



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

PROTECCION SANITARIA DE LAS
OBRAS DE CAPTACION DE AGUA

Tesis Profesional

Que para obtener el título de
INGENIERO CIVIL
P r e s e n t a

LUIS FEDERICO OVIEDO SARABIA



México, D. F.

1985



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	Página
INTRODUCCION	1
1. FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	6
1.1 Antecedentes	6
1.2 Descripción General de las Fuentes de Abastecimiento	8
1.2.1 Aguas Meteoricas (lluvia y nieve)	8
1.2.2 Aguas Superficiales	10
a) Corrientes de Agua	10
b) Lagunas y Lagos Naturales	11
1.2.3 Aguas Subterráneas	12
1.2.4 Normas de Calidad para el Agua Potable	13
2. CAPTACION SANITARIA DE AGUAS SUPERFICIALES	
2.1 Antecedentes	18
2.2 Calidad de las Aguas Superficiales	19
2.3 Problemática de los Abastecimientos de Aguas Superficiales	19
- Erosión	19
- Sedimentación	22
2.4 Métodos de Captación de las Aguas Superficiales	24
2.4.1 Captación Directa de Aguas Superficiales	26
2.4.1.1 Captación Directa y Conducción por Gravedad	26
2.4.1.2 Captación Directa y Conducción por Bombeo	28
- Estación de Bombeo Fija	29
- Estación de Bombeo Flotante	30
- Estación de Bombeo sobre Plataforma Móvil	34
- Diseño de la Estación de Bombeo	37
2.4.2 Captación Mediante Vertederos Laterales	41
2.4.3 Captación Mediante Tanque Central Ubicado debajo del Vertedero de Rebose	45

2.4.4	Obras de Captación en Presas de Almacena- miento	55
-	Tipos de Torres de Toma	56
-	Rejillas para Basura	58
-	Localización de la Torre de Toma	58
-	Diseño de las Torres de Toma	60
2.5	Desarenadores	60
-	Componentes de un Desarenador	61
-	Tipos de Desarenadores	62
-	Teoría de Sedimentación	63
-	Diseño de Desarenadores	67
2.6	Medidas Recomendadas para Mejorar las Con- diciones Sanitarias de las Obras de Capta- ción	69
a)	En Cursos Superficiales	69
b)	En presas de Almacenamiento, Lagos y - Lagunas	71
3.	CAPTACION SANITARIA DE AGUAS SUBTERRANEAS	74
3.1	Origen de las Aguas Subterráneas	74
3.2	Localización del Agua Subterránea	83
3.3	Calidad del Agua Subterránea	87
-	Contaminación del Agua Subterránea	90
3.4	Estructuras de Captación de Agua Subterrá- nea	90
3.4.1	Pozos	90
3.4.1.1	Clasificación de los Pozos	91
-	Pozos Cavados	92
-	Pozos Clavados o Hincados	92
-	Pozos Barrenados	92
-	Pozos Perforados	95
3.4.1.2	Diseño de Pozos	96
-	Sección Entubada	97
-	Sección de Admisión	98

Indice (3)	Página
3.4.1.3 Construcción del Pozo	111
- Perforación	112
- Instalación del Entubado	119
- Refuerzo del Entubado	122
- Alineación del Pozo	124
- Instalación de la Rejilla	127
- Puntas de Pozo	133
- Pozos Empacados Artificialmente con Grava	133
- Operación de Pesca	134
3.4.1.4 Terminación del Pozo	137
- Desarrollo	137
- Desinfección del Pozo	143
3.4.1.5 Conservación y Rehabilitación de Pozos	145
3.4.1.6 Protección Sanitaria de los Depósitos de Agua del Subsuelo	149
- Localización de los Pozos	153
- Sellado de Pozos Abandonados	155
3.4.1.7 Medidas Sanitarias Recomendadas para la - Protección de Pozos de Abastecimiento de Agua	156
- Protección Sanitaria de Pozos Perforados	156
- Protección Sanitaria de Pozos Hincados	158
- Protección Sanitaria de Pozos Excavados	160
- Mejoramiento de Pozos Existentes	162
3.4.2 Manantiales	165
- Tipos de Afloramiento	168
- Clasificación de las Estructuras de Captación	171
- Medidas Sanitarias Recomendadas en la Captación de Aguas de Manantiales	177
3.4.3 Galerías Filtrantes	178
- Características de Diseño	179

- Procedimiento para Determinar la Longitud Necesaria de Galería para el Gasto de Diseño	180
- Medidas Sanitarias Recomendadas en la Captación de Aguas Subterráneas por medio de Galerías Filtrantes	186
4. CAPTACION SANITARIA DE AGUAS METEORICAS	190
4.1 Elementos de Hidrología	190
4.1.1 Nociones de Meteorología	190
4.1.2 Tipos de Precipitación	193
4.2 Estructuras y Equipos de Captación	196
4.2.1 Antecedentes	196
4.2.2 Consideraciones Generales en la Planeación y Construcción de las Obras de Captación	198
4.2.3 Caída de Agua	198
4.2.4 Cisternas	199
4.2.5 Estanques	202
5. LEGISLACION REFERENTE AL CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA	208
5.1 Antecedentes	208
5.2 Políticas Adoptadas en México	209
5.2.1 Introducción	210
5.2.2 Estrategias Actuales	210
5.3 Legislación y Normas en Materia de Aguas	211
5.3.1 Reglamento Federal sobre Obras de Provisión de Agua Potable	213
5.3.2 Ley Federal de Protección al Ambiente	214
5.3.3 Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas	216
5.3.4 Ley Federal de Aguas	217
5.3.5 Comentarios Generales sobre la Legislación en Materia de Aguas	218

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	222
6.1	Conclusiones	222
6.2	Recomendaciones	225
BIBLIOGRAFIA		228

I N T R O D U C C I O N

El agua es uno de los elementos indispensables para el desarrollo individual y social del hombre. A pesar de ser considerado un recurso renovable, cada vez es más difícil obtenerlo con la calidad adecuada y cantidad suficiente para satisfacer la demanda de las concentraciones humanas, - que cada vez aumentan y diversifican más sus actividades. Muchas de estas actividades directa o indirectamente contribuyen a degradar la calidad del agua de las corrientes y de depósitos naturales, inclusive la de las aguas subterráneas que en conjunto constituyen las principales fuentes de abastecimiento de este preciado líquido. Por esta razón, es necesario proteger las fuentes de abastecimiento y evitar así su contaminación, ya que a medida que pasa el tiempo resulta mas costoso y complicado su tratamiento para darle la calidad requerida en sus distintos usos, principalmente para el consumo humano.

Actualmente existe una política que favorecerá la conservación de los recursos naturales; ésta descansa a su vez en normas, leyes y otros ordenamientos que regulan el manejo del agua y la protegen de ser contaminada. Para que los objetivos de esta política se cumplan, es necesario disponer de una serie de medidas jurídicas, administrativas, económicas, técnicas y sociales. Las medidas técnicas son la respuesta que proporciona la ingeniería para evitar y controlar físicamente el avance de la contaminación de las aguas.

Los capítulos que constituyen este trabajo, tratan acerca de las obras de la ingeniería civil, destinadas a la captación sanitaria del agua, es decir, de las medidas técnicas que se pueden aplicar para evitar la contaminación del recurso. Sin embargo, las medidas jurídicas son tan importantes como las técnicas y por eso se incluyen en este trabajo los ordenamientos legales más importantes que tienen que ver con el manejo y la protección de las aguas.

Para los efectos de una secuencia ordenada de los tópicos presentados, el trabajo se divide en seis capítulos:

En el primer capítulo se incluye la descripción del ciclo hidrológico, que al estudiarlo y cobrar conocimiento del movimiento de las aguas y de sus mecanismos impulsores, se comprenderá en forma más completa el problema de la contaminación de este recurso y las consecuencias de provocarle un daño irreversible.

En el segundo capítulo se describen las estructuras de captación de aguas superficiales más comunes, ya sea en ríos, lagos, lagunas, presas y pequeños embalses.

También se incluye información acerca del diseño, la construcción y el funcionamiento de los desarenadores que son estructuras muy empleadas en este tipo de captación. En la descripción de las estructuras y equipos se ofrece información acerca del diseño, el proceso constructivo y el funcionamiento de las partes que las integran, así como una serie de medidas sanitarias destinadas a mejorar las condiciones de captación del agua.

En el capítulo tercero se presentan las estructuras más representativas para captar las aguas subterráneas, como son los pozos cavados, los pozos profundos, los manantiales y las galerías filtrantes. También se ha incluido información sobre los estudios previos necesarios, el diseño, la construcción y el mantenimiento, así como una serie de medidas para mantener las condiciones sanitarias en las obras de captación.

El capítulo cuarto, trata sobre las estructuras de captación de aguas meteóricas, que sin ser una fuente de abastecimiento muy utilizada directamente, ha venido cobrando --

día con día más importancia, principalmente en los centros de población que no han sido beneficiados con el suministro de agua de otras fuentes normalmente de mayor caudal. En México, su uso se ha incrementado sobre todo en zonas rurales, beneficiando significativamente las actividades agrícolas y ganaderas de esas poblaciones.

En el capítulo quinto se habla de la legislación que existe sobre el agua y del problema de la contaminación. Se presenta un resumen de las leyes y reglamentos más significativos que existen en México, tratando de explicar su influencia sobre el problema de la contaminación. También se han incluido comentarios generales sobre la eficacia y vigencia de los ordenamientos.

En el capítulo sexto, se presentan las conclusiones a las que se llegó en el transcurso de este trabajo, además de algunas recomendaciones que pretenden mejorar los aspectos legales del problema de la contaminación del agua, pues a pesar de existir una buena cantidad de leyes y reglamentos sobre el tema, se vislumbra la posibilidad de que éstos sean mejorados. En cuanto a las recomendaciones para mejorar las condiciones sanitarias de captación de las aguas superficiales, subterráneas y meteóricas, éstas son el resultado del estudio y del análisis de distintas publicaciones - que se incluyen en la bibliografía de este trabajo, de ellas, unas son de común práctica y otras no se tiene conocimiento de su aplicación.

Por último, es necesario mencionar que si se investiga con detenimiento la larga lista de publicaciones en el campo de la Ingeniería Sanitaria, se observa que hay cierto grupo de

tópicos de los que se han escrito en forma extensa, pero en cambio existen temas de interés práctico, de los cuales apenas se encuentra mención o referencia alguna, como en el caso de soluciones sencillas y económicas, a las que es necesario prestarles mayor atención, principalmente para beneficio de las comunidades rurales. Por ejemplo, en el caso de la captación de aguas meteóricas, es notable la escasez de información, que aunque no es una fuente de abastecimiento usual, si exige que se le estudie y se le concedan mayores oportunidades para beneficiar a la sociedad.

C A P I T U L O I

CLASIFICACION DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO

1. CLASIFICACION DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO

1.1 Antecedentes

Uno de los principales objetivos de este trabajo es el de explicar las formas más adecuadas para proteger de posible contaminación a las diversas fuentes de abastecimiento, al mismo tiempo que éstas son utilizadas. El conocimiento del ciclo hidrológico es básico para poder entender los mecanismos de propagación de la contaminación, por lo que a continuación se presenta una breve descripción de este ciclo, el cual se representa en la figura número 1.1.

El papel del ciclo hidrológico es vital en la renovación constante del agua, origina las fuentes de abastecimiento y las mantiene mas o menos constantes. En el ciclo intervienen la energía solar, la energía eólica y la fuerza de gravedad, que son los elementos naturales básicos que aseguran que ocurra ininterrumpidamente. El calor actúa sobre el agua de los océanos y depósitos superficiales, la evapora formándose nubes que son impulsadas por los vientos rumbo a los continentes hasta que chocan contra masas de aire frío, ocasionando la condensación y la precipitación pluvial, ya sea como lluvia, nieve o granizo. De esta precipitación parte cae directamente a los lagos, los embalses y las lagunas, y otra parte, cae sobre la tierra; de esta última la vegetación toma una porción, algo de ella se evapora y otra parte escurre hacia los océanos por medio de los ríos, el resto penetra en la tierra y forma la llamada agua subterránea. El agua que toman los seres vivos no se pierde, ya que retorna a la atmósfera por evapotranspiración o por descomposición a la muerte de éstos, por lo que teóricamente se puede afirmar que el volumen de aguas en sus tres estados físicos, es prácticamente el mismo desde que -

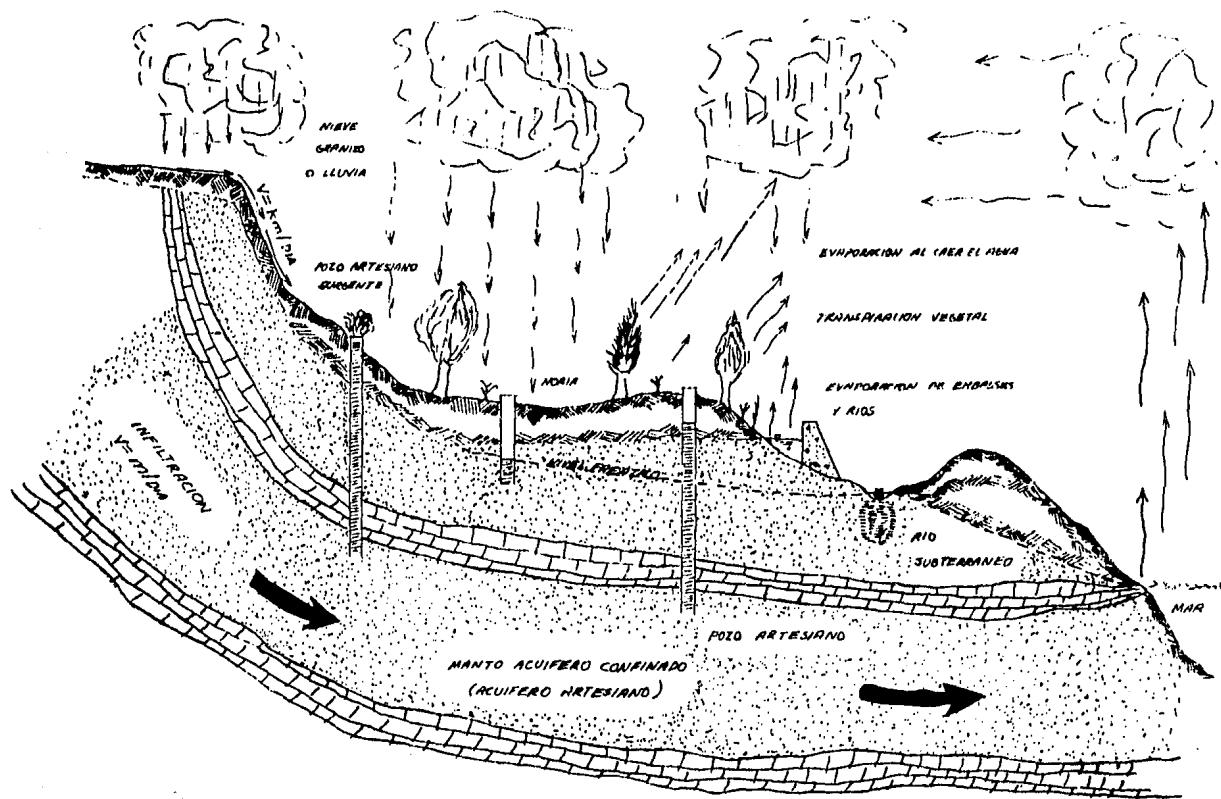


Fig. 1.1 EL CICLO HIDROLOGICO

en la tierra ha tenido lugar el ciclo hidrológico.

El gran movimiento de las aguas en los ríos, en los océanos y en los depósitos superficiales y subterráneos permiten entender la existencia de una gran diversidad de elementos mezclados en ellas, modificando sus características físicas, químicas y bacteriológicas naturales. El agua condensada en la atmósfera que se precipita a la tierra, el agua de corrientes y depósitos superficiales y las aguas de pozos y manantiales han llegado a esos sitios siguiendo determinadas trayectorias a través de las cuales se fueron modificando las características originales, por lo que si se hace un análisis de una muestra de estas aguas, se tendrá una idea de la fuente de su procedencia, ya que existen características físicas, químicas y bacteriológicas asociadas a cada una de las fuentes, así por ejemplo, por lo general las aguas de origen subterráneo tienden a una mayor concentración de iones metálicos, debido al desgaste de las rocas bajo la superficie, que en muchos casos están compuestas por diversos materiales. Sin embargo, el agua pluvial tendrá por lo regular poca concentración de estos iones.

1.2 Descripción General de las Fuentes de Abastecimiento

Las fuentes aprovechables de agua, surgen y se renuevan en el transcurso del ciclo hidrológico, por lo que éstas se han clasificado según el sitio que ocupen las aguas y su forma de captación. Esta clasificación representa a las fuentes de aprovechamiento de agua más concurridas por el hombre, y que se presenta a continuación:

1.2.1 Aguas Meteoricas (lluvia y nieve)

El vapor de agua condensado en nubes o precipitado en forma de lluvia o nieve, es prácticamente puro en las grandes altitudes, a medida que caen la lluvia o la nieve adquieren bacterias y esporas vegetales, así como partículas y gases que

se encuentran suspendidos y disueltos en el aire. Generalmente la cantidad de esas impurezas es pequeña.

La lluvia y la nieve que caen en el campo, normalmente son más limpias que las que caen en las ciudades, debido a que en estas últimas ocurre una gran acumulación de contaminantes que no es posible controlar y eliminar en forma eficaz. En cambio, en el campo es difícil que se acumulen contaminantes en volúmenes peligrosos, además existe otra razón que es la baja densidad demográfica y por consiguiente poca actividad humana que ocasione degradación al medio ambiente.

