cinco tubos de 10 ml	NMP por 100 ml	Límites del NMP	
		Inferior	Superior
0	0	0	6.0
1	2.2	0.1	12.6
2	5.1	0.5	19.2
3	9.2	1.6	29.4
4	16.0	3.3	52.9
5	∞	8.0	∞

GRUPO COLIFORME—TECNICA DE TUBOS MULTIPLES

NMP Y LÍMITES DE CONFIANZA DEL 95 POR 100 PARA DIVERSAS COMBINACIONES DE RESULTADOS POSITIVOS, CUANDO SE USAN TRES TUBOS DE CADA DILUCIÓN CON VOLÚMENES DE 10, 1 Y 0.1 ML.*

Número de tubos positivos de:			NMP por 100 ml	Límites del NMP		Número de tubos positivos de:			NMP por 100 ml	Límites del NMP	
Tres tubos de 10 ml	Tres tubos de 1 ml	Tres tubos de 0.1 ml		Inferior	Superior	Tres tubos de 10 ml	Tres tubos de 1 ml	Tres tubos de 0.1 ml		Inferior	Superior
0	0	0		0		2	0	3	26		
0	0	1	3		9	2	1	0	15	2.8	44
0	0	2	6			2	1	1	20		
0	0	3	9			2	1	2	27		
0	1	0	3	0.085	13	2	1	3	34		
0	1	1	6.1			2	2	0	21	3.5	47
0	1	2	9.2			2	2	1	28		
0	1	3	12			2	2	2	35		
0	2	0	6.2			2	2	3	42		
0	2	1	9.3			2	3	0	29		
0	2	2	12			2	3	1	36		
0	2	3	16			2	3	2	44		
0	3	0	9.4			2	3	3	53		
0	3	1	13			3	0	0	23	3.5	120
0	3	2	16			3	0	1	39	6.9	130
0	3	3	19			3	0	2	64		
1	0	0	3.6	0.085	20	3	0	3	95		
1	0	1	7.2	0.87	21	3	1	0	43	7.1	210
1	0	2	11			3	1	1	75	14	230
1	0	3	15			3	1	2	120	30	380
1	1	0	7.3	0.88	23	3	1	3	160		
1	1	1	11			3	2	0	93	15	380
1	1	2	15			3	2	1	150	30	440
1	1	3	19			3	2	2	210	35	470
1	2	0	11			3	2	3	290		
1	2	1	15	2.7	36	3	3	0	240	36	1 300
1	2	2	20			3	3	1	460	71	2 400
1	2	3	24			3	3	2	1 100	150	4 800
1	3	0	16			3	3	3		460	
1	3	1	20								
1	3	2	24								
1	3	3	29								
2	0	0	9.1	1.0	36						
2	0	1	14	2.7	37						
2	0	2	20								

* Para valores no especificados, los límites *aproximados* inferior y superior se pueden estimar como del 31 por 100 del NMP para el inferior y del 395 por 100 del NMP para el superior. Los límites de confianza que se presentan son las cifras de cálculos más exactos para los resultados que son más probables; los resultados para los que no se precisan los límites de confianza es probable que no ocurran en más del 1 por 100 de los resultados que se observen comúnmente.

ESQUEMA DE LAS PRUEBAS PRESUNTIVAS, CONFIRMATIVA Y COMPLETA.

A. Prueba presuntiva.

Inocular tubos de fermentación con caldo lactosado e incubar 24 ± h. a 35°C ± 0.5°C.

(1) Producción de gas. Prueba positiva presuntiva

(2) No hay gas o la producción de gas es dudosa. Incubar otras 24 h. (total 48±3 h).

(2.1) Producción de gas Prueba positiva

(2.2) No hay producción de gas. Prueba negativa. Grupo coliforme ausente.

B. Prueba confirmativa

Inocular tubos de fermentación con caldo lactosado o incubar 24±2 h. a 35°C ± 0.5 °C

- (1) Producción de gas Transferir a
  - (1.1) Confirmativa, caldo bilis-lactosa-verde brillante, Incubar 48 ± 3 h. a 35°C ± 0.5°C
    - (1.1.1) Producción de gas. Grupo coliforme confirmado.
    - (1.1.2) No hay prod. de gas. Prueba negativa. Grupo coliforme ausente.
  - (1.2) Placas Endo o EMB Incubar 24 h ± 2h. a 35°C ± 0.5°C
    - (1.2.1) Colonias coliformes típicas. Grupo coliforme confirmado.
    - (1.2.2) Colonias coliformes no típicas. Completar como en C (3)
    - (1.2.3) Colonias negativas. Grupo coliforme ausente.
- (2) No hay gas o la producción de gases dudosa. Incubar otras 24 h. (total 48±3h)
  - (2.1) Producción de gas o dudosa. Confirmar como en B (1).
  - (2.2) No hay producción de gas. Prueba negativa Grupo coliforme ausente.

C. Prueba completa

nocular tubos de fermentación con caldo lactosado o incubar 24 ± 2 h. a 35º C ± 0.5°C.

(1) Producción de gas Transferir a

(2) No hay gas o la producción de gas os dudosa. Incubar otras 24 h (total 48 - 3 h).

(1.1) Confirmativa, caldo bilis-lactosa-verde brillante. Incubar 48± 3 h a 35°C±0.5°C

(1.2) Placas Endo o EMB Incubar 24±2h a 35°C± 0.5°C

(2.1) Producción de gas o dudosa. Confirmar como en C (1).

(2.2) No hay producción de gas. Prueba negativa. Grupo coliforme ausente.

(1.1.1.) Producción de gas Transferir a placas de Endo o EMB y continuar como 1.2.1. o 1.2.2

(1.1.2) No hay producción de gas. Prueba negativa. Grupo coliforme ausente.

(1.2.1) Colonias coliformes típicas

(1.2.2) Colonias coliformes no típicas.

(1.2.3) Colonias negativas Grupo coliforme ausente.

(3) Transferir a agar inclinado y a tubo de fermentación con caldo lactosado. Incubar la gelosa inclinada 24 a 48 ±3h y el caldo lactosado 48±3h a 35°C± 0.5°C

(3.1) Producción de gas. Teñir con Gram una porción del cultivo de gelosa inclinada

(3.2) No hay producción de gas. Prueba negativa Grupo coliforme ausente

(3.1.1) Bacilos Gram negativos presentes. No hay esporas. Prueba completa: grupo coliforme presente

(3.1.2) Esporas o bacilos Gram negativ presentes y presencia de espora Transferir una porción del cultivo de gelosa inclinada a calde ricinoleato-formiato e incubar 48± 3 h a 35°C ±0.5°C

(3.1.2.1) Producción de gas. Transferir una porción del cultivo como en 1.1.1 y proceder como en 3 hasta que se obtenga resultado como en 3.1.1 o en 3.2

(3.1.2.2) No hay producción de gas. Prueba negativa Grupo coliforme ausente

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS

PROTECCION DE LAS FUENTES DE CAPTACION.

ELABORADO POR:

ING. RODRIGO SOLIS ALBA

NOVIEMBRE 1978

CONTENIDO

I. CONTAMINACION DEL RECUROS HIDRAULICO.

La calidad del medio ambiente se ha visto en las últimas décadas seriamente afectada por el manejo y disposición inadecuados de considerables cantidades de desechos, generados en los grandes núcleos de población y centros industriales.

El deterioro en la calidad de los diferentes cuerpos de agua, en consecuencia directa del vertido sin previo tratamiento de las aguas residuales municipales, agrícolas e industriales, que contienen grandes cantidades de sustancias contaminantes; la naturaleza de éstas y sus efectos sobre los cuerpos de agua, variarán dependiendo del origen de las aguas residuales, las concentraciones de las sustancias contaminantes, los volúmenes descargados y de las características de los propios cuerpos de agua.

I.1. Fuentes de contaminación.

Las principales fuentes de contaminación pueden ser clasificadas en cuatro grandes grupos:

- Urbanas
- Industriales
- Agrícolas
- Naturales

I.1.1. Fuentes urbanas.

Las concentraciones urbanas de población, constituyen una de las mayores fuentes de contaminación debido a los grandes volúmenes de aguas residuales domésticas producidas; las cuales, -

en su mayor parte, son colectadas por los sistemas de alcantarillado.

Debido al rápido crecimiento de las ciudades, la mayoría de las áreas suburbanas no se encuentran conectadas a los sistemas de alcantarillado y disponen sus aguas residuales en fosas sépticas o directamente a los cuerpos de agua.

La facilidad del manejo de las aguas residuales dependerá del tipo de fuente de que se trate, considerándose controlables las conducidas por los sistemas de alcantarillado separados y no controlables a todas aquellas que no estén conectadas al sistema.

I.1.2. Fuentes industriales.

La actividad industrial nacional está integrada por una variedad muy amplia de procesos, contándose entre los principales a los de la industria química, la petroquímica, la metalúrgica, la de la pulpa y el papel, la textil, la del azúcar y la de los alimentos. Cada una de estas industrias descarga volúmenes considerables de aguas residuales, cuya naturaleza físico-química dependerá del tipo de proceso a que se refiera, pudiendo ser materia orgánica, nutrientes, metales pesados, ácidos, bases, sustancias inorgánicas, grasas, aceites, etc.

Actualmente muchas de estas factorías descargan sus aguas residuales sin tratamiento alguno a los cuerpos receptores, pero en virtud a lo establecido por las leyes mexicanas para el control de la contaminación de las aguas, todas las industrias tendrán que tra-

tar en algún grado sus descargas.

Por regla general las industrias tienen un sistema de drenaje particular, lo que facilita el manejo y conducción de las aguas residuales hasta los sistemas de tratamiento.

I.1.3. Fuentes agrícolas.

Como consecuencia del uso en la actividad agrícola de herbicidas, plaguicidas y fertilizantes, para el control de plagas y aumento de la productividad, las aguas de retorno agrícola arrastran restos de estos compuestos hasta los cuerpos receptores; esto, aunado a los arrastres de las excretas animales por los escurrimientos pluviales, produce una fuente considerable de contaminación, que altera los ecosistemas acuáticos.

El control y manejo de las aguas de retorno agrícola es difícil, debido a que las grandes áreas de riego tienen varias descargas, principalmente en época de lluvias.

Cuando los restos de fertilizantes llegan a los cuerpos de agua, se provoca un indeseable crecimiento de plantas acuáticas.

I.1.4. Fuentes naturales.

Aunada a la contaminación producida por las aguas residuales de las diferentes actividades del hombre, está otro tipo de contaminación debida a causas naturales, tales como los arrastres de la materia orgánica muerta por los escurrimientos del agua pluvial, así como los productos inorgánicos producidos por la erosión en los suelos.

En épocas de lluvias los ríos crecidos pueden llegar hasta las zonas pantanosas y arrastrar a sus corrientes aguas de estos pantanos que degradan la calidad de los ríos.

En el sentido estricto, todos los cuerpos de agua presentan algún grado de contaminación, ya que con la sola presencia de organismos vivos en estos cuerpos, nos indica una determinada concentración de nutrientes.

I.2. Tipos de contaminantes.

Después de ser descargadas las aguas residuales provenientes de fuentes urbanas, industriales, agrícolas o naturales a un cuerpo de agua grande, los desechos pierden su identidad y se obtienen mezclas heterogeneas de contaminantes.

Los diferentes tipos de sustancias contaminantes que se encuentran en las aguas residuales, pueden ser clasificadas como sigue:

- Sustancias Orgánicas
- Organismos Microbianos
- Sustancias Radioactivas
- Sustancias Inorgánicas
- Contaminación Térmica

I.2.1. Sustancias orgánicas.

Los principales compuestos orgánicos que se encuentran en las aguas residuales son las proteinas, carbohidratos y lípidos. Estas sustancias son susceptibles de ser biodegradadas por poblaciones heterogeneas de microorganismos, mediante una fermentación aeróbia o anaeróbia.

En la descomposición aeróbia se utiliza el oxígeno libre, dando como productos finales, dioxido de carbono, agua, alcoholes, amoníaco, nitratos y ácidos orgánicos principales.

La fermentación anaeróbia, se lleva a cabo en ausencia de oxígeno libre, y sus productos finales se caracterizan por producir olores desagradables, tales como el ácido sulfhídrico, metano, mercaptanos, indoles, hidrógeno y fenoles.

I.2.2. Organismos microbianos.

La contaminación microbiana de los cuerpos receptores es de gran preocupación por sus repercusiones sobre la salud del hombre, ya que muchos de los microorganismos cuasantes de enfermedades son ampliamente distribuidos por las aguas.

Entre los principales organismos patrógenos que son descargados en las aguas residuales están las Salmonellas, Endamoeba histolytica, Micobacterium tuberculosis, Vidrio comma, el virus causante de la hepatitis, los de Coxsackie, los ECHO y poliovirus.

Este tipo de contaminación proviene en su mayoría de las excretas humanas y animales.

I.2.3. Sustancias radiactivas.

Este tipo de contaminación es causada por los residuos radiactivos de algunas plantas industriales, centros de investigación y hospitales, que manejan y utilizan estos compuestos.

Afortunadamente esta clase de desecho tienen una disposición final bastante controlada, además de que en nuestro país este tipo de actividades es reducida.

I.2.4. Sustancias inorgánicas.

Los compuestos inorgánicos de las aguas residuales provenientes de todas las fuentes de contaminación, se presentan en forma de disoluciones, soluciones coloidales y material suspendido.

La mayor parte de estas sustancias son sales inorgánicas (cloruros, sulfatos y silicatos, y oxídos metálicos), que son relativamente estables y no están sujetos a los procesos de biodegradación.

El grado de autopurificación que presenten los cuerpos de agua, con respecto a estos contaminantes, estará en función de su poder de dilución y de la sedimentabilidad de los compuestos.

I.2.5. Contaminación térmica.

La contaminación térmica de los cuerpos receptores, es debida a la descarga de aguas residuales con temperaturas mayores que las de condiciones naturales.

Los principales procesos donde se descargan aguas a temperaturas elevadas, son las plantas generadoras de electricidad y las aguas de enfriamiento y condensación industrial.

I.3. Efecto de los contaminantes sobre los cuerpos de agua.

La intensidad del efecto de las descargas de aguas residuales sobre los

cuerpos receptores dependerá de ambos, es decir de las concentraciones y gastos de las descargas, así como del volumen, condiciones ambientales y movimientos de los cuerpos de agua.

En terminos generales, los efectos de los contaminantes, son los siguientes:

I.3.1. Materia orgánica.

La descarga de materia orgánica provoca un decremento en la concentración del oxígeno disuelto del ucerpo de agua, lo cual pone en peligro a la vida acuática, ya que se requiere cuando menos de 3 a 4 mg/l de oxígeno disuelto para mantener un nivel de vida aceptable.

Cuando se llega un abatimiento total del oxígeno disuelto, se crean condiciones sépticas que producen malos olores y sabores en los cuerpos, además de matar a los peces y demás organismos deseables.

I.3.2. Contaminación microbiana

Los efectos de este tipo de contaminación repercute directamente en la salud del hombre y animales que consumen estas aguas contaminadas, produciendo enfermedades como el cólera, disentería bacilar, fiebre tifoidea, gastroenteritis, entre otras.

I.3.3. Contaminantes inorgánicos.

Podemos considerar que una de las principales repercusiones de éstos, es la toxicidad que presentan los metales pesados (plomo,

mercurio, cadmio); los nitratos y nitritos que producen la meta hemoglobinemia a concentraciones mayores de 45 mg/l; el arsénico que en concentraciones de 0.6 a 0.8 mg/l ocasiona intoxicación endémica y cancer; y las fluorosis y ostiofluorosis provocadas por los floruros.

I.3.4. Contaminación térmica

Las diferentes formas de vida de los ecosistemas acuáticos, tienen un ámbito definido de temperatura para el desarrollo de sus procesos biolgicos, los cuales no suelen dañarse con elevaciones moderadas de temperatura, sin embargo un cambio rápido y más allá del ámbito permisible reduce su tasa de reproducción e incluso puede llegar a matarlos

II. FUENTES DE AGUAS SUPERFICIALES PARA ABASTECIMIENTO.

II.1. Agua de lluvia.

Normalmente el agua se lluvia se utiliza en granjas y licalidades rurales, en regiones semiáridas carentes de aguas subterráneas o superficiales de buena calidad.

En casas habitación el agua que escurre de los tejados se conduce a través de canales y ductos de bajada a barriles o cisternas de almacenamiento sobre el piso o en el suelo. El almacenamiento transforma la recepción intermitente del agua de lluvia en una fuente de suministro continuo.

La recolección del agua de lluvia se efectúa mediante la preparación de un área suficientemente extensa como para colectar el agua de lluvia necesaria para el abastecimiento de la localidad a servir, de acuerdo con la pluviometría y características locales de la zona.

La capacidad de la cisterna se calcula tomando en cuenta el tiempo que dura la temporada de lluvias, la precipitación media anual, el área de captación y el consumo que se va a hacer durante el año.

La capacidad se considera como el volumen necesario para la época de secas, afectado por un coeficiente mayor que la unidad para que la unidad para que se absorban las variaciones anuales, las pérdidas probables y para asegurar un mejor equilibrio con respecto al consumo.

Duración del período seco (meses)	Capacidad
3	1/4 Rn
4	1/3 Rn
5	1/2 Rn

Rn = 2/3 a 3/4 Rt = rendimiento neto

Rt = rendimiento total = área de captación x precipitación media anual

Demanda = número de habitantes x dotación x período seco

Si la demanda es menor que la capacidad o volumen captado no existirá problema, pero si se presenta el caso contrario, entonces se tendría que construir un área de recolección mayor o el volumen de la cisterna quedará fijado por el volumen captado (fig. 1).

II.2 Ríos.

Los abastecimientos por agua de los ríos, requieren de los mayores recursos para su tratamiento; ya que la turbiedad, el contenido mineral y su grado de contaminación varían considerablemente de un día a otro; así como también el aumento de la temperatura del agua durante los meses calurosos de verano pueden hacerla indeseable. Este tipo de abastecimiento se prefiere solamente cuando no es posible obtener agua de otras fuentes seguras; sin embargo, tiene la ventaja sobre abastecimientos de

embalses de que los costos son menores ya que no es necesario construir muros de retención costosos, ni canales, ni grandes extensiones de terreno ni adquirir derechos sobre el agua.

Los sitios de toma en los ríos se construyen en sitios colocados bastante arriba de los puntos de descarga de aguas negras y residuos industriales; dicha localización tomará en cuenta la profundidad del agua, un fondo estable y calidad adecuada del agua, con una protección adecuada contra crecientes, escombros, hielo y tránsito en el río.

Las obras de toma en ríos tienen las siguientes características:

II.2.1. Para grandes variaciones en los niveles de la superficie libre

. Torres para captar el agua a diferentes niveles; en las márgenes o en el punto más profundo del río. Se recomienda para grandes abastecimientos ya que es muy costosa, requiriendo que el fondo de la corriente sea estable.

. Estaciones de bombeo flotantes;

para los casos en que la variación entre los niveles máximo y mínimo sea mayor que la altura máxima de succión y por lo tanto sea imposible disponer una estación de bombeo fijo. La balsa se ancla en tres puntos, dos en tierra y uno en el agua y las tuberías de succión y descarga son flexibles.

. Estaciones de bombeo sobre plataformas móviles;

Se utilizan cuando se tengan corrientes fuertes, fondo inestable que dificulta el anclaje, acceso difícil durante el nivel de estiaje, orilla vertical o tráfico fluvial intenso. El equipo de bombeo

está instalado en tierra firme pero sobre una plataforma móvil - y sólo puede usarse cuando se cuente con terrenos buenos para cimentación y orillas estables.

II.2.2. Para pequeñas variaciones en los niveles de la superficie libre

- Estaciones de bombeo fijas, con toma directa en el río o en un carcamo; con bomba centrífuga horizontal. Su altura es de 4 a 6 m en la mayoría de los modelos y para alturas moderadas sobre el nivel del mar; se ubican en terreno firme con suelo adecuado para cimentación en sitio accesible y protegido contra inundaciones. En ríos pequeños las aguas se represan para asegurar el tirante mínimo necesario para el gasto requerido. Si el río es profundo, la succión se realiza debajo del nivel mínimo con la sumergencia necesaria. Cuando se desee captar agua de mejor calidad, se hace la selección por medio de un dispositivo de flotación en donde se ubica la succión que operará con carga constante; cuando se dificulta este anclaje se usan estructuras fijas y accesibles desde tierra.
- Canales de derivación con o sin desarenadores.
- Captación directa por gravedad, usando tubería anclada en estructura de concreto.

II.2.3. Para escurrimientos con pequeños tirantes.

- Presas derivadoras o diques con toma directa;

El dispositivo de captación es un tubo sumergido orientando la en

trada de manera que no quede frente a la dirección de la corriente y protegiéndola con malla metálica. La tubería se instala arriba del nivel de la avenida máxima en conducciones por gravedad con lo que se simplifica la instalación y se logra una economía apreciable en el costo de la obra.

La carga sobre la toma debe ser por lo menos igual a 3 veces su diámetro para garantizar el funcionamiento de la obra de captación, eliminando la entrada de aire y el impacto de los cuerpos flotantes y con una velocidad del líquido en la entrada comprendida entre 45 y 60 cm/s.

- Diques con vertedor lateral;

Cuando la toma directa está expuesta a impacto considerable, se instala un depósito provisto de un vertedor lateral. Esta captación se recomienda para grandes gastos y su instalación en ríos que arrastran mucha arena.

- Diques con vertedor y depósito central;

Para todos los casos vistos, se presentan las figuras 2 y 3.

II.3. Lagos naturales.

Los lagos pueden proporcionar agua de buena calidad, excepto cerca de sus márgenes y en la vecindad de descargas de drenajes o de corrientes fuertes. Una ventaja de esta fuente de abastecimiento es que requiere un tratamiento mínimo y la disponibilidad de agua es muy grande.

Por desgracia, los medios más socorridos para disponer las aguas residuales de las poblaciones consisten en descargarlas al mismo lago del que

se suministra el agua.

Por esta razón es muy importante tener cuidado tanto en los puntos de toma como de descarga de drenajes con el objeto de que a la planta de tratamiento de agua potable, llegue un agua con el mínimo de contaminación.

En algunas ocasiones es tan grande la distancia que hay desde la orilla al punto en donde puede obtenerse un agua de calidad satisfactoria, que el costo de las instalaciones resulta prohibitivo para poblaciones pequeñas; en tal situación debe localizarse otro punto de abastecimiento el cual, si bien no ofrezca una excelente calidad de agua, aún con el tratamiento requerido, resulte más económico el abastecimiento.

Como norma y tomando en consideración las fuentes de contaminación, los vientos que prevalecen, corrientes superficiales y subsuperficiales y rí de tráfico, se establece que las tomas para captar agua limpia deben quedar en el fondo cuando el viento sopla hacia afuera de las márgenes y en la superficie cuando el viento sopla hacia las riberas (figura 4).

II.4. 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 en época de estiaje.

Los embalses tienen la ventaja de eliminar la mayor parte del lodo o enturbiamiento del agua así como la disminución de bacterias; pero sin embargo, se producen olores y sabores debidos a las algas.

Las obras de toma se encuentran en la parte más profunda y frecuentemente se les incorpora a la estructura misma de almacenamiento (figura 5).

II.4.1. Medidas de saneamiento aplicables a embalses

Siempre es preferible prevenir la contaminación de los abastecimientos de agua que confiar totalmente en los procesos de tratamiento, lo cual es aplicable en aquellos embalses en los que determinadas cantidades de contaminantes pasan más alla de la toma de agua.

Conviene 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. Para lograr este objetivo, se recomienda reforestar y proponer los usos más adecuados de la tierra en toda el área tributaría; pero de no contar con los medios económicos suficientes, debe reforestarse cuando menos, el área inmediata que rodea al embalse.

Si en algún caso existieran pantanos en el área de captación es conveniente darles atención, ya que sus escurrimientos imparten color al agua; además, de que los charcos poco profundos propician las proliferaciones de microorganismos. Pueden drenarse por

medio de zanjas y pequeños canales que los desaguen lentamente.

En suma, para poder utilizar el agua superficial como abastecimiento, es necesario obtener y analizar la siguiente información:

- Datos hidrológicos, entre lo que se encuentra:
  - gastos (mínimo, medio y máximo).
  - niveles de agua (mínimo, normal y extraordinario).
  - características de la cuenca (erosión y sedimentación).
  - usos del agua (calidad fisicoquímica y bacteriológica).
  - Estudio de posibles inundaciones y arrastres de cuerpos flotantes.

Esta información servirá para establecer el tipo necesario de captación para obtener el gasto máximo diario demandado; evaluándose otros datos como precipitaciones, pérdidas por evapotranspiración, infiltración, etc.

- Aspectos sanitarios como:
  - origen y evaluación de posibles contaminaciones, ubicando la toma aguas arriba de descargas.
  - tipo y grado de tratamiento para potabilizar las aguas.
  - medidas de control para reducir la contaminación en vasos de almacenamiento y lagos.
  - aprovechamiento para otros usos (hidroeléctrico, riego).
- Aspectos económicos, para los cuales es necesario realizar estudios que definan la alternativa que presente las mejores faci-

lidades de construcción, operación y mantenimiento, estableciendo un análisis económico de la intercorrelación entre las obras de captación, conducción y adquisición de terrenos, de la siguiente manera:

. obras de captación que implican:

+ estudio para localizar los mejores accesos para el transporte de materiales, movimiento de personal y electrificación.

+ estudio de las obras de protección contra inundaciones.

+ establecimiento de las oscidlaciones de la superficie libre del agua.

+ localización adecuada de la planta potabilizadora.

+ dictámen geológico y de mecánica de suelos para el diseño de cimentaciones.

. líneas de conducción, analizándose:

+ tipos de conducción y su longitud

+ trazo de las líneas de conducción

+ facilidades de ejecución y conservación

. Adquisición de terrenos, examinando:

+ pertenencia y su valor

+ costos para caminos, derechos de vía y residencia para el personal

III. FUENTES DE AGUAS SUBTERRANEAS PARA ABASTECIMIENTO.

III.1. Pozos poco profundos.

Se consideran como poco profundos aquellos cuya profundidad es hasta 30 m.

Pueden construirse por excavación y por hincado en seco y en agua.

A continuación se presentan las características de los diferentes métodos de construcción.

III.1.1. Pozos excavados

Estos pozos no son recomendables desde el punto de vista sanitario, a menos que se protejan bien y que capten aguas que no esten a menos de 6 m de profundidad; en su defecto, pueden captarse aguas a menor profundidad si se hacen pruebas bacteriológicas que indiquen la buena calidad de las aguas.

Generalmente la excavación se hace con pico y pala, extrayendo el material suelto mediante recipientes manejados con poleas y cables; tienen diámetros que van de 1.20 a 1.80 m. La profundidad de excavación llega a su límite cuando la entrada de agua sea mas rápida que su extracción. Por seguridad y para construcción, se coloca un revestimiento (ademe) de madera para apuntalar las paredes, el cual se perfora o se le dejan aberturas para la entrada del agua apoyándose firmemente en el fondo.

El recubrimiento debe extenderse desde unos 30 cm sobre la superficie del suelo hasta cuando menos 3 m bajo la misma debiendo ser impermeable para evitar escurrimientos e infiltraciones super-

ficiales. El hormigón es el material más adecuado para recubrir la parte superior del pozo y el ladrillo, la piedra brasa o la baldosa vidriada para recubrir la sección permiable que queda dentro del estrato acuífero.

Las bombas que se utilizan para profundidades del espejo de agua menores de 6 m son del tipo jarra de operación manual y para profundidades de 6 a 30 m se emplean bombas tipo pozo profundo (centrífugas verticales).

Un pozo escabado adecuadamente en un acuífero permeable puede rendir de 30 a 90 l/s, aunque la mayoría de los pozos domésticos rinden menos de 6 l/s figura 6.

III.1.2. Pozos hincados

III.1.2.1. Hincado en seco.

Se utilizan cuando el agua subterránea se encuentra en formaciones porosas poco profundas (arena). Se recomiendan en valles y margenes de ríos, playas y dunas costeras en donde no se presente el peligro de extraer agua de mar y en depósitos glaciales.

El sistema consiste en una serie de tramos de tubo conectados que se hincan por impactos repetidos. El agua entra al pozo a través de una punta de hincamiento en el extremo del tubo, la cual consiste de una sección cilíndrica ranurada protegida durante el hincado por un cono de acero.

Las profundidades de estos pozos rara vez exceden los 15 m siendo comunes las profundidades de hasta 10 m y si se quiere obtener un suministro de agua continuo, es necesario que la superficie freática se encuentre cercana a la superficie entre 3 y 4 .5 m para mantener un abatimiento adecuado.

Sus rendimientos son del orden de 1 a 3 l/s y se consideran adecuados para abastecimientos domésticos, temporales y para propósitos de exploración.

Su construcción se puede realizar por:

- golpe de mazo sobre un cabezal de hincamiento
- barra de acero unida a un cable, dejándose caer libremente en el interior de la tubería hasta golpear la punta de hincamiento.
- martinete mecánico que golpea sobre una barra unida por arriba a la tubería del pozo.
- martinete neumático empleado con tuberías resistentes.

Las ventajas de estos pozos es que se pueden construir en un tiempo corto, con un costo mínimo y por una persona. Para profundidades del espejo de agua mayores de 5 ó 6 m se necesita un cilindro de succión que va unido al tubo hincado por la parte superior al resto de la tubería del pozo.

La tubería de ademe debe tener una profundidad mínima de 3 m con un diámetro suficiente para permitir la inser-

ción del cilindro de la bomba a la tubería del pozo.

Aquella tubería debe sobresalir de la cubierta un tramo corto y la base de la bomba se lleva a una altura tal que permita bajar el pedestal y manipular una llave de tuercas para en caso de reparaciones sujetar la tubería del pozo, quitar la bomba y extraer el cilindro sin mover el tubo ni la punta de hincamiento. Se utilizan coladores en función del tamaño de las partículas en el acuífero.

La losa de cubierta del pozo se construye de 1.20 m de diámetro figura 7.

III.1.2.2. Hincado con agua.

Los pozos se construyen por la acción cortante de un chorro de agua que extrae por su alta velocidad el material mientras el ademe dentro del agujero conduce el agua y los cortes fuera del pozo.

Se preparan agujeros de 3 a 6 cm de diámetro, aunque se pueden hacer de hata 30 cm o más con profundidades mayores de 15 m.

Sus rendimientos son pequeños y se adaptan mejor a formaciones no consolidadas.

Para penetrar en arcillas y tepetate, la tubería de hincado se levanta y se baja rápidamente rompiendo con la broca la formación y durante esta operación la tubería de hincado se gira lentamente para asegurar un agu

jero recto.

Una vez que el ademe se extiende bajo el nivel freático se baja la tubería con el colador.

III.2 Pozos profundos.

Se considerna así, aquellos cuya profundidad es mayor de 30 m. cuyos diámetros más comunes van de 15 a 30 cm. Se recurre a este tipo de pozos cuando se requieren grandes caudales de calidad satisfactoria desde el punto de vista bacteriológico, aunque pueden tener altas concentraciones de sales minerales disueltas.

Pueden construírse por percusión estándar y el método rotatorio directo e inverso.

III.2.1. Percusión estándar

La perforación se logra por golpes sucesivos de una barrena suspendida de un cable de acero. Las partes del equipo a partir del extremo superior son: enchufe del cable, juego de percusores, vástago de perforación, una barrena de perforación y una cuchara figura 8.

Las barrenas tienen una longitud de 0.9 a 3.0 m y pesos de hasta 1.5 ton; el vástago es una barra larga de acero que añade peso y longitud a la perforadora a fin de que corte rápida y verticalmente, su longitud varia de 1.8 a 9.0 m, de 6 a 15 cm de diámetro y peso de 50 a 1,500 kg; los percusores sueltan las herramientas que se introducen en el agujero; el enchufe une el cable perforador con la fila de herramienta; la cuchara es una sección de tubería de 3 a 9 m.

de longitud con una válvula check en el fondo que al introducirla en el agujero levanta la válvula y comienza a llenarse, su capacidad varía de 8 a 350 kg Figura 9 y 10.

III.2.2. Método de rotación.

Para grandes profundidades es más conveniente que el de percusión y en formaciones de arena, grava y materiales no consolidados. Se emplea una tubería hueca de perforación que en su extremo inferior lleva una barrena o broca de diseño especial que es la que corta los materiales por medio de movimientos giratorios y de presión. El material cortado es extraído del fondo de la perforación por medio de la inyección de lodos que circulan por la tubería hueca y por el espacio anular formado entre la tubería y el agujero; estos lodos sirven de cementante de las paredes del pozo con lo que se evitan los derrumbes.

III.2.2.1. Rotación directa

Son los mas usados y se utilizan para grandes profundidades.

Con una bomba del tipo reciprocante o centrífuga los lodos se inyectan a presión en la tubería hueca de perforación saliendo por los orificios que tiene la barrena. Después de alcanzar el fondo del agujero cambian el sentido de su movimiento y se elevan entre la tubería y las paredes del pozo. El material cortado se lleva a la superficie

en donde se pasan a un tanque decantador para sedimentar los sólidos y de ahí, al cárcamo de succión de la bomba completándose el circuito

III.2.2.2. Rotación inversa.

Se utiliza cuando se quieren perforar pozos de mayor diámetro y a profundidades de más o menos 100 m y en materiales no consolidados.

En este sistema el cárcamo de lodos está conectado directamente al agujero perforado por donde descienden los lodos entre la tubería de perforación y las paredes del pozo.

Al llegar al fondo, los lodos son extraídos por una bomba centrífuga que tiene conectada su tubería de succión con la tubería de perforación, de manera que los lodos después de alcanzar el fondo invierten su sentido, pasan por la barrena y ascienden por la tubería de perforación. En la superficie la bomba descarga los lodos en el depósito decantador de donde pasan al cárcamo cerrándose así el circuito.

III. 3. Manantiales.

Las obras de captación de manantiales deben impedir la filtración a ellas de escurrimientos superficiales. Son cajas cerradas de concreto reforzado o mampostería de piedra o tabique y el agua se debe extraer por una tubería que atraviese la caja. La caja debe tener una tapa movible como

registro hombre y los muros sobresaldrán de la superficie del terreno por lo menos 15 cm.

III.3.1. Manantiales de ladera.

Se deben proteger de los escurrimientos superficiales por medio de cunetas que los intercepten y desaguen en lugares que no estén cerca del manantial. Las cunetas se excavan a una distancia de 10 m de los manantiales Figura 11 .

III.3.2. Manantiales de piso.

Si se tiene un manantial de fisura en roca dura, la captación se hace por medio de una caja que la rodee, pero las paredes de la estructura tendrán un duplante poco profundo y la unión de ésta con la roca debe ser impermeable rellenando con mortero de cemento Figura 12 .

III.4 Galerias Filtrantes

Es el sistema que capta el agua subterránea que fluye hacia una corriente o lago y está formado por una estructura que cubre de preferencia la profundidad del acuífero para un mayor rendimiento, localizándose en ángulo recto al flujo o paralela a la corriente. Se construyen de mampostería de piedra o concreto con numerosas aberturas, en zanjas a cielo abierto o en túneles a través del suelo y se rodea de grava para incrementar la captación . Pueden producir gastos de 1,200 m^3/día por cada 100 m de galería Figura 13.

La determinación del gasto de captación se hace aplicando la ecuación de Dupuit para flujo estable en acuíferos no confinados, $Q = \frac{K}{2X} (ho^2 - h^2)$.

K = coeficiente de permeabilidad Figura 14 .

Q dado en m^3/S/metrolineal de galería

En la figura 15 se presentan las obras de captación para diferentes localizaciones.

IV. CONTROL DE ALGAS.

Las algas originan olores y sabores que pueden ocasionar problemas en el tratamiento del agua de abastecimiento, por lo cual, pueden darse dos tipos de tratamiento preventivo y correctivo.

IV.1. Tratamiento preventivo

Consiste en añadir sulfato de cobre pudiendo usarse concentraciones de hasta 12 mg/l o mayores sin que exista el peligro de envenenamiento por cobre entre los consumidores; sin embargo se ha determinado que pueden producirse sabores y olores desagradables a concentraciones mayores de 4 mg/l concentración a la cual la mayoría de los microorganismos son destruídos. Casí todos los peces pueden tolerar dosis de 0.5 mg/L y practicamente no se afecta a ninguno con 0.3 mg/l, (3 gr/m^3), a reserva de realizar análisis microscópicas.

La cantidad de sulfato de cobre requerido se calcula tomando como base una profundidad de 3 m y debe aplicarse a intervalos de 2 a 4 semanas durante la época mas calurosa del año.

En las Figuras 16 y 17 se presentan las algas que ocasionan olores y sabores y las que obturan los filtros respectivamente.

Puede realizarse un tratamiento eficaz durante el año, si para el agua que llegue al depósito o tanque de almacenamiento se le aplica 0.18 mg/l (1.8 gr/m^3).

Aplicación:

Se realiza por cualquiera de los siguientes métodos:

- remolcando en una embarcación sacos de sulfato de cobre en costales
- remolcando cajas especiales con mallas que contengan sulfato de cobre en cristales sujetas a los costados de la embarcación
- usando pulverizadores mecánicos .

Por su facilidad de aplicación, por su dosificación y por su menor costo se prefiere éste al cloro.

El cloro se aplica en concentraciones que van de 0.2 a 1.0 mg/l para destruir la mayoría de los ; sin embargo es difícil mantener esta concentración de cloro residual en depósitos grandes y descubiertos ya que reacciona con la materia orgánica y es disipado, por la luz solar. La estabilización del cloro con amoniaco proporciona un modo sencillo para mantener concentraciones adecuadas y especialmente si el tratamiento es continuo. y se intenta prevenir mas que destruir la proliferación de algas.

Las algas proliferan en las partes poco profundas de las áreas pantanosas y por lo tanto, deben eliminarse las que se encuentren dentro del área tributaria y evitarse las partes poco profundas en los depósitos y cuando las haya se les debe prestar especial atención al tratarlas con sulfato de cobre.

Los depósitos profundos deben estar provistos de estructuras de toma que permitan extraer el agua a distintas profundidades, asegurando que se esté tomando de la más adecuada.

Tratamiento correctivo:

Para disminuir los olores y sabores ya producidos se utilizan otros tipos de tratamiento como la aeración, carbón activado, cloración y ozono. La aeración disminuye la carga de olor y sabor en otros procesos de control, pudiendo realizarse por aspersores pulverizando el agua en la atmósfera hasta formar una neblina o gotas muy pequeñas; Descargando el agua por una tubería elevada que la lleve a una serie de artesas de las que caiga el agua a través de pequeños agujeros del fondo o derramándose por los bordes; dejar que el agua salpique y escurra por una serie de artesas o lechos que contengan coke o piedra triturada y forzar el paso de aire comprimiendolo dentro del agua que se va a tratar.

El carbón activado es muy eficaz para eliminar la mayoría de los sabores y olores que se encuentran en un abastecimiento de agua. Generalmente se emplea en forma de polvo fino en dosis de 1.2 a 6 gr/m^3 y cuando se tratan aguas residuales industriales concentradas se usa hasta 36 gr/m^3 durante períodos cortos.

Aplicación :

Si se aplica al agua sin tratar se disminuye la descomposición de depósitos de lodo en los estanques de sedimentación; sin embargo se considera que es mas efectivo cuando está en la superficie de los filtros que es donde se asegura un contacto íntimo con el agua que se filtra; por estas razones se agregan pequeñas dosis al agua cruda o sin tratamiento y dosis mayores y variables al agua sedimentada en función de las necesidades.

Sus desventajas son:

- díficil conseguir hacer una capa uniforme sobre la superficie del filtro
- y posible disminución de la eficiencia de remoción de sabores y olores al aproximarse la terminación del ciclo de filtración.

La cloración es también eficiente si se aplica en cantidades adecuadas, sin embargo, a veces se requieren tan grandes concentraciones que se necesita de una decloración posterior para que no se presenten olores y sabores de cloro. Una técnica de cloración relativamente nueva, es el uso de cloruro de sodio junto con la cloración ordinaria. En esta reacción se produce bióxido de cloro que aunque tiene propiedades desinfectantes sólo se ha empleado para controlar el olor y el sabor.

El tratamiento con ozono tiene propiedades desinfectantes pero como es mas caro que el cloro su uso se ha limitado al control de olores y sabores; no produce olores y sabores posteriores y no requiere control cuidadoso se obtiene por medio de ozonificadores, en los cuales una descarga eléctrica transforma en ozono parte del oxígenfo del aire, comprimiéndolo y haciéndolo burbujear a través del agua que se está tratando en unidades especiales de aereación.

V. INTRUSION SALINA.

En donde el agua subterránea encuentra salida hacia el océano u otras aguas salobres, el bombeo intenso tierra adentro puede invetir la dirección del flujo y atraer una cuña de aguas salada a tierra; sin embargo, este tipo de salinización puede demorarse o evitarse mediante pozos o zanjas de recarga para crear una barrera de agua dulce entre mar y tierra.

Para mantener estacionaria la cuña de agua salada, el potencial dentro de la cu-

ña, expresada como pies de aguas salada, debe ser el mismo en todas partes.

Se aplica en este caso el principio de Ghyben - Herzberz, el cual requiere para el equilibrio, que el potencial de agua dulce a lo largo de la superficie inclinada de la interfase entre agua dulce y salada disminuya hacia el océano, lo cual se logra si el agua fluye hacia éste. Del estudio de modelos y de consideraciones teóricas se obtiene la siguiente relación entre el flujo de agua dulce y los parámetros geométricos mostrados en la Figura 18;

$$q = \frac{1}{2} \quad (S_s - 1) \quad (\frac{M}{L}) \quad T$$

En la cual :

q = descarga de agua dulce por pie de frente de océano

S_s = peso específico de agua salada

M = espesor del acuífero saturado

L = longitud de la cuña

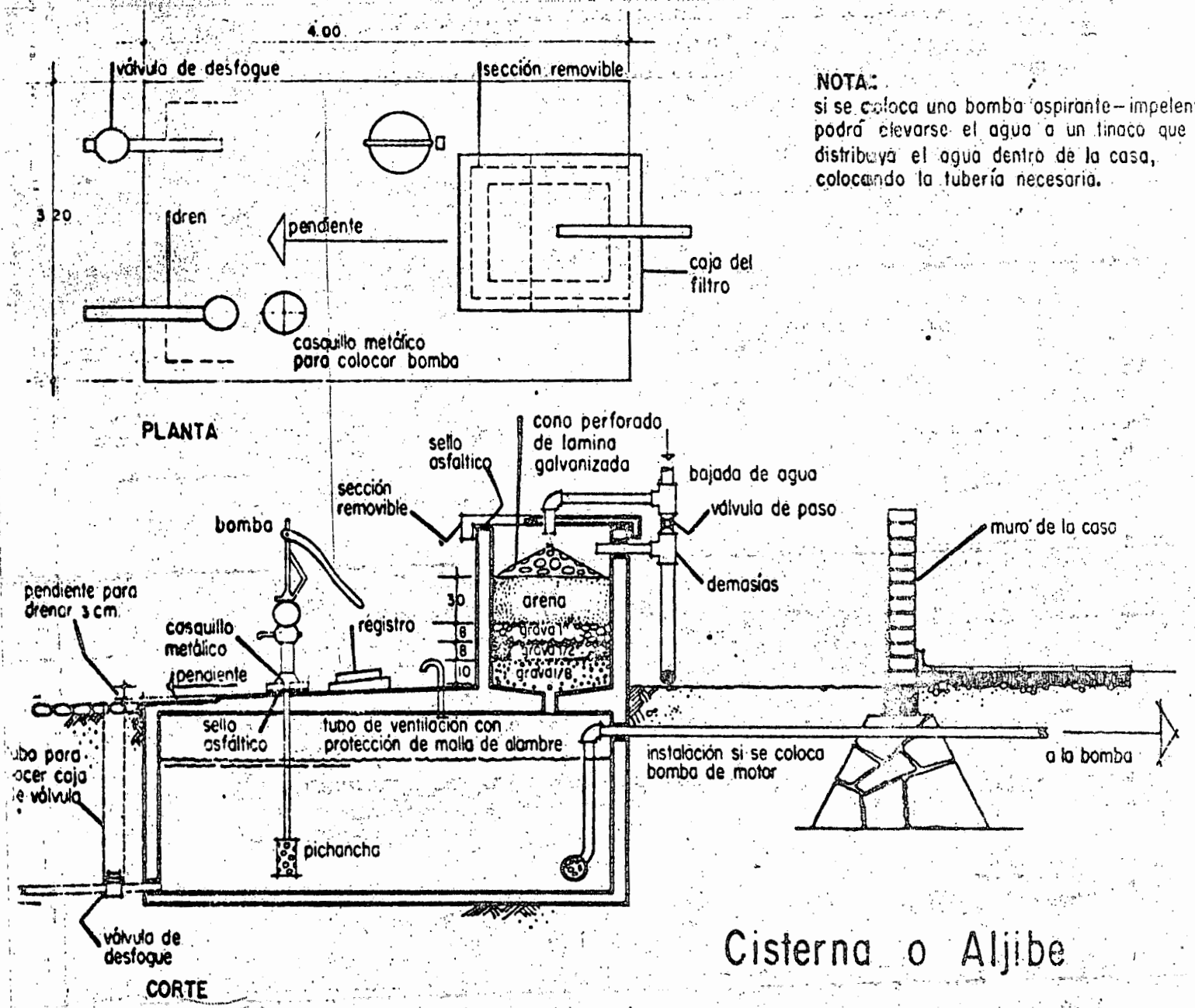
T = coeficiente de transmisibilidad a gradiente unitario

Cuanto más larga es la cuña (L) menor es la pérdida hacia el mar; por lo tanto, para erigir una barrera de agua dulce efectiva contra la intrusión de agua salina habiendo disminuido el bombeo tierra adentro el nivel del agua dulce bajo el del mar, la recarga paralela al frente del océano debe igualar a la suma de los flujos hacia el océano y hacia la tierra.