El 0.0010% del volumen total de aguas del planeta, es decir, unos 14,000 km³, corresponden al vapor atmosférico o nubes (1), que al precipitarse como lluvia, granizo o nieve, se recolectan mediante estructuras especiales.

Cada una de las regiones del país y del planeta se ven afectadas por un determinado volumen de aguas meteóricas y por la distribución de la temporada de lluvias o de nevadas en el año.

Estos dos factores van a determinar el volumen de aguas que puede ser captado de esta fuente de aprovechamiento, ya que éste depende de la capacidad de las estructuras de captación que a su vez está en función de la distribución de la precipitación.

El agua meteórica está saturada de oxígeno, es insípida y un poco corrosiva. En sitios donde se emplea en el consumo

(1) Ing. Ernesto Murguía Vaca - Contaminación de Aguas. 1981. México. UNAM. pág. 14.

doméstico su calidad depende de la limpieza de la zona de recolección y de los sistemas de almacenamiento y distribución.

1.2.2 Aguas Superficiales.

Es la parte de la lluvia que al caer sobre la tierra escurre hacia los océanos, a las corrientes de agua, a las lagunas o a los lagos. La calidad del agua tomada de una fuente superficial depende del carácter y el área de la cuenca, de su -- geología y topografía, de la extensión y la naturaleza de -- los asentamientos humanos. Respecto a su distribución en la República Mexicana en 1975, la entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos, investigó el aprovechamiento de los recur-- sos hidráulicos de México, y calculó que el escurrimiento total ascendía a unos 357,535 millones de m³ anuales, que co-- rresponden en promedio a un volumen de 181,748 m³ por kilóme-- tro cuadrado. (2). Las aguas superficiales se localizan en:

A) Corrientes de Agua.- Su formación es debida a los escu-- rrimientos producidos por precipitaciones directas que han -- escurrido sobre la superficie de la tierra, al rebosamiento de lagos y pantanos y a la filtración del agua a través de -- la tierra de las regiones montañosas hacia las tierras bajas y valles. Durante los períodos de grandes precipitaciones, -- de nieve fundida y de inundaciones, el caudal de las corrien-- tes consta principalmente de aguas de superficie lodosas y -- con un alto contenido de bacterias. En época de sequía, el agua de las corrientes contiene una proporción relativamente grande de agua del subsuelo, por lo que es más dura que en --

(2) Ing. Ernesto Murgia Vaca, Op. cit., pág. 15

otras temporadas. Las corrientes sujetas a contaminación - por las actividades humanas pueden volverse sumamente defec- tuosas debido a la sobrecarga con materia orgánica. Los mi- nerales solubles de las corrientes, proceden no solo de los escurrimientos que absorben estas substancias en la superfi- cie del suelo, sino también de la disolución en el agua sub- terránea de estos minerales durante la percolación a través de la tierra.

Desde el punto de vista sanitario la contaminación provocada por el hombre y sus actividades es la más significativa en - regiones poco pobladas, la contaminación humana es relativa- mente indirecta, incidental o accidental, en cambio en regio- nes pobladas la contaminación es directa por contacto con - - aguas residuales y desechos industriales.

B) Lagunas y Lagos Naturales.- El agua que constituye esta fuente de abastecimiento, proviene de corrientes tributarias. En estos sitios de aguas relativamente quietas- los notables cambios en la calidad se deben a las fuerzas de autopurifica- ción, el grado y el carácter de estos cambios dependen del - volumen del cuerpo de agua, en relación con su área de drena- je, de su forma y de las corrientes de aire.

Un largo almacenamiento permite la sedimentación de la mate- ria en suspensión, la aclaración del color y la remoción de bacterias, por lo que las aguas almacenadas son generalmente de calidad mucho más uniforme que las aguas tomadas directa- mente de las corrientes, a menos que las lagunas y lagos re- cibán agua contaminada de las corrientes tributarias y carez- can de corrientes de salida, lo que provocaría la constante acumulación de substancias contaminantes. Normalmente el - - agua de mejor calidad se encontrará a una profundidad media,

pues el agua de la parte superior es propensa a desarrollar algas, el agua del fondo puede tener un alto contenido de -- dióxido de carbono, hierro, manganeso y a veces sulfuro de - hidrógeno, que no son recomendables en las fuentes de abastecimiento.

1.2.3 Aguas Subterráneas.

Es la parte de la lluvia que se infiltra en el suelo; al ocurrir esto, el agua se pone en contacto con sustancias orgánicas e inorgánicas, algunas de las cuales se disuelven. -- Otras sustancias como las que causan la alcalinidad y la dureza son solubles en agua que contiene dióxido de carbono absorbido del aire o de la materia orgánica en descomposición. Esta agua, exenta de oxígeno y con un alto contenido de dióxido de carbono, disuelve el hierro y el manganeso del suelo, situación que favorece el desarrollo de bacterias crenothrix y otros organismos similares en los depósitos de agua subterránea almacenada.

Aunque las bacterias y otros organismos vivientes en la superficie de la tierra pueden ser transportados por la lluvia. al filtrarse en el subsuelo, dá por resultado la separación - de estos organismos excepto cuando las rocas están agrietadas cerca de la superficie, como ocurre con las piedras calizas, dando como resultado que la contaminación pueda recorrer grandes distancias.

Generalmente las aguas subterráneas son claras, frías, sin color y mas duras que las aguas superficiales de la región en la cual se encuentran. Con respecto a las bacterias, las - aguas subterráneas contienen una menor concentración de ellas,

que las que tienen las aguas superficiales, salvo en los lugares donde existe contaminación subterránea. Aunque las variaciones en la extracción pueden provocar cambios en la calidad del agua, las aguas subterráneas son generalmente de calidad uniforme.

El volumen de aguas subterráneas en el planeta, es de 60 millones de Km³, de los que se explotan tan solo un 6.7% (3), es decir, unos 4 millones de Km³. En México, el volumen total explotable estimado, es de 255 Km³ anuales, de los que son aprovechables solamente 28 Km³ anuales aproximadamente. Esta cantidad depende de la zona y de la profundidad promedio de los pozos de explotación. Hay que considerar que no en todos los sitios se puede extraer el agua subterránea, ya que hay que respetar las restricciones para mantener el equilibrio entre la cantidad llovida y la infiltrada, previniendo con ésto una sobre explotación.

1.2.4 Normas de Calidad para el Agua Potable.

Para determinar si una fuente de agua puede utilizarse como abastecimiento de agua, aparte de estar disponible en cantidad suficiente, deben de efectuarse una serie de pruebas y análisis para determinar su calidad física, química y bacteriológica. La frecuencia de los exámenes depende del tipo de fuente de que se trate. Para aguas superficiales, es necesario un gran número de muestras durante el año, pues se deben de tomar en cuenta los posibles fenómenos que puedan afectar la calidad del agua. Para el agua subterránea, se considera que es necesario efectuar de dos a cuatro pruebas al año, pues su variación de calidad es lenta y poco marcada. Los métodos empleados para el examen y análisis del agua

(3) Ing. Ernesto Murguía Vaca, op. cit. pág. 15

deben ser recomendados por la Secretaría de Salubridad y -- Asistencia, actualmente Secretaría de Salud, o los recomendados por organismos internacionales como la Organización - Mundial de la Salud (OMS).

La tabla número 1 enmarca los caracteres físicos, químicos y bacteriológicos que debe satisfacer el agua potable para consumo humano.

TABLA 1

FISICOS:

Turbiedad máxima: 10 (escala de Sílice).

PH de 6.0 a 8.0.

Inodora

Sabor Agradable.

Color máximo: 20 U (escala platino-cobalto)

QUIMICOS:

Miligramos por
litro o P.P.M.

Nitrógeno (n) amoniacal hasta	0.50
Nitrógeno (n) protéico hasta	0.10
Nitrógeno (n) de nitritos (con análisis bacteriológico aceptable) hasta	0.05
Nitrógeno (n) de nitratos hasta	5.00
Oxígeno (o) consumido en medio ácido hasta	3.00
Sólidos totales de preferencia hasta 500, pero tolerándose hasta	1000
Alcalinidad total, expresada en CaCO_3 , hasta	400
Dureza total expresada en CaCO_3 , hasta	300

Dureza permanente o de no carbonatos, expresada en CaCO_3 en aguas naturales, hasta	150
Cloruros expresados en Cl^- , hasta	250
Sulfatos expresados en SO_4 , hasta	250
Magnesio expresado en Mg , hasta	125
Zinc expresado en Zn , hasta	15.00
Cobre expresado en Cu , hasta	3.00
Fluoruros expresados en F^- , hasta	1.50
Fierro y Manganeso expresado en Fe y Mn , hasta ..	0.30
Plomo expresado en Pb , hasta	0.10
Arsénico expresado como As , hasta	0.05
Selenio expresado como Se , hasta	0.05
Cromo hexavalente expresado en Cr , hasta	0.05
Compuestos fenólicos expresados en Fenol, hasta	0.001
Cloro libre en aguas cloradas, no menos de	0.20
Cloro libre en aguas sobrecloradas, no menos de 0.20 ni más de	1.0

BACTERIOLOGICOS:

El agua potable estará libre de gérmenes patógenos procedentes de contaminación fecal humana. Se considera que el agua está libre de estos gérmenes patógenos, cuando la investigación bacteriológica da como resultado final:

A) Menos de 20 organismos de los grupos Coli y Coliformes por litro de muestras, definiéndose como organismos de estos grupos todos los bacilios aerobios o anaerobios facultativos, no esporógenos, Gram-negativos, que fermentan al caldo lactoso con formación de gas.

B) Menos de 200 colonias bacterianas por mililitro de muestra, en la placa de agar incubada a 37°C por 24 horas.

C) Ausencia de colonias bacterianas licuantes de la gelatina, cromógenas o fétidas, en la siembra de un mililitro de muestra en gelatina incubada a 20°C por 48 horas.

Muestreo:

Para evaluar el grado de contaminación de un cuerpo de agua, se lleva al cabo la comparación de ciertos contenidos o propiedades respecto al agua pura; estos contenidos y propiedades se conocen a través de los análisis que se practican a un pequeño volumen de agua que representa el total de la fuente de donde se toma.

A este pequeño volumen se le llama muestra y debe ser lo más parecida a la de donde proviene. El muestreo se debe practicar periódicamente, como se señala en la Tabla No. 2, la cual abarca hasta una población servida de tres millones de habitantes:

TABLA 2

<u>Población servida</u>	<u>Número mínimo de pruebas - mensuales</u>
2,500 o menos	1
10,000 "	7
25,000 "	25
100,000 "	100
1'000,000 "	300
2'000,000 "	390
3'000,000 "	450

C A P I T U L O I I

CAPTACION SANITARIA DE AGUAS SUPERFICIALES

2.- CAPTACION DE AGUAS SUPERFICIALES

2.1 Antecedentes.

En general la captación de las aguas superficiales se reduce a las aguas de las corrientes, ríos y arroyos, o -- cuerpos de agua ya sean éstos naturales, como lagos y lagunas o artificiales como las presas. Normalmente las aguas de los ríos requieren un tratamiento más completo en comparación con las aguas subterráneas, sobre todo en los cursos de agua de carácter torrencial donde los estiajes son considerables.

La turbiedad, el contenido mineral y en general la calidad del agua varía a lo largo del año. También la temperatura es variable, contribuyendo a la reducción de la calidad del agua especialmente en los meses calurosos del año donde se reduce el oxígeno disuelto. Aunque no siempre sucede así generalmente las aguas superficiales se -- prefieren solamente cuando no es posible obtener agua de otras fuentes de mejor calidad. Por otro lado, en la mayoría de las veces las obras de toma superficiales suelen ser menos costosas que las obras de toma subterráneas, -- como se hará notar más adelante. En relación a los volúmenes disponibles que se pueden captar, en México gran -- parte de los ríos tienen instalaciones que miden las variaciones de nivel continuamente con limnógrafos, o bien en forma discontinua por medio de escalas. Con éstos datos se pueden estimar los caudales disponibles en todas -- las épocas y proyectar adecuadamente las obras de toma para que capturen con seguridad el gasto requerido durante todas las épocas del año.

2.2 Calidad de las Aguas Superficiales.

Los lagos generalmente proporcionan agua de buena calidad--excepto en sus márgenes, las cuales están más expuestas a la contaminación tanto natural como la provocada por el -- hombre. Las aguas de los lagos como las de otros cuerpos-- de aguas cerrados, tienen poco movimiento lo que facilita la sedimentación de sólidos en suspensión lo cual hace que la turbidez disminuya, así como el tratamiento para su clarificación. Generalmente las aguas de los lagos son razonablemente uniformes en cuanto a su calidad, sin embargo -- es importante escoger con gran cuidado el punto donde se -- situará la toma para que las aguas lleguen a la planta de tratamiento con el mínimo de contaminación posible.

A causa de los estiajes tan marcados en los ríos de México es recomendable la construcción de pequeños vasos o represas donde se produzca la sedimentación de sólidos y obtener así aguas de mejor calidad.

2.3 Problemática de los Abastecimientos de Aguas Superficiales.

Los diversos problemas que surgen al proyectar una obra de captación de agua de cursos superficiales son básicamente -- la erosión y la sedimentación.

A continuación se hace una breve descripción de la acción-- del agua fluvial sobre los elementos que están en contacto con la misma.

Erosión.

Es la acción conjunta de los siguientes procesos :

a) Acción hidráulica.- Es debida a la energía del agua --

por la cual ésta es lanzada contra las irregularidades del lecho o cause.

- b) Abrasión.- Es el desgaste mecánico debido al roce entre sí y contra el lecho de los fragmentos de roca -- transportados por el agua.
- c) Corrosión.- Es la acción disolvente del agua.
- d) Transporte.- Es la remoción o arrastre de los materiales provenientes de los anteriores procesos.

Debido a la constante ocurrencia de los fenómenos anteriores, cualquier obstáculo que se interponga al curso del río (en este caso, una estructura de captación), sufrirá las consecuencias de la erosión.

En cuanto a la corrosión y abrasión éstos procesos se pueden disminuir al seleccionar los materiales de construcción adecuados. Al emplear concreto de buena calidad y -- proteger debidamente el acero se reducen los problemas de esta índole a menos de que existan velocidades muy altas -- y aguas muy corrosivas.

La acción hidráulica del agua sobre la estructura ocasiona problemas de estabilidad, sus efectos se pueden cuantificar empleando ecuaciones tales como la de la cantidad de -- movimiento y la del empuje dinámico sobre cuerpos sumergidos.

Para contrarrestar la acción hidráulica actuante sobre las inmediaciones de los cimientos de la estructura se tendrá que disminuir la velocidad del flujo por debajo de los límites de la velocidad de arrastre, o también protegiendo -- las superficies de contacto mediante un zampeado o empedrado.

En cuanto al proceso de transporte de materiales por el agua, se derivan complejos problemas que afectan la durabilidad y estabilidad de la estructura y por supuesto su funcionamiento. La capacidad de transporte o carga máxima -- que puede transportar un río, guarda un equilibrio muy pre

cario con la velocidad de la corriente, pues puede alcanzar hasta la quinta potencia de ésta, por ejemplo al doblar la velocidad, se aumenta su capacidad hasta treinta y dos veces.

La competencia o volumen de los fragmentos más grandes que el río puede empujar, rodar o arrastrar, llega a variar hasta la sexta potencia de la velocidad, es decir que si ésta aumenta al doble, la competencia del río puede aumentar hasta sesenta y cuatro veces. Durante las crecidas el aumento de velocidad provoca el aumento desproporcionado de la competencia y de la capacidad del río, ocasionando con esto el transporte de gran cantidad de partículas en suspensión y de los fragmentos de tamaño y de peso considerable.

Bajo estas condiciones se presenta como un apreciable peligro para la estructura, el impacto de los fragmentos lanzados contra ella. Hay que evaluar la magnitud de los impactos contra la estructura ya que producen esfuerzos que podrían poner en peligro a ésta. En épocas de estiaje el río acumula en sus partes bajas cantos rodados, troncos y basura en cantidades impresionantes, y cuando el caudal y la velocidad aumenten debido a las lluvias torrenciales se arrastrarán en forma suelta o en conglomerados semicompactos.

Esto se ve frecuentemente en los ríos que descienden de las montañas, en los que la relación entre el gasto mínimo y el de crecida puede llegar hasta uno a quinientos.

Para poder calcular la fuerza del impacto se puede emplear la ecuación de la energía debida al impacto, pero siempre y cuando se conozca la masa del material y la velocidad con que viaja.

Para conocer éstos datos en forma precisa es necesario lle

var registro y realizar estudios específicos durante varios años. La velocidad de los materiales de arrastre difieren en muchas ocasiones de la velocidad del flujo, además la cantidad de materiales arrastrados puede tener una influencia apreciable sobre la velocidad de la corriente que hace sumamente difícil una estimación confiable de la desaceleración de la masa arrastrada en el momento del impacto con la estructura. De cualquier modo se puede contrarrestar en la medida de lo posible los esfuerzos producidos por el impacto de materiales arrastrados sobre las estructuras de captación, con algunas de las siguientes recomendaciones de construcción :

- 1.- La estructura de captación debe ofrecer el menor obstáculo posible al paso de las aguas y del material de arrastre,
- 2.- El anclaje de la estructura deberá ser absolutamente seguro tanto en el fondo como en las paredes del lecho, para ofrecer una resistencia por encima de las condiciones normales de trabajo; además debido a la inexactitud en la determinación de las cargas que actuarán sobre la estructura se debe tener un amplio coeficiente de seguridad de resistencia estructural, de volcamiento y de deslizamiento.