El espaciamiento de los pozos está determinado por:

- limitaciones sobre la columna de la recarga y sobre la capacidad del pozo.
- la necesidad de llevar la cresta en el nivel freático entre pozos lo suficiente para prevenir la incursión de la cuña entre dos pozos adyacentes.

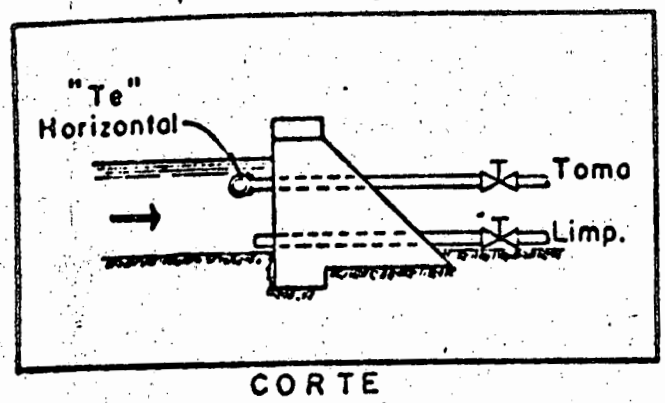
VI. FIGURAS



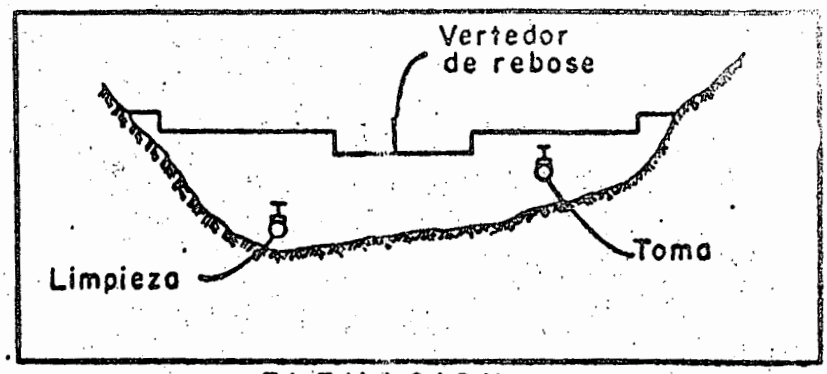
NOTA:
si se coloca una bomba aspirante-impelente podrá elevarse el agua a un tinaco que distribuya el agua dentro de la casa, colocando la tubería necesaria.

Cisterna o Aljibe

Dique-toma y captación directa por medio de una "Te" horizontal

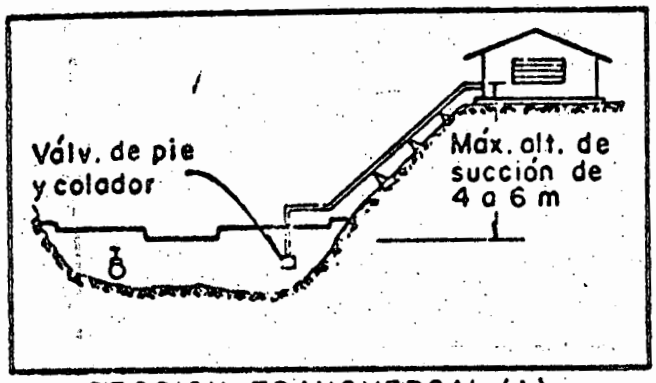


CORTE

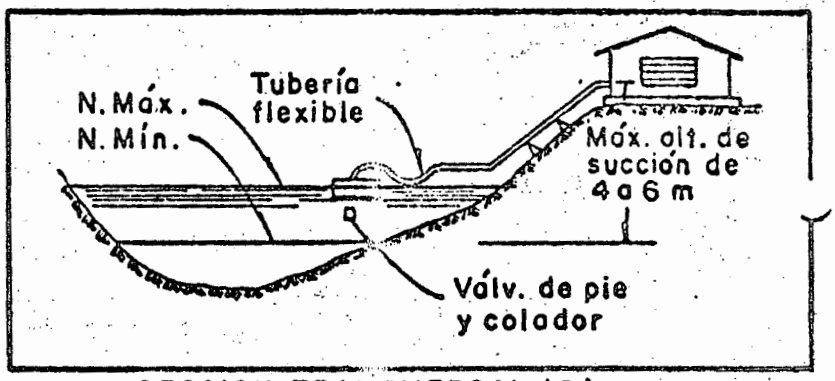


ELEVACION

Captación directa por bombas con succión fija ó flotante

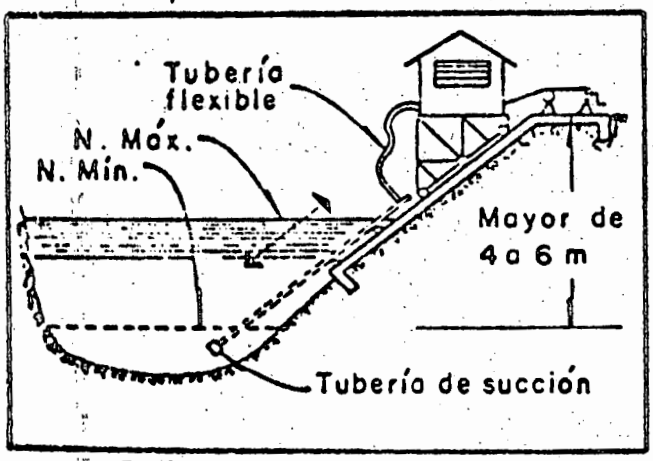


SECCION TRANSVERSAL (1)

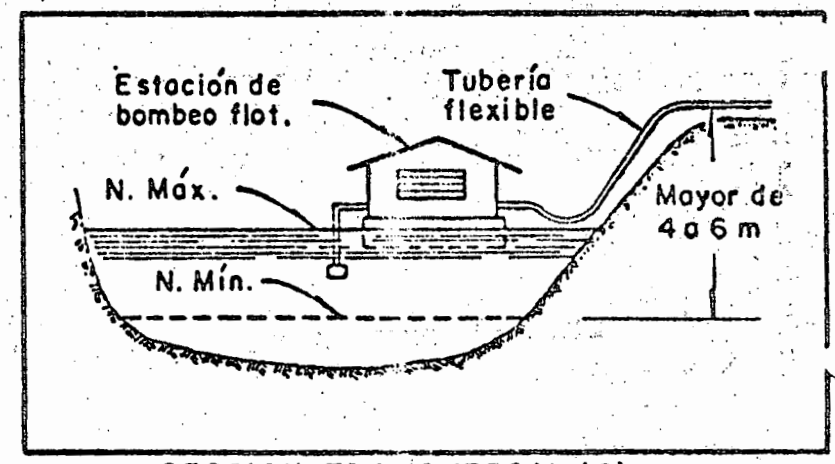


SECCION TRANSVERSAL (2)

Captación directa por bombas, estación móvil ó estación flotante

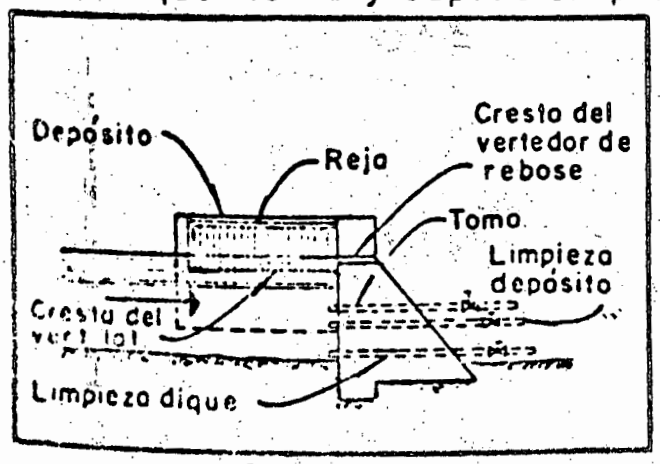


SECCION TRANSVERSAL (1)

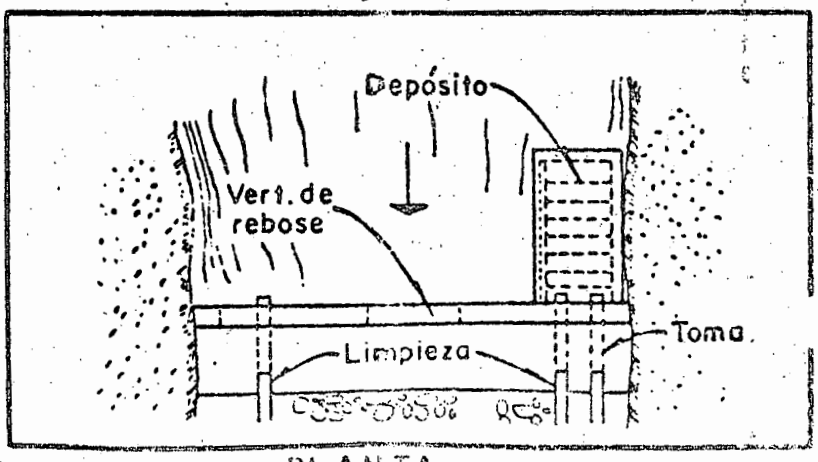


SECCION TRANSVERSAL (2)

Dique-toma y captación por medio de vertedor y depósito lateral



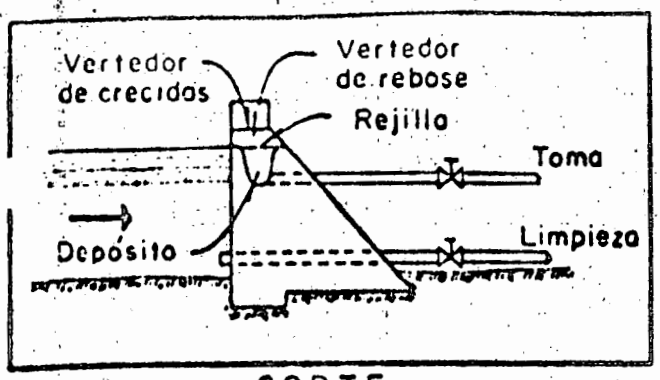
CORTE



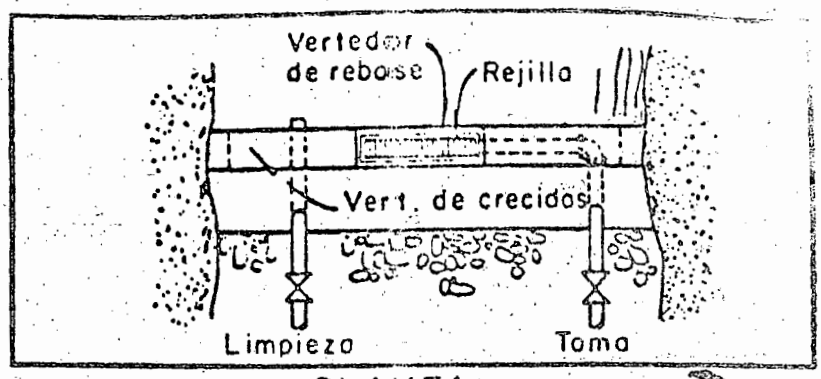
PLANTA

Diferentes métodos de captación

Dique-toma y captación por medio de depósito central

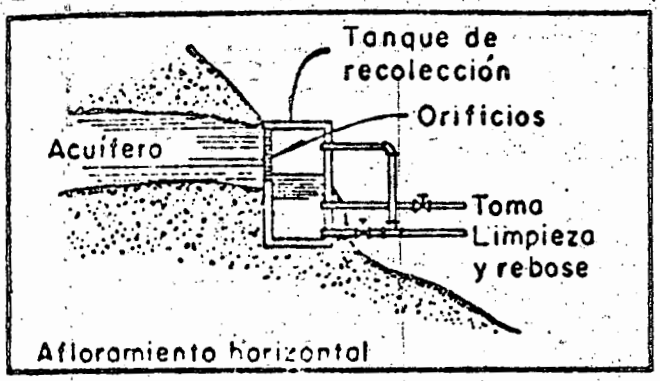


CORTE

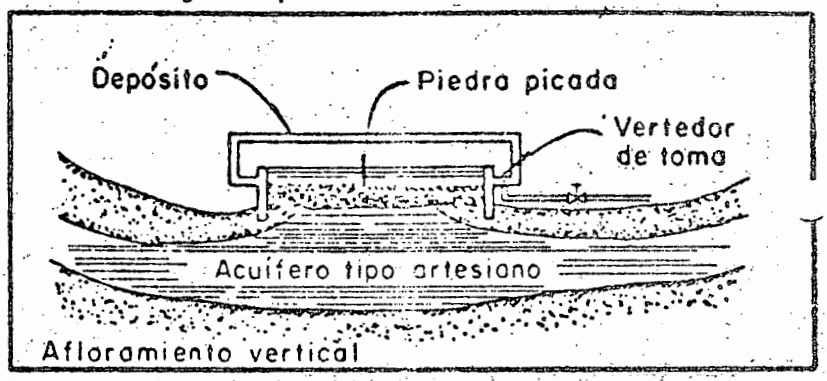


PLANTA

Estructuras especiales para la captación de aguas provenientes de manantiales

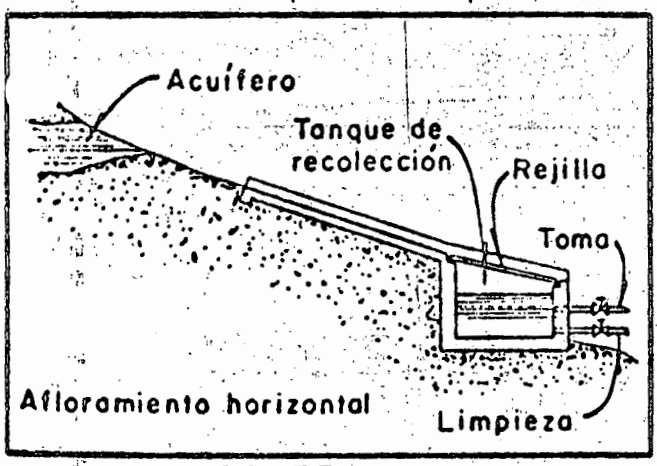


CORTE 1

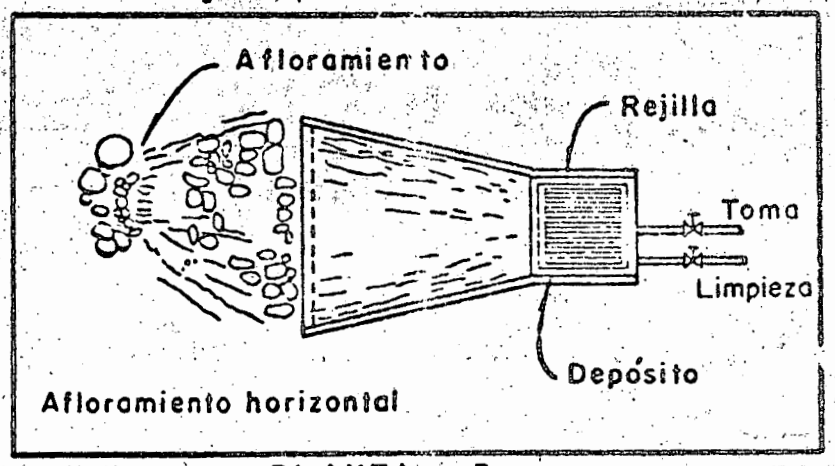


CORTE 2

Estructuras especiales para la captación de aguas provenientes de manantiales

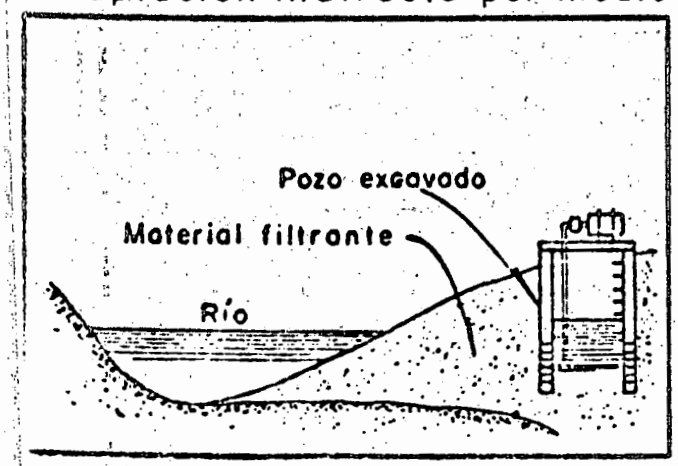


CORTE 3

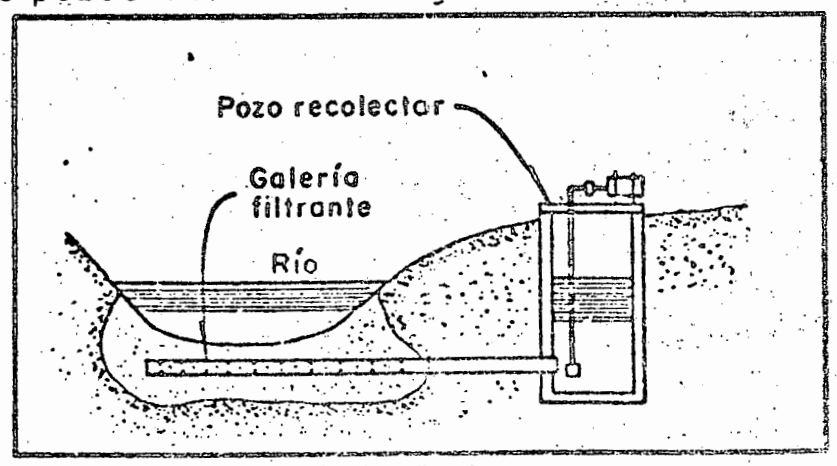


PLANTA 3

Captación indirecta por medio de pozos excavados o galerías filtrantes

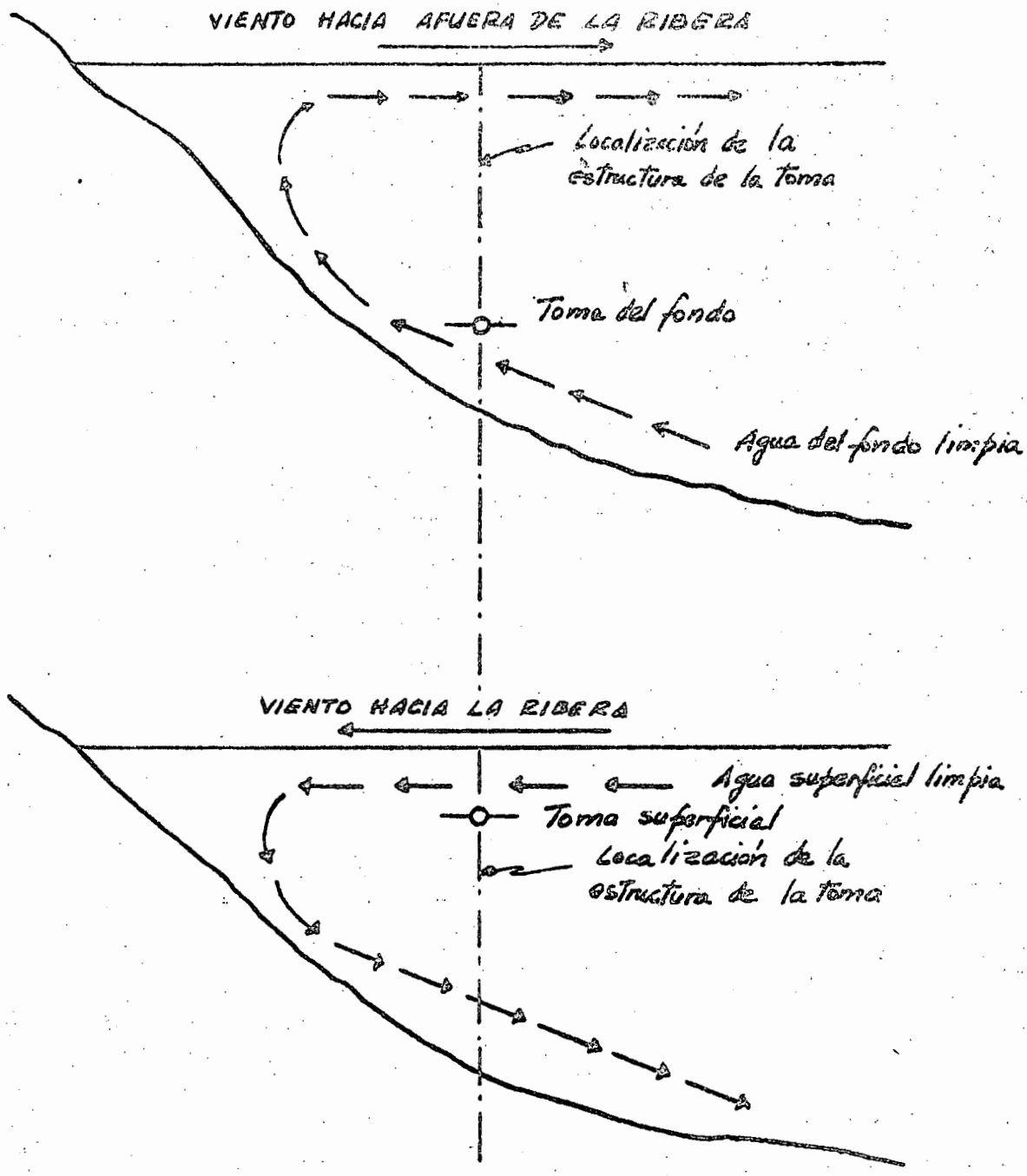


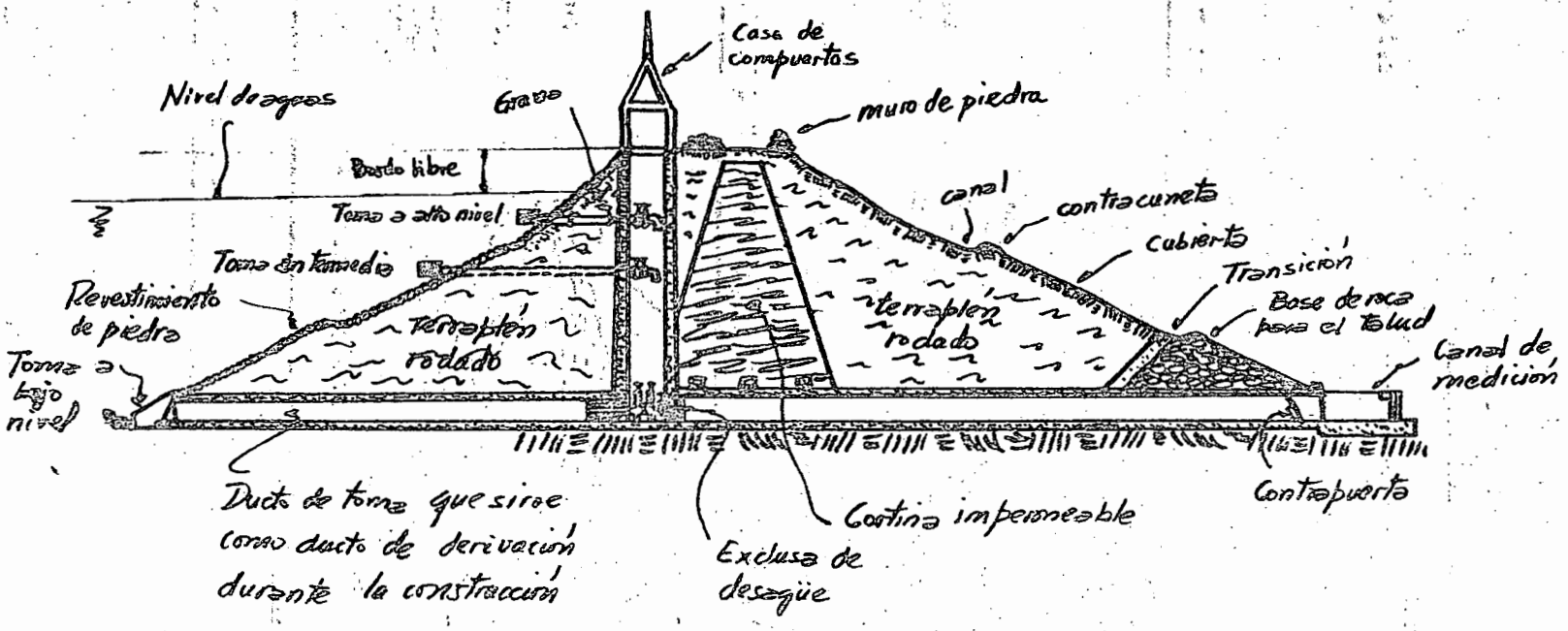
CORTE 1

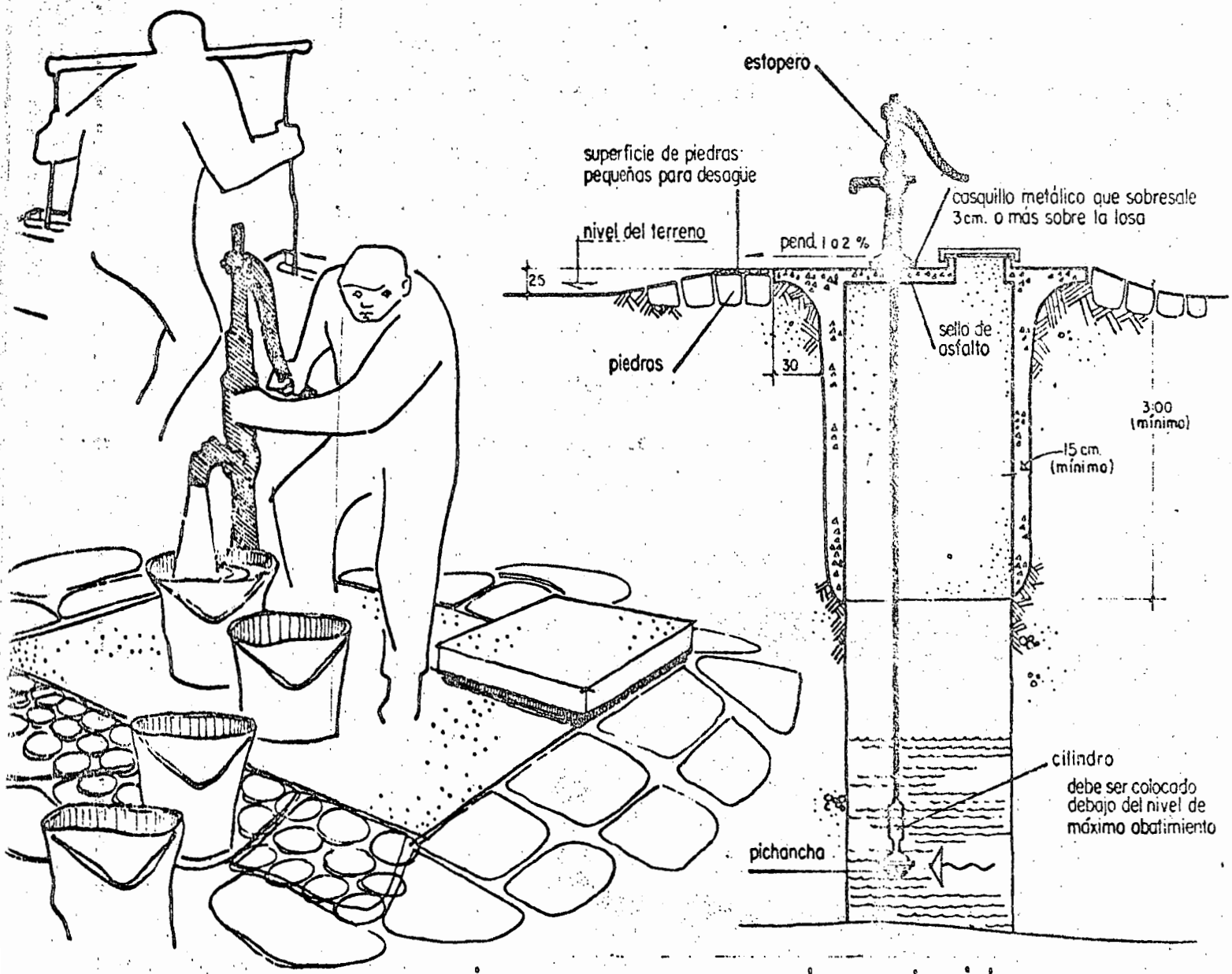


CORTE 2

Diferentes métodos de captación

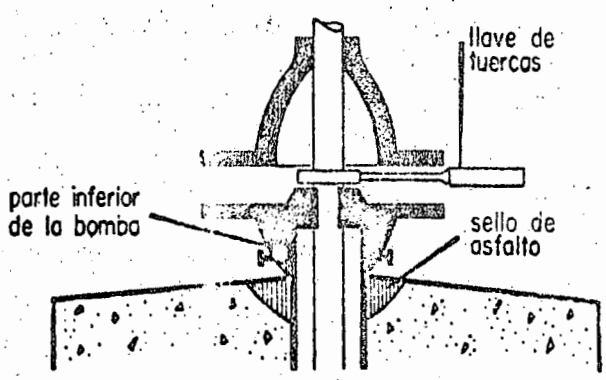

VIENTO HACIA AFUERA DE LA RIBERA
Localización de la estructura de la toma
Toma del fondo
Agua del fondo limpia
VIENTO HACIA LA RIBERA
Agua superficial limpia
Toma superficial
Localización de la estructura de la toma


Casa de compuertas
Nivel de agua
Grava
muro de piedra
Bordo libre
Toma a alto nivel
canal
contracuneta
Cubierta
Toma intermedia
Transición
Revestimiento de piedra
Base de roca para el talud
terraplén rodado
terraplén rodado
Canal de medición
Toma a bajo nivel
Ducto de toma que sirve como ducto de derivación durante la construcción
Cortina impermeable
Contrapuerta
Exclusa de desagüe



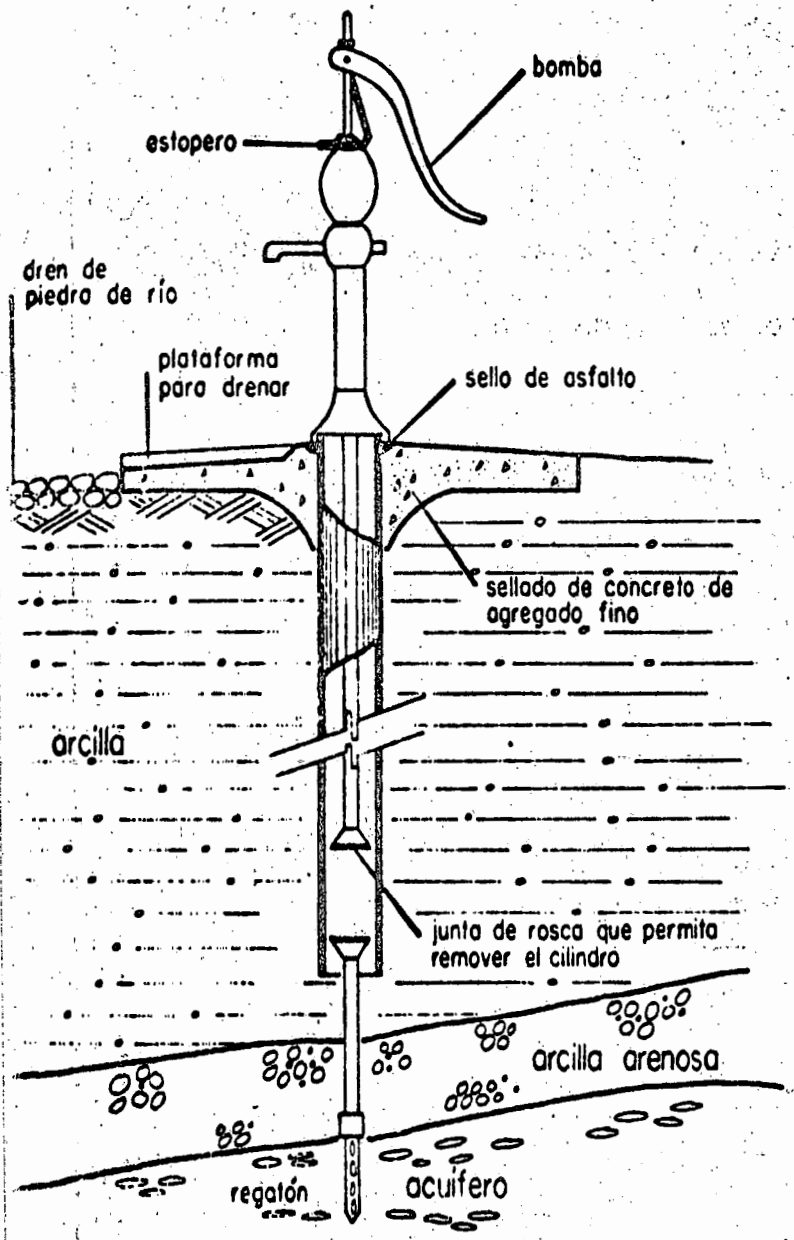
noria o pozo excavado protegido

el montaje de la bomba para ajustarla se hará de arriba hacia abajo para permitir el empleo de la llave de tuercas y ajustar así el tubo.

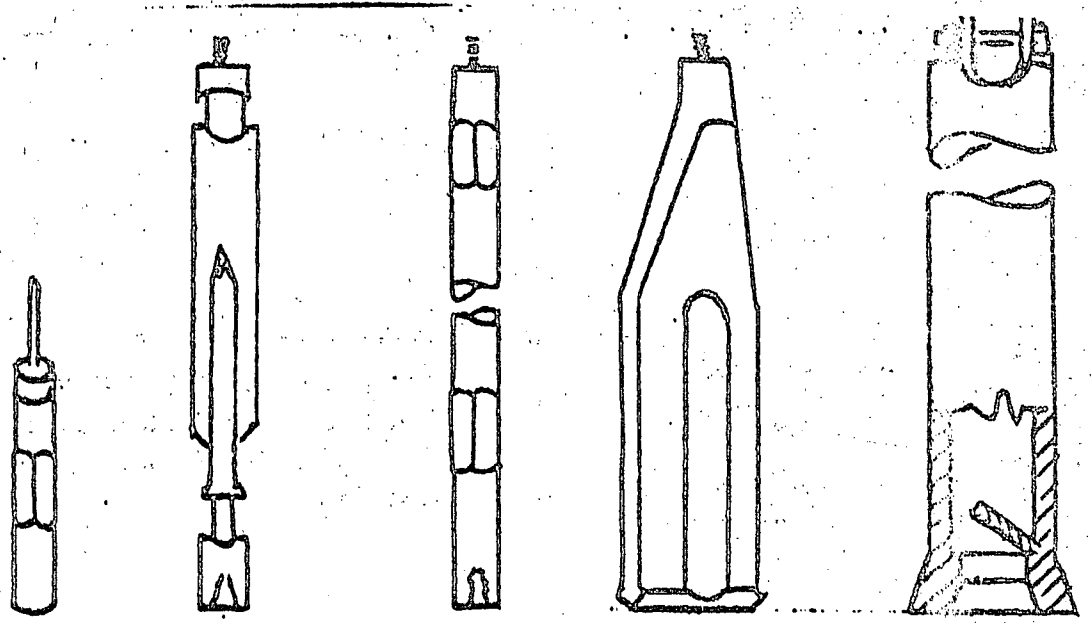


DETALLE DE AJUSTE BOMBA

nota:
el soporte de la bomba y su base debe ser de una pieza, ensamblados por ajuste de pestaña o atornillados.



pozo clavado



ENCHUFE DEL CABLE

PERCUSORES

VASTAGO DE PERFORACION

BARRENA PERFORADORA

CUCHARA

pozo perforado

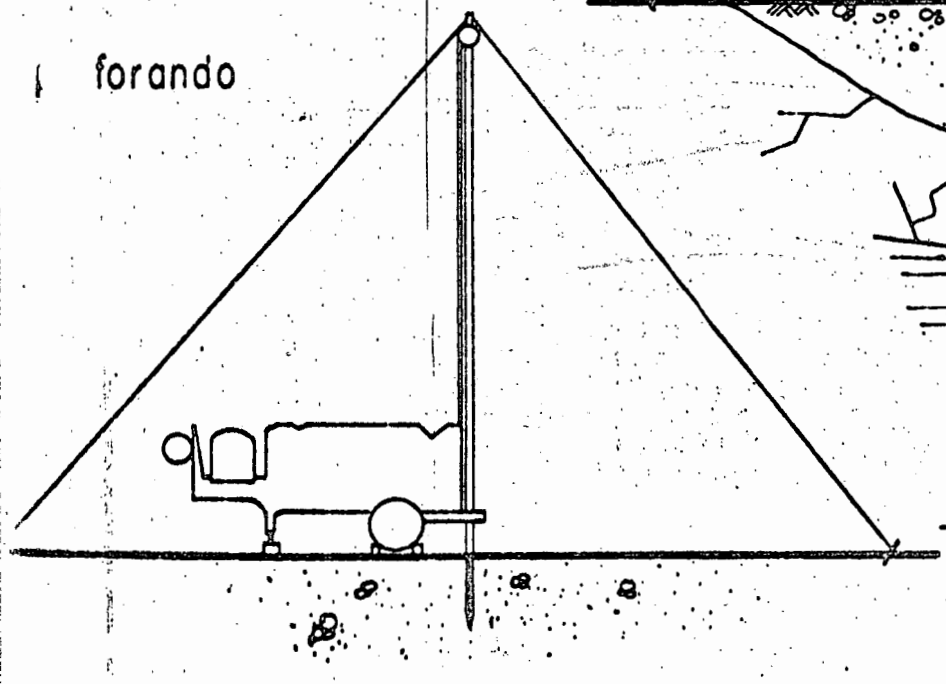
Se llaman pozos perforados, los construidos con máquinas fabricadas especialmente para esa finalidad. Estas máquinas pueden ser de percusión, de rotación o combinadas. La máquina de percusión, es la más sencilla y de mayor uso; asciende y desciende alternativamente, en el interior del pozo. Los diámetros más comunes para este tipo de pozos son de 16 a 40 cms.

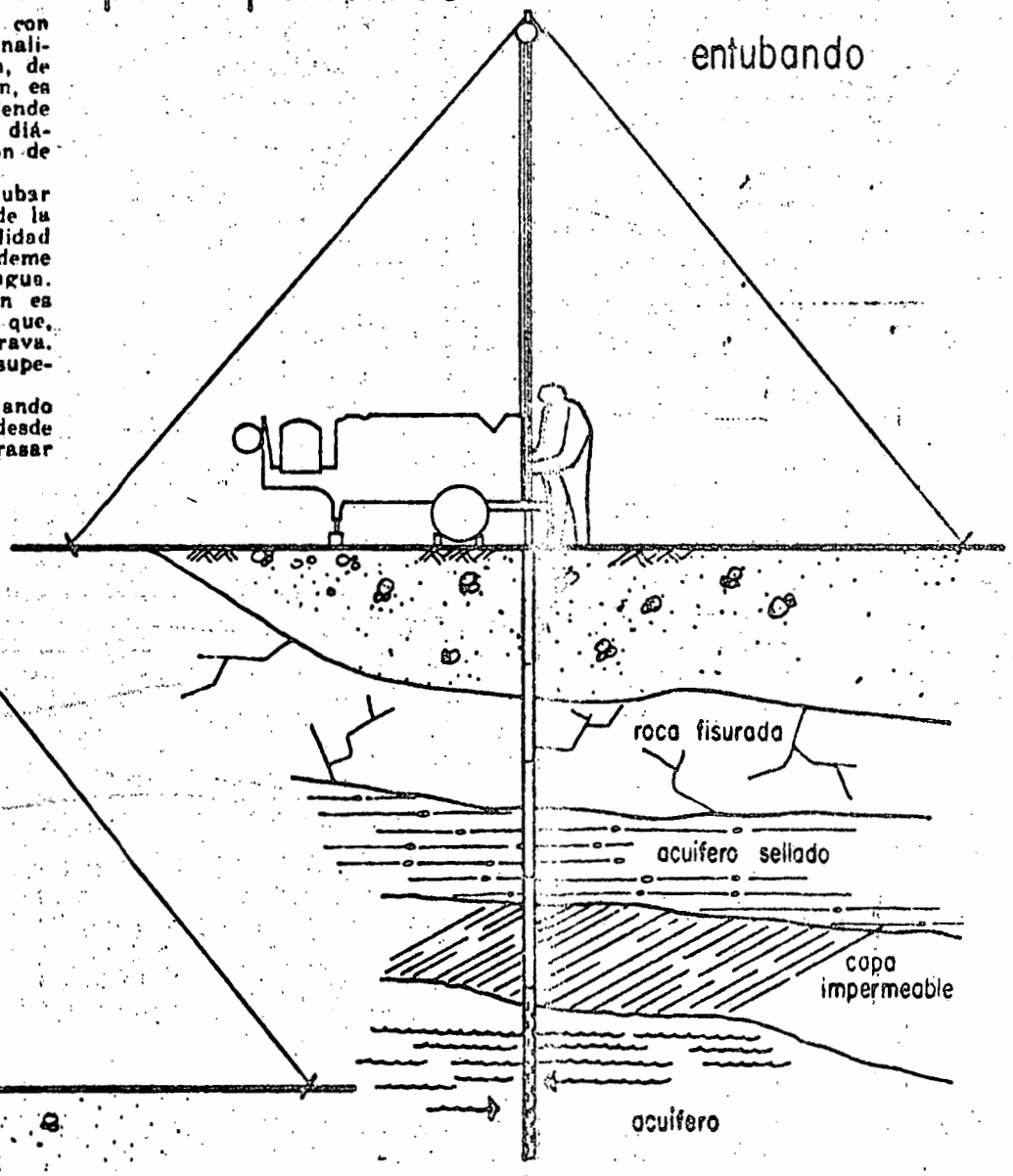
Para evitar los derrumbes, se procede a entubar o adeinar el pozo, con lo que también se impide la entrada de aguas contaminadas. A la profundidad del acuífero que se va a utilizar, el tubo de ademe estará ranurado para permitir la entrada del agua.

Generalmente el diámetro de la perforación es mayor que el diámetro del tubo de ademe, por lo que, el espacio que queda libre debe rellenarse con grava.

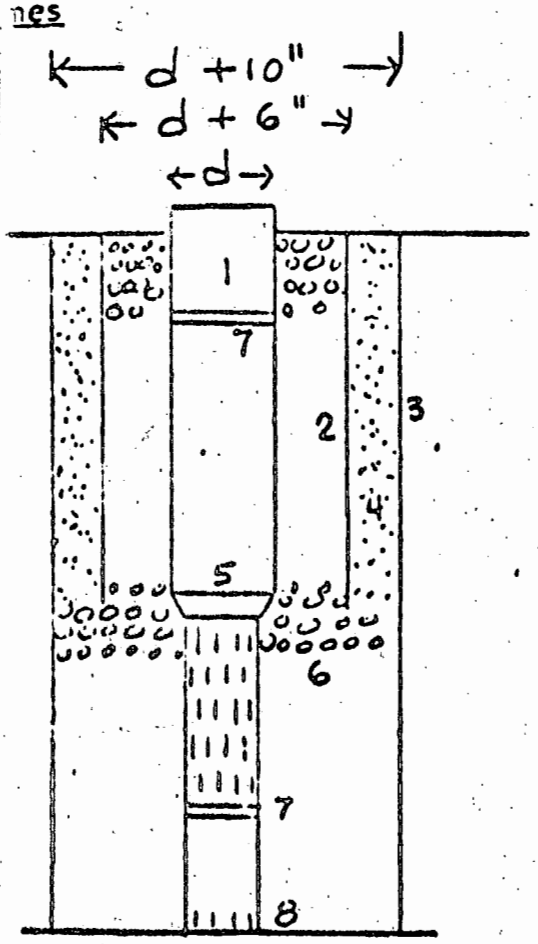
Este relleno formará un filtro hasta el nivel superior del acuífero utilizable.