Sedimentación,

La disminución excesiva del caudal y de la velocidad puede presentar inconvenientes en el arrastre de los materiales del cauce, pues con la pérdida rápida de la capacidad de transporte ocurre una sedimentación inmediata, comenzando con el material más pesado y de mayor volumen y esto será más visible en los sitios en que la sección trans

versal del río es mayor y por consiguiente se reduce la velocidad por debajo del valor promedio de la misma.

Los dique-toma determinan forzosamente un aumento en la sección transversal del cauce del río y constituyen por este motivo un sitio obligado para el depósito de sedimentos aún durante la época del caudal mínimo, es por eso -- que este tipo de obras tienen dos grandes inconvenientes -- en cuanto a la pérdida de la capacidad y competencia del río,

El primero se presenta inmediatamente después de crecidas repentinas pues el dique es un obstáculo al paso de los cantos rodados y material pesado de arrastre, y ocurrirá una gran sedimentación de esos materiales a menos que aguas arriba existan obstáculos naturales tales como caídas, ensanchamientos del cauce, cambios de dirección y otros. El segundo inconveniente es permanente y consiste en la constante sedimentación de partículas finas en suspensión, ocasionado por el inevitable aumento de la sección transversal del río con la consiguiente reducción de la velocidad del agua. Para evitar la sedimentación se puede prever lo siguiente :

- 1.- La estructura de captación se ubicará en sitios en -- que el terreno presente menor problema de erosión, es decir que sea estable.
- 2.- Los dispositivos de toma se deben diseñar de tal modo que se asegure la captación del gasto requerido aún -- en el caso extremo de que el material sedimentado lle -- ne el cauce hasta la altura misma del dique.
- 3.- Se deberán prever amplias facilidades para la remo -- ción del material sedimentado y el mantenimiento de -- las estructuras.

2.4 Métodos de captación de las Aguas Superficiales.

Ya se han definido en los párrafos anteriores los problemas relacionados con la acción del agua fluvial sobre los elementos de contacto de las estructuras, ahora se procederá a exponer y discutir los diferentes métodos de captación.

Antes de proseguir es conveniente definir el término obras de captación. Es el conjunto de estructuras y dispositivos que permiten la toma de un volumen de agua en la unidad de tiempo ya sea por gravedad o por bombeo.

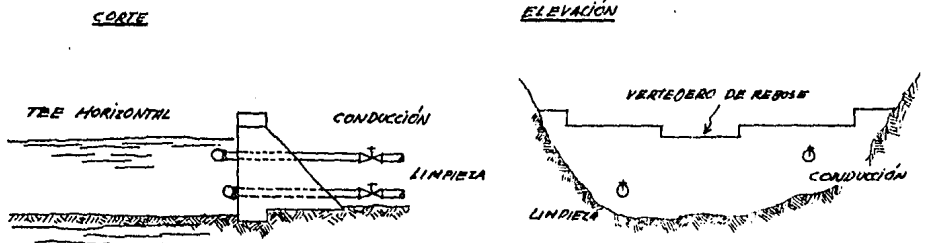
Por ejemplo un dique-toma no importando su costo en comparación con los otros componentes de las obras de captación, es solamente una estructura complementaria que cumple la función de represar las aguas de un río para asegurar una carga hidráulica suficiente para la entrada de una cantidad predeterminada de agua en el sistema a través de un dispositivo de captación.

Dicho dispositivo puede ser un tubo, un canal, una galería filtrante, la pichanca de una bomba, etc., y representa a aquella parte vital de las obras de toma que asegura bajo cualquier condición de régimen la captación de las aguas en la cantidad y calidad previstas. Mientras que los requisitos primordiales de un dique son la estabilidad y la durabilidad el mérito principal de los dispositivos de captación radica en su buen funcionamiento.

Para efectos de una descripción ordenada, los métodos de captación se han clasificado en la siguiente forma:

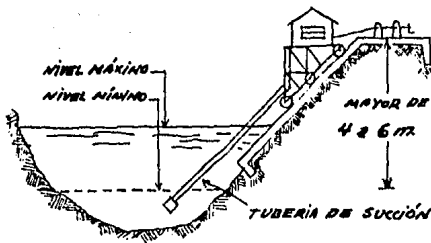
- a) Captación directa por gravedad o por bombeo.- El dispositivo de captación consiste en un tubo o la pichanca de una bomba instalada en tierra firme o sobre plataforma móvil. (Fig 2.1a y 2.1b).

Fig. 2.1a

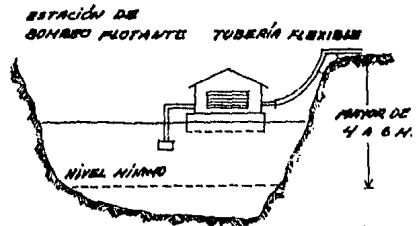


DIQUE-TONA Y CAPTACIÓN DIRECTA
POR MEDIO DE UNA TEE HORIZONTAL.

Fig 2.1 b



CAPTACIÓN DIRECTA EMPLEANDO
BOMBAS EN ESTACIÓN FIJA.



CAPTACIÓN DIRECTA CON BOMBAS
INSTALADAS EN ESTACIÓN FLOTANTE.

- b) Captación por medio de tanque lateral.- Las aguas represadas por un dique entran en el sistema a través de un vertedero colocado paralelamente a la dirección de la corriente. (Fig. 2.2)
- c) Captación por medio del tanque central.- Se ubica por debajo del vertedero de rebose del dique, perpendicular a la dirección de la corriente. (Fig. 2.3)
- d) Captación por medio de torre de toma.- Su empleo se reduce a ríos caudalosos y embalses de cierta importancia, se requiere de estudios detenidos para cada caso, y son estructuras costosas.
- e) Estructuras especiales para la captación de manantiales.- Si bien las aguas de éste tipo se consideran subterráneas, una vez que aflora en la superficie formando cursos y riachuelos, tendrán que ser contadas como tales.
- f) Captación indirecta de las aguas fluviales por medio de pozos y galerías filtrantes.

Estas dos últimas clasificaciones serán vistas con más detalle en el capítulo correspondiente a las aguas subterráneas.

2.4.1 Captación directa de aguas superficiales.

2.4.1.1 Captación directa y conducción por gravedad.

Si las aguas de un curso superficial están relativamente libres de materiales de arrastre, entonces el dispositivo de captación más adecuado y sencillo es un tubo sumergido. La boca de entrada del tubo se orienta de tal modo que no quede enfrente de la dirección de la corriente y además se protege con malla metálica que evita el paso de objetos --

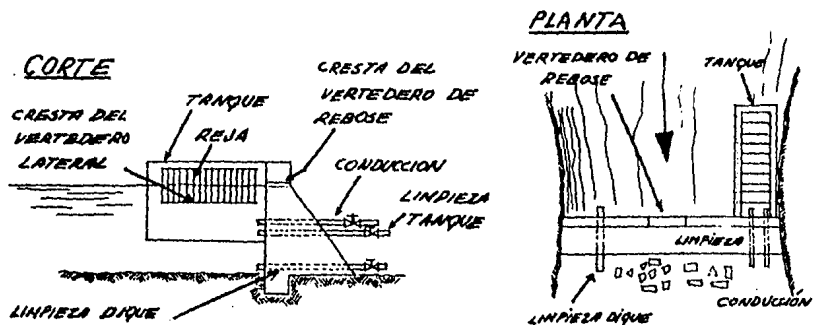


Fig. 2.2 DIQUE-TONA Y CAPTACIÓN POR MEDIO DE TANQUE LATERAL.

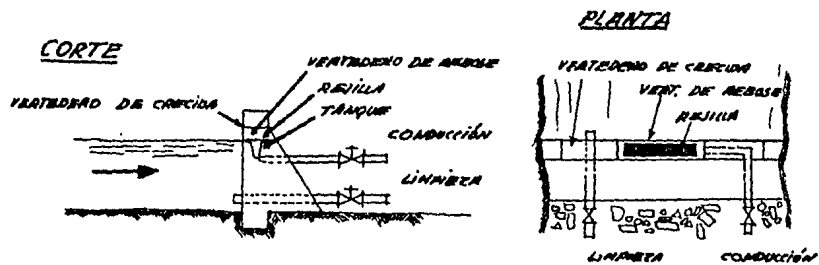


Fig. 2.3 DIQUE-TONA Y CAPTACIÓN POR MEDIO DE TANQUE CENTRAL.

flotantes,

Este dispositivo se coloca a una profundidad tal que asegure la entrada del gasto requerido al sistema. Si la conducción es por gravedad normalmente se emplea un dique para represar las aguas de un río a fin de instalar la tubería de conducción por encima del nivel de la máxima crecida. (Fig. 2,4)

Cuando las aguas no se pueden conducir por gravedad debido a la topografía del terreno entonces el método de captación recomendable es el que incluye el empleo de bombas.

2.4.1.2. Captación directa y conducción por bombeo.

Como ayuda para la selección adecuada del equipo de bombeo conviene analizar las características y el funcionamiento de los distintos tipos de bombas en relación con la captación de las aguas superficiales.

- a) Bomba centrífuga horizontal.- Debido a que la ubicación del equipo de bombeo y el punto de captación pueden ser distintos, éstas bombas tienen la ventaja de que se pueden ubicar en el sitio más conveniente a la estación de bombeo, en relación con los accesos, el suelo firme y a la protección contra inundaciones. Este es el equipo de bombeo de uso más generalizado.
- b) Bombas sumergibles.- El empleo de éstas bombas se reduce casi exclusivamente a pozos profundos. Tienen varias limitaciones entre las que se encuentran que la propulsión se realiza empleando exclusivamente corriente eléctrica como fuente de energía la cual normalmente no se dispone en sitios retirados de los centros de población.

Además requiere de estructuras de cierta importancia-

en el mismo sitio de captación lo que genera problemas de mantenimiento,

- c) Bomba centrífuga vertical del tipo pozo profundo.- La gran desventaja de éste equipo es su costo inicial al to y además presenta la limitación de tener que ubicarse directamente por encima del punto de captación, esto a veces representa grandes problemas constructivos para su fijación y además resultan obras sumamente costosas.
- d) Bombas kapplan tipo hélice,- Tienen la misma dificultad que las bombas centrífugas verticales ya que requieren estructuras de soporte costosas, limitándose su uso a obras que ameriten la construcción de éstas.

Los equipos de bombeo se pueden instalar en una estructura móvil que se desplaza en una plataforma inclinada, en una estructura fija o sobre plataformas flotantes, todo depende de la altura máxima de succión. A continuación se describen éstos tipos de instalación.

Estación de bombeo fija.

Cuando la altura de succión no sobrepasa de cuatro a seis metros a alturas moderadas (S.N.M.) sobre el nivel del mar es cuando se puede ubicar a la estación de bombeo en terreno firme contando con un suelo resistente en un sitio accesible y elevado para evitar inundaciones.

Cuando se trata de ríos pequeños es normal que se representen las aguas por medio de diques para asegurar la profundidad mínima necesaria para la captación del gasto requerido. Cuando el curso del río es lo suficientemente profundo se instala el dispositivo de succión a la profundidad necesaria. En los ríos grandes en ocasiones se presenta una marcada diferencia de la calidad del agua a dis

tintas profundidades, sobre todo durante las crecidas, y es que en éstos casos cuando a la estructura de captación se le provee de un dispositivo adecuado para la selección de la profundidad de captación.

Hay distintas formas de hacerlo y una de ellas es instalando una tubería flexible para la succión y colgando la pichancha en una pequeña balsa como se ilustra en la figura 2.5.

En ocasiones se presentan problemas de anclaje de la balsa y se tiene que recurrir a estructuras fijas y accesibles desde tierra firme. Hay otro dispositivo más sencillo que consiste de una tubería de gran diámetro provista de compuertas a distintas profundidades. Esta se instala sobre soportes siguiendo la inclinación de la orilla y se le introduce el tubo de succión dotado de una pichancha y válvula de retención. Las compuertas que se accionan desde tierra firme, permiten la entrada de agua a la tubería a la profundidad seleccionada de donde se succiona por las bombas a través de la pichancha. Un tapón en el extremo inferior de la tubería de forro facilita el mantenimiento de la misma. El tubo de succión puede removerse hacia arriba para fines de reparación de la pichancha o de la válvula de retención. Cuando no hay suficiente espacio entre la tubería de forro y la caseta, dificultándose el retiro de la tubería de succión, todo el dispositivo se puede ubicar a un lado de la estación de bombeo. (Fig. 2.6)

Estación de bombeo flotante.

Si la diferencia entre los niveles máximo y mínimo de un río es mayor que la altura máxima de succión las aguas no pueden captarse empleando una bomba centrífuga horizontal fija a una cota, y a menos que la importancia de la obra

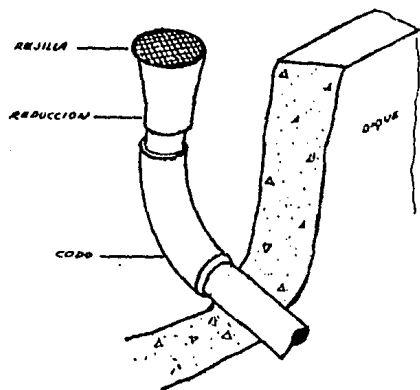
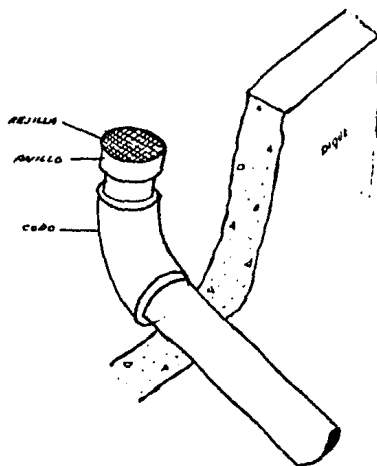
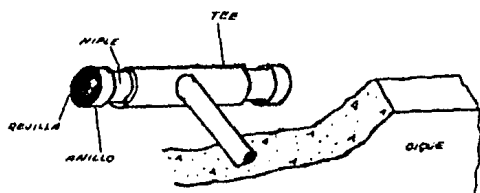


Fig. 2.4

DISEÑO REQUERIDO DE LOS METODOS DE PROTECCION EN LA ENTRADA DEL TUBO DE COMBUSTION.

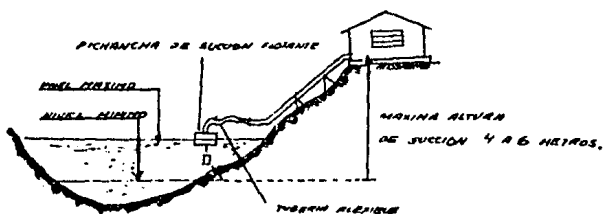


Fig. 2.5 SUCCION DIRECTA POR BOMBAS CON
PICHANCHA DE SUCCION FLOTANTE.

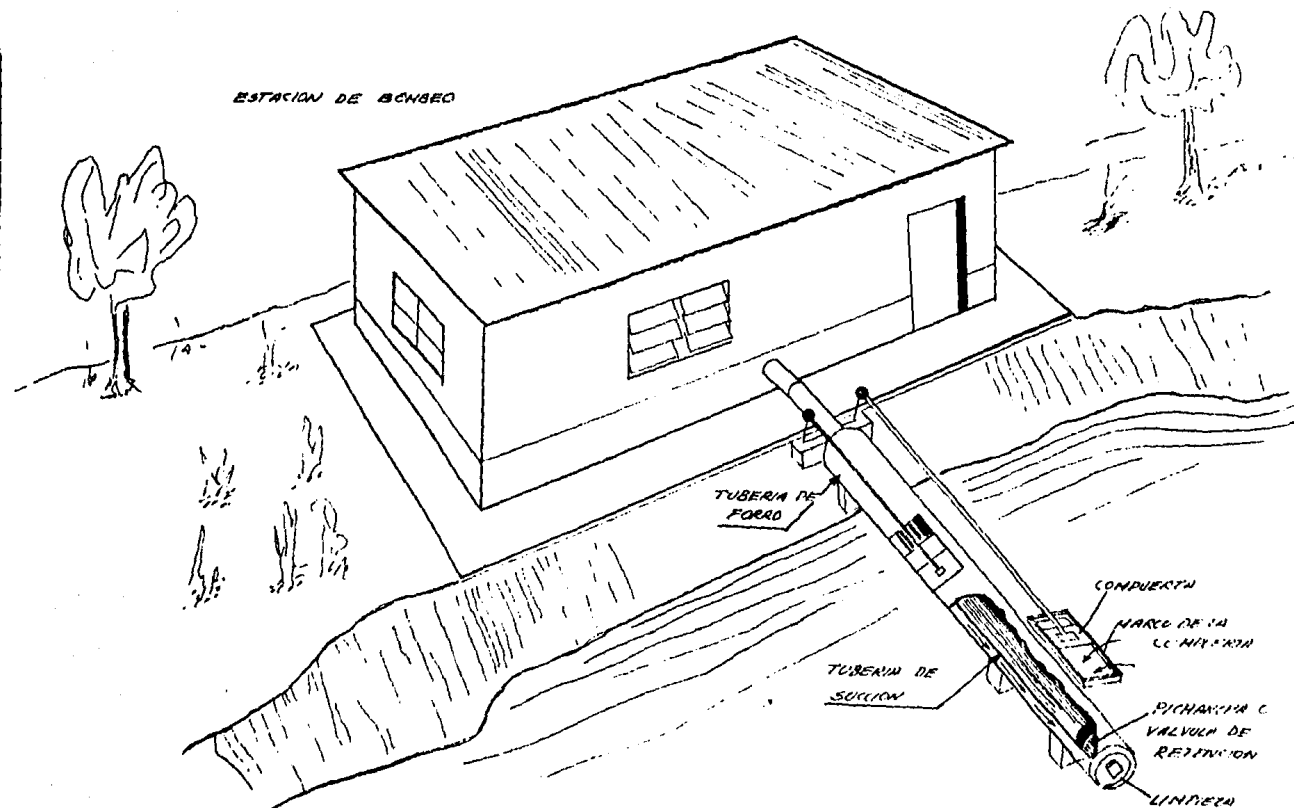


fig. 2.6 Dibujo esquemático de un dispositivo económico de captación a dos niveles distintos. Las compuertas señaladas se abren deslizando en sus respectivos marcos por medio de una varilla accionada desde arriba. La tubería de foro tiene un tapón para facilitar la limpieza. La tubería de succión puede retirarse hacia arriba, por carriles.

justifiquen la construcción de costosas estructuras entonces el método indicado para la captación de éstas aguas es por medio de bombas centrífugas horizontales instaladas sobre plataformas flotantes o balsas.

Las dimensiones de las balsas están en función del tamaño y del peso del equipo de bombeo, es decir que el equipo compuesto: bombas, tanques de combustible, malacates, accesorio y pasillos de circulación, es el que dicta las dimensiones de la balsa. Luego se calcula la sobrecarga fija y móvil y se diseña la estructura de soporte para la misma.

La sobrecarga y peso propio de la estructura determinan el volumen de agua desplazado, es decir el calado necesario para una superficie dada y por consiguiente las dimensiones de los flotadores se obtienen por medio de iteraciones, tomando en cuenta el calado adicional por peso propio de los flotadores y el borde libre necesario. Lo más conveniente para los techos y barandales es fabricarlos como miembros estructurales de la misma balsa, a fin de que el conjunto sea lo más rígido y soporte los esfuerzos a que serán sujetos.

Si para apoyar a los equipos de bombeo sobre la balsa no se usan apoyos elásticos es conveniente tomar en cuenta el efecto de la vibración sobre las juntas y puntos de soldadura, y por tal motivo los miembros estructurales y las plachas se deben soldar con sumo cuidado. Los flotadores se diseñan como compartimientos independientes para evitar el hundimiento en forma tal que la estructura se mantenga a flote a pesar de que se llegara a inundar una tercera parte o la mitad del volumen flotante. Todas las partes metálicas se pintarán con pinturas anticorrosivas, interna y externamente. Las balsas se deberán anclar en tres puntos, dos de los cuales quedarán en tierra firme y el terce

ro en el agua, Las tuberías de succión y de impulsión son flexibles, En las figuras 2,7 y 2,8 se presentan dos balsas construidas con distintos materiales.

Estación de bombeo sobre plataforma móvil.

En algunas ocasiones aparecen problemas cuando se construye una plataforma de bombeo flotante debido principalmente a la presencia de fuertes corrientes, al fondo inestable, a la existencia de orillas del río verticales, con acceso difícil durante el estiaje, al tráfico fluvial intenso, etc.

Además si después de analizar los diferentes equipos de bombeo descritos anteriormente persisten las objeciones contra éstos, se ha ideado un medio adecuado para seguir las variaciones del nivel del río con el equipo de bombeo fijo en tierra firme y sobre una plataforma móvil. La orilla del río casi vertical se excava a un ángulo aproximado de cuarenta y cinco grados y se construye en ella una placa de concreto armado anclándose convenientemente, sobre la que van colocados dos rieles de acero a todo lo largo. El equipo de bombeo consiste de una bomba centrífuga con motor diesel que se instala sobre la plataforma móvil que a su vez rueda sobre los rieles a posiciones predeterminadas. Un malacate facilita el cambio de posiciones de la plataforma. La tubería de succión y de impulsión se instala a ambos costados del equipo, dejando en las posiciones previstas derivaciones para conectar la bomba por medio de mangueras flexibles y una junta universal.

La pichacha de succión ubicada por debajo del nivel mínimo del río se proyecta al agua en forma de voladizo desde la última posición con soporte, quedando la bomba a unos dos-

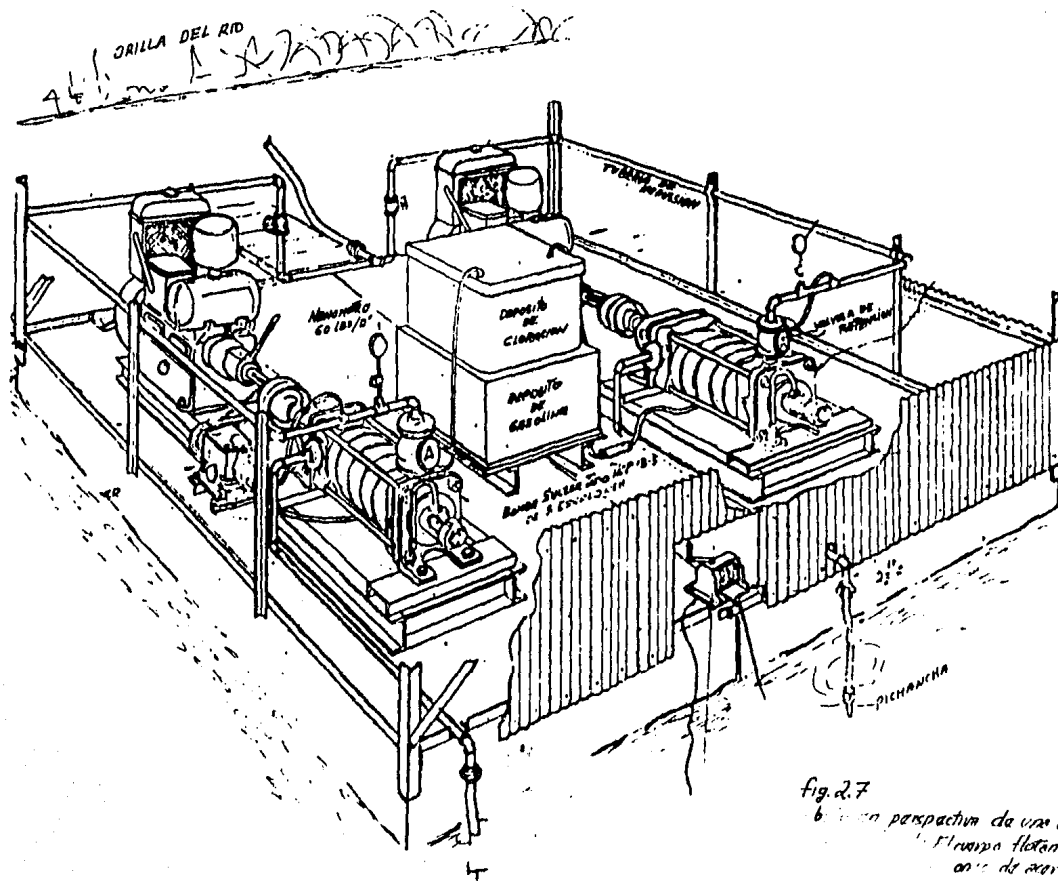


fig. 2.7
b) en perspectiva da una estación de
"El Trampa flotante asti"
ante de morir. No se

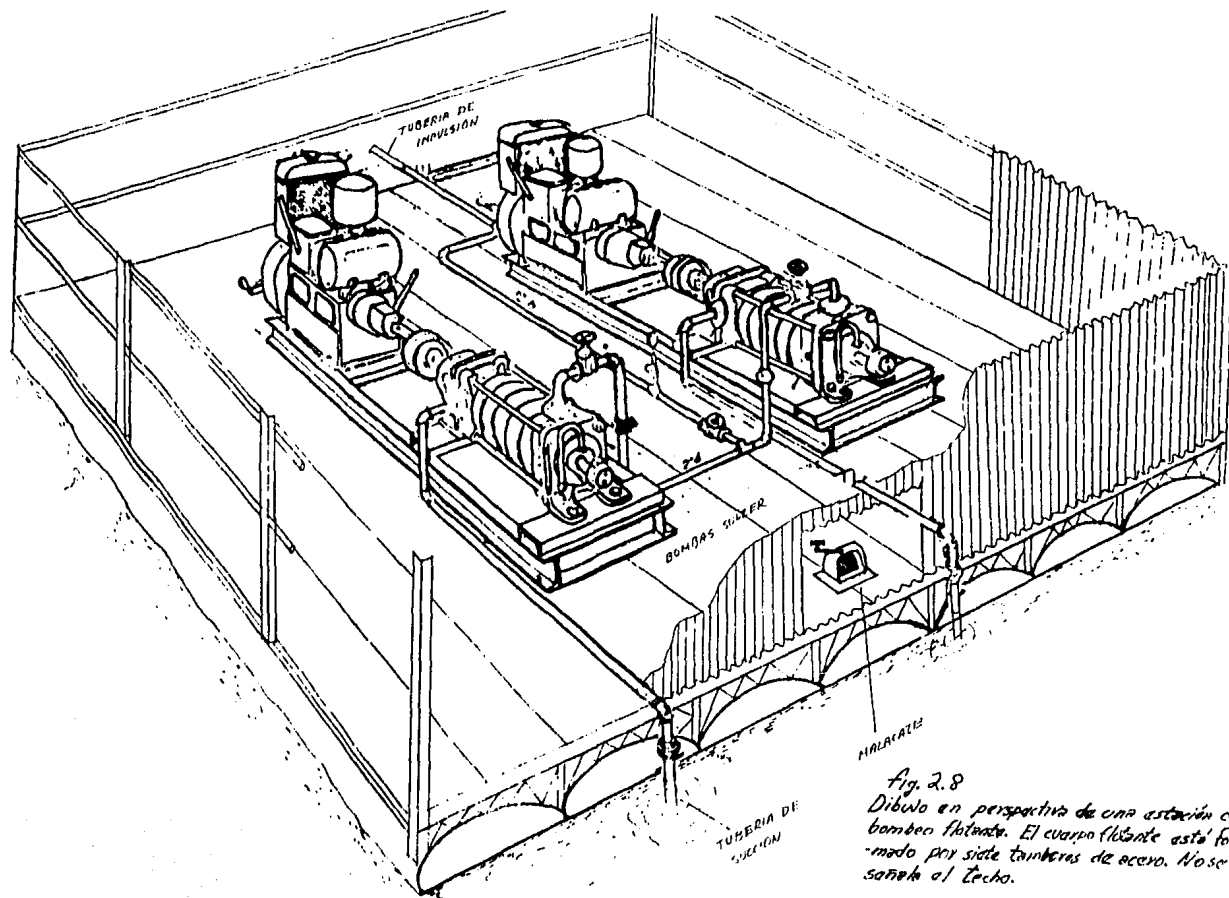


Fig. 2.8
 Dibujo en perspectiva de una estación de
 bombeo flotante. El cuerpo flotante está for-
 mado por siete tanques de acero. No se
 separa el techo.

metros por encima del nivel mínimo del río en su posición más baja.

Para poder emplear esta solución es indispensable que la calidad y la resistencia del suelo de las orillas sea buena y que estén estabilizadas. (Fig. 2.9 y 2.10)

Diseño de la estación de bombeo.

A continuación se hace una breve descripción de las características necesarias de un equipo de bombeo para su buen funcionamiento.

a) La carga de succión.

Se obtiene sumando al desnivel existente entre el eje del impulsor y el nivel de bombeo del agua todas las pérdidas en el lado de succión por concepto de fricción, cambios de dirección y de diámetro, paso a través de llaves, etc. Su máximo valor teórico queda limitado a la magnitud de la presión atmosférica, que a su vez varía en función de la altura del lugar por encima del nivel del mar.

b) La carga de impulsión.

Se obtiene sumando en el lado de bombeo todas las pérdidas en el lado de succión.

c) Altura dinámica total.

Es la suma de la carga de succión y la de impulsión.

d) El gasto de bombeo.

Depende de las condiciones de diseño.

e) La potencia al freno.

Es la potencia requerida para propulsar la bomba.

$$H.P = \frac{Q.H}{76E}$$

$$C.V = \frac{Q.H}{75E}$$

f) La potencia requerida para el motor.

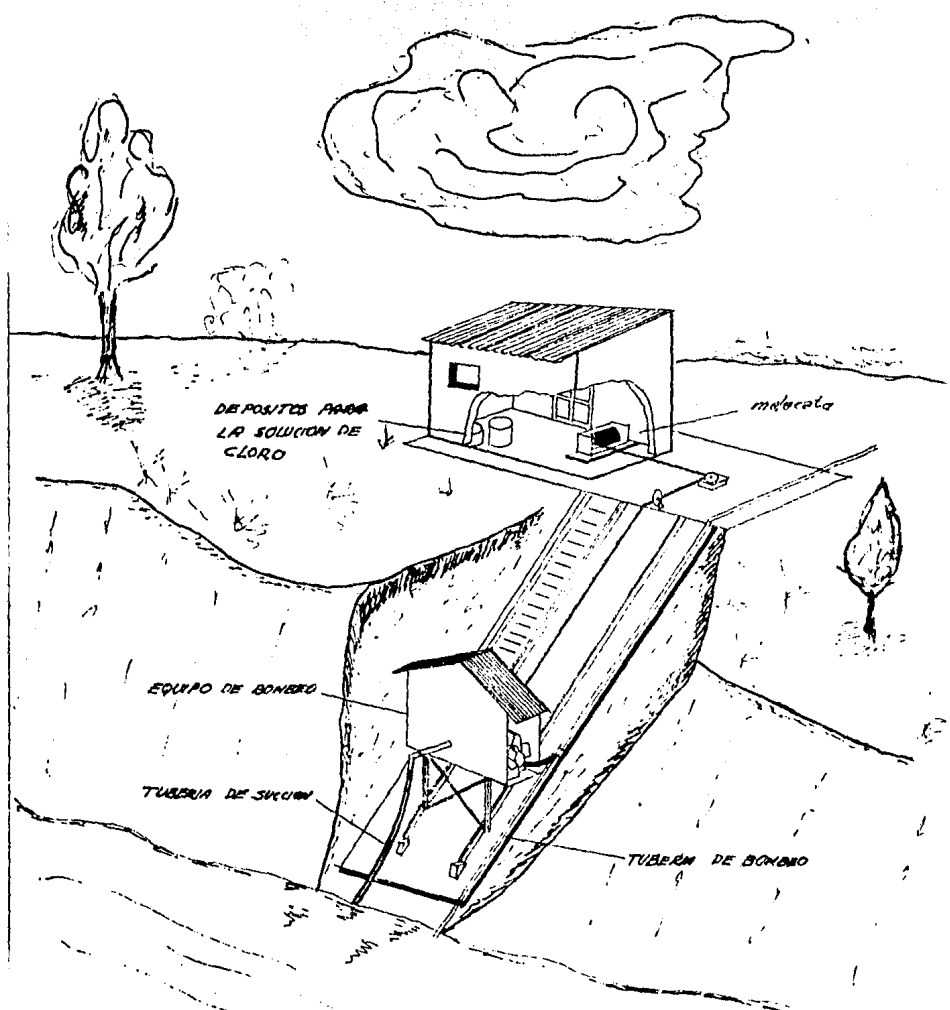


Fig. 2.9

Dibujo esquemático de una estación de bombeo móvil, instalada en una plataforma desplazable sobre rieles.

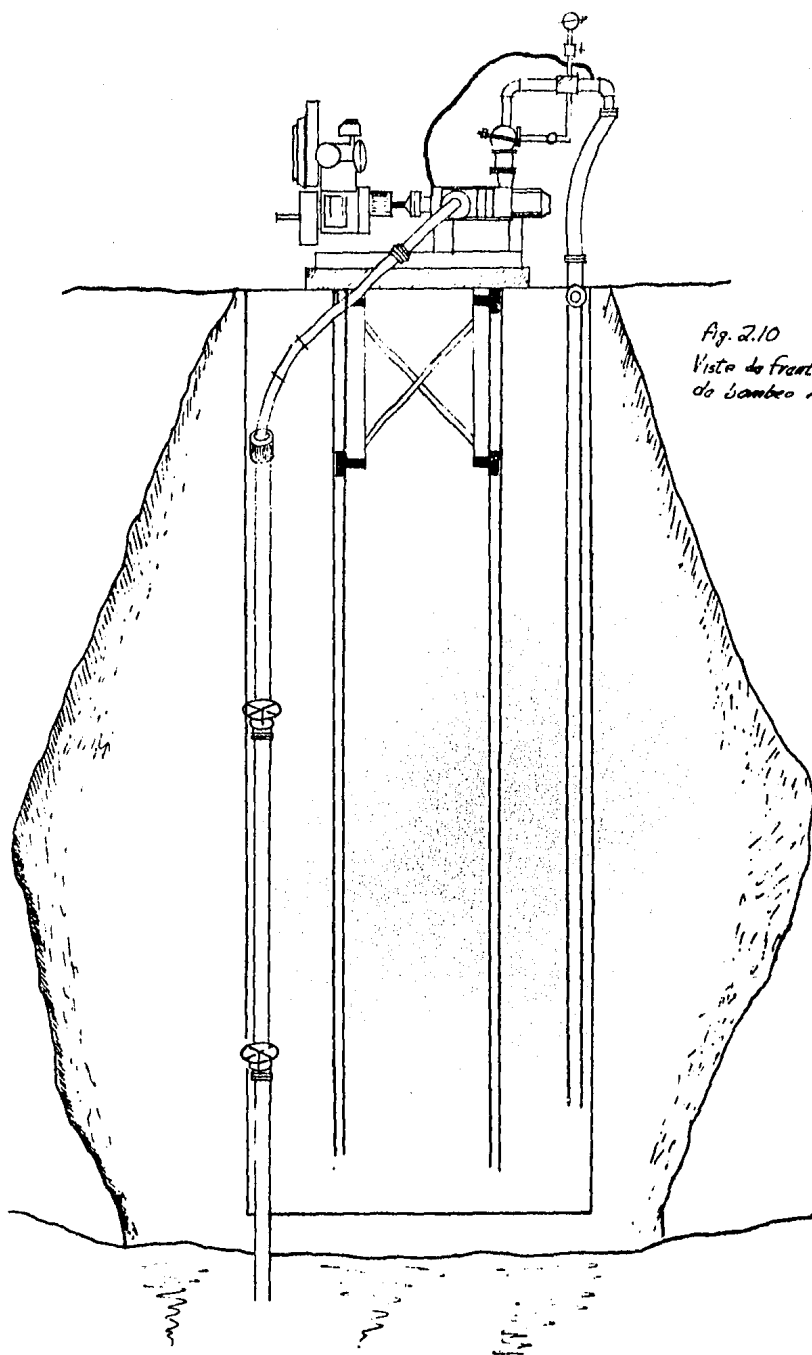


Fig. 2.10
Vista da frente de 1/2 estação
de bombeio manual

Es ligeramente mayor que la de la bomba para prevenir desgastes y pérdidas de eficiencia.