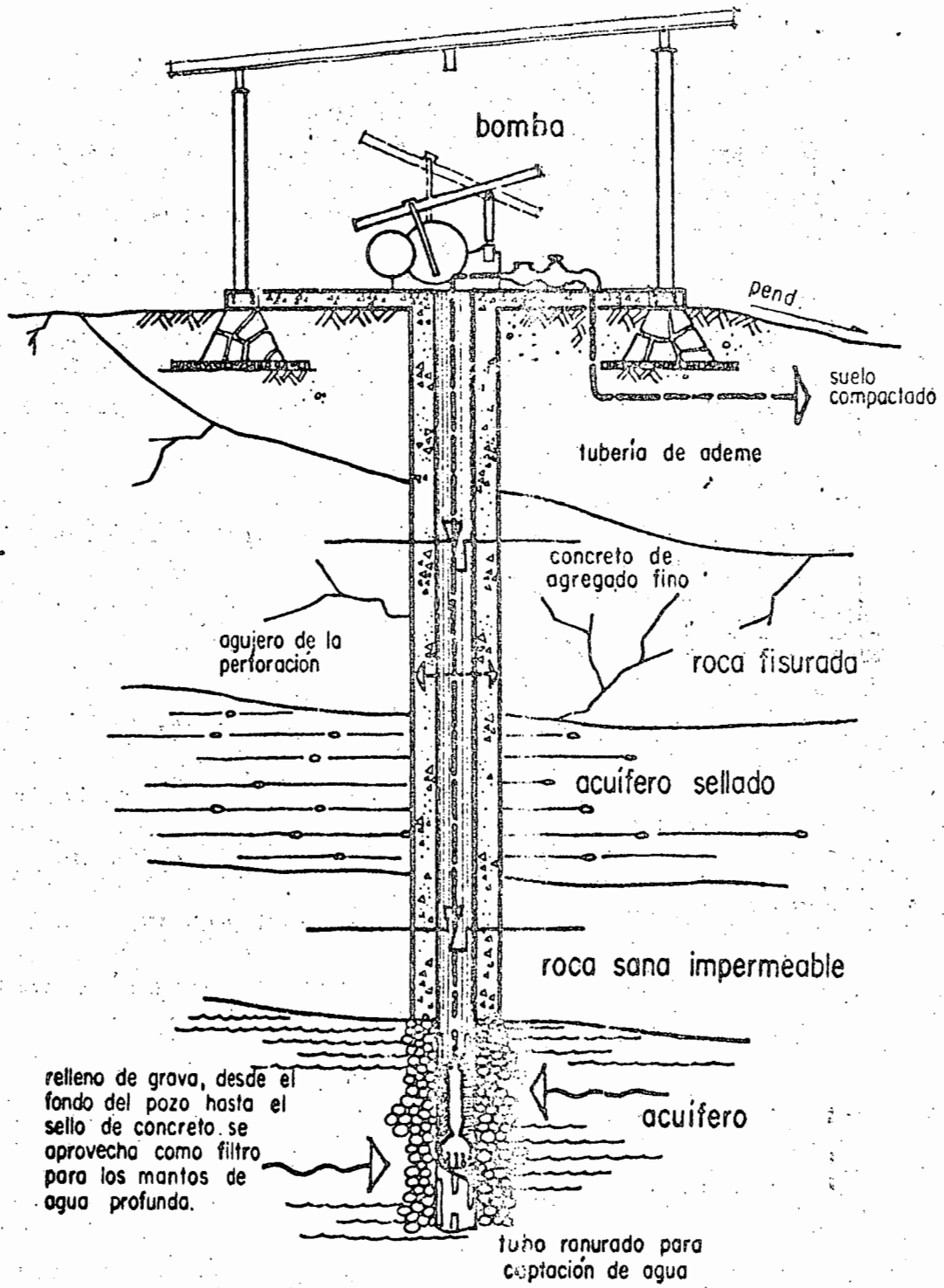
El pozo se protegerá sanitariamente, rellenando con concreto la parte libre de la perforación, desde donde termine el relleno de grava, hasta enrasar con el piso.



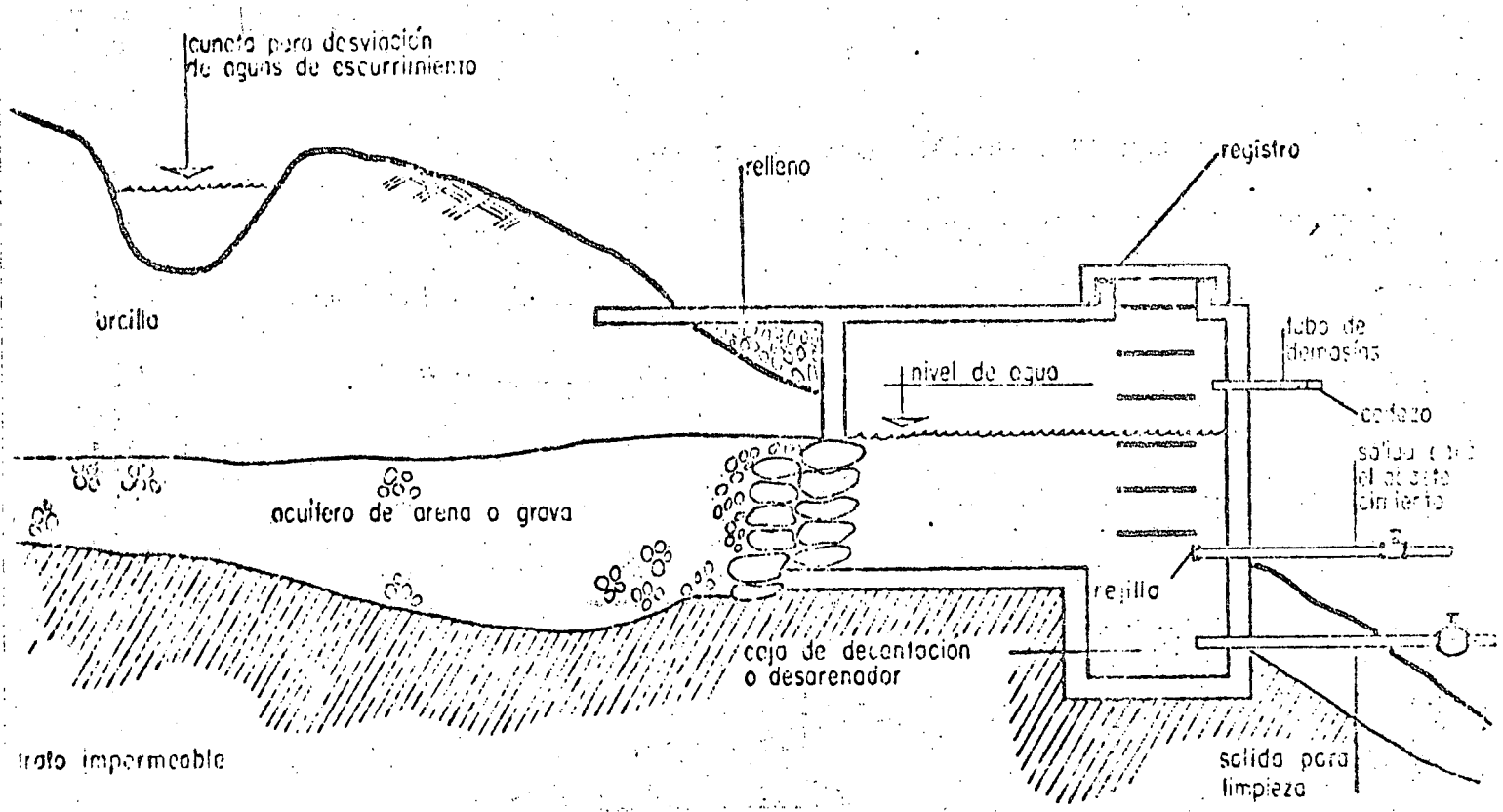


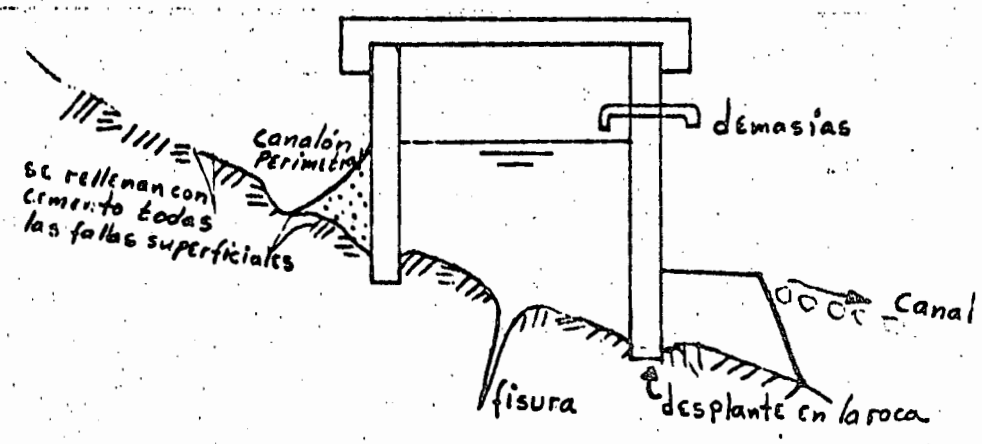
nes



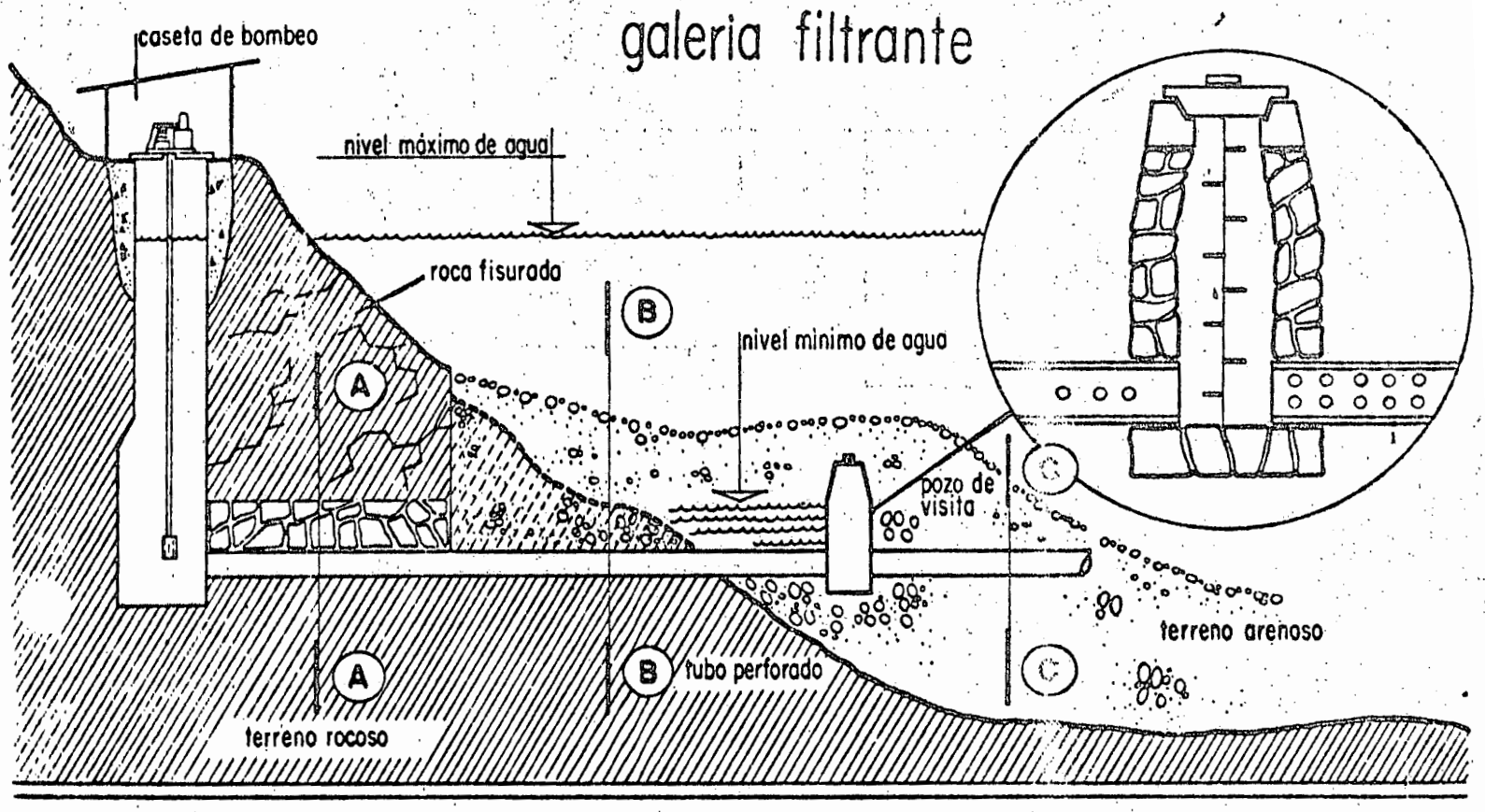


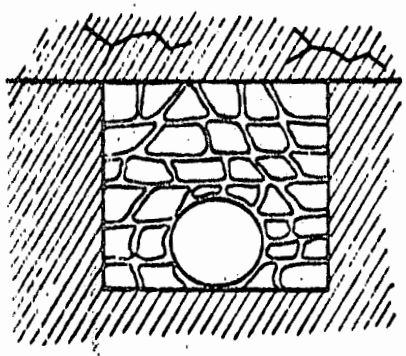
1) Ademe ciego
2) Ademe de sello
3) Perforación
4) Espacio anular cementado
5) Reducción de acero (si se requiere
6) Filtro de grava graduada (cantos rodados)
7) Cople de acero soldado
8) Ademe ranurado


cuneta para desviación
de aguas de escurrimiento
relleno
registro
arcilla
tubo de
demasías
nivel de agua
cortazo
acuifero de arena o grava
rejilla
caja de decantación
o desarenador
trato impermeable
salida para
limpieza

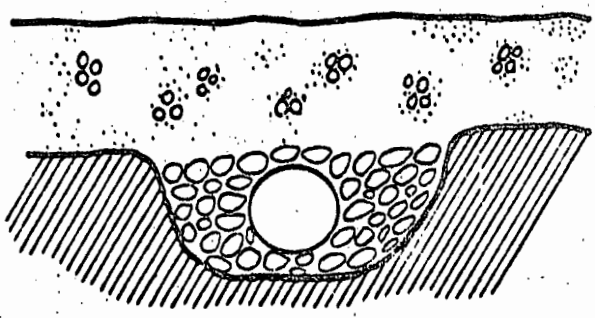

canalón Perimetral
se rellenan con cemento todas las fallas superficiales
démasías
Canal
fisura
desplante en la roca

galeria filtrante

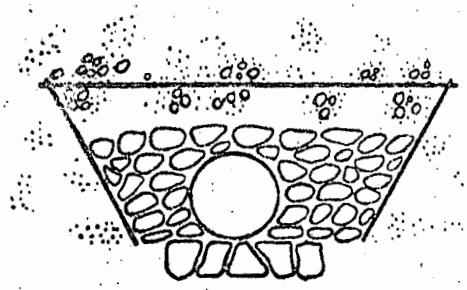




CORTE A-A



CORTE B-B



CORTE C-C

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD PARA DIFERENTES CLASES DE SUELOS

K, cm/seg a un gradiente hidráulico unitario

10^{2} 10 1 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} 10^{-6} 10^{-7} 10^{-8} 10^{-9}

Grava limpia	Arenas limpias, Mezclas de arenas limpias y gravas	Arenas muy finas; limos; mezclas de arena, limo y arcilla; acarreos glaciares, arcillas estratificadas.	Arcillas no intemperizadas	Naturaleza de los suelos.
Acuíferos buenos		Acuíferos pobres	Impermeables	Características del flujo.
Drenaje bueno		Drenaje pobre.	Sin drenaje.	Características de la retención
Partes permeables de presas y diques.		Partes impermeables de presas y diques.		Uso en presas y diques.

10^{6} 10^{5} 10^{4} 10^{3} 10^{2} 10 1 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4}

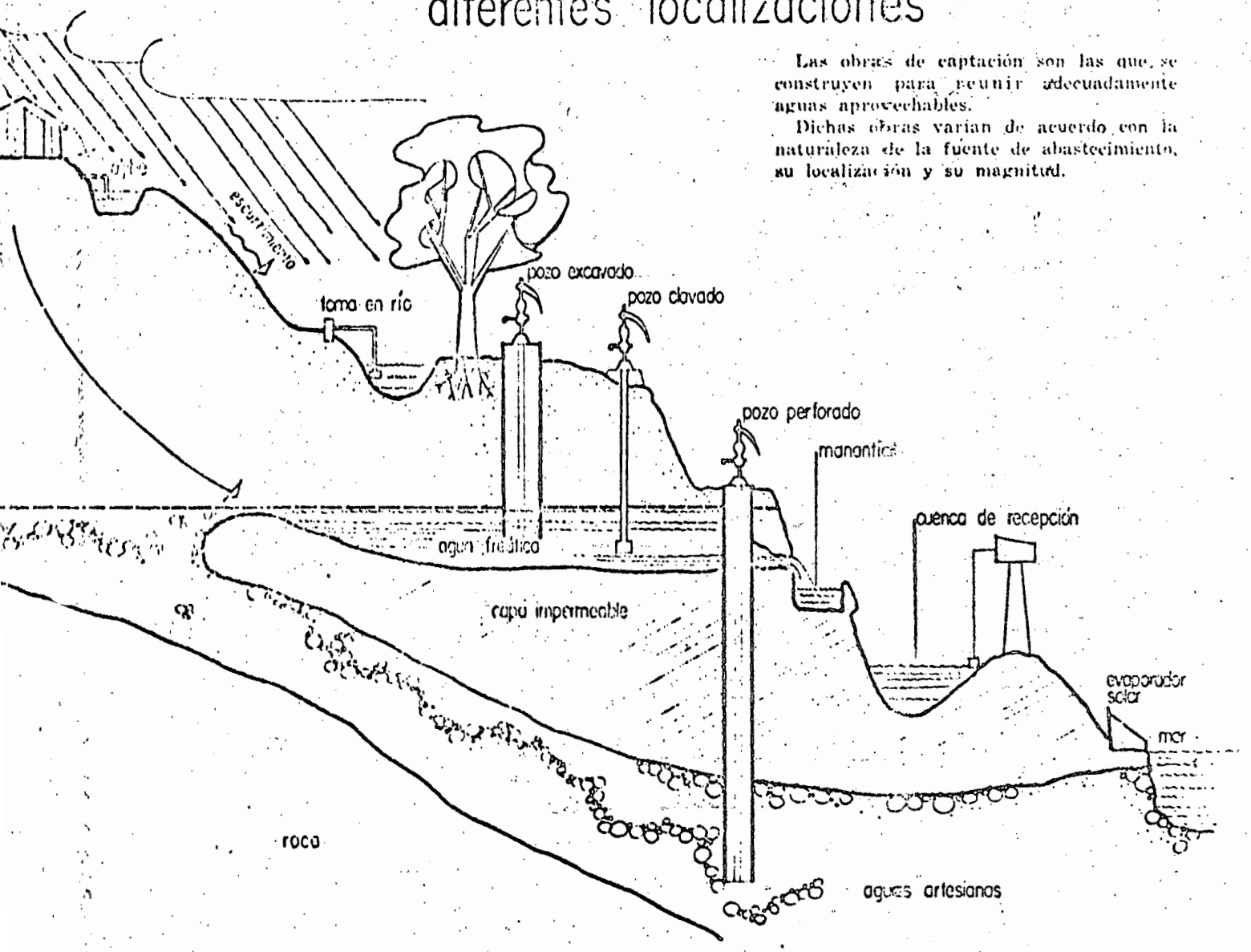
K estándar, gpd/pie^2 a un gradiente de 1 pie/pie

1 cm/seg = 3.28 pie/seg = 2835 pie/día

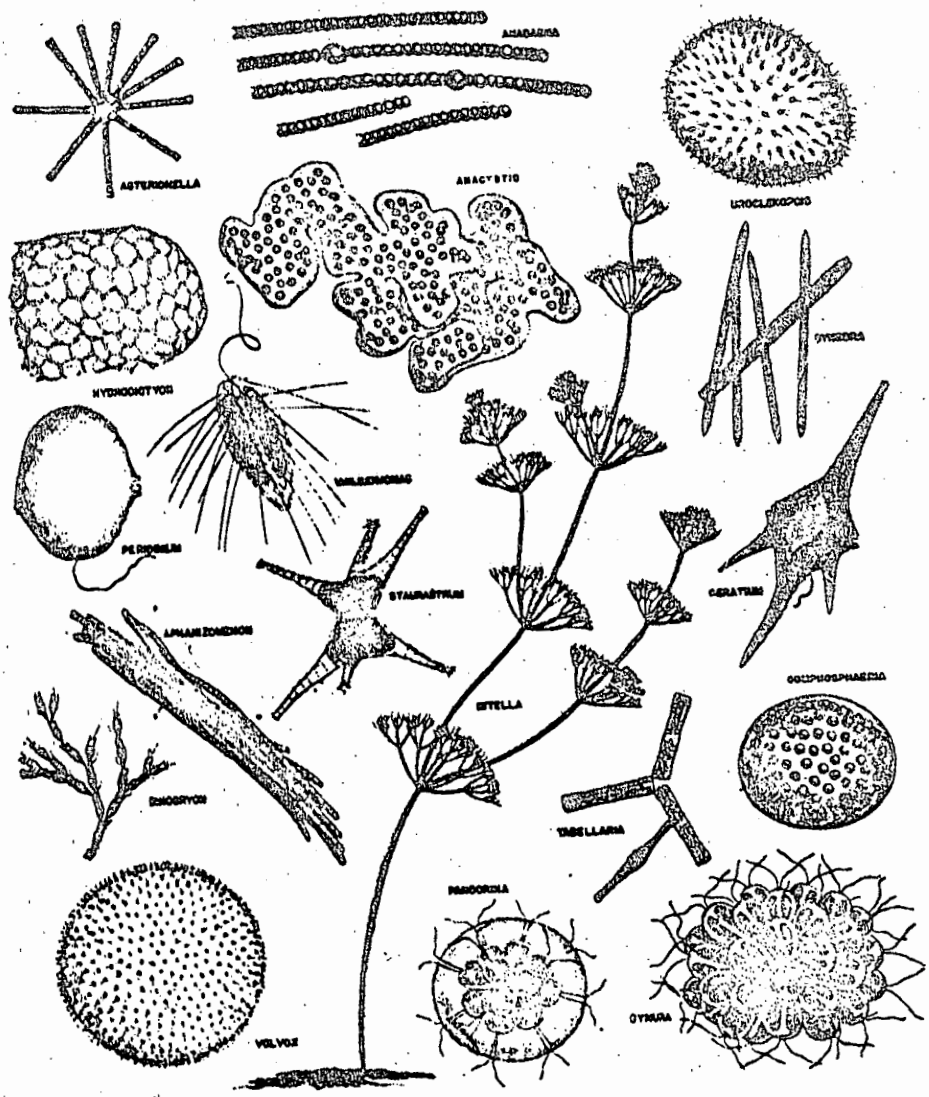
obras de captación
diferentes localizaciones

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.



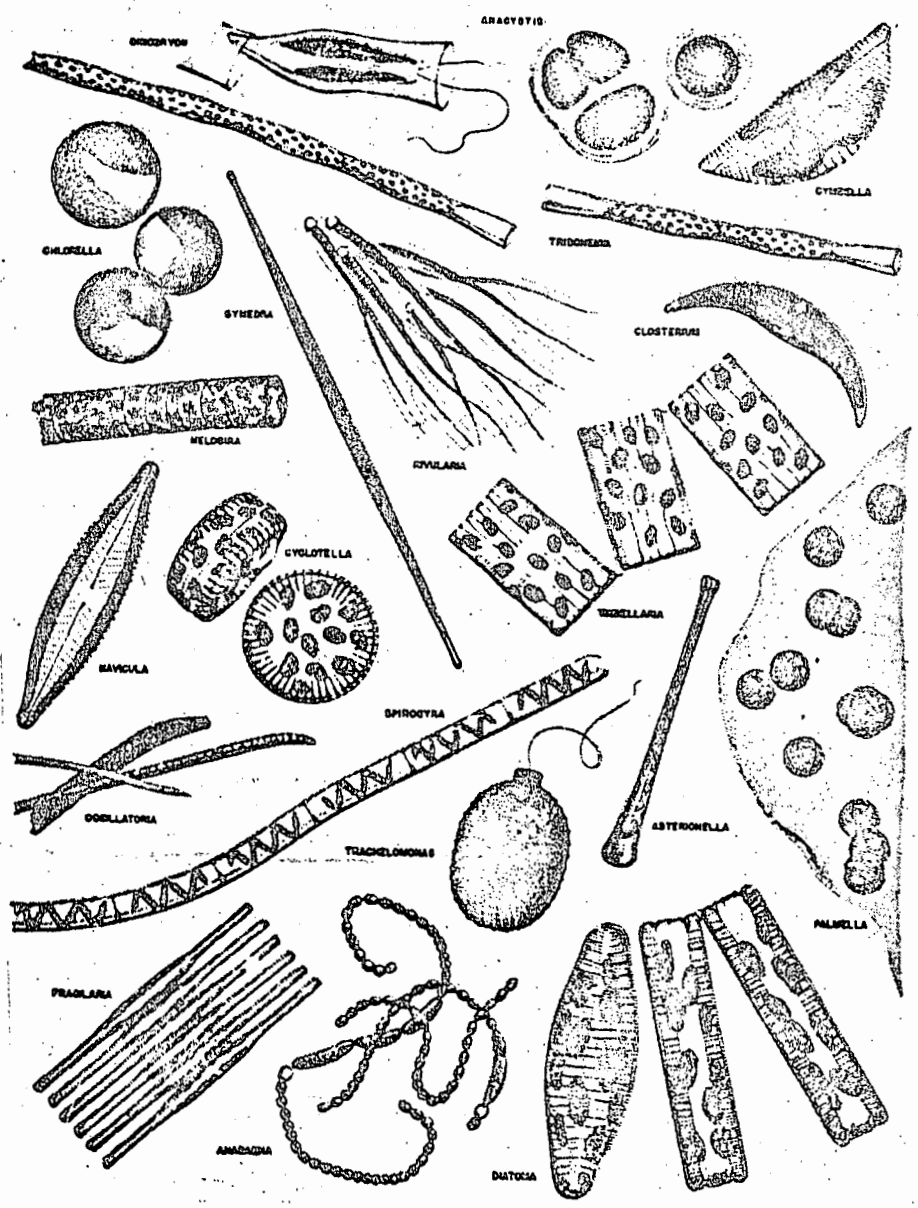
ALGAS SAPIDAS Y OLOROSAS



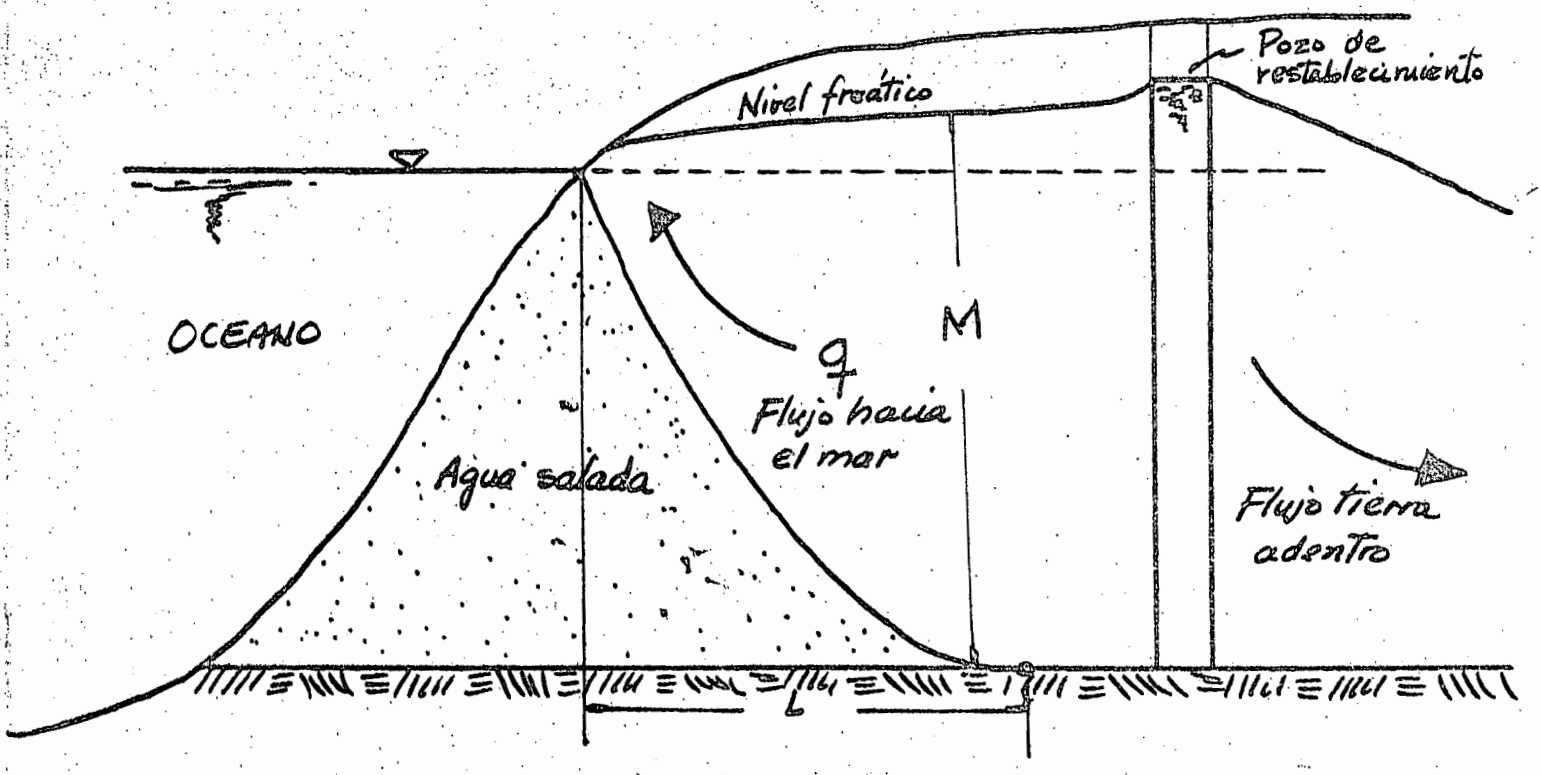
ALGAS QUE OCASIONAN OLORES Y SABORES

Reproducción por permiso especial de "Algae of Importance in Water Supplies", Palmer, Tarzwell y Walther, Public Works Magazine, junio de 1955.

ALGAS QUE OBTURAN LOS FILTROS



ALGAS QUE OBTURAN LOS FILTROS
Reproducción por permiso especial de "Algae of Importance in Water Supplies", Palmer, Tarzwell y Walter, Public Works Magazine, junio de 1955.



CONTROL DE LA INTRUSION DE AGUA SALADA MEDIANTE UNA LINEA DE POZOS DE RECARGA FORMANDO UNA BARRERA DE AGUA DULCE

VII. BIBLIOGRAFIA

1. Abastecimiento de agua potable; Ing. Ubaldo Gutiérrez B. UNAM 1978
2. Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales, Vol. 1 Fair, Geyer y Okum 1978. Editorial Limusa - Wiley, S.A. México.
3. Manual de tratamiento de aguas. Depto. de Sanidad del Estado de N.Y. Albany, 1976

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO, FACULTAD DE INGENIERIA

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS

SEDIMENTACION

PROF. ING. DONATO GUTIERREZ AGUIRRE

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

La sedimentación es un proceso empleado en el tratamiento de aguas para remover sólidos en suspensión por medio de asentamiento gravitacional. La separación de sólidos más densos que el agua puede realizarse sin ninguna ayuda externa, siempre que esto se efectúe en un tiempo económicamente aceptable. Materia finamente dividida o sustancias coloidales (turbiedad, color, etc.) - pueden separarse provocando o ayudando su aglomeración mediante productos químicos (floculación), de tal manera de formar partículas de mayor tamaño y peso que puedan asentarse gravitacionalmente. Para separar impurezas en solución (dureza, fierra, etc.) se utilizan productos químicos con los cuales reaccionan y forman productos facilmente sedimentales (precipitación química).

La sedimentación en un proceso de tratamiento de agua puede ir precedida por una floculación o precipitación química, aunque estas pueden realizarse - conjuntamente con la sedimentación, proceso que se conoce con el nombre de sedimentación de flujo vertical con manto de lodos. Generalmente a la sedimentación le sigue una filtración.

Después de la cloración, la sedimentación es el proceso más ampliamente usado en el tratamiento de agua. Los tanques de sedimentación son básicamente operados en forma contínua, quedando hace mucho tiempo fuera de uso - los sedimentadores con flujo intermitente o de carga - sedimentación - descarga.

TIPOS DE SEDIMENTACION.

Las partículas sedimentarán en las suspensiones de diferentes formas, de

pendiendo de la concentración de la suspensión y de las características de las partículas. Fitch (1958) describió cuatro distintos tipos de sedimentación basados en la concentración de la suspensión y las propiedades floculentas de las partículas. Se denomina clarificación clase - 1 a la sedimentación de una suspensión diluída de partículas las cuales no tienen, o tienen poca, tendencia a flocular. La remoción de una suspensión diluída de suspensiones de partículas floculentas es referida como clarificación clase - 2. En suspensiones coagulantes de concentraciones intermedias donde las partículas están suficientemente juntas para permitir que las fuerzas entre ellas las mantengan en una posición fija relativa una de otra de tal manera que la masa de partículas se asienten como un conjunto se efectúa una sedimentación en régimen de "zona de asentamiento". Cuando la concentración es suficientemente alta para que las partículas queden en contacto real una con otra, y el peso de las partículas es soportado, en parte, por la estructura formada por la masa compacta se efectúa una sedimentación en régimen conocido como "zona de comprensión". Ver figura 1.

Ejemplos de estos tipos de sedimentación son los siguientes : "clase -1", desarenación; "clase - 2 ", sedimentación precedida de floculación, ya que en el sedimentador se seguirán aglomerando las partículas en cierta medida; "zona de asentamiento", sedimentación con manto de lodos; y "compresión", recolección de lodos de los sedimentadores.

CLASIFICACION DE LOS SEDIMENTADORES.

Para el tratamiento de agua existen tres tipos principales de sedimentado-

res :

I. Sedimentadores de flujo horizontal.

II. Sedimentadores de flujo vertical con manto de lodos.

III. Sedimentadores de alta carga superficial.

En este artículo se estudiarán los dos primeros. El tercero se verá más adelante en este curso.

I. SEDIMENTADORES DE FLUJO HORIZONTAL.

La sedimentación con flujo horizontal se hace en tanques rectangulares o circulares, en los cuales la masa líquida se traslada de un punto a otro con una velocidad V_o, mientras las partículas caen con una velocidad V_s .

Cuatro zonas pueden considerarse en un sedimentador de flujo horizontal contínuo :(a) la de sedimentación, (b) la de entrada, (c) la de salida y (d) la de lodos, como lo muestra la figura 2.

ZONA DE SEDIMENTACION.

Para comprender el fenómeno de sedimentación es útil describir las trayectorias de sedimentación de partículas discretas en un tanque rectangular ideal de flujo contínuo. Se entiende por partículas discretas aquellas que mantienen su individualidad y no cambian de tamaño, forma o densidad durante el proceso de sedimentación. Un tanque ideal lo define Camp como un decantador hipotético en el cual la sedimentación se realiza exactamente en la misma forma que en un recipiente de igual profundidad que contenga un líquido en reposo y fija al respecto las tres siguientes suposiciones simplificativas :

1. La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos de la zona de sedimentación.
2. La concentración de partículas de cada tamaño es la misma en todos los puntos de la sección vertical, al comienzo de la zona de entrada.
3. Una partícula queda removida cuando llega a la zona de lodos.

En un tanque idela, como el definido anteriormente, las trayectorias de todas las partículas discretas serán líneas rectas y todas las partículas con la misma velocidad de sedimentación se moverán en trayectorias paralelas determinadas por la suma vectorial de la velocidad de sedimentación V_s de cada partícula y la velocidad de desplazamiento v_o del fluído. El patrón de sedimentación mostrado en la figura 2 será el mismo para toda la sección longitudinal. Todas las partículas con velocidades de sedimentación v_s mayores que v_{sc} se removerán, siendo v_{sc} la velocidad de las partículas que caen a través de la profundidad total o de la zona de sedimentación en el tiempo de retención t_o. La porción de partículas con velocidad de sedimentación v_s menores que v_{sc}, que se removerá es igual a la relación de velocidades v_s / v_{sc}.

De la misma figura 2, se deduce que $v_{sc} = h_o / t_o$, donde $t_o = V/Q$ siendo V el volumen de la zona de sedimentación y Q la rapidez de flujo del agua. Y como $V = Ah_o$, donde A es el área superficial del tanque, se concluye que $v_{sc} = h_o / (Ah_o / Q) = Q / A$, a lo que se llama Carga Superficial.

Lo anterior demuestra que la remoción de material sedimentable en este caso es función únicamente de la carga superficial y es independiente de la profundidad del tanque y del período de retención.

En embargo, este modelo solamente sirve para el entendimiento del fenómeno de sedimentación, ya que en la realidad las suspensiones a clarificar están formadas generalmente con partículas floculentas que no siguen trayectorias rectas en su descenso, ya que su velocidad va aumentando a medida que caen y aumenta su tamaño, peso o densidad. Además, los tanques reales se ven afectados por una serie de variables que no están considerados en la teoría, entre los cuales podemos mencionar los siguientes :

a) Corrientes de densidad :	Térmicas
	de concentración
b) Corrientes debidas al viento .	
c) Corrientes cinéticas :	Alteraciones en la entrada
	Obstrucciones de la sedimentación
	Alteraciones a la salida

vamos a estudiar cada una de ellas :

a) CORRIENTES DE DENSIDAD.

Se llama así a las corrientes que se producen dentro del tanque por efecto de las diferencias de densidad en la masa de agua. Existen dos tipos : las corrientes térmicas y las corrientes de concentración. Las corrientes térmicas se producen cuando existe un cambio de temperatura mayor que 1°C por hora.

Generalmente durante la noche en época fría, cuando el afluente llega al sedimentador con una temperatura más baja que la que existe en el tanque o cuando disminuye la temperatura de las capas superficiales, el agua que entra,

por su mayor densidad, desplaza a la que está más abajo, creando "corrientes de fondo" que avanzan a alta velocidad, y llegan hasta la salida en una fracción del tiempo nominal de detención arrastrando a su paso partículas de fango. El fenómeno inverso se presenta cuando el flujo que entra es más caliente que el que existe en el tanque, lo que sucede a veces durante el día, por el calentamiento de las masas de agua superiores. En este caso se forman "corrientes superficiales" que avanzan de la entrada a la salida, sin permitir el asentamiento de las partículas.

Para evaluar el valor de estas fuerzas que revuelven los sedimentadores, basta considerar que en un tanque de 100 000 m^3 a 4 °C, la masa de agua pesaría 100 000 ton. Si la temperatura subre a 8°C pesaría en cambio 99 988 ton., lo que da una diferencia de 12 grm por m^3.

Las corrientes de densidad, también pueden producirse por las diferencias en la concentración de partículas suspendidas en las distintas masas de agua, las cuales suelen crear fuerzas más importantes que las térmicas. Haciendo la misma consideración anterior, un volumen de agua de 100 000 m^3. con 20 mg/lt de caolín pesaría 100 560 ton. y con 80 mg/lt, 102 250 ton, lo que da una diferencia de 690 ton. ó 6.9 kg/m^3. Afortunadamente, la mayor concentración de partículas suele estar en el fondo pero cualquier perturbación en el flujo, ya sea por temperatura, obstrucciones, alta velocidad de las paletas de floculador etc., pueden alterar el equilibrio produciendo un flujo envolvente sobre sí mismo o sinuoso, muy diferente al teórico calculado, que es el que con más frecuencia aparece en los sedimentadores horizontales, aún en los bien diseñados.

b) CORRIENTES DEBIDAS AL VIENTO.

El viento, al soplar sobre la superficie de los sedimentadores, puede producir corrientes de suficiente intensidad, como para inducir cambios en la dirección del flujo y alterar el precario equilibrio de las masas de agua. En sedimentadores grandes puede crear oleajes de cierta magnitud, interfiriendo el proceso de sedimentación o desequilibrando la distribución del flujo en las canaletas de salida. Se recomienda por eso el uso de cortinas de árboles o vallas vegetales que impidan el impacto directo del viento sobre el agua.

c) CORRIENTES CINETICAS.

Las corrientes cinéticas pueden producirse por : 1. alteraciones en la zona de entrada; 2. obstrucciones en la zona de sedimentación; 3. diseño impropio de la zona de salida.

1. Las alteraciones en la zona de entrada pueden deberse a una velocidad excesiva del flujo en la entrada del sedimentador, o a que los orificios sean muy grandes y el movimiento de las paletas del floculador sea tal, que comunica demasiada energía al flujo. Al no haber disipación de esta energía en el tabique divisorio, las masas de agua entran con diferente gradiente de velocidad, creando turbulencias que pueden extenderse bastante dentro del tanque. Similarmente puede mencionarse como causa de corrientes cinéticas, la distribución desigual del flujo en la entrada del sedimentador (orificios de distintos diámetros o algunos parcialmente obstruidos), los tabiques que dejan pasar el agua solamente por el fondo, etc.

2. No es frecuente poner hoy en día obstrucciones en la zona de sedimentación, pero debe tenerse en cuenta que las columnas o vigas que puedan quedar sumergidas en el agua bajan la eficiencia de los decantadores.

3. Por último, la distribución desigual del agua en la zona de salida es una de las más frecuentes causas de corrientes cinéticas en el sedimentador. Las canaletas mal niveladas o impropiamente diseñadas inducen zonas muertas que inutilizan grandes áreas del tanque.

FACTORES A CONTROLAR EN LA ZONA DE SEDIMENTACION

Los factores que deben controlarse en la operación de un sedimentador son principalmente la carga superficial y el tiempo de retención. La carga superficial es como ya se mencionó, la velocidad crítica mínima de sedimentación Q/A, que tiene en promedio un cierto porcentaje (70 - 98%) de partículas de la suspensión. La determinación de la carga superficial puede hacerse experimentalmente efectuando un ensayo de sedimentación, ~~como el que se~~ describe adelante. Esta en la operación puede ajustarse regulando el gasto entrante considerando la calidad afluente del agua, y así como la deseada. La carga superficial varía normalmente entre 20 y 60 m^3/ día. Las cargas superficiales bajas (20 - 30 m^3/m^2 día) se usan en combinación con filtros de arena sola. Las altas (30 - 60 m^3/m^2/día) con filtros de lecho múltiple.

El tiempo de retención es el tiempo máximo que la partícula con la mínima velocidad de sedimentación escogida, tarda en llegar hasta el fondo. Por tanto,

es directamente dependiente de la profundidad del tanque. Cuanto menor se la profundidad, menor será el período de detención necesario para recolectar dicha partícula. Los decantadores de alta carga superficial que se estudiarán - posteriormente, hacen uso de este concepto. Sin embargo, los sedimentadores horizontales no pueden construirse con profundidades muy pequeñas debido a que la velocidad de escurrimiento horizontal no puede hacerse muy alta, a las interferencias que revuelven el sedimentador (corrientes térmicas, de densidad, etc.) y a las consideraciones estructurales y de operación. Por esto las profundidades varían entre 3.0 y 5.0 m y con más frecuencia entre 3.50 y 4.50 m. Con las actuales cargas superficiales, estas profundidades produce períodos de detención entre 5 y 1 - 1/2 hrs. De la ecuación $v_{sc} = ho/to = Cs$ se puede despejar t_o, el tiempo de retención, para calcular su valor: $t_o = ho/Cs$.

- Velocidad Horizontal -

. Ayuda a la floculación

. Arrastra y resuspende los sólidos ya sedimentados por lo que a la velocidad debe de andar alrededor de 0.5 cm/seg (siempre menor de 1 cm/seg).

- Zona de Entrada -

El propósito de la estructura de entrada es :

a) Distribuir el afluente tan uniformemente como sea posible en toda el área transversal del sedimentador.

b) Evitar chorros de agua que puedan provocar movimientos rotacionales de la masa líquida, u otras corrientes cinéticas.