Desde el punto de vista de instalación de tuberías de succión o impulsión es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- 1.- Cebado de la bomba.- Se mantiene instalando una pichancha de succión con válvula de cierre automático al invertirse el flujo. Cuando la tubería de succión no es vertical, ese tipo de válvula no es muy eficiente y será necesario instalar en dicha tubería una válvula de retención que aún en posición horizontal pueda trabajar.
 - 2.- Descarga libre de la bomba.- Para efecto de limpieza o aforo se obtiene mediante una derivación desde la tubería de impulsión.
 - 3.- El flujo de retroceso.- Desde la tubería de impulsión hacia la de succión una vez que se para en las bombas, se impide colocando una válvula de retención. Para utilizar el agua de la tubería de bombeo para reponer el cebado, esa válvula se debe instalar en una derivación (by-pass).
 - 4.- El golpe de ariete.- Se produce al cambiar en forma repentina el régimen de flujo, principalmente cuando la válvula de retención se cierra violentamente después de parar las bombas, y ésto se evita instalando una válvula supresora de golpe de ariete del tipo de descarga libre.
 - 5.- A fin de prevenir vibraciones en el sistema se deben emplear juntas dresser a la salida de las bombas y otra al iniciar la línea de conducción.
- De esta manera los accesorios quedan aislados de los efectos mecánicos (vibración de la bomba, vibración y -

expansión de la línea de conducción) del resto del sistema.

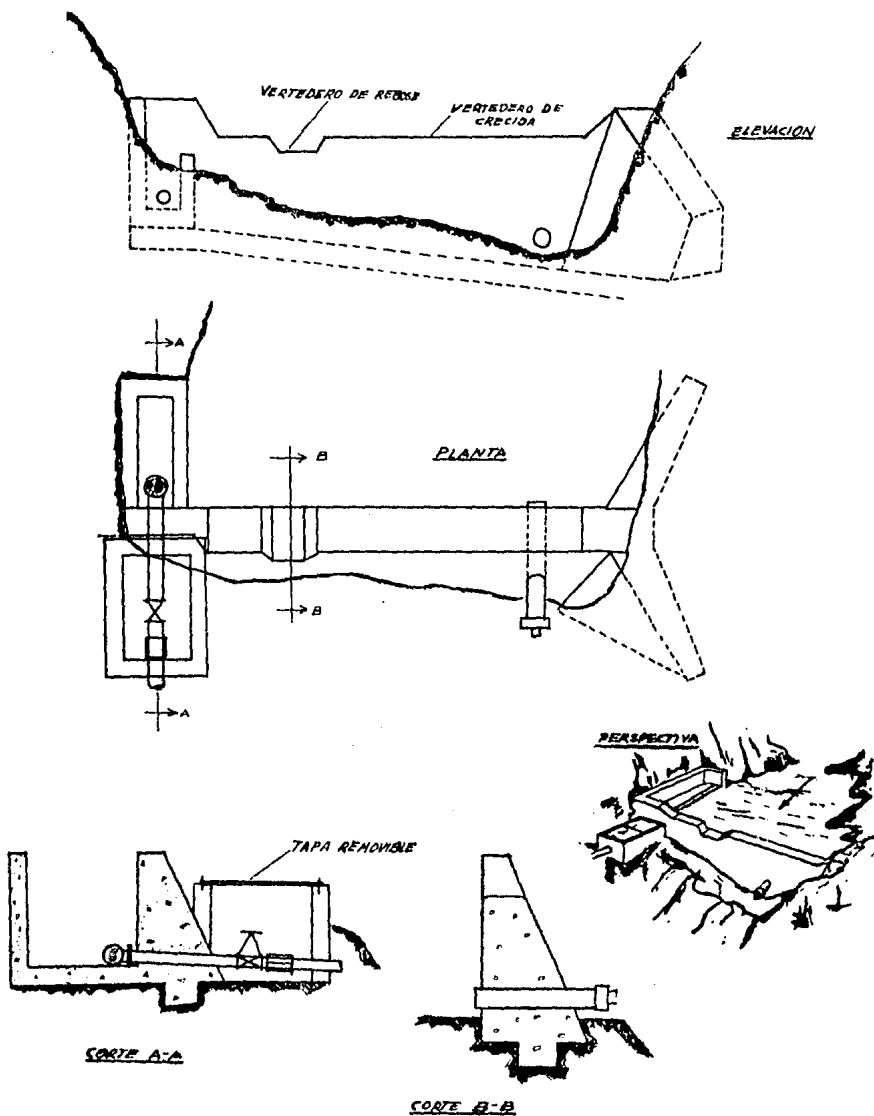
- 6.- Debe instalarse un manómetro convenientemente graduado para medir la presión. Cuando la estación de bombeo es de cierta importancia puede instalarse un manómetro que registre las variaciones de presión durante el bombeo.
- 7.- Para facilitar el reemplazo de los diferentes componentes de la instalación, conviene emplear juntas universales en puntos claves.

2.4.2 Captación Mediante Vertederos Laterales.

Cuando los dispositivos de captación están expuestos al choque con árboles, piedras y otros objetos, el dispositivo de captación directa formado con un tubo resulta inadecuado debido a la fragilidad de la estructura a el paso de la corriente y es en estos casos cuando se recurre a un tanque o canal de concreto armado provisto de un vertedero lateral.

Otra situación que determina su uso es cuando el gasto que se requiere es de consideración, en este caso la captación en la superficie del agua evita una gran obra de toma profunda, la solución alternativa es un canal lateral con su correspondiente vertedero. Es excepcionalmente funcional cuando el río acarrea mucha arena debido a una crecida violenta y podría obstaculizar la entrada al dispositivo de captación. El vertedero lateral es una estructura que permite el paso del agua por encima de la cresta, como se podrá observar en la figura 2.11, en ella se ve que la estructura está orientada paralela a la dirección principal de la corriente. Como el nivel normal del agua está por --

Fig. 2.11: Dique-toma de dimensiones modestas y largo de costado con vertedero lateral.



encima de la cresta se produce un gradiente hidráulico hacia la misma, cambiando la dirección del flujo en sentido aproximadamente ortogonal a la de la corriente principal. Mientras mayor sea el gradiente hidráulico y la longitud de la cresta, será mayor la descarga a través del vertedero. Pero también se cumple que a mayor velocidad de flujo de la corriente principal será menor la descarga, por lo que se dice que existen cuatro variables principales que definen el funcionamiento de un vertedero lateral, éstas son:

- a) La descarga o gasto Q .
- b) El gradiente hidráulico hacia la cresta.
- c) La velocidad de la corriente.
- d) La longitud de la cresta.

Para el diseño de esas estructuras la obtención de soluciones exactas es muy laborioso y en la mayoría de los casos se emplean soluciones aproximadas y amplios márgenes de seguridad cuando se trata de gastos pequeños; pero en el caso de que las obras de captación sean de considerable magnitud habrá que recurrir a estudios hidráulicos en base a modelos a escala y al desarrollo de la teoría de vertederos laterales, que si bien proporcionan fórmulas para estimar la descarga, éstas son para casos específicos y determinados regímenes de flujo, por lo que se puede decir que cada caso tiene su solución óptima particular.

El propósito que se persigue en el diseño de obras de captación para gastos moderados es el de diseñar una estructura económica capaz de captar el gasto requerido; en caso de que dicho gasto sea pequeño la economía que se puede lo

grar al detallar los cálculos es insignificante en la mayoría de los casos, por consiguiente el problema se reduce a determinar la carga necesaria sobre la cresta de longitud dada o la longitud requerida de cresta para una carga fija. Estas incógnitas pueden calcularse en forma aproximada mediante métodos más sencillos que el de la teoría de vertederos laterales y si la introducción de amplios factores de seguridad no repercuten excesivamente en el costo de la obra, las soluciones aproximadas son perfectamente aceptables.

A continuación se describen brevemente algunas de las especificaciones constructivas de una obra de captación en un curso superficial de agua con caudal medio moderado, con el fin de que opere adecuadamente.

Se construye un dique para asegurar una altura mínima del agua sobre el dispositivo de captación. El gasto requerido Q es captado por un tanque lateral mientras que el exceso sigue su curso normal a través del vertedero de rebose, al fijar el nivel de éste, con respecto a la cresta -- del vertedero del tanque lateral automáticamente queda fijada la carga mínima sobre dicha cresta. Durante las crecidas, el gasto y la velocidad de la corriente aumenta -- considerablemente y las condiciones de flujo hacia el tanque captador difieren mucho de la suposición original, -- sin embargo la carga disponible sobre el vertedero lateral aumenta proporcionalmente a la altura del nivel del agua sobre el rebose del dique.

En ésta forma el vertedero lateral calculado para las condiciones de caudal mínimo del río, trabajará adecuadamente durante las crecidas siempre y cuando se tenga al tanque captador situado lejos del rebose del dique.

En el caso de que el vertedero de rebose ocupe todo el ancho del río habrá que tomar en cuenta la posible influencia de la velocidad de la corriente en la descarga a través del vertedero lateral,

Es usual en la práctica que el vertedero de rebose del dique se calcule para descargar el caudal normal del río pero adicionalmente se provee un vertedero de crecida que -- descargará el gasto de crecida sin socavar las laderas y cimientos de la estructura.

La cresta del vertedero lateral se fija en relación con la cota del vertedero de rebose del dique previendo amplio -- margen de seguridad para la descarga del gasto de captación.

En aquellos casos en que la corriente acarree material flotante como árboles, basura y hojas se tendrá que protegerla entrada del tanque captador empleando una rejilla para evitar la contaminación de las aguas destinadas al consumo humano. Las rejillas aunque no eliminan completamente los materiales arrastrados, constituyen un tratamiento primario con el que se busca captar aguas de mejor calidad.

La sección transversal ideal para las barras de la rejilla es la de triángulo con vértice hacia el tanque captador ya que ofrece un sólo punto de contacto para los objetos cuyo tamaño coinciden con el espacio entre dos barras, en esta forma cualquier objeto o queda retenido o pasa al tanque, pero teóricamente no quedará atrapado. (Fig. 2.12)

2.4.3 Captación mediante tanque central ubicado debajo del vertedero de rebose,

Se han discutido en el presente trabajo varios métodos de captación que dentro de su campo de aplicación funcionan satisfactoriamente, pero hay una gran variedad de situaciones en las cuales ninguno de esos métodos es aceptable.

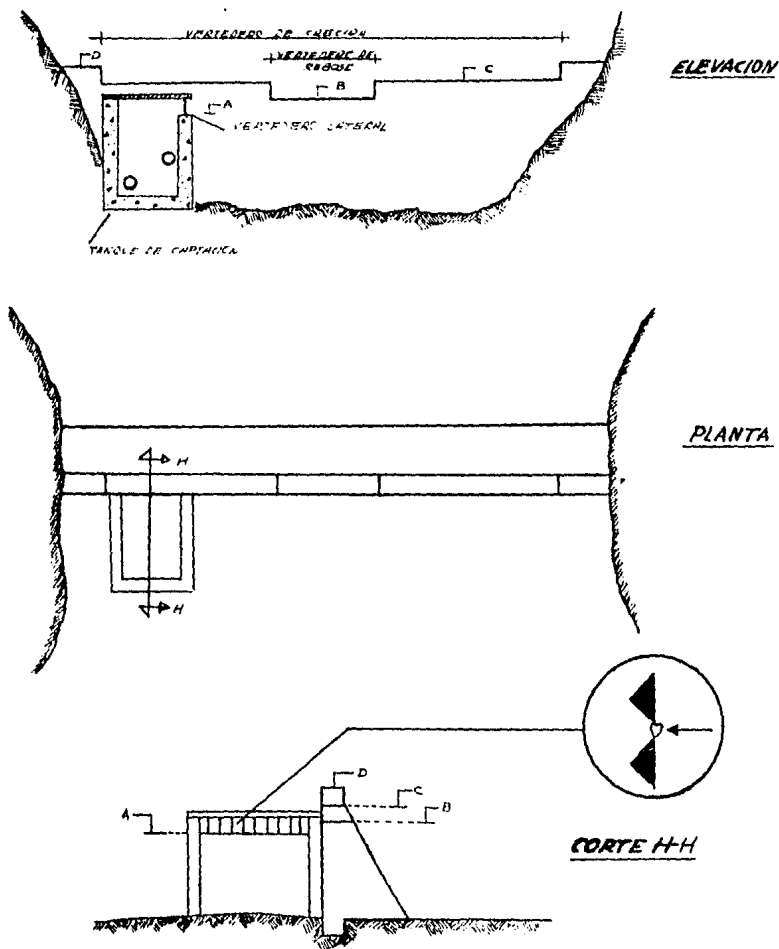


Fig 2.12 DIQUE TOMA CON VERTEDERO LATERAL QUE MUESTRA LAS ELEVACIONES DE LAS DISTINTAS PARTES QUE LO INTEGRAN Y DETALLE DE LAS REJILLAS DEL TANQUE LATERAL.

Supongamos por ejemplo que un río que se ha seleccionado como fuente de abastecimiento acarrea mucha arena y material de arrastre similar a ésta durante las crecidas, en éste caso el río puede llenar por completo de sedimentos al pequeño embalse formado por el dique en un corto tiempo y cualquier dispositivo que quede por debajo del nivel del vertedero de rebose estará expuesto a obstruirse. Cuando las obras de captación estén ubicadas a considerable distancia de lugares habitados, en sitios de difícil acceso e inclusive en lugares cercanos el mantenimiento puede ser un difícil trabajo por la violencia de las crecidas y por el volumen de los materiales acarreados y sedimentados. En tales condiciones se hace necesario un dispositivo de captación cuyo funcionamiento no sea afectado por la cantidad de sedimentos depositados por el río. Es decir que cumpla eficazmente su función aún en el caso extremo de que el embalse formado por el dique se llene por completo de material de arrastre. Hay ciertos requisitos que debe cumplir el dispositivo de captación, y son en principio los siguientes :

- 1.- El nivel de entrada de las aguas en el dispositivo deberá quedar a la misma altura de la cresta del vertedero del dique, pues es la máxima altura teórica hasta donde se puede acumular el material sedimentado.
- 2.- La entrada del dispositivo deberá protegerse convenientemente contra el paso de materiales gruesos de arrastre durante las crecidas y del material flotante en el estiaje.
- 3.- La velocidad de la corriente en la cercanía del dispositivo de captación deberá ser lo suficientemente grande para impedir la sedimentación de las partículas en suspensión bajo cualquier régimen de flujo así como - - -

también para arrastrar cualquier material flotante que pueda acumularse durante la época de poco caudal.

La máxima velocidad de flujo es alcanzada por el agua cuando pasa sobre el vertedero de rebose, cualquiera que sea la cantidad de sedimentos depositados aguas arriba del dique siempre quedará un canal libre hacia dicho vertedero, pues la velocidad de la corriente impide la decantación de partículas en suspensión en esa zona, por esa razón se convierte en el sitio ideal para la ubicación del dispositivo de captación.