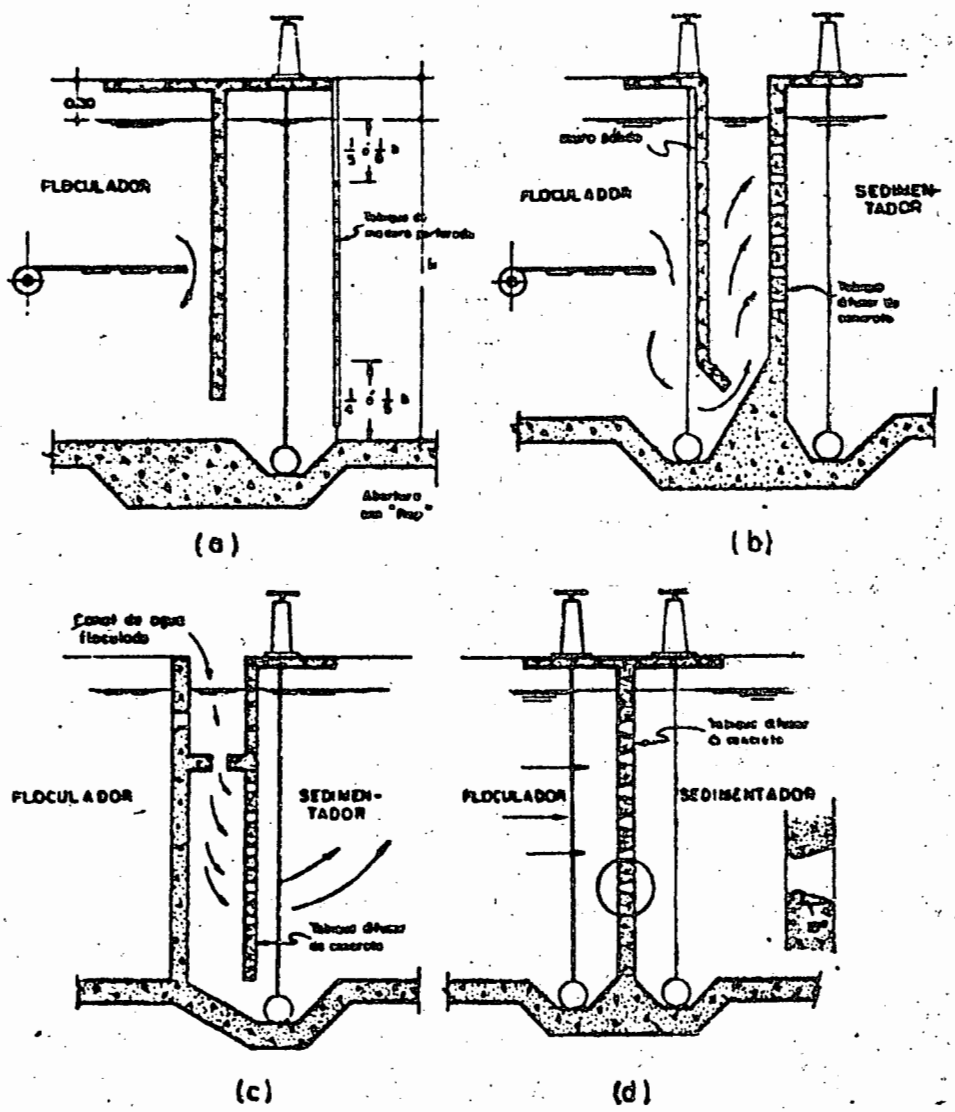


Fig. 5-8 Dispositivos de entrada para decantadores

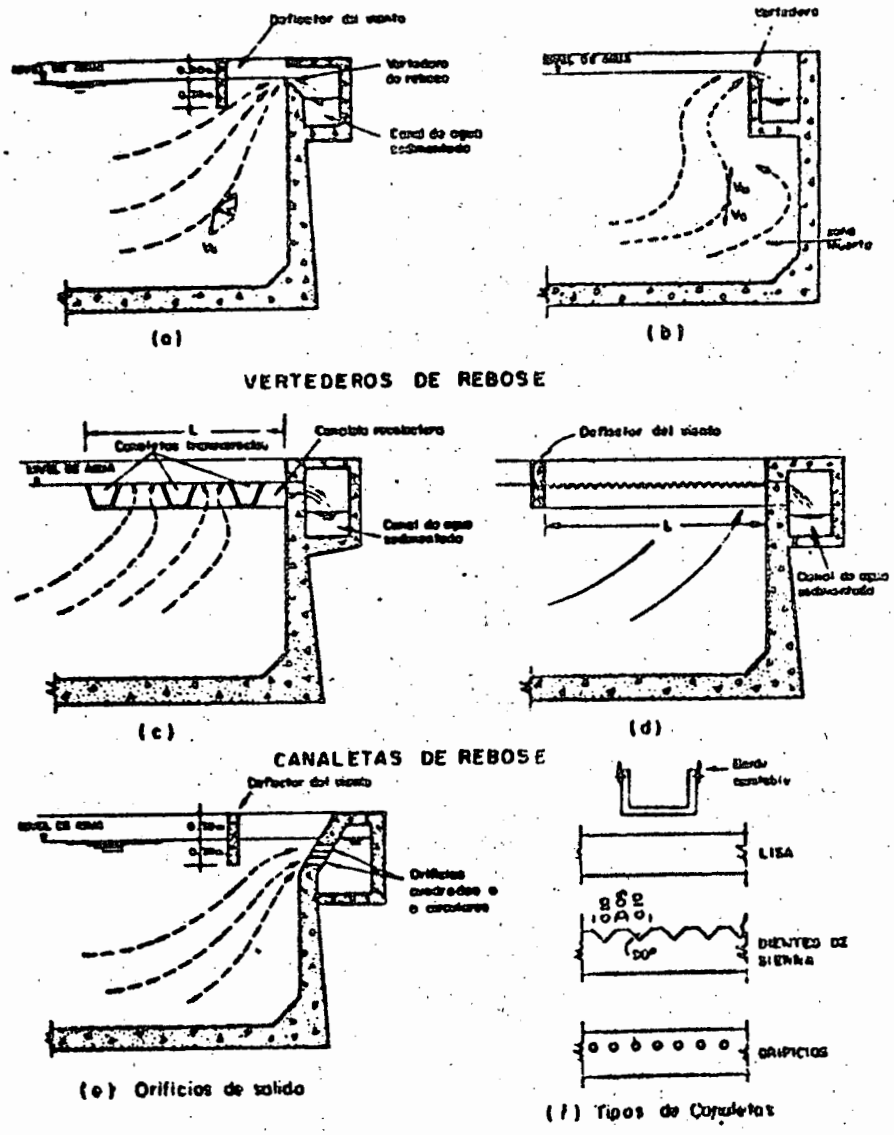


Fig. No. 5-10 ESTRUCTURAS DE SALIDA EN SEDIMENTADORES RECTANGULARES.

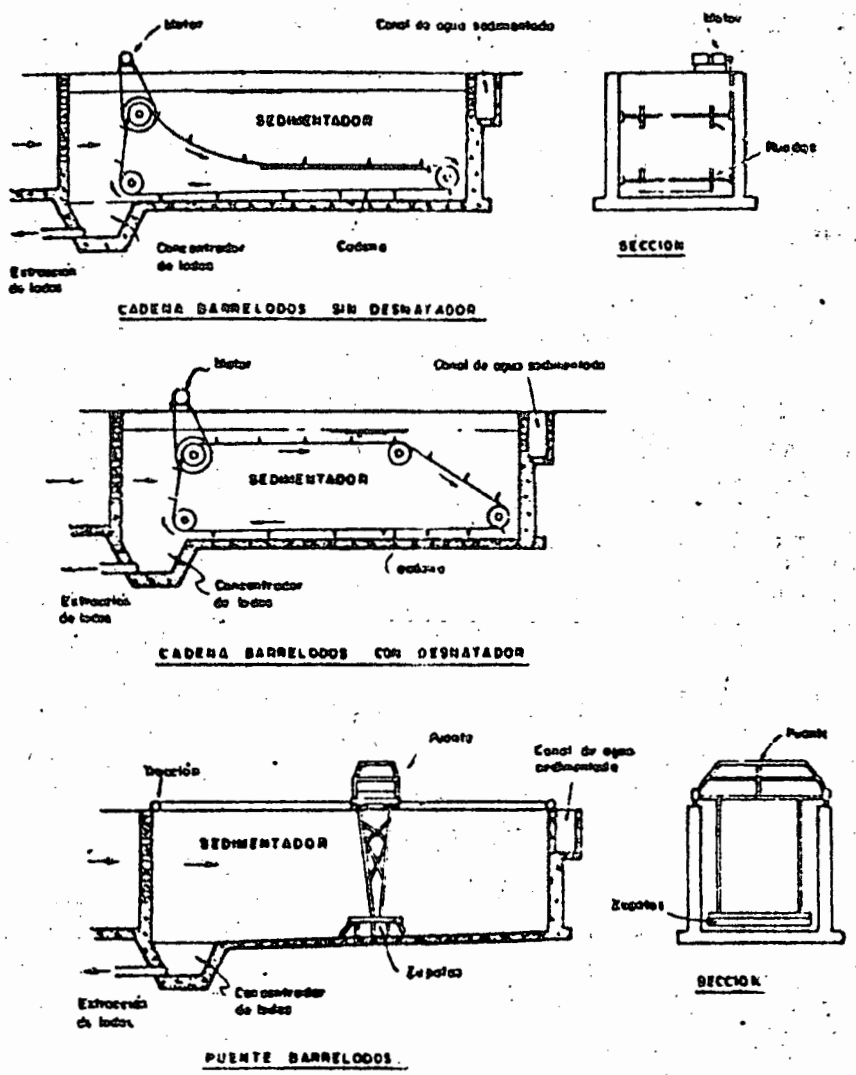


Fig. 5-12 SISTEMAS DE REMOCION DE LODOS

c) Disipar la energía que trae el agua.

d) Evitar altas velocidades que puedan perturbar los sedimentos del fondo.

La velocidad de entrada por los orificios deberá ser menor de 15 cm/seg.

- Zona de Salida -

Afecta a la masa de agua en la parte final del sedimentador. La longitud del vertedor debe ser tal que el gasto este comprendido entre 6 y 12 $m^3/m/hora$.

El nivel del agua en el decantador debe controlarse cuidadosamente, pues - cuando las canaletas trabajan ahogadas, el floc suele de suspenderse en gran cantidad por el aumento en la velocidad de salida

- Zonas de Lodos -

Los lodos se depositan en el fondo del sedimentador de manera desuniforme, el 60% y el 90% quedan almacenados al comienzo del mismo, en el primer tercio de su longitud. Los sedimentadores normalmente tienen un volumen adicional del 10 al 20% en el tanque sedimentador para almacenamiento de lodos.

SEDIMENTADORES DE FLUJO VERTICAL Y MANTO DE LODOS.

Este tipo de sedimentación se basa en el hecho de que cuando se agrega - lodo recientemente coagulado a un agua turbia, se precipita las partículas en suspensión de esta. Este fenómeno se empezó a usar cuando los constructores de - sistemas de tratamiento se dieron cuenta que la recirculación de los lodos sedimentados mejorado el proceso de separación de sólidos.

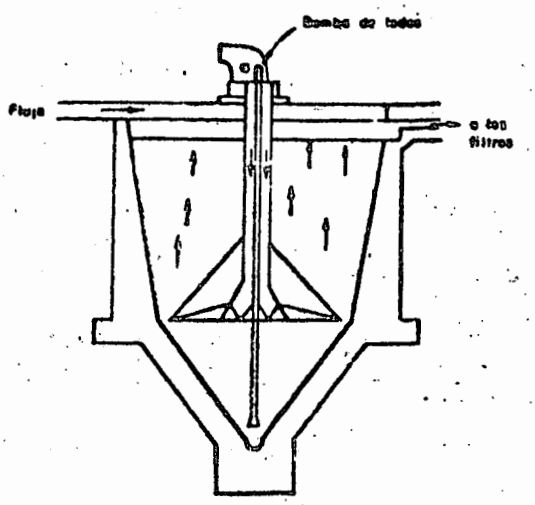


Fig. 5-13 TANQUE DORTMUND (1880)

Esencialmente consistía en una estructura de fondo cónico, a la cual entraba el agua cruda por la parte inferior y ascendía atravesando un manto de partículas en suspensión, hasta llegar a las canaletas superiores en las que se recogía el agua sedimentada. Para poder conservar las partículas del manto en suspensión, el flujo se hacía pulsante, inyectándolo cada cierto intervalo de tiempo.

Este tipo de unidad fue de uso común en Europa hasta principios de siglo (1910).

Desde el comienzo, los constructores se dieron cuenta que la recirculación de los lodos sedimentados mejoraba el proceso de separación de sólidos y así aparecieron los primeros equipos patentados de esta clase, como el "Precipitador acelerado" de Archbutt y Deeley (1892) y el "acelerador por lodos" de Declerq (1905) en los que los sedimentos del fondo eran succionados con bombas de vacío e inyectados de nuevo al agua que entraba. Sin embargo, a partir de 1910, debido a diversos problemas de operación, los sedimentadores de manto de lodo fueron usándose cada vez menos, en especial en los Estados Unidos, donde el tanque de flujo horizontal, no obstante ser más grande, se generalizó con preferencia al de flujo vertical.

Sin embargo, el interés por este último resurgió en 1934, cuando Spaulding obtuvo una patente para un "precipitador" que seguía los lineamientos generales de sus predecesores europeos. El "precipitador" era, según lo describía impropiamente Spaulding en su solicitud de patente, "un método de ablandamiento del agua".

Posteriormente los fabricantes empezaron a obtener patentes para una gran variedad de sedimentadores de manto de lodos, que no son sino modificaciones de los diseños básicos de los tanques de fines del siglo pasado.

Su uso vino a generalizarse en las Américas solamente después de la última guerra mundial, cuando las compañías fabricantes de equipos, se hicieron fuertes e impulsaron

15

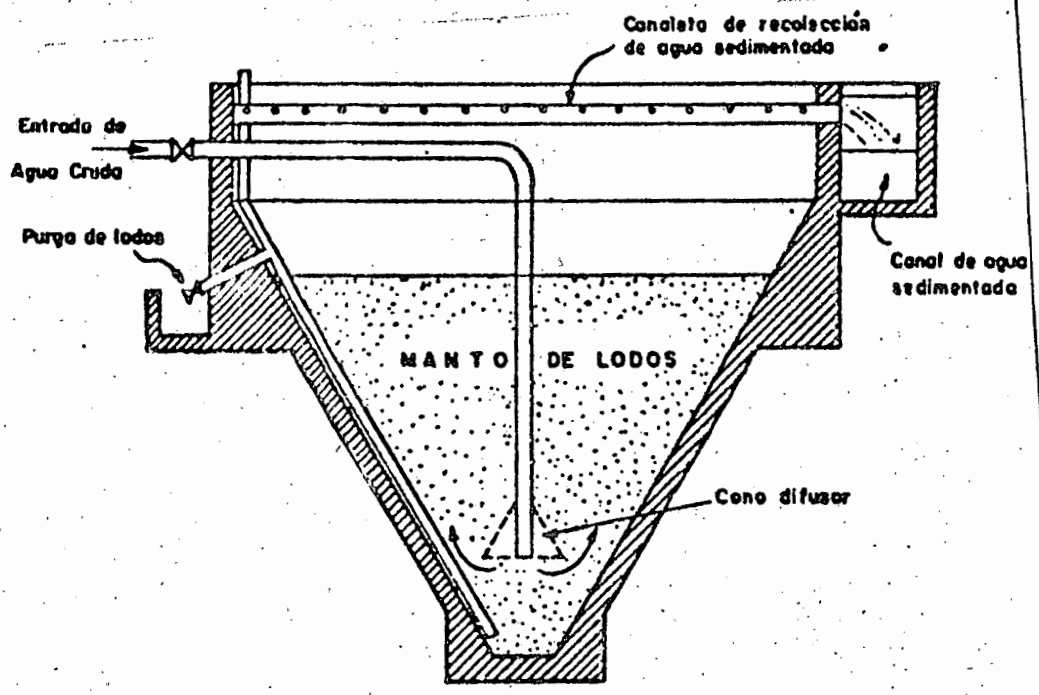


Fig. 5-14 CLARIFICADOR CON FONDO CONICO

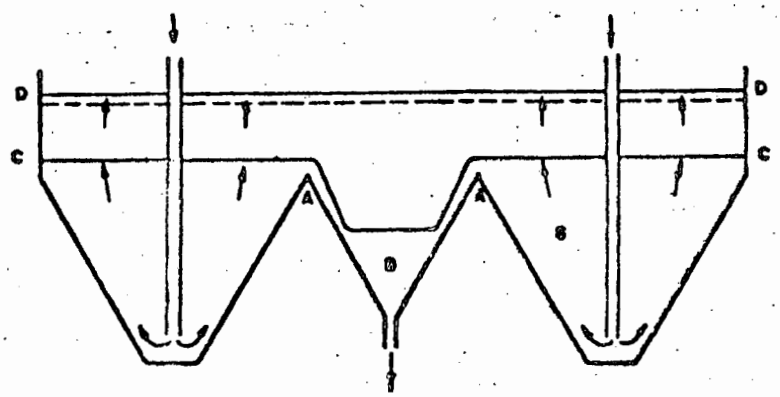


Fig. 5-15 SEDIMENTADOR DE BACCHUS MARSH

Algunos diseñadores prefieren dejarles vertederos en la parte superior para el control de la altura del manto de lodos, de modo que se viertan en un concentrador lateral. Tal sistema parece dar muy buenos resultados, aun en el caso de bruscos incrementos de la rata de flujo (1). El sedimentador de Bacchus Marsh (1), Australia, es de este tipo (ver fig. 5-15).

En el sedimentador de Brno (22), Checoeslovaquia, si bien tiene un sistema de floculación separado del de sedimentación, el manto de lodos queda suspendido hidráulicamente en las secciones tronco-piramidales laterales, y tiene una serie de vertederos sumergidos para controlar la altura del manto. El lodo que cae es recogido en los concentradores inferiores y extraído periódicamente.

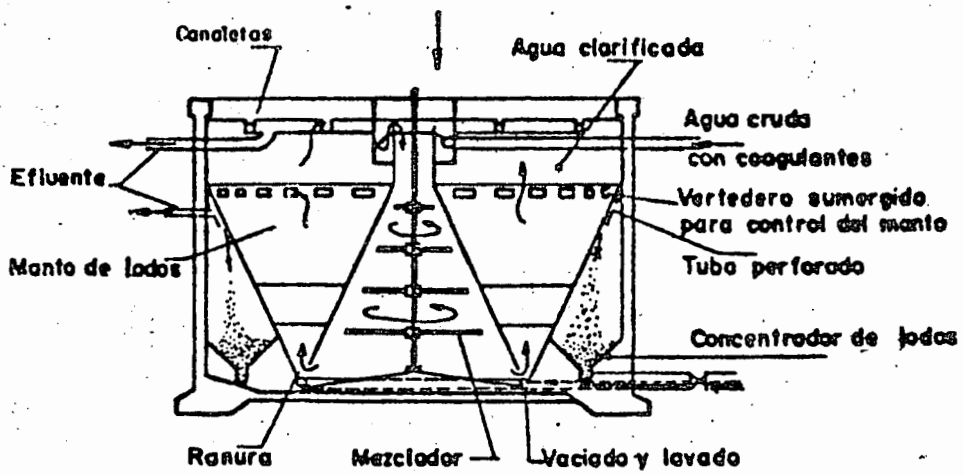


Fig. 5-16 SEDIMENTADOR DE BRNO (Checoeslovaquia)

2. **Unidades con manto de suspensión mecánica**

Las unidades que usan sistemas mecánicos para mantener la colcha de lodos en suspensión pueden ser en general de tres clases:

i. Pulsantes o de vacío
ii. De separación dinámica
iii. De agitación simple

i. **Pulsantes o de vacío**

El primer tipo de unidades consiste esencialmente en un tanque cuadrado o circular, en cuyo centro se coloca una campana o cápsula de vacío, en la cual periódicamente se disminuye la presión interna con una bomba especial, de modo que el agua ascienda por la campana, hasta un cierto nivel y luego se descargue en el tanque produciendo expansión de los lodos y botando el exceso de los mismos a los concentradores. Esta periódica expansión y contracción de la colcha se usa para homogeneizarla, evitando las grietas o canales que permiten el paso directo de la turbiedad y la sedimentación de las partículas más pesadas en el fondo.

El sistema requiere por tanto dos tiempos (véase la fig. 5-17). En el primer tiempo la válvula de aire A se encuentra cerrada. El flujo asciende por la campana C, mientras el agua en el decantador D permanece en reposo, de forma que puede sedimentar.

En el segundo tiempo, al alcanzar el agua el nivel S en la campana C, la válvula de aire A se abre y el agua de la campana C penetra en el decantador D. Entonces los fangos se elevan con el flujo y el exceso penetra en el concentrador B. El agua decantada se recoge en E. Cuando el flujo alcanza el nivel L en la campana C, se cierra la válvula A. Los fangos depositados en el concentrador B se extraen automáticamente por medio de las válvulas F.

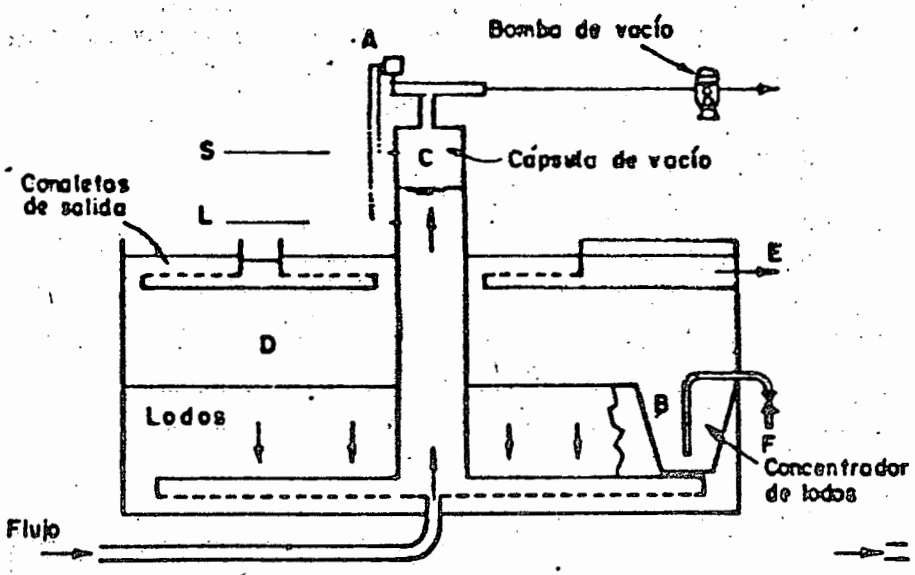


Fig. 5-17 PULSADOR DEGREMONT

ii. **Unidades con separación dinámica**

Las unidades que emplean lo que los fabricantes describen como separación mica, utilizan una turbina que gira a alta velocidad, colocada en el centro del tanq cual impulsa el flujo hacia abajo a través del orificio periférico A, de forma que las culas que descienden empujadas por la energía mecánica de la turbina choquen c que ascienden con el flujo del tanque.

En estos tanques se pueden considerar cuatro zonas. Una primera zona de r y reacción en la parte inferior donde se inyectan los coagulantes. Una segunda zo mezcla lenta y floculación. Una tercera zona en donde se establece el manto de lo por último, una cuarta zona en la que el agua clarificada sube hasta las canaletas de

Los lodos son recogidos en el concentrador C en un sector del tanque y ext automáticamente cada cierto tiempo según la turbiedad del agua. (Ver Fig.

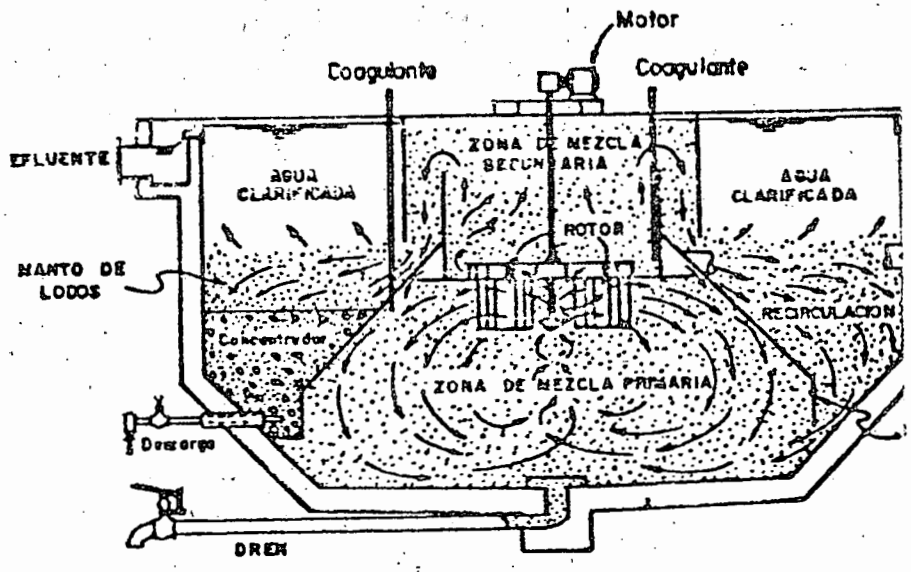


Fig. 5-18 EL ACCELATOR - INFILCO, Inc.

iii. **Unidades con agitación simple**

Las unidades con agitación simple consisten en tanques por lo general circ en los cuales el agua es inyectada por abajo, de tal forma se distribuya en el fon agitador mecánico que gira lentamente en el fondo, movido por un r presión, mantiene las partículas en suspensión y recolecta los de donde son removidos periódicamente. periféricas superiores, filtrándose culación de fangos como en

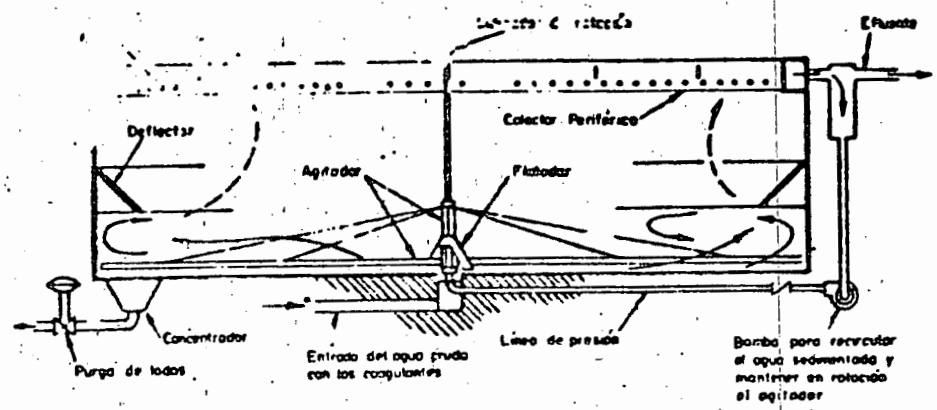


Fig. 5-19 PERMUJET (Permutit Co.)

Conceptos básicos sobre el manto de lodos

Dada la alta concentración de partículas que hay en un manto de lodos (del 10 % al 20 % del volumen) existe una mutua interferencia en la velocidad de sedimentación con que caen, de modo que el manto se puede considerar como un filtro de flujo ascendente, en el que los granos del medio filtrante están constituidos por coágulos predesestabilizados, suspendidos por la fuerza ascensional de fricción del flujo.

En el proceso, el floc no conserva su peso específico, su tamaño ni su forma constante. Antes bien, las partículas pequeñas que entran en el fondo son arrastradas por el flujo. Al chocar éstas con otras incrementan su tamaño, de acuerdo con la ecuación de Von Smolouchoski, hasta adquirir un volumen tal que, o se disgregan por el esfuerzo cortante, o suspenden su ascenso y caen chocando con las que suben.

El régimen que se establece dentro del manto de lodos es por tanto turbulento en el que las partículas suben y bajan "ad random" a veces con un movimiento rotacional.

Ahora bien, si dejamos sedimentar una suspensión concentrada (10,000 ppm o más) en un líquido en reposo, se formará un plano de separación entre éste y el manto de lodos (interfase). Inicialmente este plano de separación cae con una velocidad creciente (línea A-B Fig. 5-20), luego, por un tiempo más o menos largo, desciende con una velocidad constante v_s, (línea B-C) hasta que, llegado un momento, la velocidad disminuye bruscamente cuando los lodos empiezan a compactarse en el fondo (línea C-D).

Durante el proceso, el agua entrampada entre las partículas asciende desplazada por los sólidos con una velocidad v_d en dirección opuesta a la velocidad v_s de caída de las partículas individuales. Por tanto, la velocidad de asentamiento de la interfase será igual a:

$$v_i = v_s - v_d = \frac{h_1 - h_2}{t} \qquad (5\text{-}27)$$

Deben considerarse por consiguiente cuatro velocidades:

1º La velocidad ascensional del agua v_a Q/A en que Q es el gasto con que tr unidad y A es el área superficial de la misma.

2º La velocidad intersticial v_d del flujo que asciende por entre las partícula: podría expresarse como Q/pA en donde p es el porcentaje de área libre no ocup: las partículas.

Por tanto:

$$v_d = \frac{v}{p}$$

3º La velocidad de caída de la partícula v_s considerada como si descendiera sola e quido en reposo sin interferencia de las otras. Se puede encontrar con la fórmu de este capítulo.

4º La velocidad de caída de la interfase v_i que es diferente a la velocidad de c las partículas individuales v_s.

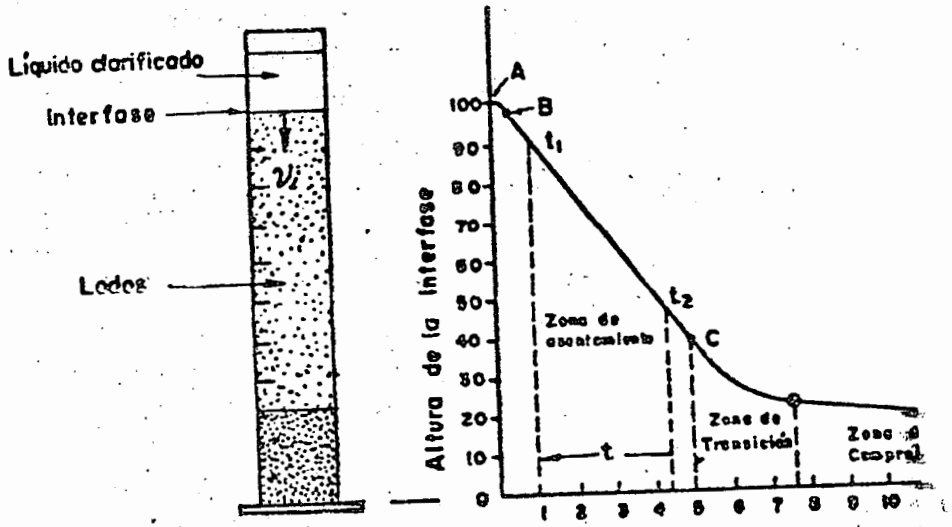


Fig. 5-20 Velocidad de asentamiento de lodos

Velocidad de asentamiento de la interfase

La figura 5-21 presenta las curvas de asentamiento de la interfase obtenidas laboratorios de la U.C.V. de Caracas (Venezuela). Se usaron diferentes concentra de lodos añejados, a los cuales se había añadido 0.01 mg/lt de magnifloc, y que mantenidos en suspensión con flujo ascendente durante un tiempo más o meno hasta obtener un estado de equilibrio. Luego se suspendió el flujo y a diferentes los de tiempo se tomó la altura de la interfase.

Se ve claramente que cuanto mayor fue la concentración de partículas 8 % y 17.8 % , menor fue la velocidad de caída de la interfase, y menor la velocidad censo v necesaria para mantener el flujo en suspensión.

La primera aplicación de este descubrimiento fue hecho, en 1880, en un tanque sedimentador que se construye en Dortumund, Alemania, al que se llamó tanque Dortmund (ver figura). Esencialmente consistía de una estructura de fondo cónico, a la cual entraba el agua cruda por la parte inferior y ascendía atravezando un manto de partícula, en suspensión, hasta llegar a la canaleta superior en las que se recogía el agua sedimentada. Para poder conservar las partículas, del manto en suspensión, el flujo se hacía pulsante inyectando cada cierto intervalo.

Este tipo de sedimentación se fue desarrollando hasta la actualidad en que contamos con una serie de sedimentadores de flujo vertical y manto de lodos, - los cuales se pueden clasificar de la siguiente manera :

- Suspensión de lodos hidráulicos.
- Suspensión de lodos mecánicos.

En los primeros, las partículas de lodo quedan suspendidas debido a la fuerza de arrastre del agua que asciende hasta las canaletas de salida. En los segundos el sistema de agitación es mecánica, lo que produce la turbulencia necesaria para mantener cierta proporción de sólidos en suspensión.

Además, pueden tener o no vertedores para control del nivel del manto, o pueden recircularse o no los lodos sedimentados.

La velocidad de flujo del agua varía de dos a ocho cm. (30 - 120 $m^3/m^2/$día). Los aparatos patentados trabajan normalmente con 4 cm. /minuto (60 m^3 m^2/día). El tiempo de retención fluctua de 1 - a 1 1/2 horas. La concentración de sólidos de 10 a 20% del volumen. La profundidad del manto de 1 - 3 mts.

La eficiencia es función de la velocidad ascencional, profundidad del manto de lodos y del proceso químico empleado.

Los aspectos hidráulicos a controlar son la velocidad de entrada y su distribución tratando de mantener un ascenso uniforme y evitando chorros verticales.

ASPECTOS A CONTROLAR EN LA OPERACION DE LOS SEDIMENTADORES.

1. Gasto de Entrada.

   Lecturas del medidor y verificación periódica de los mismos mediante aforos en los casos en que sea posible.

2. Velocidad de Entrada.

   - Obstrucciones e incrustaciones de orificios repartidores.
   - Sedimentos y Canaletas.

3. Distribución del Flujo.

   - Prueba de atrasadores.
   - Nivel del agua.

4. Salida del Agua.

   Limpieza de canaletas.

   Ajuste de vertedores.

5. Remoción de Lodos.

   - Velocidad de arrastras y estado de las mismas.
   - Limpieza periódica.

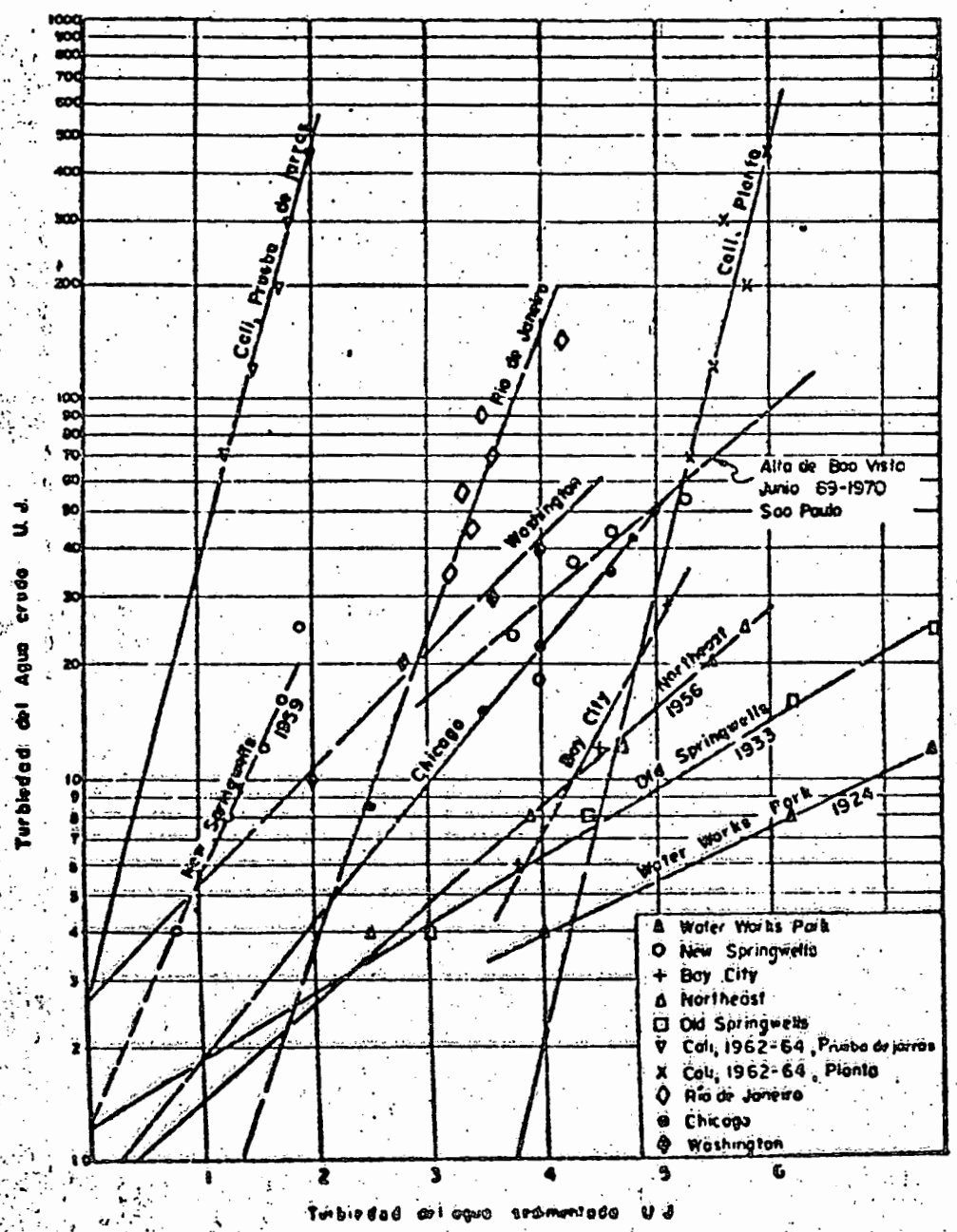

Turbiedad del Agua crudo U.J.
Turbiedad del agua sedimentada U.J.
Cali, Prueba de jarras
Cali, Planta
Río de Janeiro
Washington
Alta de Boa Vista
Junio 69-1970
Sao Paulo
New Springwells
1959
Chicago
Bay City
Northeast
1956
Old Springwells
1933
Water Works Park
1924
Water Works Park
New Springwells
Bay City
Northeast
Old Springwells
Cali, 1962-64, Prueba de jarras
Cali, 1962-64, Planta
Río de Janeiro
Chicago
Washington

Fig. 64 T..bied.. [illegible]
[illegible]

Para mantos de lodos se tendrá control de los siguientes aspectos :

- Altura del manto.
- Concentración de lodos.
- Homogeneidad del manto.
- Distribución del flujo del agua.

CONTROL DEL PROCESO DE SEDIMENTACION.

El análisis del comportamiento de un sedimentador tiene que hacerse a través del tiempo, pues los resultados obtenidos en una prueba no son necesariamente iguales a los que se obtengan en otra prueba realizada en otro día.

En general tres series de ensayos pueden realizarse :

1. Ensayos para determinar la eficiencia.
2. Ensayos para determinar la estabilidad hidráulica.
3. Ensayos de análisis de lodos.

I. ENSAYOS PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA.

$$\text{Eficiencia} = \frac{Nt}{No} = 1 - \frac{\text{Turbiedad de salida}}{\text{Turbiedad de entrada}}$$

Máxima turbiedad 10 UTJ

Debe tomarse en cuenta el valor de No

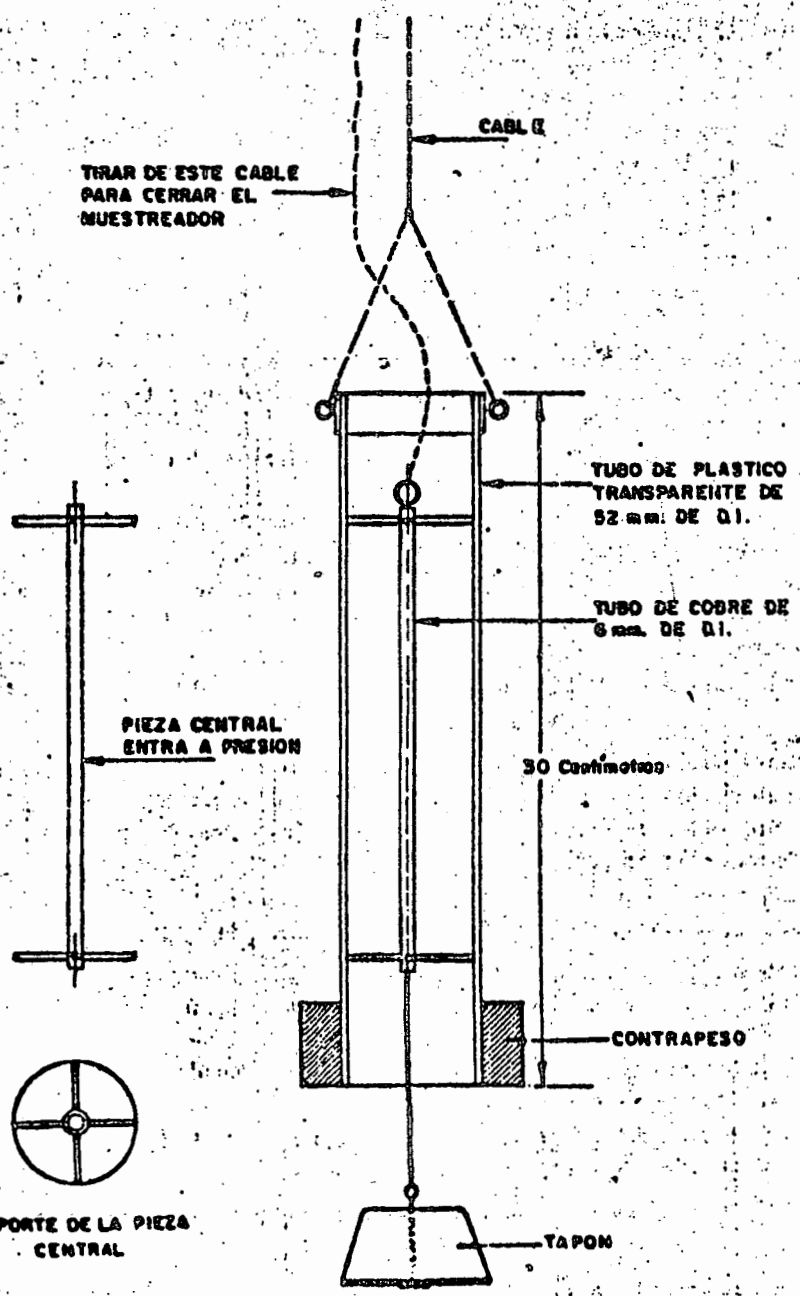
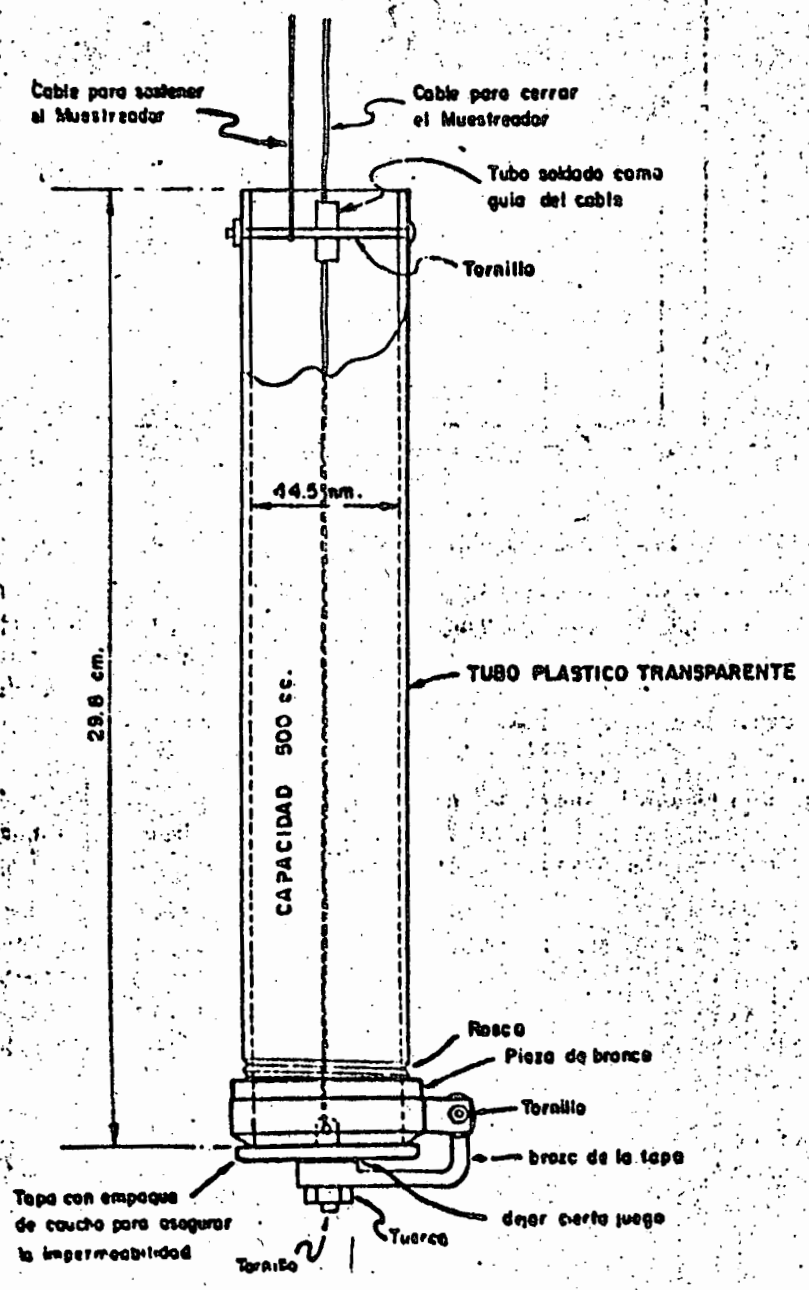


Fig. 6-8 Aparato para tomar muestras de un manto de lodos



Vertical

Fig. 5-10 Aparato para tomar muestras del macizo de [illegible]

II. ESTUDIO ESTADISTICO DE LOS DATOS DE COMPORTAMIENTO DE LOS SEDIMENTADORES.

- Análisis estadístico de eficiencia (ver figura).
- Prueba de trazadores.

III. ESTUDIO DE LOS LODOS.

- Topografía. (cuando no hay equipo mecánico)
- Determinación de la velocidad de ascenso de la interfase.
- Determinación de la concentración volumétrica de lodos.
- Líneas de isoconcentración.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

OPERACION DE UNA PLANTA DE LODOS ACTIVADOS

M. en I. ARNULFO PAZ SANCHEZ

OPERACION DE UNA PLANTA DE LODOS ACTIVADOS

1.- GENERALIDADES.