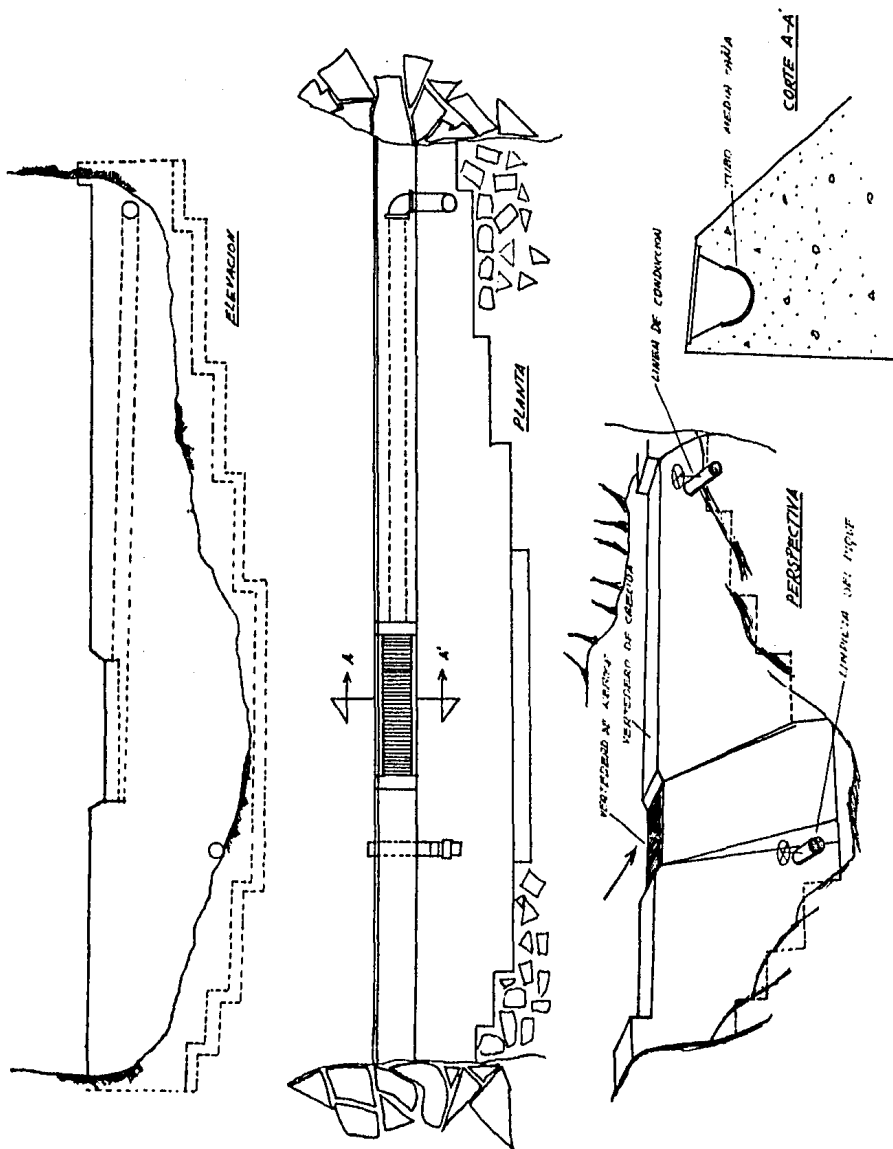
Sin embargo, instalar un tanque captador inmediatamente -- aguas arriba del vertedero representa problemas constructivos, económicos y estructurales pues dicha estructura se -- expondrá al impacto de materiales arrastrados por la corriente de agua. Es por eso que el sitio lógico para el -- dispositivo de captación es directamente por debajo del -- vertedero de rebose del dique. (fig. 2.13).

El dispositivo de captación propuesto se ha desarrollado -- basándose en las anteriores consideraciones, obteniéndose un dispositivo sencillo, económico y funcional para la captación de las aguas de cursos superficiales que en la práctica ha dado excelentes resultados, bajo las condiciones de flujo discutidas.

El dispositivo consiste en un canal situado en el mismo -- cuerpo del dique-toma, por debajo del vertedero de rebose ocupando todo el ancho de dicho vertedero. Su funcionamiento es como sigue.

El caudal del río pasa a través de un vertedero de rebose, una parte de dicho caudal cae en el canal situado por --

Fig. 2.13 Digue-toma de concreto armado, con téngru de captación por debajo del ventador de rábese.



debajo del vertedero y es conducido por un tubo hasta cerca del anclaje lateral del dique, de donde parte la línea de conducción. La entrada del dispositivo se protege contra el paso de material grueso de arrastre o materia flotante por medio de una rejilla cuyas barras se orientan paralelamente a la dirección de la corriente.

Debido a la alta velocidad del flujo no ocurre sedimentación en esa zona y al canal solo entrarán aquellas partículas en suspensión que ningún dispositivo de captación directa pueda detenerse. El volumen de sólidos que penetran al sistema es muy pequeño en comparación con la cantidad de éstos que puede depositarse aguas arriba del dique, además dicho volumen se puede eliminar empleando un desarenador ubicado cerca de las obras de captación. Durante la época de estiaje existirá la tendencia de depositarse o atascarse material flotante sobre la rejilla, y a mayor cantidad de depósitos que obstruyan el paso libre del caudal por el vertedero de rebose, mayor será la velocidad y la turbulencia del flujo en esa zona, llegando hasta un valor que la fuerza de la corriente arrastre el material depositado. Esta tendencia de autolimpieza se incrementa inclinando la rejilla ligeramente hacia aguas abajo. Cuando los otros dispositivos de captación tienden a fallar éste tiene las mejores condiciones de funcionamiento, es decir en la época de crecidas violentas ya que la fuerza del agua en movimiento y la velocidad del flujo sobre el vertedero de rebose impiden cualquier obstrucción del dispositivo de captación aún cuando todo el cauce aguas arriba se llene de cantos rodados o material de arrastre.

Por otra parte el material en suspensión entrará en el sistema en proporción al gasto de captación a menos que el embalse sea lo suficientemente grande para propiciar la sedimentación natural bajo cualquier régimen de flujo.

Funcionamiento Hidráulico.

Haciendo referencia a la figura 2.14, el caudal Q que pasa por la cresta del vertedero de rebose debido a la carga H sobre dicha cresta. El gasto de captación Q_1 entra al tubo conductor y el caudal Q_2 rebosa por el vertedero.

Existe una gran cantidad de variables que evitan que se puedan establecer las condiciones teóricas de flujo, entre las que se encuentran la altura del agua sobre la cresta, la forma de los bordes del vertedero, la inclinación de la cresta, las dimensiones y formas de las barras de la rejilla y la turbulencia ocasionada por el empotramiento de la rejilla. Por consiguiente para diseñar estos dispositivos se recurre a métodos de cálculo basados en fórmulas experimentales asimilando lo más que se pueda las condiciones de diseño a las que dieron origen al desarrollo de dichas fórmulas. Más aún, al instalar el dispositivo de captación con su rejilla por debajo de la cresta ninguna fórmula conocida podría aplicarse directamente y será necesario hacer ensayos sobre modelos al tamaño natural para estudiar al flujo bajo estas condiciones.

En vista de que una pequeña diferencia de desnivel en el arrastre de la rejilla o a una separación de la lámina del flujo producida por los bordes de la misma puede causar diferencia de descargas al dispositivo de captación, los ensayos sobre modelos tendrán un valor limitado y los resultados obtenidos en éstos, se aprovecharán siempre y cuando se reproduzcan las condiciones sobre el prototipo, que prácticamente es difícil de lograr en esta clase de dispositivo. A éste problema se le ha dado un enfoque más flexible pues si se toma en cuenta que la función del dispositivo es la captación de un determinado caudal se llega a la conclusión

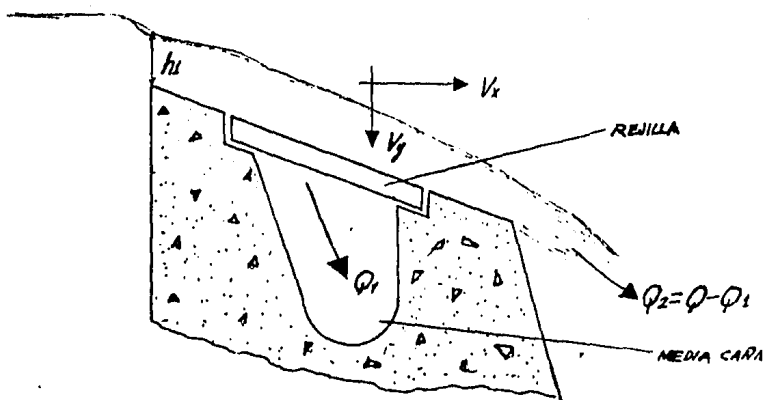


Fig. 2.14 DETALLE DE UN TANQUE DE CAPTACION UBICADO POR DEBAJO DEL VERTEDERO DE REBOSE DE UN DIQUE-TONA.

de que no interesa determinar con exactitud las condiciones de flujo sino asegurar la entrada al tubo colector del gasto requerido. Si ésto se cumple en forma económica mediante un método de diseño simplificado sin recurrir a ensayos o experimentos en cada caso específico, el problema queda resuelto y por consiguiente es necesario enfocar la función del vertedero no como un instrumento de precisión, sino como un medio relativamente sencillo de estimar un gasto aproximadamente. Se han hecho varias simplificaciones al método de diseño por medio de hipótesis que disminuyen la complejidad del cálculo lográndose un método sencillo basado en la fórmula general de vertederos; $Q = CH^{3/2}$, y en la fórmula de Bernouilly, $V_h = \sqrt{2g(H-h_1)}$. De lo que se derivó la siguiente fórmula: $Q = h_1 \sqrt{2g(H-h_1)}$, siendo Q el caudal por metro lineal de cresta.

También se han despreciado los efectos de fricción y turbulencia, la velocidad horizontal V_h , pueden considerarse constante a lo ancho de la cresta, su posición que en la práctica no se verifica, pero para los efectos de éste cálculo simplificado es aceptable. También se sabe que en vista de que la cresta está inclinada hacia abajo el comportamiento de la lámina es similar al del chorro libre y se tendrá que tomar en cuenta a la componente vertical de la velocidad V_y , la lámina tenderá a curvarse hacia abajo, tocando la cresta a una distancia X de la cara superior. A partir del punto en que la inclinación de la resultante V sea mayor que la de la cresta, tenderá el chorro (la lámina) a penetrar en el tubo conductor y se podrá captar el gasto Q_1 siempre y cuando el área de penetración sea suficiente.

El diseño de las rejillas del dispositivo de captación tiene el objetivo de darle las dimensiones necesarias para que el gasto requerido sea captado, aunque las condiciones va -

rien. Cuando aumenta la velocidad del flujo por ejemplo, se puede observar que la lámina de agua que pasa por encima de las rejillas se despegas e inclusive si las dimensiones del vertedero no son las adecuadas se puede dejar de captar el agua porque ésta simplemente pasa por arriba. En lo que respecta a la forma de la rejilla, a la separación de sus barras y al material empleado en su construcción se tiene una serie de reglas y especificaciones que determinan en forma precisa las características de ésta.

A fin de mantener lo más bajo posible el costo del dique toma es importante que el espesor de la cresta sea mínima, dentro de los límites de resistencia estructural. Por otra parte existirá la necesidad de empotrar en el cuerpo del dique el tubo que conduce el gasto de captación hacia uno de los anclajes laterales, situaciones que en la práctica dan anchos de cresta comprendidos entre los treinta y cuarenta centímetros, que descontando los espesores de pared y asientos de la rejilla, dejan un ancho libre de rejilla entre quince y veinticinco centímetros para gastos de captación hasta de cincuenta litros por segundo por metro lineal aproximadamente.

A fin de evitar acumulación de arena en el dispositivo es conveniente darle al tubo captador una pendiente mínima del dos por ciento.

Este tipo de estructuras de captación es empleada cuando el gasto requerido es relativamente pequeño (como el indicado anteriormente), ya que para gastos mayores se emplean métodos que se describirán a continuación.

2.4.4 Obras de Captación en Presas de Almacenamiento.

La mayor parte del volumen almacenado en muchas presas queda abajo de la cresta del vertedero.

En consecuencia deben construirse obras para la salida de éstas aguas con el objeto de que se extraigan cuando sean requeridas.

La estructura de toma es necesaria a la entrada de un conducto a través del cual se va a extraer el agua de un río o de una presa, a no ser que ésta entrada sea construida como una parte integral de una cortina o de otra estructura, tales son los casos descritos anteriormente.

La estructura de toma varía desde un simple bloque de concreto apoyado al extremo final de una tubería, hasta las torres de toma de concreto de diseño muy elaborado que dependen de las características del vaso, de las condiciones climáticas, de las exigencias sobre la capacidad de almacenamiento, de los gastos de diseño y de otros factores.

La función primaria de la estructura de toma es permitir la extracción del agua desde el vaso con la variación de niveles que se determinan con anterioridad para proteger el conducto de los daños o taponamientos que puedan provocar el hielo, el oleaje, la acumulación de basura y las corrientes.

Las torres de toma frecuentemente se usan en donde existe una amplia variación del nivel del agua, además poseen lumbreras a distintos niveles que ayudan a seleccionar el nivel donde se desea hacer la captación, siempre buscando una mejor calidad del agua.

Si los accesos quedan sumergidos en todos los niveles se asegura que se tengan pocas dificultades por el hielo y basuras flotantes, pero también hay que evitar que se coloquen en un punto tan bajo que puedan asolvarse y que el --

agua captada quede contaminada por tal motivo.

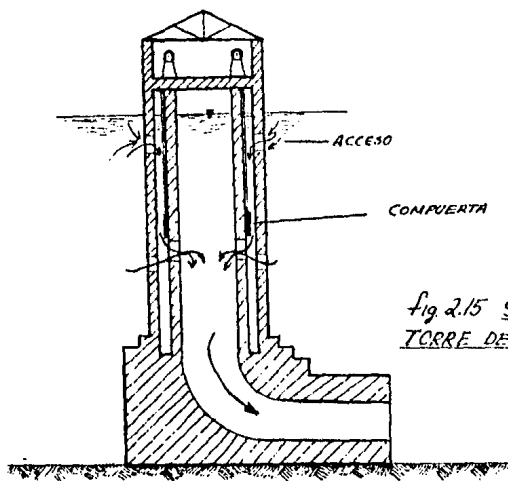
Las torres de toma son preferidas sobre las obras de captación ya citadas cuando la economía y la importancia del -- proyecto lo justifiquen pues son estructuras sumamente costosas y generalmente se usan para captar importantes volúmenes de agua.

Tipos de Torre de Toma.

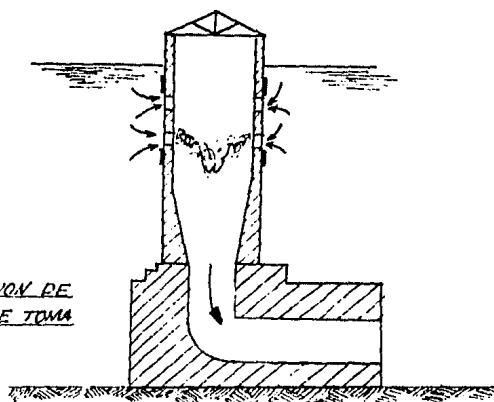
Básicamente hay tres tipos de torres de toma que son los - que se presentan a continuación:

- a) Torre de toma bajo el agua.- Se sitúa aguas adentro - del vaso y consiste de un cascarón de concreto que se llena de agua al nivel del vaso y que tiene un tiro o pozo vertical interno conectado al conducto de extracción. Normalmente se equipa con compuertas el tiro interior para controlar el gasto captado. (Fig. 2.15)
- b) Torre de toma sin agua.- No tiene agua en su interior, ya que los orificios de entrada se conectan directamente al conducto de extracción y cada uno lleva una compuerta o válvula. Cuando los orificios de entrada se cierran, las torres se quedan sin agua quedando suje - tas a fuerzas de flotación y por lo tanto su peso es - mayor al de las torres sumergidas. (Fig. 2.16)
- c) Toma totalmente sumergida.- Consiste en un bloque de concreto o de un huacal lleno de piedras que se apoyan en el extremo del conducto de extracción.

Debido a su bajo costo son empleadas frecuentemente en pequeños proyectos como tomas para los abastecimientos de agua de los ríos. Su principal desventaja es que - no queda accesible de inmediato para su mantenimiento - y además hay que ubicarlas en sitios donde no vayan a -



*Fig. 2.15 SECCION DE UNA
TORRE DE TOMA SUMERGIDA.*



*Fig. 2.16 SECCION DE
UNA TORRE DE TOMA
SIN AGUA.*

quedar sepultada por el asolve, ya sea del vaso de la --
presa o del río, (Fig. 2.17).

Rejillas para basura.

La entrada a las tomas y conductos de evacuación llevan rejillas que evitan la entrada de basura.

Normalmente son fabricadas con barras de acero que tienen una separación de cinco a quince centímetros de centro a -- centro de la barra, esto depende del tamaño máximo de basuras que puedan dejarse pasar por el conducto. Uno de los modelos de rejilla más usado es el de un medio cilindro o -- semicilindro como el mostrado en la figura 2.18.

Las basuras acumuladas se pueden remover con medios manuales cuando no es grande el volumen y en caso contrario se emplean dispositivos automáticos que facilitan la tarea y -- además permiten eliminar de basura las aguas captadas lo -- que influye sobre la calidad de éstas.

En ocasiones se usan tableros electrizados para evitar la -- entrada de peces al conducto de captación.

Las rejillas en tomas someras generalmente se limpian a mano empleando un rastrillo pero cuando se trata de tomas -- profundas la limpieza se hace con mecanismos automáticos -- que se desplazan sobre rieles.

Localización de la torre de toma.