El agua negra que se trata en el proceso secundario de lodos activados debe ser sometida a pretratamiento y comunmente a sedimentación primaria, aún cuando esta no es indispensable en algunas variantes, como en la de aeración extendida o en la de estabilización-contacto.

2.- BREVE REFERENCIA HISTORICA Y BASES DEL PROCESO.

En 1914, Arden y Lockett, como resultado de experimentos relacionados con la aeración del agua negra de Manchester presentaron en Londres, el descubrimiento de un nuevo y revolucionario método de tratamiento: "el proceso de lodos activados", que consiste esencialmente en la aeración, por un periodo suficiente de tiempo, de una mezcla de aguas negras con un lodo especial bacteriológica y microscopicamente activo; después de una sedimentación, se obtiene un efluente de calidad similar o superior al de un filtro rociador.

En los experimentos originales de laboratorio, se encontró que la aeración de aguas negras por varios días producía oxidación y nitrificación, depositándose un lodo floculento de color café oscuro. Después de una sedimentación, las aguas negras purificadas se extraían y el lodo se retenía para ayudar a la oxidación de otro volumen de agua negra. Repitiendo varias veces esta operación, reteniendo siempre el lodo depositado, se encontró que la purificación ocurría en períodos de aeración progresivamente más cortos, debido a una mayor actividad del lodo. Finalmente se obtuvo un lodo altamente activo que se denominó activado, con el cual puede purificarse aguas negras en unas cuantas horas.

En escala municipal, es posible obtener un volúmen apropiado de lodos activados en una a tres semanas, aerando las aguas negras y recirculando el lodo sedimentado. El tiempo puede reducirse "inoculando" o "sembrando" la nueva instalación con lodos de otra planta o "humus" de una planta de filtros rociadores.

El proceso se usa ahora en infinidad de poblaciones de todo el mundo, siendo particularmente atractivo donde se requieren altas eficiencias y se dispone de poco terreno o tiene alto valor.

Es de particular importancia asegurar que los sólidos suspendidos de la mezcla de lodos activados y aguas negras (licor mezclado) se mantengan en suspensión por suficiente turbulencia y que se tengan presentes concentraciones adecuadas de oxígeno. Esto se hace normalmente por difusión de aire u oxígeno o adoptando alguno de los diversos sistemas de aeración mecánica, hidráulica o combinaciones.

Con el proceso de lodos activados se oxida y remueve material soluble o finamente dividido no retenido en el tratamiento previo.

Se hace hincapié en que para controlar el proceso debe entenderse que el lodo activado es un cultivo de microorganismos aerobios cuyo alimento se obtiene del agua negra, siendo indispensable un balance entre el alimento disponible y la población de microorganismos en un medio con oxígeno suficiente.

3.- FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO.

a) Calidad del influente
b) Calidad del efluente
c) Cantidad de lodos activados
d) Concentración de oxígeno
e) Equirepartición del gasto ó carga orgánica en las unidades de tratamiento
f) Transferencia del material orgánico al cultivo biológico y separación de sólidos del agua tratada.
g) Control efectivo y disposición adecuada de residuos que reentran al proceso, como el licor sobrenadante de digestores
h) Mantenimiento de un medio apropiado para el desarrollo del cultivo biológico

Los dos primeros incisos deben ser considerados por el diseñador, siendo el operador el responsable de obtener, con una operación apropiada, la calidad deseada del efluente a partir de las características esperadas del influente.

Si hubiera cambios en la calidad del efluente, se debe recurrir a la aplicación de los reglamentos respectivos, para evitar la descarga de desechos que modifiquen las condiciones consideradas en el diseño y que afectan la calidad del agua tratada.

El aumento en cantidad debe ser prevista aumentando el número de unidades o efectuando modificaciones en el diseño para absorber el incremento de gasto.

La cantidad de lodos activados presentes en el proceso será función de la cantidad de alimento disponible (Gasto X DBO) debiendo el operador remover rutinariamente el lodo en exceso.

Es indispensable el control de la concentración adecuada de oxígeno en los tanques de aeración para obtener la maxima eficiencia de los microorganismos, con el mínimo de consumo de energía.

La equirepartición de flujo en unidades en paralelo es conveniente para el mejor control de la relación alimento a microorganismos.

La concentración de sólidos suspendidos (microorganismos) en el aerador y sedimentador, es uno de los factores más importantes en el control del proceso.

La primera mide indirectamente la cantidad de microorganismos en el aerador (volumen aerador x Concentración S.S. en el licor mezclado) y la segunda, permite saber si existe acumulación nociva de lodos activados en el sedimentador. Debe puntualizarse la necesidad de extraer inmediatamente los lodos sedimentados para evitar su deterioro.

Algunos residuos del tratamiento reentran al proceso, como el exceso de lodos activados, cuya disposición mas conveniente es en el sedimentador primario. No se recomienda bombearlas directamente a los digestores anaèrobicos porque regresarán al tanque de aeración como sobrenadante, adicionando carga orgánica.

El mantenimiento de los microorganismos requiere una concentración apropiada de oxígeno, evitando ácidos, bases y substancias tóxicas en cantidades que dañan el cultivo.

El uso de cloro, en el pretratamiento, para el control de olores, debe hacerse cuidadosamente para evitar la muerte de algunos organismos componentes del lodo activado.

Una operación exitosa de una planta de lodos activados, requiere que el operador esté alerta en la consideración de los factores enumerados, sin embargo los puntos de mayor importancia se pueden reducir a mantener una concentración apropiada de sólidos en el aerador para la carga orgánica del influente ajustando el lodo recirculado y retirando oportunamente el exceso, y regulando el suministro de oxígeno para mantener el nivel apropiado.

4.- MEDICIONES Y DETERMINACIONES

A.- Sólidos Suspendidos Totales y volátiles
- a) Efluente del primario
- b) Licor mezclado (SS: 1000-4500 mg/lt)
- c) Lodos de retorno (SS: 2000-10000 mg/lt)
- d) Efluente del secundario

B.- D.G.O., D.Q.O. o C.O.T.
- a) Agua cruda
- b) Efluente del primario
- c) Agua tratada

Se recomienda la D.Q.O. por sencilla y de obtención más inmediata.

C.- Oxígeno disuelto.
- a) Aerador (2 a 4 mg/lt)
- b) Aguas tratadas (2 a 6 mg/lt)

D.- Sólidos Sedimentables
- a) Agua cruda
- b) Licor mezclado
- c) Sobrenadante de digestores
- d) Agua tratada

E.- pH
- a) Agua cruda
- b) Aerador
- c) Agua tratada (7 - 8.5)

F.- Claridad o Turbiedad
Medido con el disco de SECCHI
a) Agua tratada (1.8 a 2.4 m)

G.- Demanda de Cloro
a) Agua tratada

El cloro residual debe estar entre 0.5 a 2 mg/lt para períodos de contacto que varíen entre 10 a 20 minutos.

H.- Culiformes.
a) N.M.P. en el agua tratada.

I.- Temperatura
Importante sólo en lugares con climas extremosos o muy fríos.

J.- Mediciones y cálculos.
a) Gasto de aguas crudas
b) Kg. de sólidos en el aerador.
c) Kg. de lodos activados en exceso
d) Kg. de sólidos en el efluente.
e) Kg. de D.B.O. o D.Q.O. al aerador
f) Porcentaje de recirculación
g) Porcentaje de lodos en exceso
h) Cantidad de aire suministrado a los aeradores (Difusión de aire). En aeración mecánica, se registrarán las horas operadas a varias velocidades.
i) Edad del lodo
(Edad de Gould)
j) Kg. de sólidos en el lodo enviado al digestor
k) Kg. de sólidos en el sobrenadante del digestor.
l) Costo de la energía consumida.

5.- PARTES CONSTITUTIVAS DEL PROCESO QUE DEBEN SUJETARSE A REVISION AL ARRANCAR UNA PLANTA.

A.- Funcionamiento hidráulico
a) Válvulas
b) Compuertas
c) Placas vertedoras

B.- Suministro de aire

B 1.- Difusión de aire:

a) Sopladores
b) Filtro de aire
c) Medidores de aire
d) Tuberías y bajadas
e) Difusores

B 2.- Aeración mecánica.

a) Motor
b) Reductor
c) Impulsor

C.- Bombeo

a) Bombas de recirculación
b) Bombas de exceso de lodos

D.- Sedimentación

a) Sistema de extracción de lodos
b) Sistema de concentración y recolección de lodos

E.- Accesorios

a) Sistema de control de espuma

6.- ARRANQUE DE UNA PLANTA CON PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

a) Primer día:

En plantas de aeración mecánica, arrancar los sopladores antes de admitir el agua de los primarios en el aerador; esto evitará que puedan obturarse los difusores.

Llenar los tanques de aeración.

En estas condiciones puede optarse por suspender el gasto y dejar la aeración por 24 horas o bien pasar el agua a los secundarios. En este caso, cuando se han llenado al 75%, arrancar los mecanismos recolectores de lodos y las bombas de recirculación, de manera que su gasto sea del 20 al 40% del gasto de entrada.

Cuando se llenan los sedimentadores y empiecen a derramar los vertedores, poner en operación los cloradores.

Después de dos o tres horas revisar el oxígeno en los aeradores y ajustar el suministro de aire si la concentración es menor de 2 mg/lt.

En las plantas de aeración mecánica arrancar los equipos cuando el agua pueda ser bombeada o agitada. Llenar los aeradores; suspender el gasto y permitir un período de aeración mínimo de 6 a 24 horas antes de pasar el agua a los sedimentadores.

Verificar cada dos horas que la concentración de oxígeno en el licor mezclado en el efluente del aerador esté entre 2 y 4 mg/lt. Modificar el suministro del aire, de acuerdo con el gasto para mantener ese nivel.

b) Segundo día:

Efectuar pruebas de sedimentabilidad del licor mezclado, utilizando una probeta de 1000 ml y 60 minutos. El sedimento será del orden de 10 a 20 ml y el líquido contendrá partículas suspendidas.

c) Tercer a Quinto día:

Mantenimiento de los niveles adecuados de oxígeno y recirculación. Efectuar pruebas de sedimentabilidad para verificar el aumento de lodo activado.

Pueden hacerse observaciones al microscopio del lodo activado para verificar su condición.

d) Sexto día:

En general para este día el agua tratada será bastante clara. El contenido de sólidos suspendidos en el aerador estará cercano al óptimo de diseño en plantas convencionales, siendo necesario verificarlo para ver si ya es necesario eliminar exceso.

La muestra para determinación de sólidos suspendidos en el licor mezclado (SSLM) debe tomarse a la hora de gasto máximo en el efluente del aerador, preferentemente de 45 a 60 cm. abajo del nivel del agua. Se realizarán pruebas de sedimentabilidad, tanto en el licor mezclado como en los lodos de retorno.

Con los datos anteriores pueden calcularse los parímetros óptimos de control como se indica en el siguiente inciso.

7.- PARAMETROS DE CONTROL RUTINARIO

Normalmente se utilizan dos parámetros.

a) Indice volumétrico de lodos (IVL) ó Indice de NOHLMAN que se define como el volúmen de lodos en ml. que contiene 1 gramo de sólidos secos. El volumen se mide por sedimentabilidad a los 30 minutos en probeta de 1000 ml.

Su valor óptimo debe ser normalmente menor de 100 (40 a 50) variará con las horas del día y puede llegar a ser hasta de 150.

Volumenes mayores de 200 indican problemas de "abundamiento" (bulking), dando como resultado una pobre clorificación a el sedimentador.

b) Indice de Densidad de lodos (IDL) ó Indice de DONALDSON.

Es el porcentaje de lodos en el lodo sedimentado.

La relación entre los dos índices es la siguiente:

$$\text{Indice de MOHLMAN} = \frac{100}{\text{INDICE DE DONALDSON}}$$

El Indice de DONALDSON variará de 2 para un buen lodo a 0.3 o menos para uno malo.

c) Edad del Lodo ó Edad de Gould

Se recomienda este perimetro tanto por sencillo, como por involucrar dos de los factores importantes en el proceso: alimento que entra y microorganismos disponibles.

Se calcula como sigue:

$$\text{EDAD DEL LODO} = \frac{\text{S.S en el aerador (Kg)}}{\text{S.S en el efluente del primario (Kg/día).}}$$

Su valor será del orden de 3 a 5 para plantas convencionales y de 0.2 a 0.4 para plantas de alta velocidad.

EJEMPLO:

Determinar los parámetros de control de una planta, verificar el porcentaje de recirculación y determinar el gasto de lodos en exceso.

DATOS:

Gasto medio: 50 lt/seg.
Gasto de Recirculación: 15 lt/seg.
Volumen del Aerador: 900 m^3
SSLM: 2300 mg/lt
SS efluente del primario: 180 mg/lt
Volumen del lodo sedimentado
en 30 min.: 210 ml.
en 60 min.: 230 ml.
S.S en los lodos de retorno: 6100 mg/lt

Indice de MOHLMAN (IVL)

$$IVL = \frac{\text{VOLUMEN SEDIMENTADO EN \%}}{\text{S.S en \%}}$$

Volumen sedimentado en %

$$\frac{210 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} \times 100 = 21$$

S.S en %

$$\frac{2300 \text{ mg}}{1000\ 000 \text{ mg}} \times 100 = 0.23$$

(1 lt = 1000 ml = 1000 gr = 1,000,000 mg)

Por tanto: $IVL = \frac{21}{0.23} = 91.3$,

que se considera satisfactorio.

INDICE DE DONALDSON:

$$IDL = \frac{100}{IVL} = \frac{100}{91.3} = 1.09 ,$$

satisfactorio.

EDAD DEL LODO:

$$\text{EDAD DEL LODO} = \frac{\text{Volumen aerador} \times \text{SSLM}}{\text{Gasto} \times \text{SS efluente primario}}$$

$$\text{EDAD DEL LODO} = \frac{900\ m^3 \times 2300\ mg/lt}{\left(\frac{50 \times 36400}{1000}\right) \frac{m^3}{día} \times 180 \frac{mg}{lt}} = 2{:}66 \text{ días}$$

En este caso se considera que deberían aumentarse los SSLM ó sea que no es conveniente derivar exceso de lodos hasta --

que se sobrepase la Edad del lodo óptima (4 o 5 días).

REVISION DE LA RECIRCULACION:

GASTO DEL PRIMARIO AL AERADOR:	50 lt/seg.
GASTO DE RECIRCULACION:	15 lt/seg.
GASTO TOTAL AL AERADOR:	65 lt/seg.

Porcentaje de lodos que se sedimentan en 60 minutos:

$$\frac{230}{1000} \times 100 = 23\ \%$$

Tasa de Lodos de retorno:=

GASTO TOTAL AL AERADOR x SOLIDOS SEDIMENTABLES, %

= 65 x .23 = 14.9 lt/seg.

Por tanto, el gasto es adecuado.

Para el ejemplo, se preguntaría cual debe ser la concentración de SSLM si se considera una Edad de 4 días.

SS en el aerador (kg) = Edad x S.S en el Efluente (Kg/día).

$$= 4 \times \frac{50 \times 86400}{1{,}000{,}000} \times 180$$

$$= 3110 \text{ kg.}$$

$$SSLM = \frac{3110 \text{ Kg} \times 1000.000 \frac{mg}{Kg}}{900 \text{ m}^3 \times 1000 \frac{lt}{m^3}} = 3456 \frac{mg}{lt.}$$

En este caso la recirculación deberá aumentarse de acuerdo con el volumen de sedimentables.

Finalmente si la Edad fuera de 5.4 días, cual sería el gasto del exceso de lodos.

GASTO DE EXCESO EN lt/día =

$$\frac{\text{Sólidos a ser retirados Kg/día}}{\text{S.S lodos de retorno } \frac{mg}{lt}} \times 10^6$$

S.S en el Aerador (Kg) =

$$5.4 \times \frac{50 \times 86400}{1,000,000} \times 180 = 4199 \text{ Kg.}$$

Debe haber $4199 \times \frac{4}{5.4} = 3110$

Luego el exceso es:

4199 - 3110 = 1089 Kg.

Por tanto el gasto será:

$$\frac{1089 \times 1,000,000 \text{ mg/día}}{6100 \text{ mg/lt}} = 178524 \text{ lt/día.}$$

= 2.1 lt/seg.

PARAMETROS PARA MEDICION DE LA CARGA EN EL AERADOR.

Más racionalmente que los parámetros anteriores se pueden utilizar otros dos parámetros que requieren más determinaciones de laboratorio.

A.- La relación alimento a organismos medida como:

$$\frac{\text{Kg/día de D.B.O. o D.Q.O.}}{\text{Kg de SS volátiles en LM (SSVLM)}}$$

Los valores usuales convenientes son:

a) Plantas de alta velocidad.

Con D.B.O. : Más de 0.5

Con D.Q.O. : 1.0

b) Convencionales:

Con D.B.O. : 0.25 a 0.5

Con D.Q.O. : 0.5 a 1.0

c) Aeración Extendida.

Con D.B.O. : 0.05 a 0.10

Con D.Q.O. : Menos de 0.2

B.- Tiempo medio de residencia celular (TMRC). o tiempo de retención de sólidos (TRS)

$$\text{TMRC (días)} = \frac{\text{Kg. de S.S. en aerador y secundario}}{\text{Kg. de S.S. (exceso + efluente)}}$$

El TMRC deseado para plantas convencionales debe estar entre 5 a 15 días.

PROBLEMAS COMUNES DE OPERACION.

a) Abundamiento (Bulking).

Se aplica a un licor mezclado con baja tendencia a sedimentar y poco compacto.

El control se dirigirá al aumento de la Edad del lodo o decrecimiento de la rotación alimento/microorganismos.

Pueden utilizarse otras medias, como aumento de aeración, reducción del gasto de retorno y aumento del exceso, adición de coagulantes químicos en el secundario.

b) Lodos séptico.

Por extracción insuficiente del secundario.- Se corrige fácilmente aumentándo la recirculación.

c) Substancias tóxicas.

Causa la inhibición o muerte de los microorganismos. Su control está fuera del campo de acción del operador, quien se limitará a pedir la aplicación de reglamentos que impiden la descarga de residuos tóxicos.

d) Lodo ascendente.

No debe confundirse con el abundamiento. El lodo que asciende en el secundario se debe a desnitrificación o septicidad, producida por tiempos de retención prolongados. Su control puede lograrse con la colocación de mamparas antes de las canaletas recolectoras, retirando las natas manualmente.

e) Oclusión de difusores.

Esto ocurre generalmente en difusores de burbuja fina. Deben limpiarse periódicamente de otra forma causaran sobrecarga en los sopladores que puede conducir a rotura de impulsores y engranes.

f) Falta de limpieza en los filtros de aire.

Conduce a oclusión interior de los difusores.

g) Espuma.

Cuando la concentración de S.S.L.M. en baja, se presentan cantidades muy grandes de espuma en los aeradores, aumentando con el descenso de temperatura. Esto se debe al detergente aniónico que se usa en México.

La presencia de espuma será inevitable en el arranque de una planta y tenderá a disminuir a medida que aumente la concentración de S.S.L.M., por lo que es indispensable que las plantas dispongan de facilidades para su control por medio de aspersores.

El uso de productos antespumantes puede ser costoso y algunos productos son de valor dudoso.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

OPERACION DE PLANTAS DE FILTROS ROCIADORES.

M. en I. ARNULFO PAZ SANCHEZ.

OPERACION DE PLANTAS DE FILTROS ROCIADORES.

1.- GENERALIDADES.-

Los filtros rociadores fueron introducidos en escala municipal en 1893 en Lancashire, Inglaterra - por Joseph Corbett.

Sus partes principales son:

a) El medio y estructura de soporte.

b) El sistema de drenaje

c) El sistema de distribución.

Los medios usuales han sido de piedra. Actualmente se están utilizando placas de plástico o piezas especiales de plástico moldeado.

Los sistemas de drenaje no han variado y siguen siendo de concreto y barro comprimido o vitrificado.

La distribución se hace actualmente por medio de brazos rotatorios, no utilizandose los sistemas de rociado fijos.

2.- PRINCIPIOS DE OPERACION.-

El paso de las aguas negras sedimentadas a través del filtro causa el desarrollo de un cultivo biológico gelatinoso que se adhiere al medio. Este crecimiento absorbe y retiene gran parte del material coloidal y disuelto presente en el agua, utilizandolo como alimento para producción de nuevas células y oxidándolo a CO_2 y agua.

La materia orgánica parcialmente degradada junto con el recubrimiento muerto o en exceso, es periodicamente arrastrada y pasa a través del filtro.

Para la oxidación, la cubierta biológica requiere un suministro contínuo de oxígeno, que se absorbe - del aire que circula a través del filtro, por lo que debe -- proporcionarse una ventilación adecuada y evitar que se obstruyan los huecos en el medio filtrante.

Los filtros rociadores generalmente van seguidos de un sedimentador secundario o tanque de "humus", sin embargo, dependiendo de la eficiencia deseada, podría eliminarse.

Para aumentar la eficiencia del tratamiento, se recurre a incrementos de la altura del filtro o facilidades para recirculación. Esta puede ser contínua o intermitente y a gasto constante o variable; sin embargo estas consideraciones deben ser parte del diseño y deben verificarse en la planta, haciendose las modificaciones necesarias para obtener las eficiencias deseadas.

3.- REVISION Y ARRANQUE DE UN FILTRO ROCIADOR.-

a) La revisión de una planta de filtros incluye:

a) Funcionamiento hidráulico.
b) Revisión del brazo rotatorio, incluyendo el sello de mercurio y las boquillas de rociado
c) Bombas de recirculación.
d) Tanque de humus
Sistema de recolección y
Concentración
Vertedores.
e) Válvulas y accesorios.

b) Una vez revisada la planta, la puesta en marcha es muy simple. Pasar el agua sedimentada al filtro, observando que los brazos rotatorios tengan una operación suave. Checar velocidad de rotación y distribución uniforme del agua sobre el filtro.

Deberá hacerse una gráfica de velocidades de rotación contra gastos, que servirá para referencia futura.

Se necesitarán varios días para que empiece a desarrollarse el cultivo biológico, dependiendo de la época del año, condiciones del tiempo y concentración de las aguas negras. Durante este período de desarrollo del crecimiento, se producirá un efluente inestable, con alta D.B.O. que requerirá una cloración a dósis altas.

4.- OPERACION RUTINARIA.-

Una vez que el crecimiento se ha establecido y la planta trabaja normalmente, se requiere muy poco control de operación; sin embargo, se necesita checar diariamente.

a) Cualquier indicación de enlagunamiento.
b) Presencia de la mosca de los filtros.
c) Olores desagradables
d) Obstrucción de las boquillas de rociado.
e) Vibraciones ó disturbios en el movimiento de los brazos rotatorios
f) Fugas en el sello de mercurio.

La recirculación durante períodos de gastos bajos puede ayudar a mantener el cultivo mojado, disminuyendo el peligro de moscas y remoción excesiva de crecimientos.

5.- ANALISIS.-

A.- Oxígeno disuelto en el efluente del filtro. - Debe determinarse diariamente. Su valor estará entre 1 y 2 mg/lt.
B.- pH, en el efluente del filtro, entre 7 y 8.5
C.- Temperatura del influente.
D.- D.B.O. (Determinación semanal)
E.- Sólidos Suspendidos (Determinación Semanal)
F.- Cloro Residual
Entre 0.5 y 2 mg/lt para tiempo de contacto - de 10 a 20 minutos.
G.- Coliformes - (Determinación Semanal) Efluente 50 a 700/1000 ml.
H.- Claridad:
Efluente Final: 30 a 90 cm

6.- PROBLEMAS DE OPERACION.-

A.- Enlagunamiento.

Es normalmente el resultado de excesiva carga orgánica sin un gasto elevado de recirculación. Otras causas pueden ser el uso de medios filtrantes pequeños o no uniformes, cementado o rotura del medio, acumulación de fibras o basura en los huecos, o crecimientos excesivos de larvas de insectos ó caracoles.

Algunos enlagunamientos menores pueden ser eliminados por los siguientes métodos:

a) Utilizando chorros a presión sobre la superficie del filtro.

b) Remover la superficie del filtro con un rastrillo o barreta. Remover cualquier acumulación de hojas y otros desperdicios.

c) Dosificar cloro a razón de 5 mg/lt. al influente del filtro.

d) Inundar el filtro por 24 horas.

e) Parar la operación del filtro por varias horas.

B.- Olores.

Como la operación de filtros rociadores es un proceso aeróbico, no existirán problemas de olores. La presencia de olores desagradables indica que se han desarrollado condiciones anacróbicas, que puedan deberse a obstrucciones en las ventilas que pueden removerse con aire comprimido. Puede también incrementarse el gasto de recirculación.

C.- Moscas.

El desarrollo de la mosca de los filtros (psychoda) es una de las molestias más comunes en la operación de los filtros. Su presencia es afortunadamente rara en los filtros de alta velocidad.

Su control puede lograrse con los procedimientos siguientes:

a) Aumento de la recirculación.
b) Aplicar insecticidas aprobados con precaución a plantas y otras estructuras.
c) Inundar el filtro por 24 horas a intervalos frecuentes para cortar el ciclo de crecimiento de la mosca que es del orden de 7 días.
d) Aplicar una baja dósis de cloro semanalmente
e) Las plantas y pasto alto proporcionan un habitat para las moscas, por lo que deben cortarse frecuentemente.

D.- Problemas con las condiciones ambientales.

Solo aplicable a lugares donde puede presentarse congelación o temperaturas bajas sostenidas.

7.- MANTENIMIENTO.-

El mantenimiento rutinario de los filtros se centrará en los baleros y sello de mercurio del brazo rotatorio. Se debe recordar que el MERCURIO ES VENENOSO y puede ocasionar caída del pelo, dientes y aún la muerte.

La limpieza frecuente de las boquillas de aspersión permitirá que el agua se distribuya uniformemente en la superficie del filtro, evitando algunos de los problemas de operación y permitiendo obtener las eficiencias esperadas.

C E N T R O D E E D U C A C I O N C O N T I N U A

DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES

FACULTAD DE INGENIERIA

U.N.A.M.

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS

14 NOVIEMBRE 1978

" D E S I N F E C C I O N "

ING. ROBERTO COSIO TENORIO

ING. EUGENIO ALONSO RUIZ

WALLACE & TIERNAN DE MEXICO, S.A. DE C.V.

T E M A R I O

DESINFECCION

I) DEFINICION Y OBJETIVOS.

II) DIVERSOS METODOS PARA DESINFECTAR EL AGUA

III) DESINFECCION USANDO CLORO:

A) Historia
B) Usos del cloro (aplicación porcentual)
C) Teoría

IV) DEFINICION DE TERMINOS FUNDAMENTALES DE LA CLORACION:

A) Cloración
B) Cloro residual
C) Cloro residual libre
D) Cloro residual combinado
E) Cloro residual total
F) Demanda de cloro
G) Proceso de cloración del punto de ruptura
H) Proceso de cloración cloro-amoníaco
I) Supercloración
J) Precloración
K) Post-cloración
L) Decloración
M) Porcentaje de cloro disponible

V) SELECCION DE EQUIPO Y ACCESORIOS PARA CLORACION.

VI) DESCRIPCION Y TEORIA DE OPERACION DE CLORADORES E HIPOCLORADORES.

VII) INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE CLORADORES.

VIII) MANEJO Y SEGURIDAD DEL CLORO.

"D E S I N F E C C I O N"

I DEFINICION Y OBJETIVOS.

El término desinfección se define como el proceso ó método de destrucción de micro organismos mediante el uso de agentes químicos táles como cloro, bromo, iodo, ozono, feno-- les, formaldehidos, etc.

La desinfección no debe ser confundido con esterilización, que es propiamente defi nido como el proceso de destrucción ó remoción de toda bacteria ó microorganismo viviente y sus esporas llevando a cabo físicamente mediante la aplicación de calor, sonido ú ondas luminosas, ó mediante filtración ó mediante acción química usando anticépticos como el cloro, alcóhol, mercurio etc.

Por lo antes mencionado, la desinfección es considerada como una subdivisión de la esterilización y a su vez la cloración es la más importante subdivisión de la desinfección.

Los objetivos de la desinfección son las de evitar la difusión de las enfermedades hídricas básicamente mediante el tratamiento de las grandes redes de distribución de agua.

Cualquier medio o método de desinfección lleva a cabo estos objetivos siempre y -- cuando logre efectuar una adecuada destrucción de los organismos patógenos del agua contami nada, entendiéndose por bacteria destruida a aquella que ya nunca más será capaz de efec--- tuar el proceso de reproducción.

II DIVERSOS METODOS PARA DESINFECTAR EL AGUA.

Existen varios medios y métodos para desinfectar el agua, siendo el principal el basado en el uso del cloro. Dicho método será descrito en el siguiente inciso de éste curso y por lo pronto nos concentraremos en los otros productos usados para desinfectar el agua.

Hipocloritos.- Fueron de las primeras substancias empleadas en la desinfección del agua, siendo su acción semejante a la del cloro. En la actualidad se usan cuando la cantidad requerida es relativamente pequeña, ya que son más costosos que el cloro.

Su contenido en cloro útil varía, los hay de 13 a 35%; pero se han fabricado productos que contienen hasta 70% como cloro activo. Pueden agregarse al agua por medio de dosificadores de soluciones.

Cloraminas.- En cuanto a la acción bactericida de las cloraminas se supone que reaccionan en parte con el agua dando origen a una cierta cantidad de ácido hipocloroso, que a su vez libera oxígeno, actuando como en el caso del cloro. Las cloraminas se forman al agregar cloro a un agua en la que se ha disuelto previamente amoníaco.

Ozono.- Debido a que se descompone con facilidad, libera oxígeno atómico, es un poderoso agente oxidante. Por ello es posible utilizarlo en la eliminación de microorganismos y materia orgánica del agua, lo que, además de desinfectarla, elimina los olores y sabores (a veces también los colores).

La forma de aplicarlo es mezclando aire ozonizado con el agua. Este método de desinfección del agua ha sido desechado por costoso y poco práctico, comparado con el cloro y sus derivados.

Permanganato de Potasio.- Es un agente oxidante y como tal efectivo en la purificación del agua; sobre todo en la eliminación de los olores y sabores, para lo que se necesitan cantidades de 0.05 a 0.2 ppm. Se puede aplicar fácilmente preparando una solución concentrada, que puede agregarse al agua por medio de dosificadores. Se usa muy poco y también es muy costoso.

Sulfato de cobre.- Es posible usar sulfato de cobre para destruir algas en tanques de almacenamiento. Rara vez se usa en el tratamiento de agua industrial debido a que las algas varian mucho en cuanto a su suceptibilidad por el cobre, por lo que no es un bactericida efectivo y no puede usarse en aguas alcalinas por la precipitación de hidróxido de cobre insoluble y carbonatos básicos. También hay el riesgo de corrosión en equipo de acero.

Procesos oligodinamicos.- Aprovechan el poder germicida elevado de algunos iones metálicos en el agua aún cuando se encuentren en concentraciones muy bajas, esta propiedad fué descubierta por Von Negali en 1893.

La plata, que es el metal que ha dado mejores resultados, se utiliza incorporada al medio filtrante por el que pasa el agua; disolviéndose una pequeñisima cantidad de ésta (0.06 mg/l) suficiente para producir la desinfección requerida.

Otra forma en que pueden incorporarse iones de plata al agua, es por medio de una corriente eléctrica directa entre dos electrodos de plata. Para que el tratamiento con iones de plata (u otros iones metálicos) sea efectivo, es necesario tener un agua cuya pureza química sea considerable, ya que existen comunmente en ellas gran número de substancias que interfieren en el proceso.

La acción oligodinámica de la plata es notable sobre bacterias del género Escherichis coli, menor sobre bacterias Gram positivas (Sarcinas) e inefectiva sobre formas esporuladas; Las esporas no son destruidas por los iones de plata. Este proceso se usa muy poco y es muy costoso.

Dioxido de cloro.- La cloración del agua es ampliamente practicada en la industria empacadora de alimentos, pero no ha tenido éxito completo en el control de las bacterias desarrolladas en el agua de recuperación. La presencia de altos niveles de materia orgánica, frecuentemente impiden la eficacia de una nueva cloración (recloración) no obstante, que el cloro reacciona rápidamente con la materia orgánica.

El dióxido de cloro, no reacciona de inmediato con la materia orgánica, y aparece como un potencial para esa demanda, por lo que se hace más útil en estos casos. Su uso ha tenido éxito especialmente en el tratamiento del agua de suministro a las fábricas de conservas alimenticias, pues elimina los olores provenientes de los clorofenoles causados con la interacción del cloro con materiales fenólicos presentes en el agua.

Por otra parte, el dióxido de cloro es selectivo con respecto al amoníaco; es decir, no reacciona con él.

Clorofenoles.- En presencia de materia oxidable, por ej. en una fábrica de papel, el cloro puede actuar tan rápidamente que la desinfección efectiva es imposible o antieconómica. Tampoco el cloro es un reactivo muy conveniente cuando su presencia en el agua puede interferir en el proceso químico que se está llevando a cabo, como en la manufactura del rayón.También el cloro puede tener dificultad para mantener un residual libre en los sitios donde existen crecimientos orgánicos en lineas largas de tubería que llevan agua con un alto contenido de amoníaco o en donde grandes areas de limo se han desarrollado y estan expuestas a la luz del sol y no estan constantemente mojadas por el agua. Bajo tales condiciones es más indicado el uso de reactivos químicos menos activos que el cloro, por ejem., los clorofenoles o los compuestos orgánicos mercuriales.

El triclorofenol, así como su derivado del sodio se recomienda particularmente para usarse en aguas ácidas a causa de su gran solubilidad bajo estas condiciones. Las dosis que se emplean están en el intervalo de 10 a 100 ppm aplicadas dos o tres veces por semana.

La desventaja de los clorofenoles se debe a su olor, el cual puede persistir en el producto, por ejem., en el papel y en el hecho de que son desagradables para su manejo. Sin embargo, tienen el mérito de que pueden manejarse en forma de briquetas, reduciendose la dificultad de manejo y la aplicación es posible en muchos puntos en el sistema, los cuales no sería posible alcanzarlos fácilmente inyectando cloro en el agua, por ejem., en los extremos cerrados de las tuberías ("Puntos muertos") o en las "esquinas muertas" de los tanques

Hasta la fecha, los clorofenoles se usan rara vez para el control de limo en el tratamiento de agua industrial.

METODOS FISICOS.

A manera de complemento, se mencionarán los métodos físicos factibles para la desinfección del agua:

Calor.- Sumamente efectivo en cuanto a su poder esterilizador, es incosteable su utilización en escala industrial, estando su uso limitado a desinfecciones domésticas del agua.

Luz ultravioleta.- Los rayos de luz invisibles, situados más allá del violeta del espectro solar, rayos "ultravioletas", tienen una fuerte acción germicida sobre toda clase de bacterias y esporas.

La ventaja del uso de la luz ultravioleta estriba en que no hay peligro de sobredosificación, además de que no se producen olores ni sabores. El proceso se hace incosteable ya que interviene la corriente eléctrica, y además, se requiere que el agua pase en capa delgada por lo que el volúmen de agua tratada es relativamente pequeño e impide que se use en gran escala. Otro inconveniente es que, como en el caso del ozono, no hay ninguna acción germicida residual. El tiempo durante el que el agua es expuesta a la acción de la luz ultravioleta es muy corto y hace que para aguas muy contaminadas, o ligeramente turbias, su acción germicida sea nula por completo.

Filtración.- El hecho de que en agua filtrada a través de roscas y formaciones geológicas es más clara que otra agua en la superficie, indujo a filtrarla artificialmente para lograr los resultados de la naturaleza.

En un principio se diseñaron los filtros de arena que representan un procedimiento bastante lento y se emplearon por mucho tiempo. Posteriormente se hicieron ensayos de coagulación y filtración rápida de arena, lográndose obtener en plantas de filtración bien diseñadas, una eficiencia bacteriana del 98% y tal vez mayor.

Dado a que el número total de bacterias a veces llega a millares por centímetro cúbico, el saldo de 2% constituye una cifra de gran importancia, que justifica ampliamente un método suplementario de purificación de agua para abastos filtrados, así como para las aguas que no requieren de filtración dado su procedencia.

Dicho método suplementario corresponde a la cloración, lo cuál se ha demostrado prácticamente en lo que va del siglo.

III DESINFECCION USANDO CLORO.

A) Historia.- La cloración en el agua, es la operación que consiste en adicionar a ésta, cloro de una manera controlada. Aunque esta adición se puede llevar a cabo en varias formas y con diferentes productos, en el desarrollo de este trabajo, se describirá con profundidad el equipo y los métodos para dosificarle cloro, y se mencionarán brevemente otros productos y la forma de adicionarlos.

Desde principios del siglo, la cloración ha sido norma para la desinfección del agua. El investigador francés Morveau y el inglés Cruikshank[1], descubrieron su valor alrededor del año 1800. Desde entonces el cloro ocupa un lugar prominente en la desinfección del agua; primero como hipoclorito de calcio, en vista de los problemas para obtener cloro, y a su dificultad de transporte para uso comercial.

Durante una epidemia de tifoidea en inglaterra, en 1904-05 Sir Alexander Huoston y el Dr. Mc Gowan, usaron por primera vez una solución de hipoclorito de sodio para potabilizar el agua. El problema en este caso fué el usuario, pues no le agradó el sabor que el clor imparte al agua. Desgraciadamente en nuestro país, todavía subsiste este problema en el campo y en algunas poblaciones de provincia; nuestros campesinos aún no se acostumbran al sabor característico del agua clorada.

Por primera vez en 1912, en la ciudad de Niagara Falls, se practicó a escala municipal la desinfección del agua; reemplazándose el hipoclorito de calcio por cloro. Así en 1913, los señores C.W. Wallace y M.F. Tiernan[1], empezaron a fabricar equipo para añadir cloro al agua en forma controlada. Hoy en día, la mayor parte del agua que se provee a las ciudades es clorada.

Ahora bien, la cloración no está limitada a la desinfección del agua para beberse, puesto que tiene otras muchas finalidades y aplicaciones.

B) USOS DEL CLORO.- El cloro es una substancia química extraordinariamente versátil a tal grado que sus usos varían desde su aplicación como combustible de cohetes hasta la de su aplicación en la elaboración de productos alimenticios. Uno de los productos de los que forma parte, es el ácido monocloroacético, usado para elaborar la carboxelmitil celulosa que es antagónicamente base de detergentes, al igual que hace de helados de crema.

Hasta 1950 el uso primordial del cloro fué destinado a la elaboración del oxido de etileno y el glicol, que son bases en los procesos de fabricación de fibras sintéticas y fluidos anticogelantes.

En 1977 la producción total de cloro fué aplicada aproximadamente para éstos fines y en éstos porcentajes:

Industria Química	80%
Industria de la Pulpa y Papel	16%
Sanidad	3%
Otros	1%

Dentro de la industria química, es importante hablar de algunos usos finales a-los que se destinan las substancias que involucraron cloro en su proceso de elaboración:

Cloroparafinas	Pinturas y lubricantes aditivos.
Glicerina sintetica	Resinas, explosivos, tabacos.
Cloroformo	Medicina y fluorocarbonos.
Cloruro de vinilo	Plásticos y resinas.
Propilen Glicol	Celofán y resinas poliester.
Monocloro Benceno	Insecticidas (DDT), anilina y fenol.
Percloroetileno	Limpiadores en seco.
	etc, etc.

C) TEORIA.- El mecanismo de la acción desinfectante del cloro, se ha explicado en varias formas. Durante mucho tiempo se creyó que era debida al oxígeno naciente -- producido por la descomposición del ácido hipocloroso, según las reacciones:

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HOCl + H^+ + Cl^-$$

$$HOCl \longrightarrow HCl + O$$

parece ser que solo se debe en proporción mínima a éste. Es más aceptada la suposición - de una acción directa del cloro sobre las proteínas celulares según unos investigadores, y según otros, por la acción del ion hipocloroso sobre alguna substancia fundamental del organismo, combinándose con ella, y produciendo una alteración o floculación del proto-- plasma que provoca la muerte.

La teoría de la destrucción de los organismos resulta de una reacción química - del HOCl con una enzima en la célula. La enzima probablemente atacada es la triosafosfato dehidrogenasa, la cual se encuentra en la mayoría de las células y es esencial para - la asimilación de la glucosa. Esta teoría da una explicación de la sensibilidad extrema- de los organismos al cloro; aunque las enzimas están presentes en las células en cantidades muy pequeñas, estas son esenciales como catalizadores para la actividad metabólica.

Aparentemente el ácido hipocloroso puede tener acceso a la enzima penetrando a través de las paredes de la célula con mayor rápidez que la mayoría de los desinfectan-- tes. Otros desinfectantes pueden destruir las enzimas cuando están fuera de la célula,- pero la acción del cloro es superior sobre las paredes intactas.

El ácido hipocloroso se ioniza para producir el ion hipoclorito como sigue:

$$HOCl \longrightarrow H^+ + OCl^-$$

La molécula de cloro en solución, el ácido hipocloroso no ionizado y los iones- hipoclorito existen juntos en el equilibrio, sus proporciones relativas están determinadas por el valor del pH y de la temperatura; estas proporciones son las mismas para cualquiera de estas condiciones, no importando que el cloro tome parte como tal o en forma - de hipoclorito.

La forma como varía la proporción de ácido hipocloroso no ionizado presente en la solución, con el valor del pH se muestra en la figura Ia; para valores de pH entre 4 y 5, el equilibrio es manifiesto en favor del ácido hipocloroso no ionizado, la proporción de cloro disponible presente como cloro molecular disuelto o como ion hipoclorito son insignificantes. La proporción de cloro molecular disuelto llega a ser apreciable solo a valores de pH abajo de 3 y la de los iones hipoclorito arriba de 7. Se puede observar que las soluciones contienen iguales proporciones de cloro molecular disuelto y ácido hipocloroso no ionizado a un valor de pH de 1.7, mientras que en el intervalo normal de operación de pH 6-8, el ácido hipocloroso no ionizado y los iones hipoclorito coexisten en iguales proporciones a un valor de 7.4.

Bajo las condiciones favorables las bacterias crecen y se reproducen con rápidez avasalladora, cuando crecen a su máxima rápidez el tiempo de gestación es alrededor de 20 minutos. El agua, relativamente libre de contaminación no es un medio especialmente favorable para el rápido crecimiento bactereológico, pero cuando es calentada como en una alberca ó afectada con desechos orgánicos, las condiciones del desarrollo del rápido crecimiento bacteriano son impredecibles. Si no es controlable esta proliferación, aunque sea por cortos períodos de tiempo, el desastre puede ocurrir. En consecuencia, si el tifo u otro orgánismo patógeno nace en el agua en un lapso en que se suspendió la cloración podría resultar una epidemia. De haber excesivo número de organismos que producen lama en un proceso de fabricación, podría ocurrir un paro costoso.

La rápidez con que las bacterias mueren por medio de la cloración esta influencia por factores tales como como (1) pH, (2) temperatura, (3) tiempo de contacto; (4) tipo de cloro residual y (5) concentración del residual de cloro.

A valores de pH entre 5.0 y 6.0 la velocidad con que las bacterias mueren es mucho más rápida que en los valores de pH comprendidos de 9.0- 10.0.

La efectividad de la cloración varía directamente con la temperatura. Además, la bacteria no siempre muere de inmediato cuando es tratada con el cloro. Debe darsele tiempo al cloro para que penetre el recubrimiento protector o actue sobre las enzimas de las cuales depende la bacteria para su supervivencia.

El tiempo de contacto requerido por las autoridades sanitarias varia de 15 a 40 minutos o más, dependiendo de las condiciones locales. En cualquier caso, mientras mayor sea el tiempo de contacto, más efectiva será su muerte. El cloro residual libre disponible mata prácticamente todos los tipos de bacterias patógenas dentro de un periodo de 3 a 4 minutos, mientras que la misma concentración de cloro residual combinado disponible podrá requerir de un tiempo tal como 90 minutos o más.

Se sugiere que el mínimo cloro residual libre para la operación de una planta potabilizadora sea:

pH	6 - 8	0.2 ppm
pH	8 - 9	0.4 ppm
pH	9 - 10	0.8 ppm

Estos mínimos son usualmente adecuados para obtener desinfección con un periodo de contacto de diez minutos a las temperaturas ambientes normales.

IV DEFINICION DE TERMINOS FUNDAMENTALES DE LA CLORACION.

Cloración.- La cloración es la operación que consiste en la adición debidamente controlada de pequeñas cantidades (dosis) de cloro al agua con los siguientes propósitos específicos principalmente: desinfección del agua, eliminación de olores y sabores, eliminación de fierro y manganeso, eliminación de color, mantenimiento de filtros y tuberías libres de cualquier cultivo orgánico, ayuda de coagulación, control de bacterias y algas, eliminación de ácido sulfihídrico y tratamiento de agua de desecho.

Cloro residual.- Es la cantidad de cloro remanente (ppm) que queda en el agua después del proceso de cloración. Existen tres tipos de cloro residual: residual libre, residual combinado y residual total.

Cloro residual libre.- Se denomina cloro residual libre a la cantidad de cloro en forma de ácido hipocloroso (HOCI) del anión hipoclorito (OCI^-) que queda después de haber reaccionado con el agua tratada.

Cloro residual combinado.- Se denomina cloro residual combinado a la cantidad de monocloramina (NH_2CI), dicloramina ($NHCI_2$) y de tricloruro de nitrógeno (NCI_3), que queda después de haber reaccionado el cloro con aguas que contengan amoníaco ó materia orgánica nitrogenada, o por la adición de cloro y amoníaco al agua.

Cloro residual total.- Se denomina cloro residual total a la suma del cloro residual libre y cloro residual combinado.

Demanda de cloros: Es la cantidad de cloro que reacciona con el agua que se trata, y que depende de todos los factores que influyen en el proceso de cloración como: temperatura, tiempo de contacto, pH, tipo de organismo, etc.

Proceso de cloración del punto de ruptura.- Se denomina proceso de cloración del punto de ruptura, a la cloración basada en la producción y control de cloro residual libre.

Proceso de cloración cloro amoníaco.- Se denomina proceso de cloración cloro-amoníaco a la cloración basada en la producción y control de cloro residual combinado (cloraminas), que se forma al adicionar cloro al agua que contenga amoníaco ó materia orgánica nitrogenada ó por la adición de cloro y amoníaco a la vez.

Supercloración.- Se dice que se está efectuando una supercloración, cuando la dosis de cloro es tal que se sobrepasa en forma innecesaria el punto de ruptura, la cuál no es conveniente, debido a un consumo de cloro no necesario, aunque en algunos casos conduce a una rápida eliminación de sabores y olores a través de las reacciones de oxidación de los compuestos que los producen, y también, es conveniente en el caso de torres de enfriamiento donde la cloración es intermitente.

Precloración.- Se denomina precloración cuando se efectúa la cloración en una planta de tratamiento de agua antes de que el agua pase por los filtros, lo cual es muy conveniente, porque además de satisfacer las necesidades de desinfección, conduce a las siguientes acciones benéficas.

1.- Favorece la coagulación de aguas coloreadas y oxida el fierro y manganeso.

2.- Previene el crecimiento de algas.

3.- Evita la descomposición de lodo sedimentado.

4.- Controla el crecimiento de organismos en la arena de los filtros.

Post-cloración.- Se denomina post-cloración, cuando se efectúa la cloración en una planta de tratamiento de agua después de que el agua pase por los filtros, lo cual se empleaba mucho antiguamente, ya que la demanda de cloro (a igualdad de condiciones) es menor por la acción de los tratamientos de purificación precedentes.

Sin embargo, actualmente se prefiere la precloración debido a que se obtienen mayores ventajas, tal y como se indicó en el párrafo anterior ó más preferible los dos procesos simultaneamente.

Decloración.- Se denomina decloración a la operación de eliminación de cloro residual. Se ha visto que en muchos casos, aún cuando el punto de ruptura es sobrepasado, el cloro residual es de pequeña magnitud (lo cual puede suceder no obstante emplear altas dosis de cloro). En algunos casos la supercloración conduce a un cloro residual de tal magnitud, que hacen necesaria la operación de eliminación de éste residual. Se pueden usar los siguientes métodos para efectuar una decloración:

1.- Aereación: Generalmente es insuficiente y se requiere de estructuras ó diseños especiales.

2.- Adicionado anhídrido sulfuroso.- Esta substancia se puede adquirir en cilindros de acero como un gas comprimido y se aplica por medio de aparatos del tipo de los cloradores, por cada ppm de cloro residual que se desea eliminar se necesitan 0.9 ppm de anhídrido sulfuroso.

3.- Adicionado sulfito de sodio.- Deberá usarse en forma cristalina, ya que la forma anhídra es de dificil solubilidad. Puede aplicarse usando aparatos de dosificación en seco ó en solución. Se necesitan alrededor de 3.5 ppm de sulfito por cada ppm de cloro residual que se desea eliminar.

4.- Adicionado hiposulfito de sodio.- El agregado de éste producto debe hacerse en dosis equivalente a las del cloro residual que se desea eliminar, algo mayores sí el pH del agua es menor de 7. Cuesta mucho más que el sulfito de sodio.

5.- Carbón activado.- Este polvo puede ser aplicado directamente sobre los filtros que reciben el agua con cloro residual, pero, el procedimiento no es recomendable. Es preferible tener un filtro aparte de carbón activado, donde se reciba, a una razón de filtración de unos 20 metros cúbicos por metro cuadrado de lecho y por hora, produciendose así una remoción completa de cloro residual.

Porcentaje de cloro disponible.- Es la parte activa del cloro y de los compuestos de cloro con poder oxidante, y que resulta de multiplicar la fracción mol de cloro en éste compuesto, por la diferencia de valencias con que actúa a valencia uno menos. - Por ejemplo, en el hipoclorito de sodio, el cloro actúa con valencia uno más, y la diferencia a uno menos, es dos, que multiplicado por la fracción mol del cloro es este compuesto (0.477) nos dá el porcentaje de cloro disponible de 95.4%.

V SELECCION DE EQUIPO Y ACCESORIOS PARA CLORACION.

Los pasos necesarios para llevar a cabo la selección son los siguientes:

A.- Determinación del intervalo de dosificación.

B.- Selección del método de dosificar: cloro en solución, cloro gaseoso directo y soluciones de hipoclorito de sodio ó calcio.

C.- Selección del método de control; manual, programado ó automático.

D.- Selección del tipo de equipo.

E.- Selección de accesorios, tales como:
Sistemas de alarma.
Registradores de consumo de cloro.
Máscaras protectoras.
Aparatos registradores y medidores de cloro residual.
Básculas.
Detectores de fugas de cloro gaseoso.

F.- Determinación de las necesidades de la instalación.

1) Determinación del intervalo de dosificación.- El primer paso, en la selección del equipo para la aplicación de cloro en el tratamiento de agua, es fijar las cantidades máximas y mínimas de dosificación, para lo cual se necesita la siguiente información:

a.- Tipo de agua que se va a tratar: agua potable, agua negra o de desecho, agua de alberca, etc.
b.- Objeto de la cloración: desinfección de agua, eliminación de olor, sabor, y de materia orgánica en cambiadores de calor, reducción de la DBO, etc.
c.- Dosis.-Cantidad de cloro por unidad de volúmen a tratar para efectuar el objeto de la cloración, en un tipo de aplicación particular. Estas cantidades normalmente se expresan en ppm de cloro.

En el caso particular de albercas, las condiciones que afectan las necesidades de cloro son: la continuidad y velocidad de recirculación, eficiencia de la filtración, número y localización de las entradas de agua filtrada a la alberca, cantidad de bañistas, tipo y forma de la alberca, tipo de cloro residual producido, pH y alcalinidad. La dosificación puede basarse sin embargo, en la capacidad de la alberca ó en la velocidad de recirculación, ambos métodos de cálculo se usan ampliamente. La velocidad de recirculación se obtiene, por la capacidad de la bomba, ó multiplicando la capacidad de la alberca por 3, cuando la velocidad de cambio es 3 veces en 24 horas; ó por 4 donde el cambio de agua es 4 veces en 24 horas; ó por cualquier otro número, dependiendo de la cantidad de cambios realizados durante el día.

Dosis de cloro recomendado para el tratamiento de agua de alberca.

Tipo de Alberca	Aplicación de cloro basado en la velocidad de recirculación	
	Promedio mínimo.	Promedio máximo
Cerradas.	2.0 ppm	5.0 ppm
Al aire libre.	3.0	10 ppm

d.- Gasto de agua que será tratado.- El dato del gasto de agua, se sugiere expresarlo en millones de litros al día, porque la capacidad de los cloradores, esta dada en kilogramos por día.

c.- Dosificación necesaria.- Con la información obtenida en los incisos c y d, la capacidad delclorador se calcula con la siguiente formula:

Kg de cloro/día = máximo dosificación (ppm) X máximo gasto de agua (m.l.d.) m.l.d. = millones de litros por día.

B.- Selección del método de dosificación.- Comercialmente hablando existen varios métodos: soluciones de hipoclorito de sodio o de calcio, cloro gaseoso directo, solución de cloro en agua, etc.

a.- Hipoclorito.- El método de aplicar soluciones de hipoclorito significa, prepararlas a concentraciones definidas y las condiciones más favorables para su estabilidad y cuya dosificación puede hacerse con bombas dosificadoras (hipocloradores), bombas de transferencia e inyectores.

b.- Cloro gaseoso directo.- Como su nombre lo indica, el cloro gaseoso se dosifica directamente al agua que se va a tratar, y el equipo que se emplea se denomina clorador tipo gas directo.

c.- Solución de cloro en agua.- Consiste en disolver el cloro gaseoso en lamenor cantidad de agua posible, y la solución resultante se aplica al agua a tratar. El equipoque se emplea, se denomina clorador tipo solución al vacío.

La selección en particular de cualquiera de estos métodos depende en general del intervalo de dosificación que se necesite, la presión a vencer en el punto de aplicación y el aspecto económico.

La tabla adjunta da una comparación entre los direfentes métodos y ayuda a tomar una decisión.

C.- Selección del método de control.- Hay varios métodos de control: manual, programado y automático. La tabla siguiente muestra los diversos métodos de control, recomendados para diferentes condiciones de gasto de agua y demanda de cloro.

D.- Selección del tipo de equipo.- Una vez que se han determinado, los tres primeros pasos en la selección del equipo,puede hacerse la selección del modelo en particular, consultando a las casas fabricantes. Haciendo una tabla comparativa, viendo; la disponibilidad del equipo, servicio, precio y tiempo de entrega, lo cual dará la decisión final de la selección.

E.- Selección de accesorios.- Después que el equipo ha sido escogido, el siguiente paso es la elección de accesorios para completar la instalación del mismo.

Entre los accesorios más comunes, cada uno de los cuales tiende a hacer el trabajo del operador más sencillo, mayor seguridad y hacer de la cloración una operación más acertada en sus objetivos, se encuentran los siguientes:

a) Dispositivos de atención y alarma; varios tipos son utilizados para indicar un posible problema.

b) Evaporadores de cloro: Para permitir grandes capacidades de extracción de cloro líquido de los recipientes y su conversión a gas en instalaciones grandes.

c) Distribuidores de la solución de cloro: Para dosificación de cloro a varios puntos de aplicación.

d) Máscaras anti-gas para la protección del personal en saso de fugas de cloro.

e) Registradores de gasto de cloro, los cuales permiten obtener una historia en forma gráfica de la dosificación de cloro.

f) Analizadores indicadores y registradores de cloro residual, los cuales sirven para controlar, ya sea manual ó automaticamente, los equipos de cloración para mantener los niveles de cloro residual necesario.

g) Detectores de fugas de cloro: los cuales sirven para prevenir las fugas de éste elemento y evitar los daños que pueda ocasionar.

h) Básculas de varios tipos, para el peso de los recipientes de cloro y tener un registro del inventario del cloro.

F.- Determinación de las necesidades de la instalación.- Habiendo seleccionado el equipo, los controles y accesorios convenientes, un paso posterior, es asegurarse que puedan ser instalados y operados en forma eficiente.

Esto implica la determinación de las necesidades de la instalación, de los utensillos, etc. Algunos de los puntos a revisar son:

a) Suministrar cloro ó hipoclorito al sitio conveniente en las cantidades necesarias.

b) El sitio debe ser accesible para inspección, ajuste y mantenimiento.

c) La mayoría del equipo debe estar protegido del medio ambiente.

d) Si se emplean alarmas, circuitos de control etc., el alambrado de las líneas deberá ser apropiado.

e) Si se emplea cualquier tipo de control automático, el medidor primario deberá ser el adecuado, cualquier dispositivo diferencial debe ser localizado a una distancia razonable del equipo y los controles necesarios, equipo auxiliar, línea de aire (en caso de ser necesario), deben ser suministrados.

VI DESCRIPCION Y TEORIA DE OPERACION DE CLORADORES Y BOMBAS DOSIFICADORAS.

A.- Clorador tipo solución.- El clorador tipo solución lleva las siguientes unidades:

Una válvula reductora y reguladora de la presión de cloro, la cual consiste de un vástago y resorte; en donde la presión proveniente del cilindro se reduce hasta menos de la presión afmosférica.

Un rotámetro, colocado entre la válvula reductora de presión de cloro y la válvula de control, permite dar la indicación del gasto de cloro.

La válvula de control, está colocada entre el rotámetro y un par de válvulas reguladoras de presión de cloro y vacío. A través de ella se mantiene una presión diferencial constante, por medio de la válvula reguladora de vacío.

La válvula reguladora de vacío entre la de control y el inyector, consiste de un diafragma, vástago y resorte. Sí a través del inyector, debido a las condiciones hidráulicas, hay variaciones en el vacío, ésta válvula por medio del resorte lo mantiene constante.

Válvula de alivio de presión y vacío instalada entre la entrada y salida a la del rotámetro, consiste de 2 resortes, vástago y diafragma, alivia el exceso de vacío del inyector, o el exceso de presión de cloro proveniente del rotámetro.

El inyector es la parte terminal del equipo, aquí se forma la solución de cloro y se produce el vacío necesario para operar el aparato; sí en suministro de agua deja de pasar a través del inyector, no se producirá el vacío y no se dosifica cloro. La selección adecuada del inyector, está determinada por la presión al punto de aplicación, la capacidad del clorador y el gasto y presión del agua de suministro de que se disponga.

En la operación del clorador, el gas entra a través de la válvula reductora de presión, la cual regula el gas a un vacío fijo de referencia y solo abre bajo las condiciones normales de vacío. Esta válvula también regula el vacío antes de la válvula de control y cierra el gas si hay cualquier interrupción del suministro de agua al inyector. El gas pasa luego por el rotámetro y la válvula de control, aquí la dosificación puede ser cambiada manual ó automáticamente, después fluye a través de una válvula reguladora de vacío, la cual mantiene un diferencial constante a través de la de control. El cloro por último va al inyector, aquí se mezcla con el agua y se manda al punto de aplicación. Este inyector lleva insterconstruido una válvula de retensión tipo bola, la cual evita que el agua entre al clorador.

El clorador tipo solución al vacío, tiene dos formas de recibir señales de control de dosificación de cloro; una es variando la presión diferencial a través de la válvula de control, es decir que sí se cambia la caída de presión en el orificio que deja el vástago y asiento de la válvula, se varía la dosificación, esta operación se efectúa por medio de alimentación de aire atmosférico, controlado por una señal de vacío, a la válvula reguladora de vacío integral en el clorador.

La otra forma de que reciba señal de control el clorador, es variando la posición de la válvula de control, lo cual se efectúa por medio de un operador sobre la válvula, hay diversos tipos de operadores dependiendo de la señal de control que reciban - éstas son: neúmaticas, eléctricas y electrónicas.

El clorador recibe señales de control en cualquiera de sus dos formas de recepción o ambas a la vez.

Materiales de construcción.- Los materiales de construcción se seleccionan deacuerdo al tipo de función que vaya a desempeñar cierta parte del equipo, así como para que fluya por él tanto cloro seco como húmedo. Para solución de cloro ó cloro húmedo apresión inferior a la atmosférica, se selecciona principalmente PVC, empaques ó anillos de Viton e Hypalon, partes metálicas expuestas a cloro gaseoso seco se utiliza cobre, - acero inoxidable recubierto de plástico, Hastelloy C y Tántalo, en el rotámetro y en -- las bolas de retensión de válvulas se utiliza borosilicato.

B.- Clorador tipo gas directo.- El clorador consiste de las siguientes partes:

Un regulador de presión diferencial y válvula de control, cuya función es reducir la presión de gas antes de que sea medido, mantener la dosificación, sin que afecte los cambios de presión del cilindro de cloro y tener una caída de presión constante en la válvula de control.

Una unidad de protección contra inundación, la cual previene contra posibles - daños el aparato y consiste de una válvula de cierre operada manualmente, una válvula - que evita sifón y también sirve como de retención, un mecánismo contra inundación el -- cual consiste de un tubo de vidrio lleno con un material que absorbe el cloro en ausencia de humedad, sin embargo, si agua ó húmedad entra a ésta substancia, el cloro absorbido ejerce una presión sobre la húmedad y la expulsa hacia la fuente de donde vino; éste material se regenera durante la operación nromal del clorador.

Un medidor que consiste de un orificio y un manómetro diferencial, cuyas ramas de alta y baja presión están colocadas respectivamente en las tomas del orificio, éstemanómetro indica el gasto que está pasando de cloro.

Operación.- La dosificación de cloro se controla primeramente al fluir a través de la válvula de control y su presión es reducida en el regulador, posteriormente - se indica al pasar por el medidor, luego por una válvula manual, un dispositivo contrainundación, la válvula que evita sifón, la línea de descarga y por último a través el - difusor en el punto de aplicación.

Los cloradores de gas directo, no están diseñados para recibir señales de control, y por lo cual su tipo de operación siempre es manual.

Materiales de construcción.- Para el equipo de dosificación de cloro gaseoso - directo, en el que normalmente se maneja el gas seco, son: cobre, acero inoxidable recubierto de plástico, Hastelloy C, y borosilicato, y en las partes donde hay cloro húmedo tales como la válvula que evita sifón, línea de descarga y difusores en el punto deaplicación los materiales son: PVC, plata y piedra porosa.

C.- Hipoclorador.- La dosificación de solución de hipoclorito se hace por medio de varios métodos utilizando bombas dosificadoras (hipocloradores), inyectores y bombas de transferencia. La dosificación puede ser manual, programada ó automática en cualquiera de ellos.

En los sistemas de dosificación pequeña de hipoclorito se usan las bombas dosificadoras, ya que para dosificación alta, su costo es elevado comparado con los otros métodos; ésto se debe a que los materiales de construcción de los cabezales de bombeo son muy costosos, porque deben ser construidos en aleaciones metálicas muy especiales, tales como el monel; y solo en cabezales pequeños que son construidos en plástico, su costo no es tan elevado.

Bombas dosificadoras.- Los componentes que forman una bomba de volúmen controlado son: unidad matriz, mecanismo recíproco impulsor, operador para el ajuste del desplazamiento de la flecha y cabezal de bombeo.

La unidad motriz, es un motor que puede ser operador: por eléctricidad, hidráulicamente, neumáticamente o por gasolina. Los motores proporcionan la potencia necesaria para impulsar y mover a los demás dispositivos de la bomba, los motores pueden ser de velocidad constante ó de velocidad variable ; esta segunda característica le permite a la bomba hacer cambios en la dosificación con sólo cambiar el número de revoluciones por mínuto al motor. Además los motores de velocidad variable con operador, pueden recibir señales de control electrónicas ó neumáticas.

El mecánismo recíproco impulsor, reduce las revoluciones por minuto provenientes del motor y convierte dicho movimiento rotatorio, en un movimiento recíproco que se transmite a la flecha.

El mecanismo que permite hacer el ajuste del desplazamiento de la flecha es un tope ajustable, colocado adecuadamente, cabe mencionar que respecto a éste dispositivo cada casa fabricante y dependiendo del modelo de bomba, tiene su mecanismo de ajuste exclusivo.

Este mecanismo es de las partes principales del control del volúmen desplazado.

También este dispositivo es importante cuando la bomba es parte de un circuito de control automático.

El cabezal de bombeo es la parte que se encuentra en contacto con la solución de hipoclorito, por lo que sus materiales de construcción deberán ser completamente resistentes a dicha solución.

Los hipocloradores tienen cabezales construidos en plástico por lo que se encuentran limitados hasta una presión máxima de descarga de 10.5 Kg/cm^2 y gastos máximos hasta de 750 l/h. El diafragma es construido en Hypalon, el cabezal de Kralastic ó PVC, asientos de las válvulas de retensión de viton.

La operación típica de una bomba dosificadora manual, operada por un motor eléctrico o de gasolina es como sigue:

El motor mueve la flecha de entrada, que a su vez mueve a unos engranes para reducir el número de revoluciones, de ahí el movimiento de rotación pasa a una flecha tipo-tornillo, cuyo movimiento se transmite a un engrane y luego a un excéntrico, cuya función es el de cambiar el movimiento de rotación a un movimiento recíproco que pasa a la flecha que mueve el diafragma de bombeo. El cabezal por medio de sus válvulas de retensión en la succión y descarga, permite sellar la succión cuando se efectúa la descarga y viceversa.

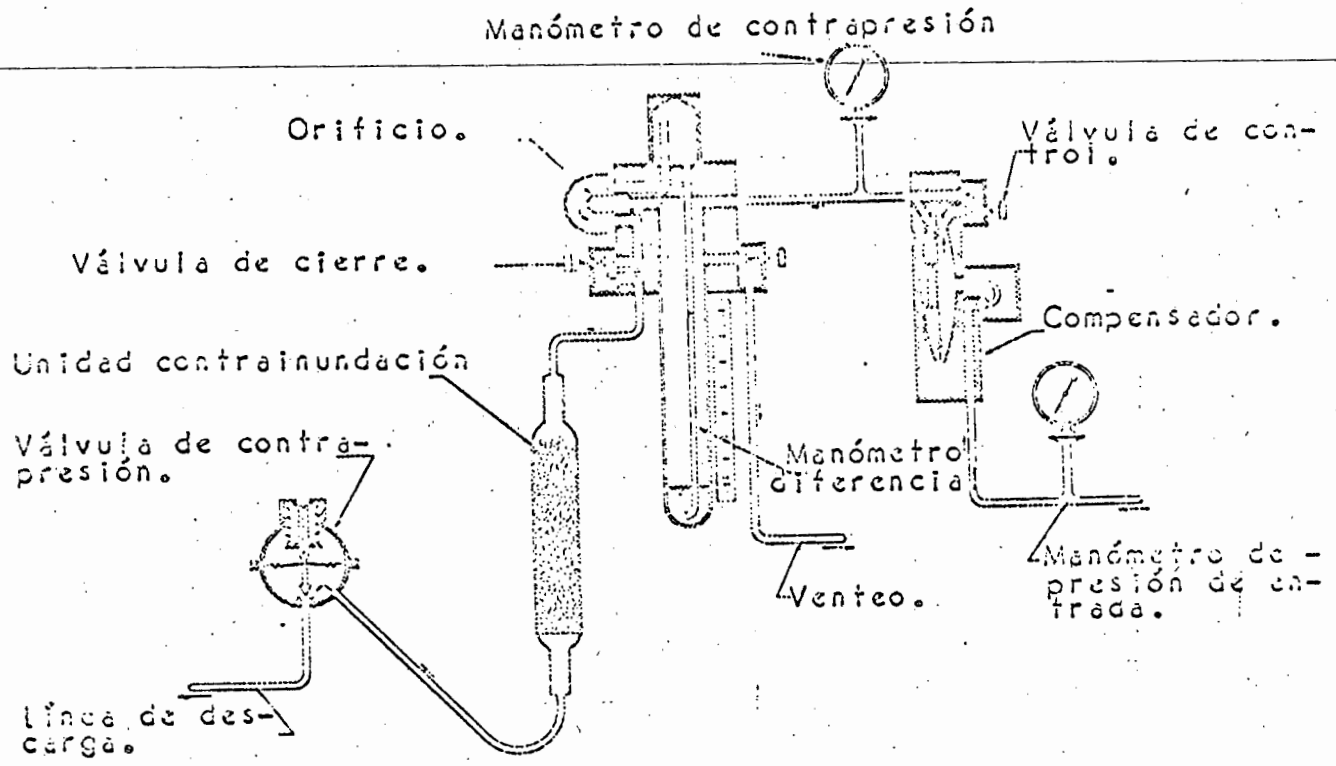


Diagrama de flujo de clorador tipo gas directo.

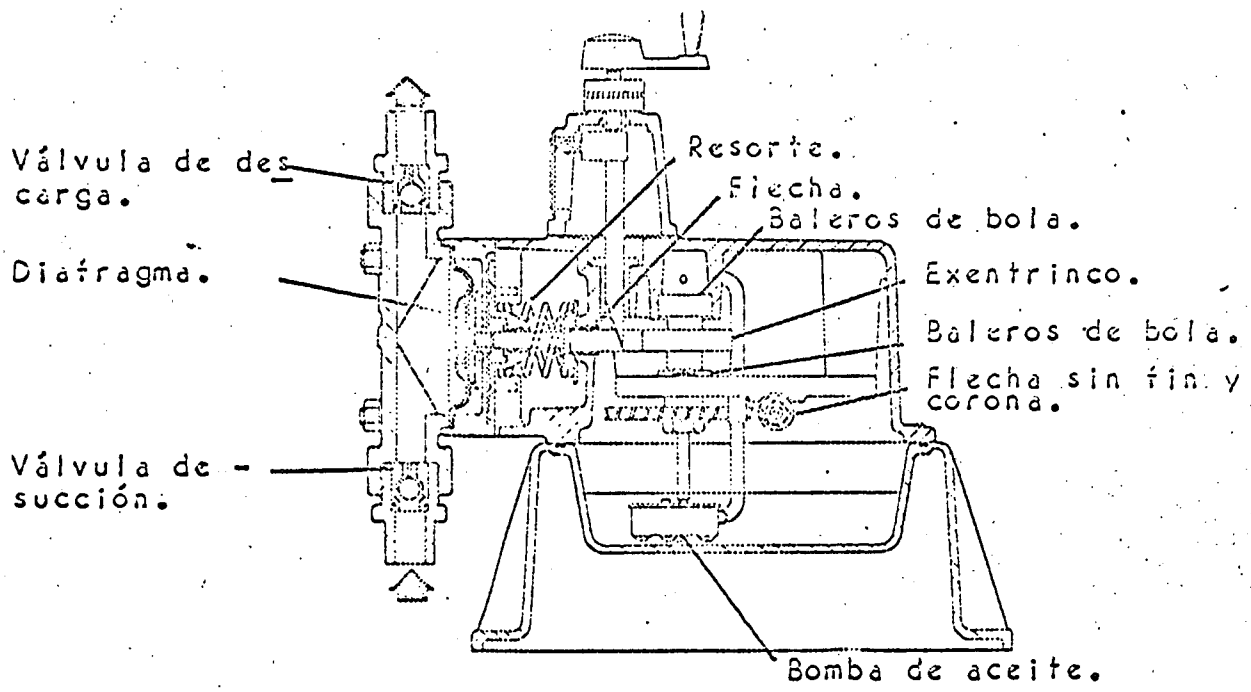


Diagrama de flujo de bomba dosificadora de solución de hipoclorito.

VII INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE CLORADORES.

Ya hemos visto en nuestra conferencia anterior el manejo del cloro y las precauciones que debemos de seguir para la seguridad del personal de operación, hoy nuestra conferencia tratará en forma breve de la operación y el mantenimiento de los cloradores.

La temperatura del cuarto o lugar donde se encuentran los tanques de cloro no deberá ser mayor que la del cuarto o lugar donde esté localizado el clorador y de ser preferible esta temperatura será más baja. Si tanto los tanques como el clorador están localizados en el mismo sitio, los cilindros estarán situados de tal manera que su temperatura no sea mayor que la prevaleciente en las líneas de alimentación o en los cloradores. Una temperatura del cilindro más alto puede causar que el cloro gaseoso se licue en las líneas de alimentación o en los cloradores. Los cilindros de cloro deben por lo tanto ser mantenidos fuera del sol o de radiadores de calor.

Temperatura de operación.- La temperatura deseable del aire es de 20°C para el almacenamiento de los cilindros con una temperatura en el sitio donde se localiza el clorador igual o más alta. Esto significa la necesidad de usar calor artificial durante la temporada de invierno en donde los climas son frios.

A temperaturas abajo de 18°C el cloro licuado es fácil de formarse en los cloradores. Esto puede ser causado por el frío del agua usada en los cloradores; para evitar esto un dispositivo de calefacción para el cloro se proporciona con determinados cloradores.

Licuefacción del cloro en las líneas de alimentación.

La licuefacción del cloro en las líneas de alimentación es evitada algunas veces por el uso de una válvula reductora de presión cercana a los cilindros de cloro, la colocación de trampas de goteo en las líneas también pueden ser efectivo. Las líneas de alimentación deberán tener siempre un desnivel de los cloradores a los cilindros, de esta forma cualquier condensación que se forme se drenará. Las líneas de alimentación no deberán estar empotradas en paredes frías o cerca de ventanales exteriores.

Ventilación.- El clorador y el cuarto de almacenamiento de cloro necesitan una buena ventilación, Ventiladores de extracción colocados cerca del piso son recomendados para una rápida extracción de cualquier fuga de cloro, las puertas con persianas son buenos auxiliares. Las puertas de salidas de los cuartos deben ser hacia el exterior.

Construcciones a prueba de fuego.- La construcción de extructuras, para guardar a los cloradores y a los cilindros de cloro es una buena medida de seguridad. En instalaciones muy grandes el uso de un sistema de rociadores mantendrá las temperaturas y presiones en los tanques de cloro de tonelada en los niveles de seguridad recomendables.

Fuentes de agua.- Los cloradores de solución necesitan una presión constante y adecuada para una operación satisfactoria. Es frecuente encontrar que la capacidad máxima de un clorador no puede ser segura porque la línea de agua es de tamaño inadecuado y que no proporciona la cantidad necesaria de presión de agua.

Donde el difusor de la solución de cloro está sumergido en un canal abierto a una profundidad no mayor de un metro, cuando así una pequeña contrapresión, cerca de 30 lb/pulg.^{2} de presión de agua son necesarias generalmente para la fuente de agua que opera el inyector del clorador. En general, es deseable tener una presión de agua disponi--

ble para el inyector de clorador cerca del triple de la presión hidráulica en el punto de aplicación de la solución de cloro. Para evitar pérdidas de fricción en las líneas-se deben colocar los cloradores lo más cercano al punto de aplicación.

Aún con los tamaños adecuados de las líneas y las presiones normales para el-agua, una repentina extracción a la fuente en una planta de aguas negras tal como la-abertura de espitas o hidrantes para tanques de lavado, puede causar una caida tempo--ral en la presión y afecta la operación de los cloradores. El uso de una fuente de ---agua independiente la cual no sea afectada por tales cambios es muy recomendable.

El efluente de aguas negras es usado hoy en día en muchas plantas para operar el inyector. Bombas dobles y una presión adecuada de los efluentes, son necesarios para prevenir cualquier falla en la cloración. Una presión grande para los tanques de almacenamiento del efluente es recomendable, cuando se usan tanques primarios para los -efluentes la localización de la succión de las bombas deben ser cuidadosamente colocadas para evitar la succión de material flotante o asientos del fondo, los cuales obs--truyen rápidamente los filtros de succión, de las bombas o aún los cloradores. Filtros dobles se utilizan cuando se usan efluentes primarios, éstos pueden ser limpiados en -forma alternada mientras el otro filtro está trabajando. De ser posible se deberá contar con otra fuente de agua, tal como el agua de la ciudad, en caso de una falla de corriente eléctrica o alguna otra condición de emergencia, no debe existir ninguna interconexión entre estas fuentes.

El uso de efluentes para la operación del inyector y especialmente efluentes-primarios, puede incrementar el consumo de cloro. La cantidad de agua necesaria por el inyector comparada con el flujo total del agua a clorar es generalmente tan pequeña --que hace de esto una pequeña objeción, su uso se hace posible debido a la eliminación-del costo del agua potable.

Mezclado y difusión del cloro.- Las soluciones de cloro deben ser aplicadas -a un punto de buena mezcla con el líquido que está siendo tratado. Una adecuada inmersión de la solución del cloro en el flujo es también necesario para dar una buena difusión a través del líquido tratado y evitar así escape del cloro.

Un mínimo de un metro de inserción es deseable para evitar este problema.
La importancia de una buena mezcla y difusión no debe ser sobre estimada.
Muchas plantas han tenido la experiencia de olor de cloro y pérdida del mismo debido a esta falla.

En la precloración de agua negra reciente esto es muy importante dado que el-cloro debe ser mezclado en todo el flujo del canal o cámara antes de ser dividido a --dos o más tanques de asentamiento.

De otra manera una cloración isuficiente es realizada y los tanques no descargarán efluentes con igual contenido de cloro residual. En la desinfección de aguas negras a menos que cada tanque contenga el cloro residual necesario, la reducción bacteriana no puede ser satisfactoria porque la carencia de tiempo de contacto entre el cloro y el agua negra es insúficiente.

Una formación de gotas de gas irritante se ha notado en algunas instalaciones donde el agua contiene desperdicios. Este gas no ha sido identificado. El desarrollo de tricloruro de nitrógeno ha sido señalado como una posibilidad. La resolución al problema del escape de este gas ha tenido dificultad. En algunos casos la aplicación de la solución de cloro dentro de las estructuras donde se encuentran trabajando bombas ha tenido que ser descontinuada. Una inmersión profunda de la solución de cloro en el canal es necesaria para evitar este problema la aplicación de cloro en una tubería cerrada es preferible y así evitar las fugas del cloro enlos canales.

Hay muchas posibilidades en las diferentes plantas para obtener una buena mezcla y obtener una buena difusión del cloro que tantas ramificaciones no pueden ser discutidas aquí como son la hidráulica de la planta, el tipo de estructuras y el diseño de los difusores de cloro, todo ello influyen en la decisión. Donde el mezclado o difusión es pobre el operador debe estudiar en su planta y de ser necesario solicitar el consejo del fabricante de los cloradores.

Mantenimiento de cloradores.- Todas las conexiones de las tuberías deben ser apretadas fuertemente para evitar fugas. Empaques nuevos deben usarse para cada conexión nueva. Si una fuga tiene lugar en conexiones roscadas, la junta debe ser limpiada y cubierta con una pasta de litargirio y glicerina. Las conexiones exteriores de la máquina deben estar recubiertas con vaselina. Esto es recomendable cuando el clorador no está siendo usado. Se recomienda que las partes de los cloradores en el almacén se pinten con una mezcla de gasolina y vaselina. La gasolina se evapora rápidamente y deja una capa uniforme de vaselina en todas las conexiones y partes del clorador. Todos los puntos probables de ignición serán evitados y una buena ventilación mantenida será la causa que evite muchos problemas.

Fugas de cloro en el clorador o en los cilindros causarán corrosión. Las grandes fugas pueden localizarse por el olor; las pequeñas pueden pasar desapercibidas hasta que no señalan resultados dañinos. Cualquier fuga de gas en la presencia de húmedad causará corrosión. Una solución de amoníaco señalará cualquier fuga. Una pequeña pieza de tela, empapada con amoníaco y amarrada en pequeño palo hace un buen aplicador para detectar fugas. Si una fuga de cloro está teniendo lugar, una pequeña nube blanca de cloruro de amonio se formará. Es una buena práctica hacer esta prueba a todas las juntas de la tubería a regulares periodos de tiempo. Las botellas de la solución de amoníaco deberán mantenerse perfectamente cerradas para evitar su evaporación.

Un nuevo detector de fugas de cloro, conocido bajo el nombre de Leak-Tec Fórmula 112, ha sido lanzado recientemente al mercado. Este está empacado en gabinete de plástico. Lanzando en forma atomizada el Leak-Tec a través del área que se supone con fuga. Una cantidad de burbujas es producida en cualquier punto de fuga, y como estas burbujas estallan con soplos de humo llama la atención al punto de fuga. El fabricante asegura que está acción continuará por más de 10 minutos hasta que la fuga de gas no está bajo presión en la superficie siendo probada.

La caja exterior de los cloradores puede ser pintada cuando lo requiera. Una máquina limpia es la mejor máquina operando. En el caso de cloradores de diafragma de agua, la campana debe limpiarse con agua y un compuesto de lavado. Las partes del clorador que manejan el cloro gaseoso deben estar perfectamente secas. Tales partes de--

ben ser limpiadas cuando lo necesiten, primero con agua para remover el material soluble en la misma y después con alcohol de madera o tetracloruro de carbono para secarlas. Los compuestos químicos anteriores no dejan residuos de humedad. El tetracloruro de carbono es tóxico y deberá ser usado sólo en un cuarto donde halla una amplia ventilación.

Los filtros de agua de los cloradores con frecuencia se tapan y estos necesitan atención. Cuando estén fallando, pueden ser limpiados con ácido clorhídrico diluido o bien con ácido muríatico.

La línea de venteo de los cloradores deben estar completamente libre. Trampas de agua, hielo o taponeo por materiales extraños deberán ser evitados.

Si hay una falla en la corriente eléctrica cuando se tiene un compresor de aire para los cloradores operados por aire, bioxido de carbono o cilindros de aire comprimido pueden ser buenos sustitutos en caso de emergencia. Un cilindro de 5.66 m^2 de cualquier gas operará el promedio de los cloradores de este tipo casi durante 24 horas. El uso de dos cilindros en paralelo es recomendable y preferible. El uso de válvulas de solenoide cuando se usen cilindros de este tipo para que automáticamente arranquen en el caso de una falla del sistema de aire comprimido cuando los cloradores son puestos fuera de servicio, tanto cloro gaseoso como sea posible debe ser extraido de las líneas de alimentación y de los cloradores. Las válvulas de cloro de los tanques deben ser cerradas y el inyector del clorador será operado por un periodo de una hora para eliminar el cloro gaseoso.

Con cloradores de campana, la ausencia de color amarillo característico del cloro indicará que todo el cloro ha sido expelido.

En conclusión las instrucciones del fabricante deberán ser seguidas para el mantenimiento y lubricación de un clorador en particular. Esto también se aplicá a la operación y mantenimiento de hipocloradores. Los fabricantes de cloradores proveerán también diagramas de flujo mostrando la operación de las partes que componen sus cloradores.

VIII Manejo y seguridad del cloro.

a.- Descripción de recipientes de cloro.

Cilindros de 68 Kg.- Los cilindros de cloro de 68 Kg., son de acero al carbón sin costura y pueden ser, ya sea del tipo aro inferior o del tipo de fondo hundido. La única abertura del cilindro que permiten los reglamentos es la válvula de conexión en la parte superior y están provistos de un capuchón de acero para protegerla.

Esta válvula tiene conexiones roscadas rectas y están equipadas con un fusible de metal. La mayoría tienen un tapón roscado que contiene el metal fusible, atornillado a una perforación en el cuerpo de la válvula ó bién, tienen el metal fusible vaciado directamente dentro de una perforación roscada en el cuerpo de la válvula. Este fusible está hecho para fundirse entre 70 y 74°C, aliviando así la presión y evitando la ruptura del recipiente en caso de fuego, o cualquier otra exposición a altas temperaturas. La abertura del tapón fusible se encuentra debajo del asiento de la válvula.

Los cilindros pueden embarcarse por ferrocarril, camión o transporte marítimo Los embarques en camión pueden ser por carga completa o menores. Los embarques por ferrocarril podrán ser por furgones o menores. La máxima descarga de cloro gas a una temperatura ambiente de 21.0°C, y contra una presión de 2.5 Kg/cm^2 es de 0.800 Kg/hras En forma líquida se puede extraer bajo las condiciones anteriores, pero el cilindro invertido 60° con respecto a la horizontal, hasta 60 Kg/hr.

Tanques de 908 Kg.- Este recipiente es un tanque cilíndrico soldado, cuyos cabezales son convexos hacia adentro y los lados son encorvados también hacia adentro, lo cual proporciona dos pestañas para fijar los ganchos de elevación. El recipiente está equipado con dos válvulas idénticas cerca del centro en uno de los extremos.

El Instituto de Cloro (The Chlorine Institute Inc). de los Estados Unidos ha diseñado una válvula para los recipientes de una tonelada, la cual difiere de la válvula de cilindro de 68 Kg, solamente en que no tiene tapón fusible, teniendo un pasaje interno más largo. Cada válvula conecta con un tubo interno. Estas válvulas están protegidas por un capuchón de acero removible.

Todos estos recipientes están equipados con fusibles metálicos de seguridad, la mayoría tienen 6 tapones, tres en cada extremo formando un triángulo equilátero entre los tres. El metal fusible está diseñado para fundirse entre 70 y 74°C, que alivian la presión y evita la ruptura del recipiente en caso de fuego, o cualquier otra exposición a altas temperaturas.

Los recipientes de 908 Kg. se pueden embarcar en lotes de trece ó quince en plataformas de ferrocarril.

La máxima descarga de cloro gas a una temperatura ambiente de 21°C y contra una presión de 2.5 Kg/cm^2 es alrededor de 6.8 Kg/hr.

Para cortos periodos estas velocidades de extracción pueden ser muy excedidas. En forma líquida se puede extraer bajo las mismas condiciones anteriores, pero de la válvula que conecta con el tubo de cloro líquido hasta 180 Kg/hr.

Carro-tanque.- Los carros tanque de cloro están provistos ya sea de un aislamiento de corcho ó de espuma de poliuretano de 10 cm de espesor, protegido por una chaqueta de acero. La única abertura permitida en el tanque es la que puede dar cabida la entrada de un hombre, y está localizada en la parte superior al centro.

Hay cinco válvulas montadas sobre la cubierta de la entrada, según se muestra en la figura adjunta, cuatro de ellas son válvulas deángulo; la quinta, montada en el centro es una válvula de seguridad de alivio. Enfrente de cada válvula de ángulo, hay una abertura en el domo protegida por una pequeña tapa a través de las cuales se conectan las líneas de descarga. Estas válvulas están construidas de acero forjado y vastago de monel, la salida es hembra con rosca para tubo estandard de 1" y protegida con tapones macho.

Las dos válvulas de ángulo en la línea central longitudinal del carro, son para la descarga de cloro líquido y las otras dos válvulas de ángulo situadas en la línea central transversal del carro, son para el espacio de vapor de cloro.

Válvulas de exceso de gasto,- Debajo de cada válvula para líquido hay un tubo de educción fijado a la cubierta de la entrada que llega hasta el fondo del tanque, inmediatamente debajo de la cubierta de la entrada, hay una válvula de bola para el exceso de gasto, diseñada para cerrar cuando el gasto de cloro líquido excede de 3,200 Kg/hr. Esta válvula es un dispositivo de protección diseñada para cerrar automáticamente contra un excesivo gasto de cloro líquido debido a que por accidente la válvula de ángulo se rompa o la línea de descarga se dañe. La válvula de alivio de seguridad es del tipo de resorte, generalmente combinada con un perno de ruptura, diseñada para aliviar entre 16 y 26 Kg/cm^2, dependiendo de los códigos a que hayan diseñados estos tanques.

Descarga.- A diferencia de los cilindros de 68 Kg, y los tanques de 908 Kg, los carros-tanques, no están diseñados para descargar cloro gas. El aislamiento restringe la transmisión de calor dentro del carro, limitado asi la extracción de evaporación del líquido. Cuando se requiera cloro gas, el cloro deberá sacarse del carro en estado líquido y de ahí alimentarse a un evaporador de cloro.

El cloro líquido deberá descargarse por su propia presión de vapor, como la presión de vapor es una función de la temperatura, en época de frio generalemente baja la extracción. Nunca se aplique calor a un carro tanque. La presión del carro se puede aumentar por presión de aire.

Dimensiones y pesos de recipientes de cloro.

CAPACIDAD	DIAMETRO EXTERNO	LONGITUD TOTAL	PESO VACIO	PESO LLENO
Cilindro de 68 Kg.	26.7 27.3 cm.	142 cm.	64 Kg.	132 Kg.
Tanque de 908 Kg	76.2 cm.	210 cm.	750 Kg.	1,650 Kg.

CAPACIDAD	LARGO SOBRE PLATAFORMA	ALTURA TOTAL	PESO VACIO	PESO CARGADO
Carro tanque de 55 Ton.	12.5 m.	4.45 m.	43,950 Kg.	93,950 Kg.

b.) Medidas de seguridad.

Manejo de cloro.- El manejo del cloro no es un riesgo grave si el personal que maneja está debidamente entrenado.

Los cilindros deben transportarse adecuadamente balanceados en diablos con abrazaderas; cuando es necesario levantar un cilindro debe usarse grúa ó montacarga con canastillas; nunca use cadenas o equipo magnético y tampoco nunca se levante un cilindro de la válvula de protección.

Los tanques de tonelada deben de manejarse con abrazaderas por medio de grúa ó montacarga de dos toneladas de capacidad cuando menos, se puede usar una plataforma de rodillos para mover el recipiente horizontalmente. Los tanques de tonelada para descargarse deben estar en posición horizontal con las dos válvulas en línea vertical.

Los carros tanque que se están vaciando deben tener calzas en las ruedas y con el freno puesto; se deben colocar señales de advertencia. Para conectar el carro tanque se utiliza una manguera flexible ó tubo de cobre anillado; los cuales permiten flexibilidad al movimiento de elevación del carro tanque al irse vaciado. El tubo debe probarse 21 Kg/cm2 cada seis meses.

Tubería.- Debe usarse material extraduro sin costura conectado con piezas de acero forjado; debe diseñarse un sistema que no permita que el cloro líquido quede atrapado entre las válvulas. Las tuberias para cloro líquido deben tener camaras de expansión capaces de soportar 20% del volúmen de la línea entre válvulas.

Almacenaje.- El lamacenaje de cloro debe efectuarse en locales separados, bien ventilados secos y frios. Se recomienda preveer una buena ventilación podrá estar acompañada de un dispositivo de obsorción. Se deben alejar los productos químicos y los materiales combustibles del área de almacenaje.

Los recipientes serán cuidadosamente cerrados y alejados de toda fuente de ignición y de calor.

Riesgos personales.- Los vapores de cloro irritan las membranas mucosas y el aparato respiratorio, reacciona con la humedad del cuerpo y forma acidos irritantes, los vapores de cloro tienen un olor tan intenso que fácilmente se perciben a concentraciones mayores de 3.5 ppm. Las grandes concentraciones son tan irritantes que nadie permaneceria en un área contaminada a menos que esté inconsiente ó atrapado. Los Síntomas a la exposición intensa son náuseas y vómitos seguidos por dificultades respiratorias; las concentracciones de cloro gas que producen tales efectos fisiológicos se muestran en la tabla adjunta.