Cuando en un curso superficial se va a construir una torre de toma es conveniente que la localización de ésta sea en -- la parte cóncava de una curva pues ésta zona se encuentra -- limpia de arrastre de fondo debido a las trayectorias que -- toman las partículas de agua y en ésta forma se - - - -

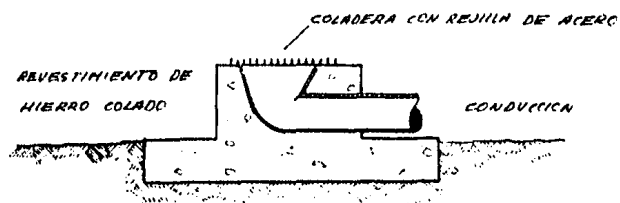


Fig. 2.17 TONA TOTALMENTE SUMERGIDA

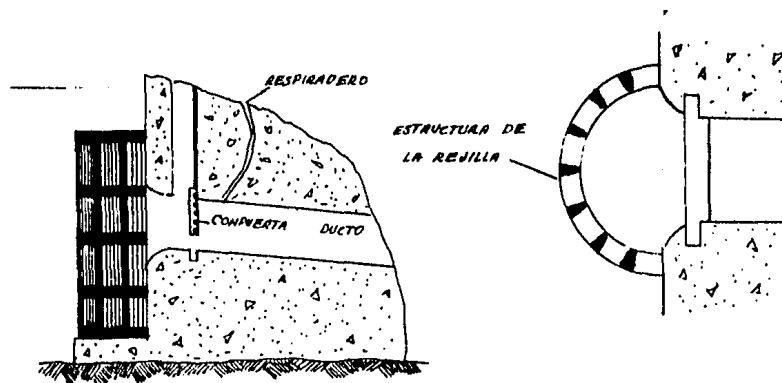


Fig. 2.18 REJILLAS DE TORRES DE TONA

consigue disminuir apreciablemente el volumen del material arrastrado que se acumula al frente de la toma.

La parte superior de las estructuras como el coronamiento, el puente de maniobras y el acceso deben construirse por encima de los máximos niveles que puedan alcanzar las aguas en flujos extraordinarios. Para esto, a partir del nivel de aguas máximo extraordinario se debe dejar un borde libre, que estará en función del oleaje que se pueda presentar en el embalse de la presa.

Diseño de las torres de toma,

El diseño de las torres de toma se debe efectuar en conjunto con el de la cortina de la presa ya que las características de ambas estructuras están relacionadas íntimamente y dependen de las condiciones topográficas, geológicas e hidrológicas del sitio de localización. El diseño de estas estructuras tiene varios objetivos entre los que se encuentran los siguientes,

Que las extracciones se hagan con un mínimo de disturbios en el flujo, así como de pérdidas de carga a través de compuertas, rejillas y transiciones. Y que las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua no sufran deterioro,

2.5. Desarenadores.

Cuando la fuente de abastecimiento de agua se trata de cur sos superficiales es necesario implantar en el sistema casi invariablemente un medio adecuado para remover la arena arrastrada por las aguas, en especial durante las crecidas. Esto se logra con los desarenadores que son estructuras muy bien estudiadas y definidas, y que en la literatura co

respondiente puede encontrarse información sobre períodos de retención, velocidades de translación horizontal, etc., que permiten determinar las dimensiones de éstos equipos.

Los cursos superficiales de agua contienen ciertas cantidades de sólidos suspendidos y arrastrados, formados por arena que por su peso específico y tamaño se incorporan al agua. La presencia de éstos materiales provoca objeciones de orden sicológico contra la presencia de arena en agua potable, además hay otras razones de peso tales como el desgaste mecánico de los conductos, destrucción de llaves, válvulas y mecanismos, problemas en plantas de tratamiento y otros más, que hacen que su eliminación sea indispensable, por supuesto hasta un grado que sea económicamente factible.

La teoría de sedimentación es la que describe la esencia del funcionamiento de los desarenadores, ésta es aplicada para el caso específico de las partículas o granos de arena. La función de los desarenadores es la remoción de aquellas partículas en suspensión o arrastradas cuyo peso específico sea similar al de la arena y cuyo tamaño esté dentro de los límites establecidos por las condiciones de diseño de la estructura. Esa función se cumple mediante la reducción de la velocidad de translación de las partículas, permitiendo con esto el asentamiento por gravedad de las mismas.

Componentes de un desarenador.

Las componentes de éstos equipos son básicamente los que se presentan a continuación,

a) Dispositivo de entrada y de salida.- Estos aseguran-

- una distribución uniforme de la velocidad en toda la -
sección transversal,
- b) Volumen útil de agua para la sedimentación de las partículas, con sección transversal suficiente para reducir la velocidad del flujo por debajo de un valor predeterminado y con longitud adecuada para permitir el asentamiento de las partículas en su trayectoria.
 - c) Volumen adicional en el fondo para almacenar las partículas removidas durante ciertos intervalos entre lim -
piezas,
 - d) Dispositivos de limpieza y de rebose.

Tipos de desarenadores.

Hay dos tipos generales, el primero llamado tipo convencional ó de flujo horizontal, es decir el agua al entrar en él se translada y sale de la estructura horizontalmente, - las partículas sedimentadas describen una trayectoria parabólica. El segundo tipo es de flujo vertical, en el cual el agua entra cerca del fondo produciéndose un flujo lento hacia arriba, cayendo las partículas de arena al fondo durante el ascenso del agua.

El primer tipo generalmente es una estructura alargada, en cambio el de flujo vertical puede ser rectangular, circular o cuadrado. Los dos cumplen de manera adecuada su función, más sin embargo los de flujo vertical requieren una profundidad mayor y generalmente resultan más costosos por lo que su uso se reduce a plantas de tratamiento de aguas negras de cierta consideración en las cuales existen problemas de espacio y en que la profundidad del desarenador no representa un impedimento económico de consideración. La gran mayoría de los desarenadores en uso son del tipo -

convencional y se sitúan lo más cerca posible de las obras de captación, (Fig. 2.19)

Si bien los dispositivos de entrada y salida determinan la eficiencia de la unidad, la parte vital de ésta es el volumen útil, que es donde ocurre la sedimentación.

Las dimensiones de ese volumen se pueden determinar empleando la teoría de sedimentación, investigando a la vez las condiciones en las cuales dicha teoría es aplicable para el caso específico de los desarenadores. Estableciendo la importancia relativa de las limitaciones impuestas por la teoría y tomando en cuenta los factores que en la práctica influyen los resultados obtenidos, es posible elaborar un método de cálculo sencillo que sirva para determinar las dimensiones de un desarenador en la mayoría de los casos.

Teoría de Sedimentación.

Los principales factores que intervienen en ella son la velocidad de translación horizontal de la partícula y la velocidad con que se sedimenta.

La resultante de esas velocidades describe una trayectoria parabólica. Si se considera la superficie del agua como el punto de partida y el fondo del desarenador como punto de llegada, a una distancia l , se puede establecer la siguiente relación :

$$\frac{V_h}{V_s} = \frac{l}{h} = \frac{lb}{hb} = \frac{A}{a}$$

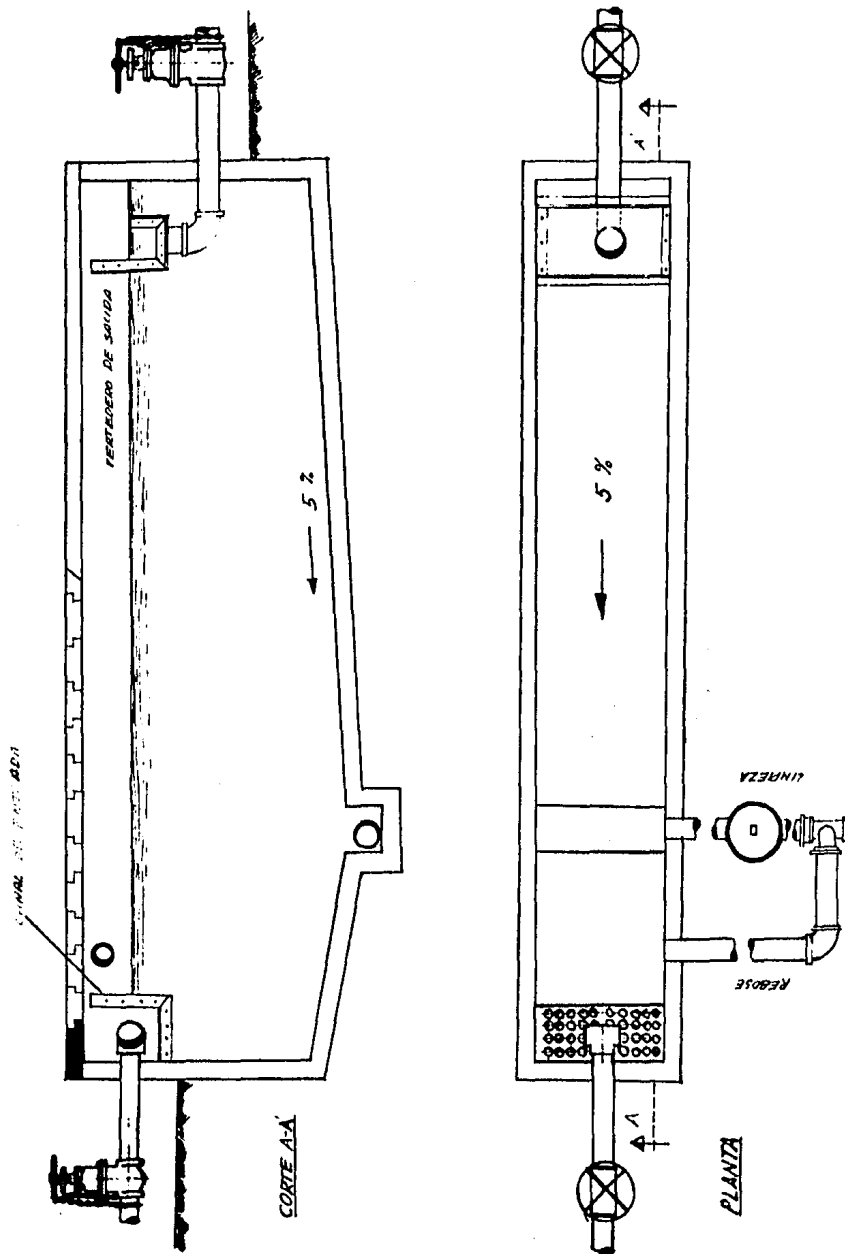
V_h = velocidad de translación horizontal de la partícula.

V_s = velocidad de sedimentación de la partícula.

l = longitud útil del desarenador.

A = área superficial del desarenador.

Fig. 2.19 DESARROLLO DEL DISEÑO CONVENCIONAL



h = altura útil del agua en el desarenador.

b = ancho del desarenador,

a = sección transversal del desarenador.

Dicha relación permite determinar las dimensiones del desarenador siempre y cuando se puedan calcular los valores reales de V_h y V_s .

La velocidad de decantación de las partículas o velocidad teórica de sedimentación (V_s), está dada por la ley de -- Stokes para partículas no mayores de 0.1 mm. de diámetro.

$$V_s = (g/18) \cdot (G-1) \cdot (1/P) \cdot d^2$$

V_s = velocidad de sedimentación.

g = aceleración de la gravedad.

G = gravedad específica de la partícula.

d = diámetro de la partícula,

p = viscosidad cinemática del agua.

En los sistemas de abastecimiento de agua los desarenadores tienen la función de remover partículas menores o iguales a 0.1 mm. de diámetro por lo que ésta ecuación es básica en el cálculo y diseño de tales estructuras. Esta ecuación supone una partícula aislada que no es interferida en su sedimentación y con un medio de viscosidad constante. Es evidente que esto no se cumple pues siempre existirá interferencia de unas partículas en el asentamiento libre de otras. Sin embargo en la práctica se ha comprobado que la velocidad de asentamiento o sedimentación -- (V_s), permanece sensiblemente constante para cualquier -- concentración de arena que normalmente se encuentra en -- los cursos superficiales. Por otro lado tenemos que la -- viscosidad del medio de sedimentación también sufre variaciones pues existe una estratificación térmica del agua -

dentro del desarenador,

Esto se soluciona instalando una tapa sobre la estructura. Se puede resumir diciendo que en el valor teórico de V_s - dado por la ley modificada de Stokes se pueden esperar variaciones bajo condiciones normales de funcionamiento, -- una disminución de hasta un quince por ciento debido a las variaciones de temperatura del agua y a la alta concentración de arena.

Hay un aspecto muy importante dentro de la sedimentación - que es el de la velocidad de arrastre, es decir la velocidad de translación horizontal (V_h). Si se trata de partículas suspendidas, la velocidad de éstas es muy similar a la del agua y por consiguiente se calculará definiendo la sección transversal del desarenador y el gasto.

V_h y V_s deben estar ligadas estrechamente a fin de que las trayectorias de las partículas en asentamiento queden fuera de la zona de influencia de la salida del desarenador.

La V_h también está limitada por la necesidad de evitar el arrastre de partículas previamente sedimentadas, pues el - sólo asentamiento de las partículas en el fondo no es suficiente y a menos que se reduzca la velocidad del agua por debajo de cierto límite los sedimentos serán arrastrados - hacia la salida del desarenador. Es por eso que la condición más importante es la reducción de V_h por debajo de - la velocidad de arrastre. Existen varias fórmulas que permiten calcular la velocidad de arrastre V_a , y una de las - más usuales es la de Camp y Shields, que se presenta a -- continuación :

$$V_a = K \sqrt{(G-1) \cdot d'}$$

V_a = velocidad para la cual se inicia el arrastre de partículas de diámetro d y de gravedad específica G . K es un coeficiente que depende de las características de los sedimentos y de la fricción entre las partículas. Hay que hacer incapié que ésta fórmula es válida en determinado rango y que si se toman en cuenta los factores que intervienen en la determinación de K , no es exagerado suponer una variación del orden del cincuenta por ciento en el valor de la velocidad de arrastre por lo que en muchas ocasiones, cuando la economía lo permita se harán ensayos sobre modelos hidráulicos.

Por lo anteriormente expuesto se entiende que el diseño de los desarenadores tiene muchas limitaciones entre las que destacan:

- a) La velocidad de sedimentación se puede calcular con la ecuación de Stokes con una aproximación del quince por ciento.
- b) La velocidad permisible de flujo V_h puede calcularse a base de la fórmula de Camps y Shields utilizando un factor promedio y aceptando una variación del orden del cincuenta por ciento, a menos que se hagan ensayos del laboratorio para determinar los coeficientes respectivos.
- c) La velocidad efectiva de flujo en el desarenador puede aumentarse en un cien por ciento debido a la desigual distribución de velocidades sobre la sección transversal.

Diseño de desarenadores.

En forma breve se presenta a continuación el método propuesto de diseño.

- 1.- Se calcula V_s con la fórmula de Stokes; $V_s = 90 \cdot (d^2/P)$ en centímetros por segundo.
- 2.- Se calcula V_a por la fórmula de Camps y Shields; ---
 $V_a = 161 \cdot \sqrt{d'}$, en centímetros por segundo.
- 3.- Se introduce un factor de seguridad y se fija la velocidad de flujo del agua en una fracción de V_a . Esa fracción es del orden de un tercio para estructuras corrientes y de para estructuras de primera categoría. Para refinar el cálculo es necesario recurrir a ensayos de laboratorio y estudiar cada caso específico.
- 4.- A base de la velocidad de flujo y el gasto, calcular la sección transversal del desarenador. $a = Q/V_h$
- 5.- Determinar el área superficial mediante la relación $V_h/V_s = A/a$; donde A es el área superficial.
- 6.- Las dos áreas determinadas según los apartes 4 y 5 definen todas las dimensiones ya que $A = l \cdot b$ y $a = h \cdot b$

Teóricamente existe un número infinito de valores para l , b , y h , que satisfacen los valores de A y a , y hay que tomar en cuenta valores secundarios para limitar las dimensiones del desarenador y así reducir notablemente las alternativas factibles.

Por ejemplo el ancho b tiene varias limitaciones, por un lado es conveniente reducirlo al mínimo ya que al principio mientras más alargada sea la estructura mejor se controla la distribución de velocidades por medio de los dispositivos de entrada y de salida sencillos y económicos.

Por otro lado se requiere un ancho mínimo para evitar altas velocidades en el vertedero de salida. Además será necesario que las dimensiones del desarenador permitan un fácil acceso para su mantenimiento.

Otra limitación es que a la longitud útil l habrá que añadir el espacio que ocupan los dispositivos de entrada y salida. Igualmente se aumentará h a fin de disponer un volumen adicional para el almacenamiento de arena. Este volumen dependerá de las concentraciones de arena esperadas durante las crecidas y del intervalo previsto entre las limpiezas. El dispositivo de limpieza consiste en un tanque hacia el cual el fondo del desarenador tiene una pendiente del orden del cinco por ciento.

Dicho tanque se conecta con un tubo provisto de llave y la limpieza del desarenador se hace aprovechando la carga hidráulica sobre la arena. En vista de que las partículas de mayor diámetro se decantan primero, hay un volumen mayor de sedimentos en la cercanía de la entrada, por tal motivo es conveniente colocar el tanque en el primer tercio de la longitud total de la estructura. Es necesario insistir en que el desarenador se debe ubicar lo más cerca posible de las obras de captación. En todo caso es muy conveniente que la tubería entre el desarenador y la toma tenga una pendiente uniforme del uno por ciento aproximadamente, para evitar la sedimentación en la misma.

2.6 Medidas recomendadas para mejorar las condiciones sanitarias de las obras de captación.

a) En cursos superficiales.

- 1.- Se deberán realizar estudios previos para conocer las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua y las condiciones y características propias del cauce, redituando esto en un diseño apegado a la realidad, en el que se emplearán los materiales adecuados al ejecutar la obra, garantizando así una mayor --

vida útil y una calidad de agua superior.