TABLA

Efectos fisiológicos a diversas concentracciones.	ppm de cloro en aire
Cantidad mínima requerida para producir sintomas ligeros después de varias horas.	1.0
Olor detectable.	3.5
Cantidad máxima que se puede inhalar por una hora sin trastornos serios.	4.0
Concentracción nociva imposible de respirar por muchos mínutos.	5.0
Cantidad mínima requerida para causar irritación de garganta.	15.1
Cantidad mínima requerida para causar tos.	30.2
Concentracción peligrosa de 30 mínutos a una hora.	40-60
Causa la muerte es muy poco tiempo.	1000

Primeros auxilios.- Retirar a la víctima del área contaminada inmediatamente, evitándole todo esfuerzo muscular y quitándole la ropa ajustada al cuello para facilitar la respiración. Si se ha detenido la respiración ó es difícil, iniciar de inmediato la respiración artificial y llamar al médico inmediatamente.

Si se dispone de aparato para inhalación de oxigeno, debe ser utilizado por personal autorizado para tales labores.

Toda persona afectada por el cloro debe mantenerse en reposo y protegida del frío; cubriéndose con una frazada, aplicando bolsas de agua caliente, si es necesario, no se le permita ningún movimiento.

Si el cloro líquido penetra en los ojos aunque sea en pequeñas cantidades ó si los ojos se han expuesto a concentracciones fuertes del gas, deben de lavarse inmediatamente con grandes cantidades de agua corriente por un mínimo de 15 mínutos.

Equipo de protección personal.- En donde no es posible tener un ambiente seguro se hace necesario proteger al trabajador. Si un obrero ha de penetrar a una área fuertemente contaminada debe de colocarse el equipo de protección apropiado y aprobado para servicio contra cloro. Se proporciona adecuada protección respiratoria, con una mascarilla que se adapta a toda la cara y con manguera mediante la cual se suministra aire a presión positiva, ó bien con el aparato respirador de aire comprimido.

Para penetrar a los tanques, el trabajador debe estar equipado con arnés de rescate y cuerda de seguridad, sostenida por otra persona igualmente equipada y colocada fuera del tanque.

Puede usarse la mascarilla para gas de tipo cartucho para atmosfera contaminada de cloro, cuando la concentración del gas es menor del 10% y el contenido de oxigeno mayor del 10%.

Debe enseñarse a los obreros cuando y como usar el equipo de protección y como reconocer los defectos de éstos; deben hacerse prácticas periódicas para no perder el tiempo en una emergencia.

La áreas que pueden estar contaminadas deben equiparse con mascarillas extras accesibles, fijando carteles con instrucciones precisas. Las personas que de pronto se encuentren en una área contaminada sin mascarilla, deben de tratar de contener su respiración hasta donde sea posible y tratar de alcanzar una mascarilla.

Precaución y medidas de emergencia en caso de fugas.- Debe darse atención inmediata a cualquier fuga en las tuberías, el equipo a los recipientes; cuando se produce una fuga se debe retirar al personal de área contaminada y llevarla a una parte más alta que las fugas; solo debe permitirse en el área, el personal especialmente entrenado hasta que el peligro haya pasado.

Una buena práctica de seguridad exige revisiones diarias en busca de fugas, un algodón impregnado de agua amoniacal o un atomizador con la misma solución ayudan a localizar las fugas por el humo blanco que forma; se debe tener siempre a la mano solución de amoníaco concentrado porque el amoniaco ordinario no es útil. Actualmente en el comercio existen detectores continuos de fugas de cloro, los cuales pueden dar señales visuales y sonoras a una determinada concentración.

Las fugas de las válvulas de un cilindro o tanque, se pueden detener ajustando el empaque.

Si la fuga es a través de la pared del cilindro o tanque, voltéese la unidad de modo que escape el vapor y no el líquido; si la fuga es en una tebería, deben cerrarse las válvulas a los lados de ella,así como la de la fuente. Existen equipos de emergencia para manejar fugas en cilindros, tanques, carros tanque, pipas o cisternas y deben estar a la Mano en todo tiempo y en buenas condiciones.

No se use agua para reducir el flujo de una fuga, ya que ésto solamente lo aumentará, si es imposible detener la fuga o mover el recipiente a un lugar seguro, neutralícese el cloro en solución alcalina; no sumerjir el recipiente en ella.

Los consumidores de cloro, particularmente los que utilizan grandes volúmenes, deben preparar programas de control de emergencias y realizar simulacros periódicos, para asegurarse de que son efectivos; los trabajadores deben aprender a usar los equipos de emergencia.

Ventilación.- Las áreas de almacenaje de cloro, en el interior de la fabrica así como las de manejo y uso, deben ventilarse adecuadamente; eliminar los vapores de las áreas de trabajo, aislando parcial o completamente cualquier proceso; la ventilación debe ser suficiente para evitar la acumulación del vapor; el tipo de ventilación dependerá de la densidad del vapor, espacios de aire muerto, temperatura, corrientes de convención y dirección del ciento. Estos factores deben tomarse en cuenta también cuando se

diseña, se coloca y calibra equipo.

Cuando se diseña el sistema de ventilación debe tomarse en cuenta la posibilidad de fugas de cloro. En una emergencia puede ser necesario un promedio de 1 a 4 cambios de aire por minuto. Debe evitarse descargar el aire contaminado hacia áreas donde el aire -- puede ser utilizado por un sistema de ventilación distinto ó causar más daños.

Un abanico extractor ubicado convenientemente puede ser suficiente para ventilar un área en que se usa cloro; el abanico inyectr debe colocarse fuera de las áreas donde - se maneja el cloro.

Las entradas de aire fresco deben ubicarse de manera que proporcionen ventila--- ción cruzada y eviten el vacío en la sala; puede ser necesaria la instalación de entradas múltiples y ventilación extractiva.

Riesgos de incendio.- Aunque el vapor de cloro no es inflamable, no es explosivo ni conductor de elecricidad, es un podoroso agente oxidante y a la temperatura del cuarto reacciona directamente con muchos elementos y compuestos exidables.

Los trabajos con soldadura, corte, u otras operaciones con calor, no deben ini-- ciarse hasta que el ambiente haya sido purgado con vapor y luego con aire seco caliente.

En caso de incendio, deben retirarse inmediatamente los recipientes de la zona;- desconectar los carros-tanque o pipas y cisternas alejándolos del área peligrosa; si los- recipientes no pueden ser retirados y si no está escapando cloro, aplíquese agua para con servarlos frios; todo el personal no autorizado debe retirarse a un lugar distante y segu ro.

Dosis de cloro para el tratamiento de aguas.

Objeto de la cloración	Dosis en ppm.	Tiempo de contacto en min.	Cloro residual	
			tipo	ppm
Desinfección: Con Cl_2 residual combinado. Con Cl_2 residual libre.	1.0 - 5 1.0 - 10	Requisitos fijados por las autoridades sanitarias locales.		
Eliminación de amoníaco como N de NH_3	10 X ($N-NH_3$) existente.	20	Libre	0.1
Control de sabor y olor	10 X ($N-NH_3$) más 1-5 ppm	20	Libre	1.0
Eliminación de ácido sulfhídrico (H_2S)	2.22 X contenido de S para obtener S libre. 8.9 X contenido de S para obtener sulfatos.	Instantáneo.	Libre ó combinado.	0.1
Eliminación de fierro.* (Fe)	0.64 X contenido de Fe	Instantáneo.	Combinado.	0.1
Eliminación de manganeso.* (Mn)	1.3 X contenido de Mn.	Variable.	Libre	0.5
Eliminación de color.	1.0 - 10	15	Libre ó combinado.	0.1
Control de algas.	1.0 - 10	Variable.	Libre	0.5
Control de lama.	1.0 - 10	Se necesita Cl_2 residual a través de todo el sistema.	Libre	0.5
Control de bacterias del azufre y fierro.	1.0 - 10		Libre	0.5
Ayuda de coagulación para la preparación de sílice activada Cloración de sulfato de fierro.	187 g de Cl_2 X litro de Na_2SiO_3 Una parte de Cl_2 X 7.8 partes de $FeSO_4.7H_2O$	No es aplicable.		

* También se necesita filtración.

Dosis de cloro para el tratamiento de aguas negras.

Objeto de la cloración	Dosis en ppm	cloro residual en ppm
Desinfección de:		
Agua negra reciente	6-12	Las necesidades son determinadas por las autoridades de salubridad ó por reglamentaciones estatales.
Agua negra séptica.	12-25	
Agua negra recien asentada	5-10	
Agua negra séptica asentada	12-40	
Precipitación química del efluente.	3-10	
Efluente del filtro de goteo.	3-10	
Efluente tratado con lodos activados.	3-8	
Efluente del filtro de arena.	1-5	
Control de olores.		
En alcantarillas.	1-5 - 10	0
En plantas de tratamiento.	5 - 10	0
Operación de lodos activados.		
Control del espesamiento del lodo.	2-8	0
Aumento de la viscosidad aparente del lodo.	Variable.	1.0
Operación filtro de goteo.		
Control de olor.	2-6	0
Control de la mosca en el filtro.	3-10	0.1
Reducción de la demanda biológica de oxígeno (D.B.O.)	6-12	0.2 - 0.5
Tanque Imhoff.	3-15	0
Digestor sobrenadante.	20-80	0 ó trazas

En estos casos no es necesario el tiempo de contacto a excepción hecha para desinfección donde el tiempo es recomendado por las autoridades sanitarias.

Las cifras son para cloro residual combinado.

Tabla comparativa para la selección del método de dosificación.

Características de comparación	Dosificación en solución de cloro.	Dosificación directa cloro gaseoso	Dosificación de hipoclorito de sodio.
Máxima dosificación del equipo cuando la aplicación es a tubería.	3,640 Kg/día.	54 Kg/día (1)	Ilimitada (2)
Máxima dosificación del equipo cuando la aplicación es a un tanque ó canal abierto.	3,640 Kg/día.	136 Kg/día	Ilimitada (2)
Máxima presión a vencer en el punto de aplicación.	7 Kg/cm^2 (3)	1.4 Kg/cm^2 (4)	10 Kg/cm^2 (5)
Distancia entre el equipo y el punto de aplicación.	Ilimitada relativamente (6)	Limitada (7)	Ilimitada relativamente. (6)
Facilidad de difusión del cloro en el agua a tratar.	Si	No	Si
La operación del equipo se ve afectada por agua fria en el punto de aplicación.	No	Si	No
Se necesita para su operación un suministro de agua a pre--	Si	No	No (9)
[illegible]dad para más de un - [illegible] aplicación.	Si	No	Si (10)
[illegible]dad para recibir se- [illegible] control.	Si	No	Si

[illegible]tas:

[illegible] dosificación está limitada por la difusión de cloro gaseoso directamente sobre el agua.

[illegible]itada en cuanto al equipo de dosifi[illegible]ción pero, limitada por espacio y costo [illegible]l equi- [illegible] almacenaje de grandes volúmenes de solución y al costo del reactivo en sí

Versatilidad para más de un punto de aplicación.	Si	No	Si	(10)
Versatilidad para recibir señales de control.	Si	No	Si	

Notas:

(1) La dosificación está limitada por la difusión de cloro gaseoso directamente sobre el agua.

(2) Ilimitada en cuanto al equipo de dosificación pero, limitada por espacio y costo del equipo de almacenaje de grandes volúmenes de solución y al costo del reactivo en sí.

(3) La presión a vencer en el punto de aplicación se incrementa utilizando bombas para solución de cloro.

(4) Limitada ya que la presión con que el cloro gaseoso sale del tanque, es reducida en el equipo de dosificación, para evitar que pase a la fase líquida.

(5) Depende del tipo de equipo; bomba dosificadora, bomba de transferencia ó inyectores y varía con el intervalo de dosificación.

(6) Depende de las máximas pérdidas de presión por rozamiento, que se tengan en las líneas de descarga de solución de cloro.

(7) La distancia máxima entre el clorador de gas directo y el punto de aplicación es de 8 metros, debido a que es peligroso para longitudes mayores.

(8) A una temperatura inferior a 9.5°C se forman cristales de hidrato de cloro ($Cl_2.8H_2O$).

(9) Solamente se necesita cuando la dosificación de hipoclorito se hace con bombas de transferencia e inyectores.

(10) Solamente para el caso de bombas dosificadoras puede haber más de un punto de aplicación, cuando la bomba tenga más de un cabezal.

Selección del método de control	
Tipo de gasto y agua a tratar	Método de control recomendado.
Control manual Gasto y demanda de agua constante.	Manual.- La dosificación así como la puesta en marcha y paro se ajustan y efectuan manualmente.
Control programado	Control automático programado.
a) Gasto de agua uniforme pero de operación intermitente, controlado por un flotador o un interruptor de presión, demanda de cloro fija.	a) Control automático intermitente. La dosificación se ajusta manualmente pero la operación de arranque y paro es automático de acuerdo a un circuito de control.
b) Gasto de agua variable por pasos, tal como el bombeo automático realizado por una serie de bombas de diferentes capacidades controladas unas, otras ó ambas por interruptores de flujo, demanda de cloro constante.	b) Control automático por pasos, el equipo selecciona automáticamente los intervalos de dosificación de acuerdo al circuito de control del arranque y paro de las bombas. Cada intervalo de dosificación se ajusta previamente para cada bomba.
c) Gasto de agua y demanda de cloro variables, en función de un programa de tiempo, tal como una secuencia conocida de diferentes gastos o cambios en la demanda de cloro en función del tiempo.	c) Control automático programado, el equipo ajusta automáticamente la dosificación de acuerdo al programa de tiempo.
Control proporcional	Control automático proporcional.
a) Gasto de agua variable y demanda de cloro relativamente constante como el caso de un suministro de agua por gravedad o que es bombeado con bombas de capacidad variable.	a) Control automático proporcional, el equipo es completamente automático con relación al gasto y la dosis de cloro permanece constante a pesar de los cambios de gasto. El control se obtiene de un medidor primario de flujo.
b) Gasto de agua y demanda de cloro variables.	b) Control automático en circuito combinado, el equipo dosifica automáticamente en función de las dos variables, recibiendo señales de la medición de flujo de agua y de cloro residual.

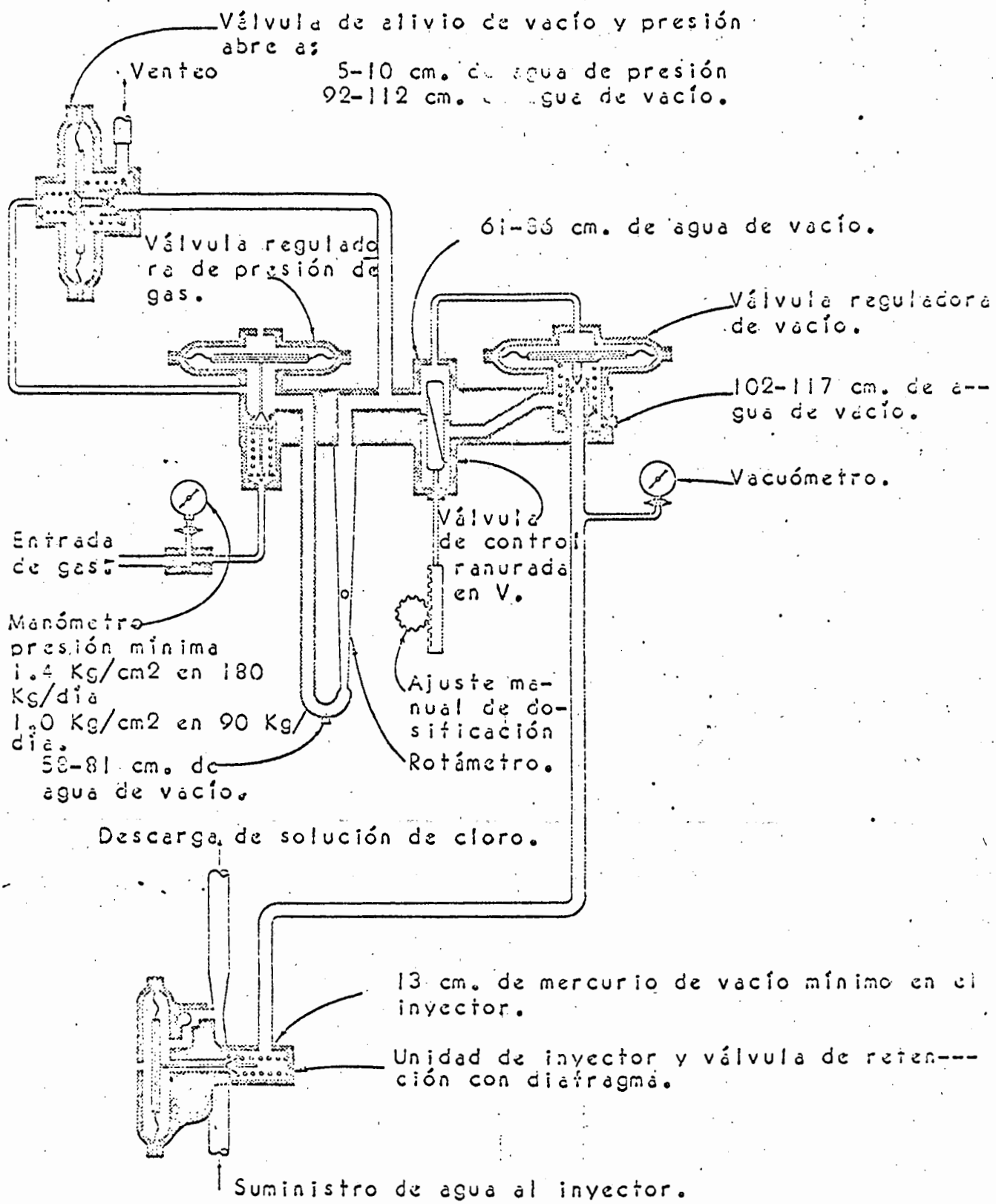


Diagrama de flujo del clorador tipo de solución al vacío de operación manual.

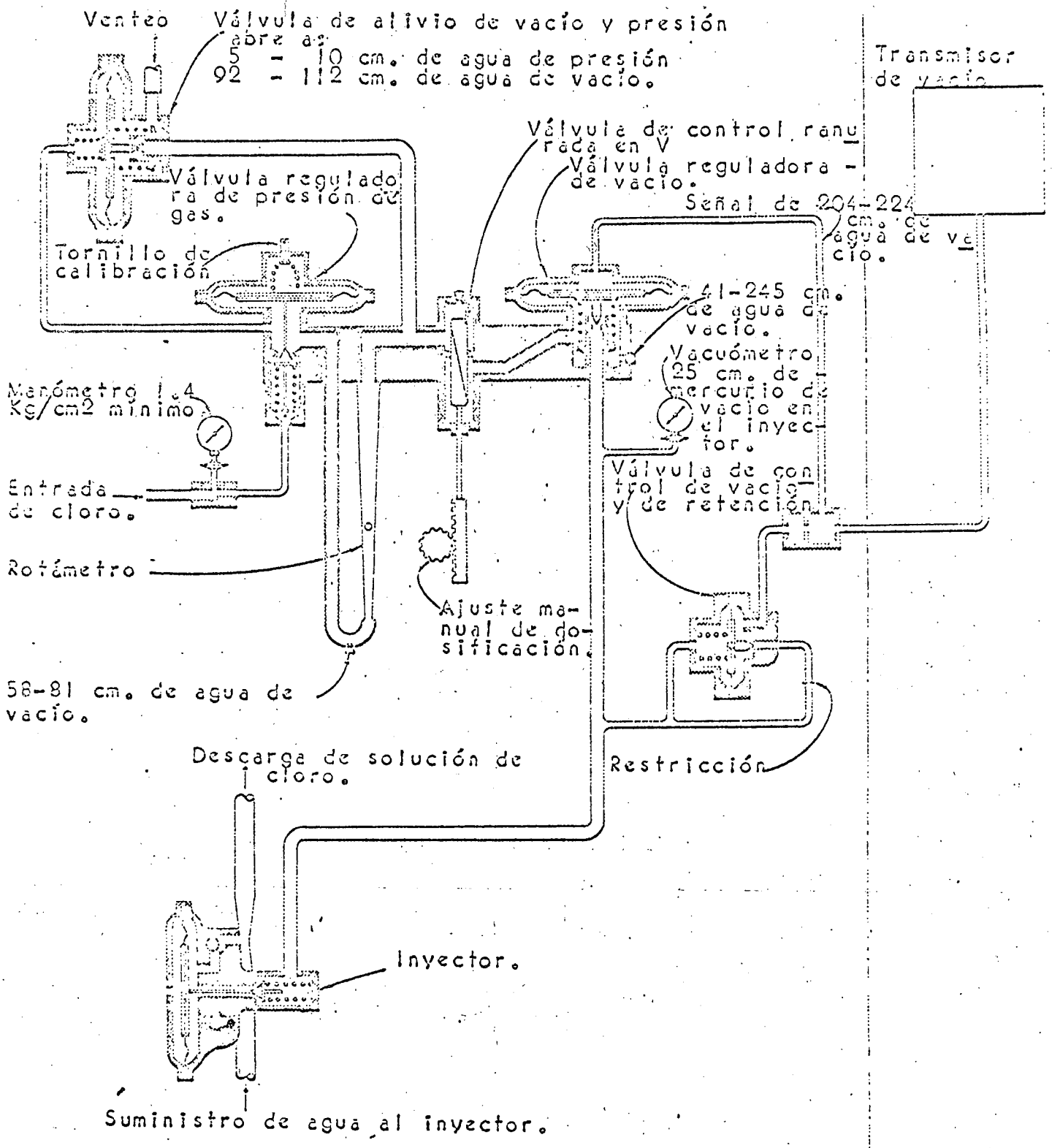


Diagrama de flujo del clorador tipo solución al vacío de operación automática por vacío variable.

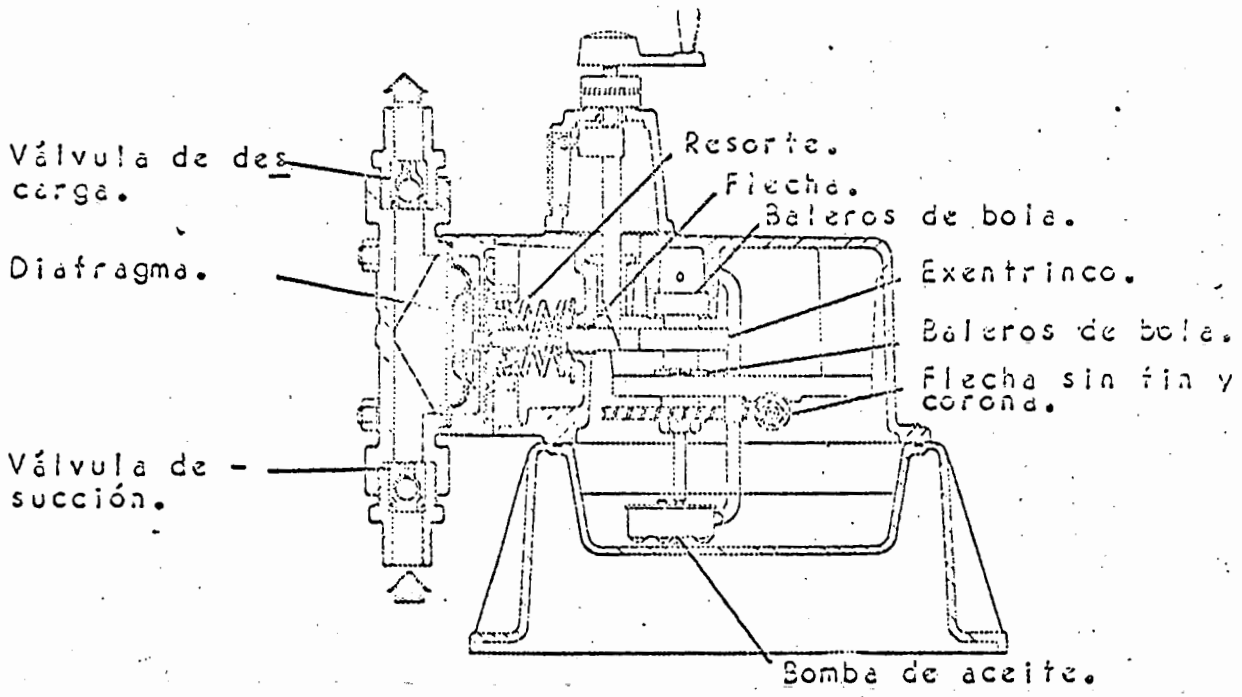


Diagrama de flujo de bomba dosificadora de solución de hipoclorito.

B I B L I O G R A F I A.

1.- Babbit, H.E., and Bauman, E.R., "Sewerage and Sewage Treatment", John Wiley & Sons, 8th Edition, pag. 21-23, New York - (1935).

2.- Babor, I., "Química General Moderna", Editora Nacional, S. de R. L., 4a. Edición, pag. 178-187, México, D.F. (1961).

3.- Baker, R.J., "Types and Significance of Chlorine Residuals"., Journal American Waters Works Association, 51, 1185, (1959).

4.- Black, C.A., "Activation of Silica for Use In Water Treatment" Journal AWWA., 45, 1101, (1953).

5.- Comeaux, R. V., "ORP Control of Cooling Tower Chlorination"., Paper presented at "The 23rd Annual International Water Conference of The Engineer's Society of Western Pennsylvania"., Pittsburgh Pennsylvania (October 24, 1962).

6.- Chamberlin, N.S., and Snyder, H.B., "Technology of Treating - Plating Wastes"., Tenth Ann. Wastes Conf. Purdue Univ. (May - 1955).

7.- Dobson, J.G., "The Treatment of Cynide Wastes by Chlorination" Sewage Works Journal., 19, 1007, (1947).

8.- Edwards, S.E., and Mc.Call, G.B., "Manganese Removal by Breakpoint Chlorination"., Water & Sewage Works., 93, 303, (1946).

9.- Estes, N.C., "Chlorination of Cooling Waters"., Refined and - Natural Gas Mfg"., 17, (1938).

10.- Fair, G.M., Morris, J.C., Chang, S.L., Weid, Jra., Burden, R.P. "The Behavior of Chlorine as a Water Desinfectant"., Journal - New England Water Works Association, 61, 295 (1947).

11.- Foxboro, S.A., "Diagramas de Instrumentación" pub. 105 esp. -- pag. 10, México, D.F. (1968).

12.- Granstom, M.L., and Lee, G.F., "Generation and Use of Chlorine Dioxide in Water Treatment," Journal AWWA, 50, 1453, - (1958).

13.- Griffin, A.E. "Chlorine for Ammonia Removal"., Fifth Annual Water Conf. Proc. Engrs. Soc. Western Penn, pag. 27 (1944).

14.- Griffin, A.E. and Baker, R.J., "The Breakpoint Process for-Free Residual Chlorination"., Journal of The New England -- Water Works Association, 73, 250, (1959).

15.- Griffin, A.E. and Chamberlin, N.S., "Some Chemical Aspects-of Breakpoint Chlorination"., J.NEWWA., 55, 371, (1941).

16.- Knight R.G. and Baker R.J., "Evaluation of Factors Affecting Chlorination of Condenser Cooling Water", presented at 29th International Water Conference, Pittsburg, Pennsylvania (- Nov 21, 1968).

17.- Martin R.B. "Chlorination of Condenser Cooling Water" Trans, A.S.M.E., 60, 475 (1938).

18.- Moeller T., "Química Inorgánica" Editorial Reverté, S. A., - pag. 122, México, D.F. (1961)

19.- Moore E.W. "Fundamentals of Chlorination of Sewage and Waste", Water & Sewage Works, 98, No. 3, (1951).

20.- Solvay Div., "Chlorine Bleach Solutions", Allied Chem. Co., - Bull 14, New York, (1960).

21.- Spink L.K., "Principles and Practices of Flow Meter Engineering", The Foxboro Co., pag. 3-13, Mass., (1961).

22.- The Chlorine Institute, Inc. "Chlorine Manual", pag. 3-19, -- 24-25, 27-30, New York, (1969).

23.- Wallace & Tiernan Div. Pennwalt, "Book Parts" Belleville, New Jersey, (1973).

24.- Wallace & Tiernan Div. Pennwalt, "Chlorination Catalog Book 1," Equipment Selection and Technical Data, Belleville, New Jersey, (1973).

25.- Wallace & Tiernan Div. Pennwalt, "Chlorination Catalog Book 2," Equipment Arrangement and reference material, Belleville, New Jersey, (1973).

26.- Wallace & Tiernan Inc., "La Cloración Protege a su Agua Potable" pág. 3-8, 12-19, 26-31, Belleville, New Jersey, (1960).

27.- Wallace & Tiernan Div. Pennwalt "Getting The Best out of --- Plunger Metering Pump" Bulletin RA-2211-C, Belleville, New Jersey, (1966).

28.- Wallace & Tiernan Div. Pennwalt "Process Control Instrumentation", Belleville, New Jersey, (1973).

29.- Wallace & Tiernan Div. Pennwalt "The V-notch Story" Bulletin TA-1041-C-2, Belleville, New Jersey, (1969).

30.- White C.G. "Handbook of Chlorination", Van Nostrand Reinhold Co., pág. 98, 108-109- 128-130, 151, 194-195, 232-233, 236,-240, 247, 259, 262, 557-558, New York, (1972).

31.- Williams D.B. "Control of Free Residual Chlorine by Ammoniation" Journal American Water Works Association 55, 1195 (1963).

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES
FAC. DE INGENIERIA U.N.A.M.

PRIMER CURSO PARA OPERADORES DE PLANTAS POTABILIZADORAS.

TEMA 14. SISTEMAS DE CONTROL Y TALLERES

ING. ROGELIO GONZALEZ RODRIGUEZ

NOVIEMBRE - 1978.

PROGRAMA DE OPERACION DE LA PLANTA

El principal elemento de los componentes de un sistema de distribución de agua, es él abastecimiento y la planta potabilizadora forma parte de las fuentes de abasto con que se pueden contar para una comunidad.

Por su importancia como fuente de abasto, es conveniente que en la potabilizadora se realicen los procesos fijados para obtener la mejor calidad de agua; y para lograr esto, es necesario planear su operación y mantenimiento.

Si una planta potabilizadora forma parte de una serie de fuentes de abasto de una población, su operación se programaría tomando en cuenta:

La demanda de la zona que abastece.

Los costos de operación.

La facilidad de suplirla por otra fuente de abasto.

En el caso de que sea la única fuente de abasto, deberá programarse para trabajar en forma escalonada en función de las demandas de agua de la población, y para no dejar de operar, las labores de mantenimien

to serán en épocas de baja demanda (invierno).

En la operación de la planta también se deben considerar las condiciones de tratamiento del agua. Estas condiciones se obtienen en el laboratorio y para llevarlas a efecto se necesita contar con la suficiente cantidad de reactivos, y en función de su consumo programar sus compras y entregas. El equipo para dosificar estará en buenas condiciones de operación y se contará con las refacciones para hacer las reparaciones necesarias.

Las estaciones de bombeo, los equipos de control, los clarificadores, los filtros, en fin todas las instalaciones deberán ajustarse y se checará su funcionamiento antes de comenzar a operar la potabilizadora. Al arrancar la planta se procederá a la desinfección de las unidades y con la ayuda del laboratorio se determinará cuando se ha realizado esta actividad. Tan pronto esto suceda, la planta estará en condiciones de suministrar agua a los usuarios.

La operación en la planta puede ser manual, semi-automática, o automática aunque no todos los procesos conviene automatizarlos. Algunas operaciones manuales son los purgados de lodos, lavado de filtros, ajuste en dosificación de reactivos, etc.

Operaciones semi-automáticas son lavado de filtros y automáticas son la dosificación de reactivos, el bombeo de agua cruda y tratada, etc. Cualquiera que sea la operación de la planta es conveniente después de iniciada ésta, que se verifiquen los procesos y se hagan los ajustes necesarios.

Para poder realizar el programa de operación es necesario contar con un presupuesto ajustado a la realidad de operación y se logrará contando con los antecedentes y haciendo las proyecciones de crecimiento de la demanda.

INSTRUMENTACION.-

Para poder realizar los sistemas de control en la planta potabilizadora, son necesarios los instrumentos. El término "instrumentación" es aplicado a la medición de un proceso variable como lo es el flujo, presión, nivel, etc. y el término "control" es la regulación del equipo para obtener el efecto deseado.

La mayoria de la instrumentación y control en las plantas potabilizadoras es usada para medición y control del flujo, la presión, el nivel de agua, la turbiedad, pH, cloro residual, alarmas por falla de corriente, etc. Un sistema de con-

trol tipo sería:

1.- El proceso por controlar.

2.- El dispositivo para medir la variable.

3.- El transmisor.

4.- El controlador, que compara la medida con el punto de referencia y manda la señal resultante.

5.-El elemento de control que efectua los cambios necesarios.

El proceso por controlar son los enumerados anteriormente como el flujo, pH, presión, nivel, etc.

El dispositivo para medir la variable son: placas de orificio, toberas de flujo, Venturi, tubos Pitot, tomas de codo, elemento flotador, etc.

El transmisor puede ser neumático, electrónico o magnético, y ellos convierten la señal recibida por el dispositivo primario y la transmiten a los receptores. Esta transmisión puede ser desde unos metros hasta grandes distancias. (telemedición).

El controlador recibe la señal y la compara. Esta señal resultante la indica y/o registra y de ahí mismo manda la señal al elemento de control para efectuar los cambios necesarios.

Los controladores pueden alojarse en tableros de control donde también se encuentran los interruptores, los señales luminosas, las alarmas y también

están los diagramas gráficos de proceso, mostrando los elementos del sistema, los puntos de control y las señales de condición de operación. Las alarmas generalmente están conectadas a los interruptores de los equipos y es necesario desconectarlas manualmente.

El control puede ser manual, semi-automático y automático. Un control manual será cuando el operador ejecuta las funciones de abrir o cerrar la válvula, cerrar interruptores, operar botones, etc. En la operación semi-automática, el operador ajusta un controlador el cual automaticamente realiza una secuencia de operaciones de control. En la operación automática el controlador actúa automáticamente al recibir una señal del proceso.

Los controles pueden ser a su vez de circuito abierto o circuito cerrado. En el primero, el control varía sin tomar en cuenta el efecto (por ejemplo la dosificación de reactivos proporcional al flujo de entrada). En el control de circuito cerrado hay una retroalimentación del efecto en el proceso, de tal manera que el controlador lo compara y hace los ajustes necesarios, (por ejemplo la dosificación de cloro con analizador de cloro residual).

La telemedición en plantas potabilizadoras es poco factible, y consiste en un control de parámetros a larga distancia, transmitiendo las señales por medio de líneas de teléfono, líneas privadas, microondas, radio, etc.

El uso de las computadoras en las plantas potabilizadoras han demostrado las siguientes ventajas:

1.- Disminución de costos de operación.
2.- Aumento de eficiencia.
3.- Aumento de la seguridad de la planta.
4.- Estadística de operación más rápida
5.- Mayor control en inventario de la planta
6.- Mayor control en mantenimiento preventivo.

En el mantenimiento de los instrumentos, deben intervenir personal capacitado para hacerlo, aunque haya ajustes que puedan hacer los operadores de la planta.

Los operadores deben saber cuando un instrumento no funciona bien y cuales ajustes pueden realizar. Entre las observaciones de un mal funcionamiento de un instrumento que se deben reportar son:

Cualquier ruido, olor o calor anormal.

Movimiento anormal de la aguja del indicador.

Registro variable, fuera de valores mínimos y máximos.

Desajustes en la lectura del totalizador, indicador, gráficas, etc.

Desajustes en las lecturas con respecto a otros instrumentos.

Entintado anormal.

Vibración de relevadores o lámparas que indican falso contacto.

Algunas recomendaciones que deben seguir los operadores y que ayudan a mantener los instrumentos en funciones correctas y seguras son:

1.- Cuando se cambie la gráfica, no mover la aguja.

2.- LLenar de tinta en forma adecuada.

3.- No limpiar las caras de los instrumentos con trapos que puedan magnetizar el indicador.

4.- Lubricar el instrumento con el aceite recomendado.

5.- Purgar lineas de aire

6.- Purgar lineas de agua

7.- Limpiar los filtros y coladeras periódicamente

8.- Reponer los filtros de aire por otros iguales.

9.- Probar alarmas.

10.- Llenar los recipientes de reactivos.

Todos los instrumentos y controles deberán ser

usados con cuidado, pues son confiables y seguros, cuando están trabajando correctamente, siendo además una gran herramienta de trabajo para los operadores.

FORMAS DE CONTROL, ARCHIVOS E INFORMES

FORMAS DE CONTROL.-

Es necesario que los datos o información que se recogen o archiven, estén debidamente clasificados, ordenados y al día, para que las informaciones registradas permitan de una manera rápida, solucionar problemas que se vayan presentando.

Estas formas de control o registros deben de tener información condensada; y el tamaño de ellas, el tipo o complejidad etc. dependerá de las dimensiones y características de la planta de tratamiento. Conviene tener registros para:

Control de tratamiento
Control de Bombeo
Consumo de Reactivos
Control de análisis en laboratorio
Control de lavado de filtros
Control de mantenimiento preventivo.
Otros.

Todos estos controles deberán ser revisados diariamente por el superintendente o el encargado de la

planta y registrarlos en otros controles que resuman las actividades para tener la información correspondiente a los totales mensuales.

Es conveniente también que cada turno de trabajo haga un reporte donde anote aparte de los acontecimientos cotidianos que nos van a servir de orientación, algunos sucesos extraordinarios que puedan influir en el tratamiento, ó que puedan ocasionar daños, como la suspensión de la operación de la planta, o detalles que determinen la ejecución de algun mantenimiento correctivo o simplemente observaciones que puedan ser útiles para mejorar las prácticas seguidas.

Otros registros que conviene llevar son los concernientes a los costos de operación y mantenimiento, ya que estos registros justificarán las inversiones necesarias; En el caso de mantenimiento sustituir los equipos que ya no sean costeables operar; y en el caso de operación, diferenciar los conceptos que sean muy gravosos para tratar de disminuir los costos de operación, como por ejemplo, la mecanización o automatización de actividades desarrolladas en la planta.

FICHA PARA EL REGISTRO DE LAS OPERACIONES Y DE LAS COMPROBACIONES DE LABORATORIO EN UNA INSTALACION DE FILTRACION

DATOS SOBRE EL FUNCIONAMIENTO

CENTRAL

MES Y AÑO

FECHA	CAUDAL (1 000 gal.)				LLUVIA, pulgadas	DATOS SOBRE EL TRATAMIENTO DEL AGUA																		COMPROBACIONES DE LABORATORIO														
						PRODUCTOS QUIMICOS (lb)						CLORO (lb)		FILTROS					ANALISIS QUIMICOS, p.p.m.							EXAMEN BACTERIOLOGICO*													
																										RESULTADOS PREVISTOS									RESULTADOS CONFIRMADOS					
																										AGUA CAPTADA			DECANTADA		FILTRADA		SUMINISTRADA		FILTRADA		SUMINISTRADA			
	AGUA COMPRADA	AGUA DE POZO TRATADA	AGUA DE SUPERFICIE TRATADA	TOTAL AGUA								APLICACION PREVIA	APLICACION SUBSIGUIENTE	NUMERO DE FILTROS	HORAS DE FILTRACION (TOTAL)	DURACION MEDIA DEL CICLO EN HORAS	NUMERO DE LAVADOS	AGUA DE LAVAR (1 000 gal.)								ml	ml	1,0 ml	1,0 ml	10 ml	1,0 ml	10 ml	1,0 ml	10 ml	1,0 ml	10 ml	1,0 ml	10 ml	INDICE MAP DE GERMENES COLIFORMES	RECUENTO DE COLONIAS, TAT EN EL AGUA TRATADA
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	BB	CC	DD	EE	FF	GG	HH	II	JJ	KK	LL	MM	NN
1																																							
2																																							
3																																							
4																																							
5																																							
6																																							
7																																							
8																																							
9																																							
10																																							
11																																							
12																																							
13																																							
14																																							
15																																							
16																																							
17																																							
18																																							
19																																							
20																																							
21																																							
22																																							
23																																							
24																																							
25																																							
26																																							
27																																							
28																																							
29																																							
30																																							
31																																							
TOT.																																							
PROM.																																							
MAX.																																							
MIN.																																							

* Anótense los volúmenes de agua captada examinados en las columnas Z, AA y BB. Registrense los resultados como positivos (+) o negativos (—) en las columnas correspondientes.

Tomado de US Air Force (1959), pág. 17.

FORMA PLB-1

SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY

INSTITUCION PUBLICA DESCENTRALIZADA

Planta Potabilizadora LA BOCA

FECHA _____

CLARIFICADOR No. _____

TRATAMIENTO DE AGUA

Hora	Flujo (%)	Agua Cruda							TRATAMIENTO															AGUA FILTRADA										
									REACTIVOS (ppm)					MANTO DE LODOS				AGITACION				Purgas											
															Densidad (%)																		
		Turbiedad	Color	pH	Sulfatos	Alcalinidad Total	Dureza	Temperatura	Precloración	Sulfato Aluminio	Cal	Sílica Actividad	Ayuda Coagulante	Profundidad (Mts.)	Fondo	Intermedio	Brazo Móvil	Presión Descargada de la Bomba (Kgs./Cm²)	Minutos por Revolución	Alcalinidad Total en Clarificador	pH en Clarificador	Duración	Densidad (%)	Turbiedad	Color	pH	Sulfatos	Alcalinidad Total	Dureza	Cloro Residual (ppm)		Post-Cloración	Cloro Residual Acueducto (ppm)	

F.-1

SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY

INSTITUCION PUBLICA DESCENTRALIZADA

PLANTA POTABILIZADORA LA BOCA

HORAS DE BOMBEO

HOJA NUM._____

ESTACION NUM._____

FECHA	BOMBA 1			BOMBA 2			BOMBA 3			BOMBA 4			BOMBA 5			OBSERVACIONES
	Arrancó	Paró	Horas Trabajadas	Arrancó	Paró	Horas Trabajadas	Arrancó	Paró	Horas Trabajadas	Arrancó	Paró	Horas Trabajadas	Arrancó	Paró	Horas Trabajadas	
SUMA Hrs. Trabajadas																

Fecha..... SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY Hoja No.....

ANALISIS SANITARIO DE AGUAS

	Muestra No. Hora	Muestra No. Hora	Muestra No. Hora	Muestra No. Hora	Muestra No. Hora
EXAMEN FISICO					
Temperatura del agua					
Sedimento					
Turbidez (Escala geológica U. S. A.)					
Olor					
Color (Standar de Platino cobalto)					
EXAMEN QUIMICO					
Nitrógeno amoniacal					
Nitrógeno Protéico					
Nitrógeno de los nitritos					
Nitrógeno de los nitratos					
Oxígeno consumido en medio acido					
Oxígeno consumido en medio alcalino					
Sólidos Disueltos					
Dureza Total ($CaCO_3$)					
Dureza Permanente (en $CaCO_3$)					
Alcalinidad Total (en $CaCO_3$)					
Cloruros en Cl					
Cloro libre					
Metales Tóxicos					
Hierro					
Concentración del ión Hidrógeno pH					
EXAMEN BACTERIOLOGICO					
Examen Presuntivo Bacilo Coli					
Examen Presuntivo Bacilo Tífico					
Examen Presuntivo Bacilo Paratífico					
Examen Presuntivo para Levaduras					
Colonias Bacterianas por cc.					
Coliformes por 1,000 cc.					

OBSERVACIONES:

REQUISICION DE SERVICIO

REQUISICION No. _____

FECHA _____ HORA _____ OFICIO _____ DEPTO _____

FECHA REQUERIDA _____ ORIGINADA POR _____

ENVIADO A _____

EMERGENCIA ( ) _____ NORMA _____ REPARACION GENERAL _____ MANTO. PREV. _____

OFICIOS QUE INTERVENGAN _____

LOCALIZACION _____

CAUSA DEL REQUERIMIENTO DE LA REQUISICION _____

CANTIDAD	DESCRIPCION DE TRABAJO REQUERIDO	DIB. No.

RECOMENDACION DE MEDIDAS CORRECTIVAS _____

ESTA DETALLADO EL COSTO _____ (SI) _____ (NO) _____

JEFE DE MANTENIMIENTO

SUPERVISOR DE FABRICACION

FIG. (5-6)

SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY
INSTITUCION PUBLICA DESCENTRALIZADA

PLANTA POTABILIZADORA "LA BOCA"

CONTROL DE REACTIVOS

Mes de ____________________

Hoja No. ____________________

CLORO

INICIAL			FINAL			CONSUMO	BULTOS CARGADOS		OBSERVACIONES Y FIRMA
ECHA	HORA	PESO	FECHA	HORA	PESO		SULFATO	CAL	
SUMAS									

SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY

DEPTO. REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA

MANTENIMIENTO CONTROL Y OPERACION DE VALVULAS

LOCALIZACION

ZONA	SECTOR	PLANO No.	VALVULA No.

CARACTERISTICAS:

MARCA _____

TIPO _____ DIRECTO _____ DIFERENCIAL _____

DIAMETRO _____

OPERACION: DERECHA _____ IZQUIERDA _____

DADO OPERADOR _____ DE CONO _____

NUM. DE VUELTAS _____ ARBOL DIAM. _____ HILOS P/PULGADA _____

FECHA DE INSTALACION

FECHA	No. DE VUELTAS	SE EMPACO	SE CAMBIO ARBOL	OTRAS

OBSERVACIONES: _____

SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY

DEPTO. DE PRODUCCION

Equipo: _____ Localización: _____

Clave _____

Año _____

CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

MES	DIAS																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ENERO																															
FEBRERO																															
MARZO																															
ABRIL																															
MAYO																															
JUNIO																															
JULIO																															
AGOSTO																															
SEPTIEMBRE																															
OCTUBRE																															
NOVIEMBRE																															
DICIEMBRE																															

FECHA	REPARACION EFECTUADA	VALOR		
		MATERIAL	M. DE OBRA	TOTAL

OP-5
IGASA

ALUMBRADO:

Cambiar cuando sea necesario los focos.

ARRANCADORES TERMOMAGNETICOS:

a) Semanal: Revisión del aparato para ver si no hay calentamiento en los elementos del mismo o vibraciones.
b) Mensual: Hacer limpieza de polvo acumulado, revisar y limpiar zapatas de contacto, checar si no hay terminales flojas, verificar tiempo de arranque.
c) Semestral: Cambiar elementos térmicos o calibrarlos.

BOMBAS CENTRIFUGAS HORIZONTALES:

a) Semanal: Revisar estoperos, revisar coples flexibles (Falk) para ver si hay vibración, revisar calentamiento en chumaceras.
b) Mensual: Checar lubricación de chumaceras y coples Falk, verificar posición del sello hidráulico en el árbol de la flecha.
c) Semestral: Verificar alineamiento de la bomba y motor.
d) Anual: Desmontar bomba para revisar impulsores, mangos bronce en las flechas, anillos de sello hidráulico, baleros, cajas chumaceras, reponer empaques y limpieza en general.

COMPENSADOR MANUAL DE ARRANQUE:

a) Semanal: Revisión del aparato para ver si no hay calentamiento en los elementos del mismo.
b) Mensual: Hacer limpieza de polvo acumulado, revisar y limpiar zapatas de contacto, checar si no hay terminales flojas, verificar tiempo de arranque.
c) Semestral: Cambiar elementos térmicos o calibrarlos.
d) Anual: Cambiar Aceite.

MANOMETROS:

c) Semestral: Checar manómetros para ver si están funcionando bien y si no cambiarlos.

MICRO SWITCH DE MERCURIO:

b) Mensual: Revisarlo para ver si está funcionando bien.

MOTORES ELECTRICOS (VERTICALES Y HORIZONTALES):

a) Semanal: Checar vibraciones, verificar voltaje y amperaje, revisar niveles de aceite en chumaceras.
c) Semestral: Cambiar aceites y grasas en chumaceras, verificar alineamiento motor y hacer pruebas de resistencia con el Meger.

SWITCH DE CUCHILLAS O FUSIBLES:

b) Mensual: Checar fusibles y contactos y hacerle mediciones de corriente o voltaje y ver calentamiento.

SWITCH DEL FLOTADOR DE CISTERNAS O TANQUES:

a) Semanal: Revisión ocular del switch y del flotador para ver si están funcionando bien.
b) Mensual: Desarmar el switch para ver si no hay falla en el mismo, ver sus contactos y limpiarlos.
c) Semestral: Desarmar y quitar el flotador para limpiarlo e inspeccionarlo y ponerle grasa a la varilla.

SWITCH MAGNETICOS:

b) Mensual: Checar que no haya flojuras en las zapatas de las fases y ver calentamiento.

TRANSFORMADORES:

a) Semanal: Revisión ocular si no se ven terminales dañadas, fugas de aceite, temperatura normal y nivel de aceite.
c) Semestral: Desconectar la corriente primaria para limpiar de polvo y aceite los aisladores, apretar las terminales, limpieza exterior general.
d) Anual: Sacar muestra de aceite para determinar capacidad dieléctrica y grado de acidez.

VALVULA AUTOMATICA DE ALTITUD

a) Semanal: Limpieza y revisión pistón y empaque de válvula piloto de mando.
b) Mensual: Revisión y limpieza de válvulas check y aguja en el sistema de control. Limpieza de coladores, si los hay.
c) Semestral: Limpieza sedimentos en cámaras, pistones, diferenciales y revisión de empaques de sellos.
d) Anual: Revisión y reposición de válvulas de mando, pistones diferenciales, limpieza general, reposición de todos los empaques.

VALVULA AUTOMATICA ELECTRICA DE RETENCION

a) Semanal: Limpieza coladores, verificar posición válvulas de aguja, checar voltaje en bobinas, válvulas selenoides 3 vías y 2 vías.
b) Mensual: Desarmar y limpieza de diafragmas, válvulas selenoides de 2 y 3 vías.
d) Anual: Revisión y reposición de válvulas de mando si se hace necesario, desmantelar válvula para limpieza general. Reposición empaques de pistón diferencial.

VALVULA CHECK DE COMPUERTA:

c) Semestral: Revisar su funcionamiento y engrasarla.

VALVULA DE ALIVIO:

c) Semestral: Revisar y desmantelar para checar empaques de hule y baqueta y revisar el diafragma.

VALVULA DE MARIPOSA:

c) Semestral: Revisar su funcionamiento y engrasarla.

VALVULA PILOTO:

c) Semestral: Desmantelar válvula y checar sistemas de empaques y cambiarlos cuando sea necesario.

SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY

DIRECCION DE OPERACION. DEPARTAMENTO DE _____

MUNICIPIO O SECTOR _____ REALIZADO POR _____

INVENTARIO DE INSTALACIONES Y EQUIPOS

DESCRIPCION: Fecha _____

Nombre de la instalación o equipo _____

Ubicación _____

Número de identificación _____

Fabricante _____

Dirección postal del fabricante _____

o distribuidor _____ Tel. _____

Fecha de construcción o de compra _____

PLACA DE IDENTIFICACION Y DATOS TECNICOS:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

ESTADO O CONDICIONES

Valor Original _____

Valor Actual _____

En servicio	☐	Fuera de servicio	☐
Reserva	☐	Reparación	☐
Dañada	☐	Baja	☐

INFORMACION DEL FABRICANTE	ADJUNTO	NO EXISTE
Manual o folleto descriptivo		
Manual de operación		
Manual de mantenimiento		
Lista de partes		

OBSERVACIONES:

Forma op. 1

CARACTERISTICAS

Profundidad Total _____

Diámetro de Perforación _____

De _____ M. a _____ M. _____

" _____ " _____ _____

" _____ " _____ _____

" _____ " _____ _____

Diámetro de Ademe.

De _____ M. a _____ M. _____

" _____ " _____ _____

" _____ " _____ _____

" _____ " _____ _____

Sello _____

Linea de Aire: _____

AFORO.

Fecha _____ Durante _____

Nivel estático a los _____

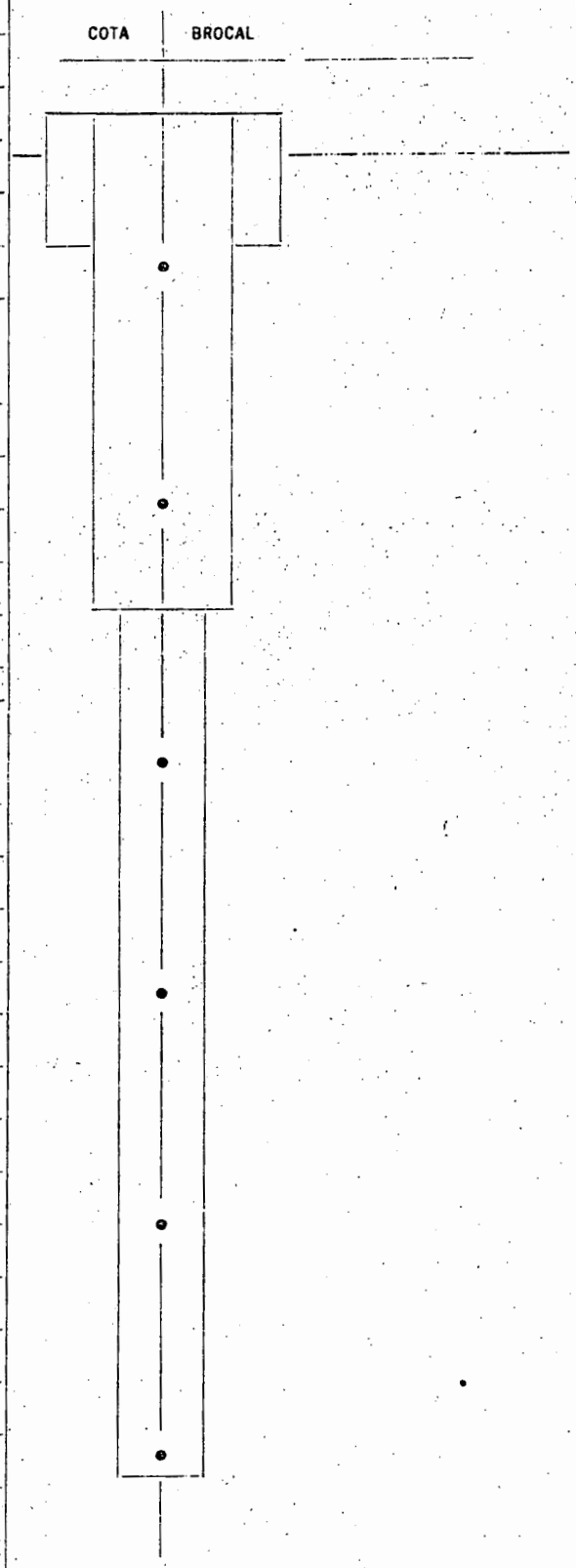
Nivel dinámico a los _____

Gasto _____

Capacidad especifica _____

Zona de protección _____

CROQUIS Y CORTE GEOLOGICO



ARCHIVO.-

El archivo debe estar también ordenado para que se facilite encontrar la información que se requiera. Lo primero que se debe archivar son los proyectos de la planta, los presupuestos, copia de los planos de la obra, contrato de la construcción, catálogos mensuales e instructivos de todos los equipos que se instalen, ya que estos elementos son indispensables en el funcionamiento económico y la buena conservación de las instalaciones de una planta potabilizadora. Es probable que gran parte de esta información se tenga en las oficinas centrales, pero es necesario conservar una copia en la planta para que el personal encargado de la operación de la misma, esté plenamente familiarizado con todo lo ahí instalado y garantizar el correcto funcionamiento de todos los elementos que la componen.

En el archivo debe de tenerse toda la información resumida de la operación de la planta y la administración de la misma, aún cuando estas últimas actividades no sean desarrolladas en la planta propiamente ya que es obligación de los encargados de optimizar los recursos, haciendo un tratamiento lo más económico posible.

INFORMES.-

Es muy buena práctica que cada turno que se trabaja en la planta, efectúe un informe condensado de las actividades desarrolladas, y que sean firmadas por el encargado de ese turno, ya que esta formalidad nos puede permitir hacer una evaluación del personal y a la vez tener una idea de como se desarrollan las actividades en la planta en ausencia del superintendente. El informe escrito es preferible al verbal ya que es una constancia que puede ser revisada cuántas veces sea necesario y a la vez será la base de el informe que se presente a la dirección de la cual se depende.

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUA

Una instalación indispensable en las plantas potabilizadoras es el laboratorio, pues en él se llevan a cabo los análisis necesarios para certificar la calidad del agua y verificar que los procesos de potabilización se realicen como se han preestablecido. Para poder cumplir con su cometido, es necesario contar con una área suficientemente amplia, ventilada, iluminada y con todas las preparaciones para colocar equipo, materiales, reactivos, etc. Es recomendable definir áreas de trabajo por lo que dentro del local una parte sería para análisis bacteriológicos, otro para los fisicoquímicos, una para preparación de cristalería y además una área para llevar el archivo y el control.

Para las actividades que se realizan en el laboratorio se utilizan diversos materiales e instrumentos que cumplen con los requisitos de precisión calidad y durabilidad y en ellos deben estar familiarizados los operadores de la potabilizadora.

Así tenemos una variedad de cristalería y porcelana, la primera fabricada a base de cristal -

templado de bajo índice de refracción, y la segunda con material resistente a altas temperaturas.

Para medir volumenes aproximados se utilizan probetas, matraces graduados etc. y para medir los volúmenes exactos se usan las pipetas aforadas, matraces aforados, tubos de Nessler, etc.

Para usos generales tenemos tubos de ensayo, vasos de precipitación matraces boca ancha, matraces Erlenmeyer, cápsulas de porcelana, etc.

Para la separación de sólidos y líquidos se usan embudos comunes, de filtración, crisoles Gooch, crisoles de fondo poroso, aparatos de vacío, matraces de filtración, etc.

Para evaporación y calcinación de substancias se usan los crisoles de platino, de cuarzo, de porcelana; cápsulas de platino, de vidrio, de porcelana, etc.

Para uso bacteriológico tenemos tubos de ensayo, tubos de fermentación, placas de Petri, pipetas aforadas, pipetas graduadas, asas de platino, etc.

Los instrumentos de laboratorio nos sirven para realizar operaciones delicadas de medición de muchos análisis; y nos facilita las operaciones relacionadas tanto en la química como en la bacterio

logía, algunos de ellos son:

Balanza de Precisión; Sirve para pesar con gran exactitud, y por lo general está colocada dentro de una caja para protejerla de la humedad y vapores corrosivos. Dentro de esta caja se coloca material absorvente de la humedad para asegurar la exactitud de las pesadas.

Colorímetro Hellige; En él se comparan colores producidos por reacciones químicas, con los colores de un disco patrón, hasta llegar a su igualación o aproximación.

Aqua Tester; De igual principio que el anterior, con la diferencia de usar otro tipo de cubeta para contener la muestra para analizarse (Tubos de Nessler).

El Potenciómetro; Para medición de conductividad, pH, o algún ion específico y el principio de este instrumento es medir la diferencia de potencial entre dos pares galvánicos, uno conocido (patrón) y otro por conocer.

Turbidímetro de Jackson; Hellige; Como su nombre lo indica nos determina las unidades de turbiedad que contiene la muestra, basan

dose en la dificultad al paso de la luz a traves de la misma.

Espectrofotómetro, Fotocolorímetro; Se basan en la transmitancia de un rayo de luz de longitud de onda determinada a traves de una cubeta de profundidad conocida conteniendo muestras patrón y muestras para analizar.

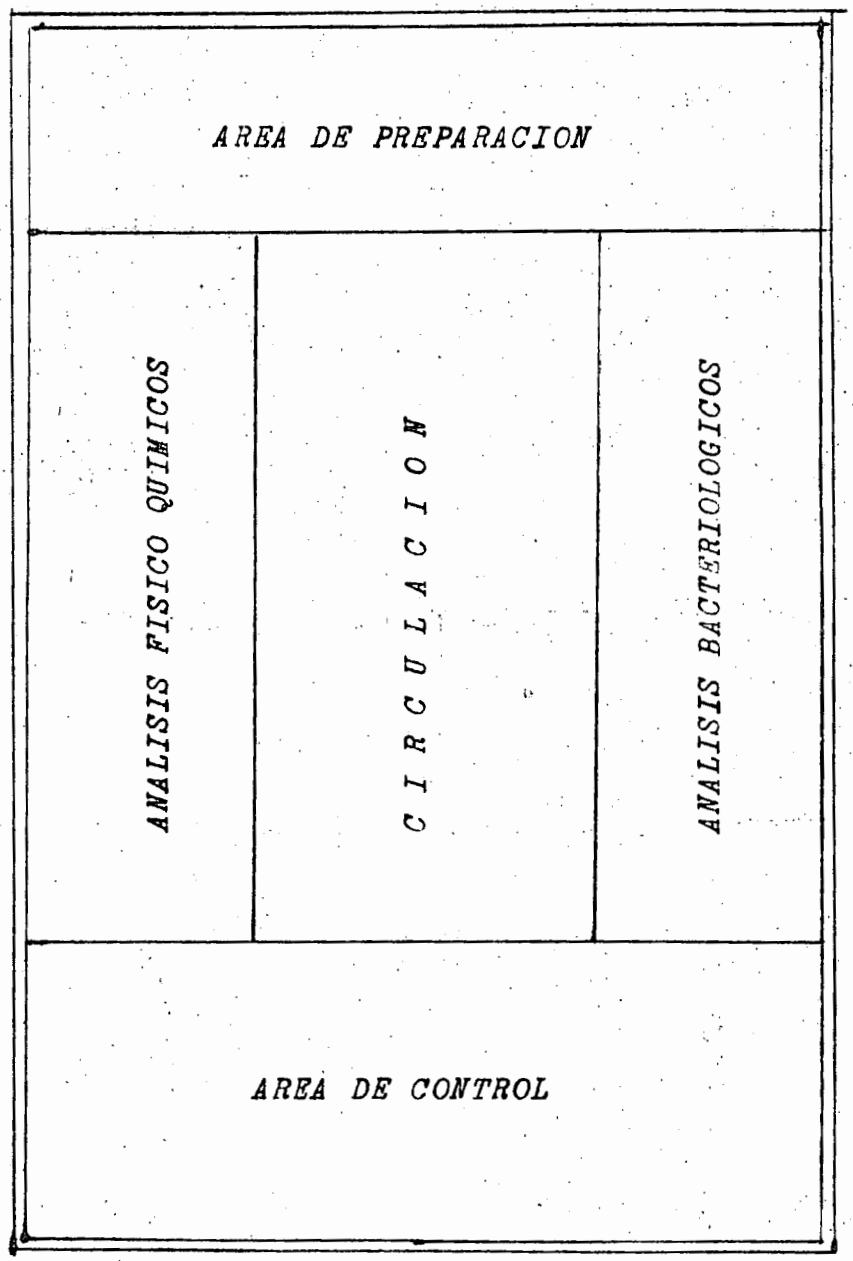
También encontramos en el laboratorio un esterilizador, una incubadora, un contador de colonias, un agitador múltiple, y más aparatos o instrumentos que nos ayuden en las determinaciones de los diferentes análisis necesarios para controlar la calidad del agua.

Los reactivos deberán estar guardados en los lugares que se recomiendan y se procurará tener la cantidad necesaria para que siempre sea confiable su concentración. El material que se usa para análisis bacteriológicos, (medios de cultivo, algodón papel, etc.) también deberán de observarse las precauciones al almacenarse.

Por último, no deberá escatimarse esfuerzo alguno para mantener en condiciones óptimas de operación todo el equipo e instrumentos del laboratorio;

así como contar con el suficiente material y reactivos para que nunca deje de cumplir el objetivo de controlar la calidad del agua y el proceso de la potabilización.

LABORATORIO.-



PAPEL DEL TALLER EN LA OPERACION Y MANTENIMIENTO

Por lo general en las plantas potabilizadoras el personal encargado de la operación se encarga del mantenimiento del equipo, probablemente porque en un principio se pensaba que se tenía tiempo disponible para hacerlo; y en aquellas plantas donde se encuentra un departamento de mantenimiento, se piensa que su objetivo es el de reparar los equipos cuando se descompongan. Era práctica comun no preocuparse de los costos de reparación, contar con piezas suficientes para reparar en el menor tiempo posible y exigir que el personal siempre estuviera disponible para estas operaciones a cualquier hora y cualquier día.

En la actualidad al aumentar la mecanización de las operaciones, la complejidad de los equipos, es necesario establecer programas de mantenimiento, preventivo y correctivo para disminuir los riesgos de fallas en las plantas, y para que cumplan con este objetivo es necesario la habilitación de un buen TALLER de mantenimiento dentro de las instalaciones de las potabilizadoras. Por la gran varie-

dad de equipos que se utilizan en las plantas, es necesario establecer el taller con políticas de - reparación que se verán influenciadas por:

1.- La capacidad o tamaño de la planta potabilizadora, y su importancia con respecto al suministro de agua potable a la ciudad donde se encuentra.

2.- Los recursos humanos con que se cuenta para - efectuar las reparaciones y las dificultades - inherentes a los mismos.

3.- Recursos económicos para contar con suficiente área y equipos.

En el punto No. 1, si la potabilizadora es la única fuente de abasto de esa población, es conveniente contar con un equipo de repuesto en cada - proceso, y de ser posible instalado para que en caso de falla del que esté operando se ponga a trabajar la reserva mientras se repara la unidad dañada.

En cuanto al factor humano se dificulta tener mucho personal especializado para ocuparse en tiempos relativamente cortos como sería el caso de soldadores, torneros, instrumentistas, etc. siendo - más crítico cuando este personal pertenece a un - sindicato que tiene un contrato de trabajo con especificación de actividades.

En cuanto a los recursos económicos actualmente todos los sistemas de abastecimientos de agua, no cuentan con la suficiente capacidad económica para montar, operar y mantener un taller con tantas diversidad de actividades.

Considerando lo anterior, es recomendable establecer una serie de trabajos que se efectuarán fuera del taller de la planta y otros dentro del mismo.

- *TRABAJOS DE TALLER*
  - *Fuera de la Planta*
    - *Fundición*
    - *Torno*
    - *Embobinado Motores*
    - *Instrumentación*
    - *Soldadura*
    - *Obra Civil*
  - *Dentro de la Planta*
    - *Lubricación*
    - *Carpintería*
    - *Hojalatería*
    - *Pintura*
    - *Ajustes Menores ó Calibración*
    - *Algunos Trabajos Eléctricos*
    - *Algunos Trabajos Mecánicos*

Ya fijados los trabajos por realizarse dentro del taller se asigna el área de trabajo y el área de almacén de refacciones. En el área de trabajo

se contará con toda la herramienta y equipo para - hacer las reparaciones asignadas y en el área de - almacén se tendrán las piezas de repuesto que se - utilizaran. En el taller se obligará a cumplir con las normas de seguridad e higiene industrial, a - mantener en buen funcionamiento la herramienta y el equipo, a guardar en forma debida las refacciones a observar los sistemas de control de las mismas.

En una planta donde se puede organizar un departamento de mantenimiento se le fijarán los siguientes objetivos:

a) Maximizar la probabilidad de mantener en condiciones óptimas de operación el equipo.
b) Minimizar el desgaste y deterioro del equipo
c) Señalar los cambios y diseños que cumplan los - dos puntos anteriores.
d) Lograr los objetivos al menor costo y al menor plazo.

Para que un departamento de mantenimiento funcione es necesario que sus relaciones con los departamentos de operación y de compras sean lo mejor posible. El departamento de operación deberá conocer la forma en que operan los equipos y poder detectar cualquier anormalidad que requiera de un -

trabajo de mantenimiento. El departamento de compras tramitará la entrega de las refacciones en el plazo más conveniente, que sean de la calidad más conveniente y cuando sean equivalentes checar que así lo sean.

En resumen, para que dé resultado un departamento de mantenimiento y cumpla con los objetivos señalados anteriormente debe establecer los siguientes sistemas y procedimientos.

I.- Planeación y Control

II.- Suministro de Materiales y Refacciones

III.- Mantenimiento Preventivo

IV.- Control de Costos

V.- Sistemas de Información.

El programa de mantenimiento preventivo es el resultado de inspecciones periódicas que permiten detectar situaciones anormales y es una herramienta de reducción de costos de operación. Para poder establecerlo es necesario que menos del 75% de las horas hombre disponibles esten ocupados en reparaciones de emergencia, entendiendo por emergencia aquellas fallas que han detenido o pueden detener la operación de la planta; las que afecten la calidad del agua tratada o las que ponen en riesgo la seguridad del personal.

Finalmente conviene tener presente que un mantenimiento preventivo no resuelve todos los problemas; pero bien diseñado, adecuadamente implantado y administrado, logra reducir los costos de mantenimiento y evita el deterioro prematuro de los equipos.

SISTEMA DE ORGANIZACION:

A la organización se le considera como la etapa más importante de la administración, pues establece los ordenamientos que resultan del análisis de un proceso y facilita el mecanismo para la canalización de recursos y lograr el objetivo.

El primer paso a realizar en la organización, es el establecimiento de la "estructura orgánica", que se define como el agrupamiento de funciones para un fin específico. La aplicación de los principios de la administración y organización forman las normas y especificaciones utilizadas en el diseño de la estructura orgánica, y podemos considerar como algunos de ellos la coordinación, dirección, autoridad, responsabilidad, jerarquía, etc. Es probable que al establecer la estructura orgánica se requiera de otras unidades de apoyo o asesorías contándose entre otras, las relaciones públicas,

asesoría jurídica y planificación.

Después de establecida la estructura orgánica, será necesario mantenerla actualizada, para que permita los planes de desarrollo de la institución; aunque en la práctica esto no es común ni frecuente; si debe aceptarse el cambio de la estructura cuando haya modificaciones fundamentales en los programas a realizar y que no se ajustan a las normas establecidas tanto en los aspectos técnicos como en los económicos.

Una planta potabilizadora es parte de un sistema de abastecimiento y como tal, analizaremos únicamente las funciones ahí desarrolladas para establecer una organización local sin olvidar su dependencia en la organización general del sistema de abastecimiento.

En una planta los procesos serían:

a) Entrada agua cruda.

b) Dosificación de reactivos.

c) Coagulación, Sedimentación y Clarificación.

d) Disposición de lodos.

e) Filtración.

f) Lavado de filtros.

g) Almacenamiento y distribución de agua tratada

h) Control de calidad del agua.

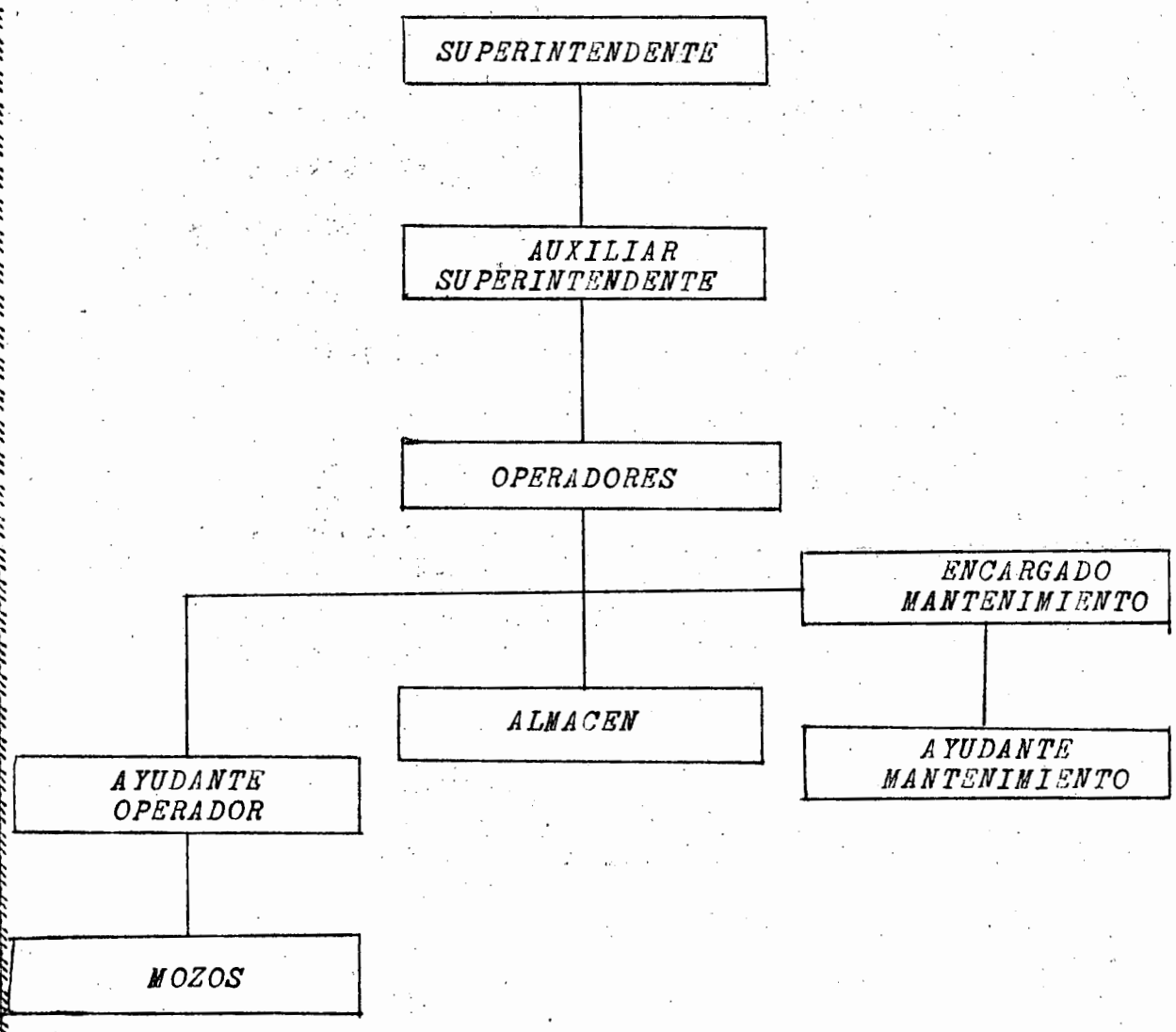
i) Control de materiales y reactivos.

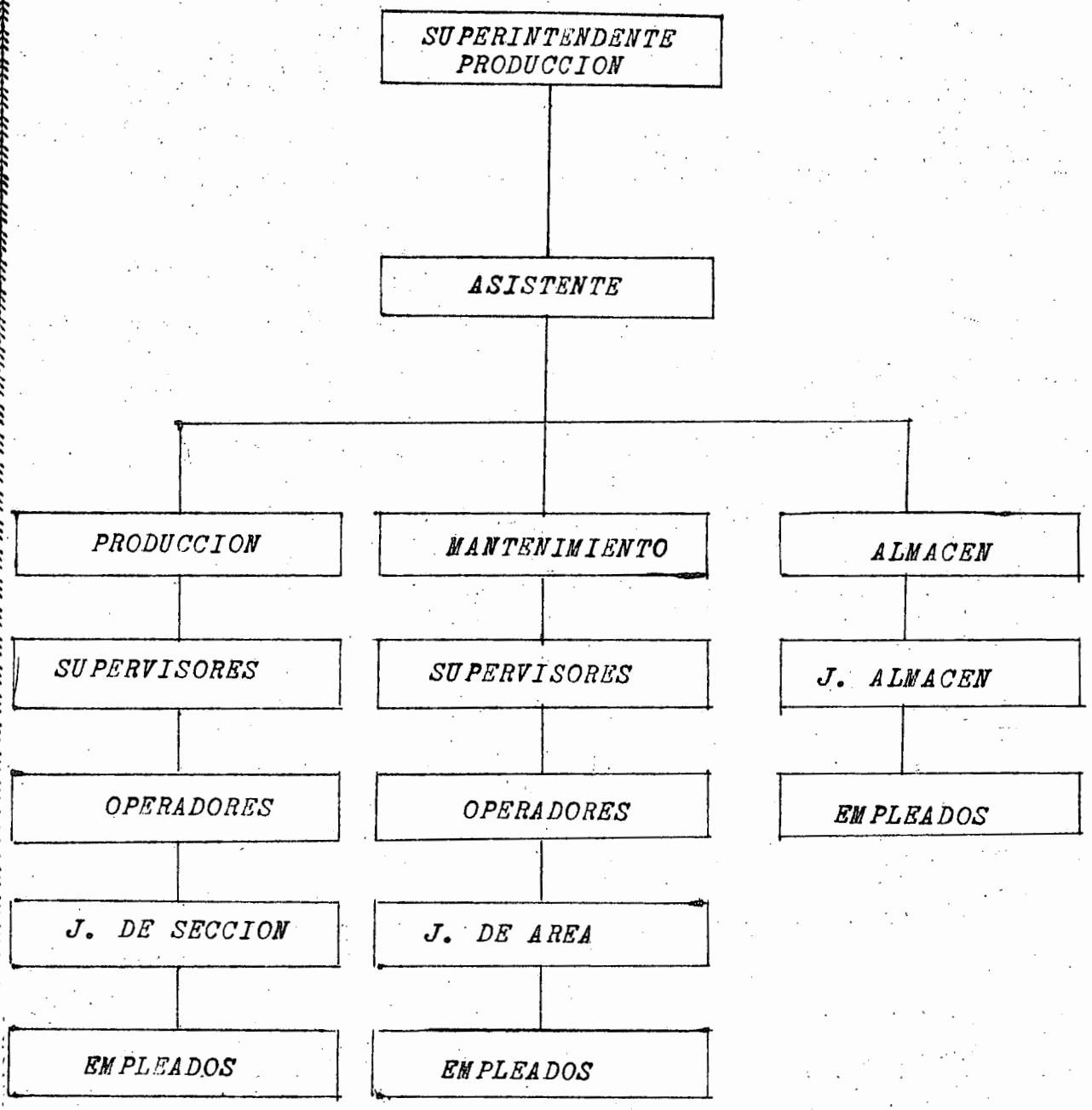
j) Control de mantenimiento.

k) Control de Recursos Humanos.

l) Otros.

Analizando las actividades en la que interviene el factor humano, jerarquizándolas, coordinando con el departamento, etc., podemos formular la siguiente estructura orgánica.




SUPERINTENDENTE PRODUCCION
ASISTENTE
PRODUCCION
MANTENIMIENTO
ALMACEN
SUPERVISORES
SUPERVISORES
J. ALMACEN
OPERADORES
OPERADORES
EMPLEADOS
J. DE SECCION
J. DE AREA
EMPLEADOS
EMPLEADOS

Es conveniente analizar las ventajas y las desventajas de la organización local, centralizada y la regional. Las ventajas de la organización local es que existe independencia en el desarrollo de las actividades, pero casi siempre el principal problema es la falta de recursos para desarrollarse.

Una agrupación centralizada tendrá la ventaja de mayores recursos económicos, técnicos y sus desventajas serán su alto costo administrativo, decisiones retardadas sujetas a un trámite largo, además de una ignorancia de las condiciones locales. En la organización regional se toman las ventajas de las anteriores y en la práctica puede resultar como la más adecuada.

EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS

Cuando se habló anteriormente del taller de mantenimiento de la planta, se estableció la conveniencia de que algunos trabajos se realizaran dentro del taller y que otros no se hagan. Tomando en cuenta esa política, se plantean las necesidades del equipo, materiales y herramientas.

Algunos de los equipos necesarios en el taller de la planta son:

Equipo de Lubricación

Equipo de Calibración

Equipo de Pintura

Equipo de Seguridad Industrial

Grúas viajeras, o malacates, etc.

Para que el equipo que se utilice se conserve en buen estado de funcionamiento, es necesario seguir con las instrucciones que dá el fabricante para operarlo; y usarlo en las funciones específicas para el que fué diseñado. El equipo de seguridad industrial está diseñado para proteger al trabajador de riesgos profesionales que puedan ocu-

rrir en la planta, por eso es importante que todo el personal de una potabilizadora, o en cualquier parte, observe todas las condiciones de seguiridad en el desempeño de sus labores.

Entre los equipos de seguridad industrial que todo el personal debe saber donde se encuentran, son los equipos de primeros auxilios y los equipos contra incendios. Es conveniente que el personal tenga conocimientos y entrenamiento en el uso de los anteriores equipos. Algunos de los equipos de protección mas usados son los cascos, los zapatos con refuerzo en las puntas, las botas, los anteojos y los guantes.

Para el manejo de los materiales en el taller y su almacenamiento se deben observar algunas precauciones, tales como si es un material frágil, liviano, pesado, voluminoso, etc. Un material frágil debe manejarse y empacarse con sumo cuidado y almacenarse en lugares en donde no haya el riesgo de romperlos. Un material pesado puede necesitar empacarse ó no para almacenarse, y puede estar en el exterior o bajo techo.

Algunos materiales que se manejan en la planta pueden ser riesgosos para la salud, por loque se necesitará equipos de seguridad que ayuden a preve-

nir accidentes tanto en el manejo como en el almacenamiento.

Las herramientas pueden ser manuales, eléctricas o neumáticas. Las primeras son las más comunes, y las dos últimas son herramientas que pueden acelerar la realización del trabajo.

Como valiosas auxiliares que son en la ejecución de un trabajo, es conveniente seguir unas precauciones para que se conserven en buen estado y listas para volver a usarse. Estas recomendaciones son:

1.- Seleccionar la herramienta adecuada al trabajo.
2.- Aprender el uso correcto de la herramienta.
3.- Seguir las indicaciones del fabricante para su uso.
4.- Reparar la herramienta defectuosa o reponerla.
5.- Limpiar la herramienta después de utilizarla.
6.- Guardarla en lugar apropiado.

También conviene observar unas precauciones cuando usemos herramientas para evitar accidentes:

a) No utilizar la herramienta en máquinas en movimiento para hacer ajustes.
b) Debe haber suficiente área de maniobras.
c) Apoyar siempre sobre un buen soporte.
d) Usar el equipo de protección recomendado.

e) No dejarla en escaleras o partes altas de donde se pueda caer.

En resumen, todo el equipo, material y herramienta debe manejarse con una serie deprecauciones que resultarán en beneficio de la operación de la planta potabilizadora.

P E R S O N A L

La experiencia y la pericia aparentemente no se pueden reemplazar pero la realidad de la vida nos obliga a no ser tan rígidos en este concepto y la necesidad de tener personal competente en una planta potabilizadora, puede presentar serias dificultades por carecer de fondos y medios para realizarlo. Por lo anterior no es posible formular algunas reglas invariables sobre el personal que se contrate en una planta potabilizadora, pero si hay ciertos métodos que pueden contribuir a que ese personal reuna condiciones para la práctica y vigilancia de las operaciones de tratamiento. El origen de brotes epidémicos, de enfermedades transmitidas en el agua, han podido localizarse en deficiencias del funcionamiento de la instalación, entre las cuales un porcentaje es debido al equipo, otra la incompetencia, otra la negligencia de los operarios.

Con estos antecedentes es necesario hacer conciencia en la persona que esté trabajando en una planta potabilizadora, de su gran responsabilidad

que tiene y adiestrarlos de la mejor manera y que reunan unos requisitos mínimos y ofrecer incentivos para que se puedan aumentar las posibilidades de garantizar un tratamiento eficiente; Si en nuestros sistemas, la realidad del presupuesto y la posibilidad de conseguir personal competente, no las tenemos, no deber ser justificantes para no cumplir con la responsabilidad que adquirimos al trabajar en una planta potabilizadora de agua. Un superintendente ó encargado debe tener capacidad técnica y experiencia, ser un administrador que conozca las aplicaciones de la hidráulica, los principios de física, química y biología, que se relacione con las operaciones de tratamiento y con los objetivos de salud pública en el suministro de un agua potable al usuario.

Los que vayan a ser operadores de la planta deben ser aspirantes que cuando menos hayan hecho estudios de secundaria, no tanto por las materias que hayan aprendido en ese nivel, sino por la circunstancia que la terminación de los estudios representa una cierta aptitud para aprender y para instruirse, aunque cuando se trabaja bajo la dirección de un jefe competente su capacidad técnica, su habilidad natural y honradez, es más importante que algún título de formación profesional.

Para puestos subordinados para los operadores, probablemente no se puede exigir los mismos requisitos y muchas veces se juzgan en referencias a trabajos anteriores y sus aptitudes para desarrollar labores paracidas en la planta potabilizadora.

Un trabajo de mucha importancia es la de capacitar a los operarios que puede ser durante el desarrollo de su trabajo o bien la organización de cursos en alguna planta más importante, donde pueda tener un entrenamiento teórico y práctico.

Algunos factores o normas que se deben establecer en un adiestramiento para operadores son:

1.- Darle a conocer el organigrama enla planta y dejar bien claro la jerarquía establecida, ya que esto puede motivar una resistencia a aceptar instrucciones o sugerencias en la etapa de aprendizaje.

2.-Dar una explicación de las instalaciones y procesos.

3.- Fomentar la capacidad de observación para que pueda detectar características que califiquen a un funcionamiento normal o anormal.

4.- Prepararlo en la práctica de todas las pruebas de laboratorio que sirvan de comprobación del tratamiento o del funcionamiento de las instala-

ciones.

5.- Lectura de catálogos, manuales, instructivos, etc. para que puedan comprender los principios de operación del equipo.

En cuánto a número de trabajadores que deber ser empleados en una planta potabilizadora, depende de varios factores, entre otros si la operación es manual, semi-automática o automática, aunque es conveniente que durante el día, tener más personal para ejecutar trabajos de mantenimiento preventivo, jardinería o reparaciones programadas.

En el caso de plantas grandes de tratamiento, en la que se encuentra el personal dividido en grupos de diferentes actividades, conviene que en cada grupo, este un sobrestante o encargado de que se realicen las actividades en su area o su competencia.

Cualquiera que sea la organización las ordenes o instrucciones que se den, deben ser claras y sencillas, y se establecerán controles para comprobar que se están ejecutando las operaciones señaladas (velador, purgado, etc.).

SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY

INSTITUCION PUBLICA DESENTRALIZADA

REPORTE DEL PERSONAL A PRUEBA:

Monterrey, N. L., _____

Reporte del Personal a Prueba:

Nombre _____

Semana No._____ del_____ al_____ de _____ de 19_____

Puesto tabulado al que aspira _____

Puesto de Planta actual _____

Asistencia_____ Faltas Justificadas_____Faltas Injustificados_____ Retrasos_____

Rapidez en el Trabajo: buena: _____ regular_____ deficiente_____

Obediencia a las órdenes qu se le imparten, buena_____ regular_____ mala_____

Obediencia de los trabajadores a sus órdenes, buena_____ regular_____ mala_____

Trato con sus compañeros de trabajo, buena_____ regular_____ Mala_____

Conocimiento del trabajo que pretende ocupar, buena_____ regular _____ mala_____

Cantidad de trabajo realizado arriba del promedio general _____

abajo del promedio general_____ Igual al promedio general_____

Eficiencia en el Trabajo: buena_____ regular_____ deficiente_____

Número de veces que equivocó un trabajo o cometió errores _____

Opinión del Jefe inmediato _____

_____

Opinión del Jefe del Depto. _____

_____

OBSERVACIONES: _____

_____

_____

_____

_____

_____

_____ _____

Jefe Inmediato Jefe del Departamento

ADIESTRAMIENTO DE LOS RECURSOS HUMANOS

En una planta potabilizadora que realiza sus objetivos, cuenta con recursos materiales técnicos y humanos. De éstos, los recursos humanos son los más importantes pues pueden mejorar y perfeccionar el empleo y el diseño de los recursos materiales y técnicos, lo cual no sucede en la inversa.

Para el adiestramiento de los recursos humanos, se tiene una organización que desarrolla programas y procedimientos para lograr el objetivo de proveer una estructura administrativa eficiente; de empleados capaces con oportunidad de progreso y satisfacción en el trabajo y una seguridad en el mismo.

La Ley Federal de Trabajo establece en la fracción XIII del Art. 123 "Las empresas, cualquiera que sea su actividad, estarán obligadas a proporcionar a sus trabajadores capacitación o adiestramiento para el trabajo". Estas reformas en el Art. 123 de la Ley entraron en efecto al establecerse la reglamentación del sistema, método y procedimiento conforme a

los cuales los patrones deberán cumplir con dicha - obligación. También se agregó un capítulo exclusivo de capacitación y adiestramiento en el titulo IV "Derechos y Obligaciones de los Trabajadores y Patrones" Capitulo III Bis. siendo en los Arts. 153 A y 153 X donde se describen disposiciones sobre el tema.

(A.- Derecho de capacitación. B.- Forma en que se capaciten. C.- Instituciones Privadas que deseen capacitar. D.- Cursos y programas de capacitación. etc.)

Con las bases legales anteriores y otras estipuladas en los contratos de trabajo es necesario promover y llevar a cabo la capacitación de los recursos humanos. En las plantas potabilizadoras debemos adiestrar a los trabajadores para:

1.- Mejorar en el puesto que desempeñan
2.- Para cubrir otro puesto de mayor jerarquía, afin al que desempeñan.
3.- Para cubrir otro puesto en la misma organización en otra rama de actividades.
4.- Para ocupar un puesto de nueva creación.

En donde las relaciones laborales son muy apegadas a lo reglamentado, la Ley es muy clara en obligaciones y derechos para cubrir vacantes, nuevos puestos, etc. aunque una opinión muy particular es que -

todo el personal que trabaja en la potabilizadora debe estar familiarizado con las actividades ahí desarrolladas.

En cuanto al lugar donde se debe adiestrar al personal es conveniente hacerlo en locales en donde se cuenten con facilidades para la enseñanza teórica y práctica, quizás en la planta misma. La enseñanza teórica comprende todos los principios de operación y funcionamiento; de los equipos y procesos, y la práctica es una aplicación de lo enseñado y un adiestramiento en el lugar del trabajo.

El adiestramiento del personal debe ser continuo y además considerar la capacitación en medidas de seguridad de higiene industrial, pues no hay que olvidar que uno de los objetivos del adiestramiento es prevenir riesgos en el trabajo.

No debemos olvidar que la salud de los consumidores la conservación y el buen funcionamiento de las instalaciones de la planta, generalmente muy costosas, dependen en gran parte de la destreza y competencia del personal, por lo que el Adiestramiento de los Recursos Humanos, está plenamente justificado al tener una planta potabilizadora cumpliendo sus objetivos de una manera eficiente y económica.

B I B L I O G R A F I A

Babock, Russel H. "Instrumentación y Control en el Tratamiento de Aguas Potables" E. Limusa, México 1974.

A. W. W. A. Water Distribution Operator Training Handbook, N. York, 1976.

Cox, Charles R. Práctica y Vigilancia de Operaciones de Tratamiento de Agua, O.M.S. 1966.

E. Porrua Ley Federal de Trabajo, México