- 2.- En toda obra de toma en cauces superficiales se deberán instalar rejillas desvastadoras, como tratamiento primario, además de instalarse mecanismos y estructuras de mantenimiento para facilitar la limpieza de las rejillas y de la estructura de captación.
- 3.- Las franjas ubicadas en ambos costados del cauce, a lo largo de quinientos metros antes de la estructura de captación, quedarán cercados para evitar el crecimiento y la descomposición de la vegetación, la realización de actividades agrícolas, ganaderas e industriales y cualesquiera otras que puedan modificar la calidad del agua.
- 4.- Se recubrirán las paredes del cauce aledañas a la estructura de captación con concreto o lonas auladas para evitar la erosión y el crecimiento de vegetación acuática que modifiquen las características del agua.
- 5.- La estructura inmediata a la transición se diseñará para que la velocidad en éste tramo de la obra de toma sea de 0.60 mts/seg, aproximadamente, para evitar asolves, más sin embargo el límite máximo de velocidad permisible será fijado por las características del agua y el tipo de material del conducto. Además las paredes de éste tramo estarán inclinadas para facilitar así la precipitación de partículas que puedan ser acarreadas a la bocatoma.
- 6.- Se deberán instalar desarenadores en el sistema de captación (siempre y cuando la economía lo permita), para evitar el arrastre de arena especialmente durante las crecidas. Con ésto se evitará un desgaste excesivo de las estructuras, y el sistema funcionará más eficientemente.

7.- La bocatoma se localizará en un tramo del cauce que esté libre en la medida de lo posible del problema de la erosión como de cualquier descarga de aguas residuales para aislar lo más posible de una fuente de contaminación.

8.- El nivel de la bocatoma será inferior al de las aguas mínimas de la corriente en el período de estiaje, para evitar que la obra de toma deje de funcionar cuando el nivel del agua sea inferior al mínimo.

La velocidad del agua a través de la rejilla deberá -- ser de 0.10 a 0.15 mts/seg. para evitar el arrastre -- hasta donde sea posible de materiales flotantes.

b) En presas de almacenamiento, lagos y lagunas.

1.- Se realizarán estudios previos para recavar información sobre las características del agua, así como las del vaso para tomarlas en cuenta al proyectar las distintas estructuras de la obra de toma, facilitando con esto la selección de los mejores materiales y un diseño óptimo.

2.- Se dará mantenimiento periódico a la obra de toma empleando equipos manuales o mecánicos para remover la basura a los distintos niveles de las compuertas.

3.- Cada toma deberá tener una rejilla formada por barras o alambres con un espacio libre centro a centro de las barras de tres a cinco centímetros, dependiendo del tamaño esperado de la basura.

4.- La velocidad del flujo a través de la rejilla deberá - mantenerse preferentemente menor a 0.60 mts/seg. para reducir las pérdidas de carga y evitar el arrastre de partículas en suspensión.

5.- La ubicación de la obra de toma será tal que siempre -

esté limpia de arrastres de material flotante y de a -
solves, evitando con ésto el atascamiento en las boca -
tomas.

- 6.- Las obras de toma se proyectarán de tal forma que ten -
gan varias entradas situadas a distintos niveles y e -
quipadas con compuertas ó válvulas de seccionamiento -
que permitan seleccionar el agua de mejor calidad a di -
ferentes niveles.
- 7.- El diseño de la obra de toma se efectuará en conjunto -
con el de la cortina de la presa, ya que ambas estruc -
turas están íntimamente relacionadas.

C A P I T U L O I I I

CAPTACION SANITARIA DE AGUAS SUBTERRANEAS

3. CAPTACION SANITARIA DE AGUAS SUBTERRANEAS

3.1 Origen de las Aguas Subterráneas.

Ya se ha mencionado de qué forma el agua de lluvia origina al infiltrarse en la corteza terrestre el agua subterránea; esta contribución es la más importante en la formación de los mantos freáticos. Sin embargo, existen otras fuentes que de una u otra manera contribuyen a la formación del agua subterránea.

En regiones donde el nivel freático es muy profundo y la recarga no puede efectuarse directamente por el agua de las lluvias, son las corrientes superficiales y los lagos y lagunas las que aportan parte de su caudal al agua subterránea, estas corrientes se denominan corrientes afluentes y generalmente no contribuyen con agua de recarga a lo largo de toda su longitud, sino que sólomente lo hacen al pasar a través de formaciones geológicas de alta permeabilidad.

El agua subterránea llena los huecos de las formaciones rocosas de tal modo que éstas se encuentran saturadas y forman una zona de saturación de espesor variable, cuyo límite superior se denomina nivel freático y tiene la característica de seguir aproximadamente las formaciones topográficas del terreno.

La corteza terrestre está constituida por formaciones rocosas que presentan poros y grietas que permiten almacenar agua en las masas rocosas. Estas formaciones que presentan características de porosidad y permeabilidad adecuadas para almacenar y permitir la libre circulación del agua subterránea se llaman acuíferos. En el estudio de las características que influyen en la posibilidad de almacenar agua en la corteza, la porosidad y la permeabilidad son los principales factores que afectan la respuesta del acuífero.

Las características geológicas de la formación influyen en el comportamiento del acuífero, así tenemos que los principales acuíferos se localizan entre los mantos de grava y arena, calizas y areniscas, aunque es posible localizar acuíferos en formaciones no sedimentarias, además las dimensiones físicas de estos mantos también modifican el comportamiento de los - acuíferos.

De acuerdo con las condiciones geológicas, los acuíferos pueden clasificarse en la siguiente forma:

A) Acuíferos freáticos.- Son aquéllos en que su superficie freática está sujeta a la presión atmosférica y su nivel varía influenciado por las infiltraciones en la época de precipitaciones, así como disminuye con las descargas.

B) Acuíferos artesianos o confinados.- Son aquéllos en los que el agua está confinada por capas relativamente impermeables. El agua almacenada está sujeta a una presión más grande que la atmosférica por lo que el agua se elevará en los - pozos a niveles situados arriba del fondo del manto superior de confinamiento. La superficie imaginaria a la cual se elevará el agua se llama superficie piezométrica y puede estar arriba o debajo de la superficie del suelo. (fig. 3.1)

Comportamiento del agua a distintas profundidades.

A unos dieciseis kilómetros la presión es tan grande que las rocas se deforman continuamente, lo que hace que no existan poros entre ellas y no permiten el paso del agua. La parte superior de esta zona es teóricamente el límite inferior de la penetración de las aguas y en ella existe la llamada agua magmática, que para fines de explotación no tiene interés. - Desde la parte superior de la zona de flujo mencionada hasta

la superficie terrestre, existe la zona de fracturamiento de las rocas, en ella las cargas sufridas por las rocas - son menores que sus límites elásticos y no se deforman, - dejando entre ellas fracturas, poros e intersticios ocupados por el agua, razón por la cual se le llama agua intersticial. (fig. 3.2).

La zona de fractura se subdivide en dos partes llamadas de aireación y de saturación, por que precisamente en ellas - el agua se encuentra en una, en unión con el aire llenando los poros, y en otra, el agua satura por completo los poros (fig. 3.3).

Los poros más grandes de la zona de aireación están llenos de aire y los más pequeños de agua que se adhiere a las rocas por capilaridad. Al agua de esta zona se le llama - - agua vadosa.

La zona de aireación se divide a su vez en tres fajas:

- La faja de agua del suelo.- Es la parte inmediata debajo de la superficie terrestre desde la cual se descarga agua a la atmósfera en cantidades apreciables por la acción de las plantas y por evaporación.
- La faja intermedia.- Se encuentra entre la faja del suelo y la faja capilar y por ella pasa el agua rumbo a la - zona de saturación por acción de la gravedad o para la faja capilar por atracción molecular. Su espesor es variable de unos cuantos centímetros hasta varios cientos de - metros.
- La faja capilar.- Se sitúa arriba de la zona de saturación, contiene vasos capilares vacíos o llenos de agua, pero no baja por efecto de la gravedad debido a la capilaridad. Su espesor depende de la textura de las rocas y - del suelo. (fig. 3.4).

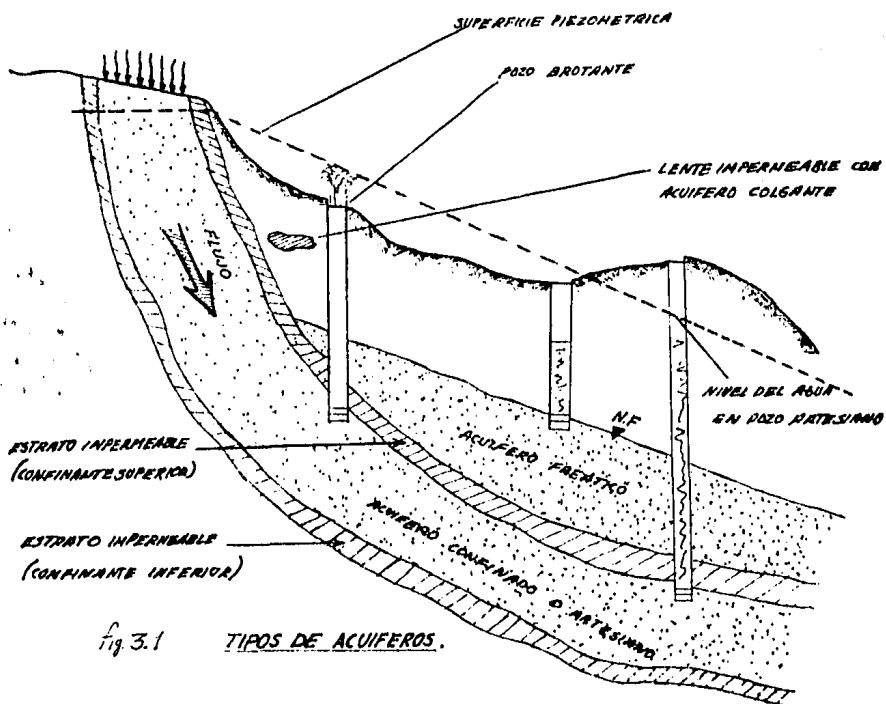


fig. 3.1 TIPOS DE ACUÍFEROS.

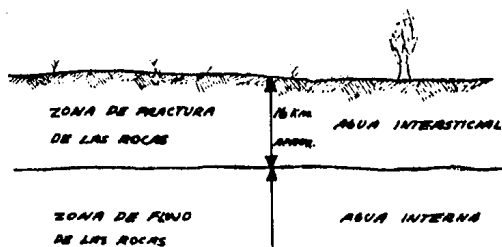


fig. 3.2 COMPORTAMIENTO DEL AGUA A DISTINTAS PROFUNDIDADES.

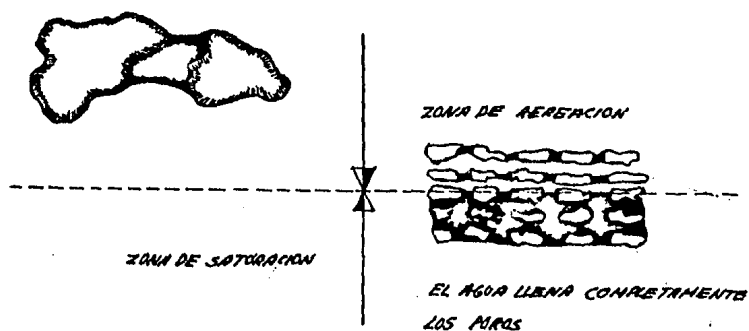


fig. 33 CONPORTAMIENTO DEL AGUA A DISTINTAS PROFUNDIDADES.

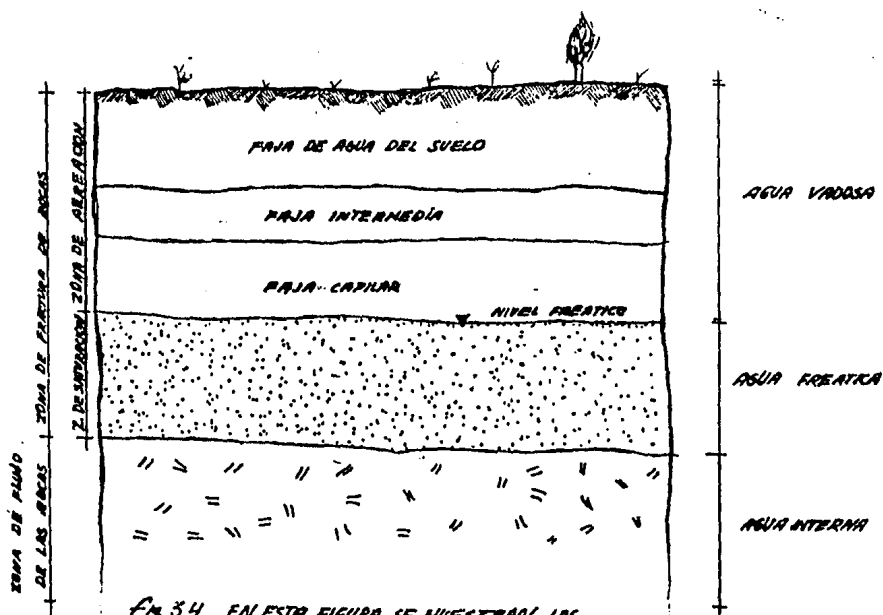


fig. 34 EN ESTA FIGURA SE MUESTRAN LAS DIFERENTES FAJAS EN LAS QUE HAY AGUA.

Para la localización de las aguas subterráneas, es indispensable la intervención de especialistas que realizan estudios geohidrológicos para que el aprovechamiento se efectúe dentro de la zona mas adecuada y la explotación resulte económicamente factible.

La geohidrología es la ciencia que estudia las leyes que rigen la presencia y movimiento de las aguas subterráneas, es decir el acuífero, la migración y volumen almacenado así como los métodos de explotación y conservación.

Las características fisiográficas son importantes considerando que las aguas subterráneas mas explotadas son de origen meteórico. Cuando se produce la precipitación las aguas escurren con más facilidad en terrenos de gran pendiente que en aquéllos que tienen pendientes suaves, la fisiografía nos permite conocer las características de la cuenca, tales como el clima, la altitud, la precipitación pluvial, el índice forestal, pendientes de terrenos, la distribución de la roca permeable o impermeable y otras que permiten definir la mecánica de las formaciones geológicas existentes.

La Geología ayuda a determinar la naturaleza de las rocas, que es un factor determinante para poder calcular la capacidad de almacenamiento de una región, por lo que también es necesario la intervención de la Petrografía que nos permite conocer el tipo de rocas que afloran y su grado de alteración, para estimar cualitativamente su capacidad como acuíferas.

El estudio Geohidrológico completo comprende la determinación de la cantidad y calidad del agua disponible en forma permanente y económica. Además, determina en forma expedita las direcciones y sentidos del flujo subterráneo, así como también identifica su origen. En este estudio se determinan -

los coeficientes de transmisibilidad, de almacenaje y permeabilidad, que junto con la porosidad son las principales propiedades de los acuíferos y que a continuación se definirán.

La porosidad es la relación del volumen de huecos de una formación con respecto al volumen total de la misma.

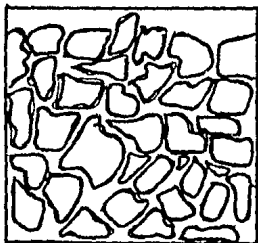
$$N = \frac{\text{Volumen de huecos}}{\text{Volumen de la muestra}} \times 100 \%$$

Generalmente la porosidad varía desde un uno por ciento, hasta más del setenta por ciento, sin embargo, entre los acuíferos de mayor interés práctico, es raro encontrar valores de porosidad que pasen del cuarenta por ciento y que no tengan por lo menos un doce por ciento. En general se dice que la porosidad de un acuífero es grande si es mayor del veinte por ciento, mediana si está entre cinco y veinte y baja si es menor del cinco por ciento. Los huecos de las rocas se presentan de muy variadas formas, como se muestra en la figura 3.5.

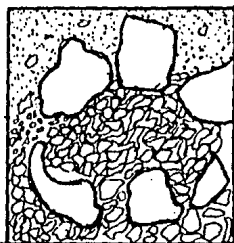
El hecho de localizar formaciones geológicas con valores altos de porosidad, no implica necesariamente una capa acuífera productiva, ya que una gran cantidad de agua puede quedar retenida entre los pequeños poros por efecto de las fuerzas capilares, en consecuencia, es necesario que aparte de una alta porosidad presenten un coeficiente de permeabilidad adecuado para su mejor explotación.

La tabla No. 3 muestra una relación de porosidad, de la permeabilidad y el rendimiento específico para diferentes materiales.

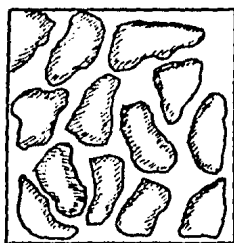
fig 3.5 DIFERENTES ESTADOS POSIBLES DE PRESENCIA
DE POROS O GRIETAS EN LAS FORMACIONES ROCOSAS.



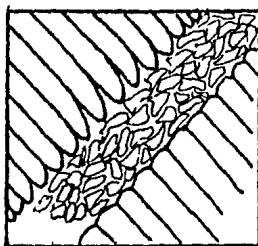
a) MATERIAL ARENOSO CON TAMAÑO UNIFORME DE GRAVA, POROSIDAD MEDIA.



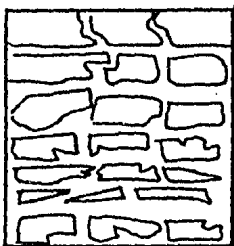
b) MATERIAL ARENOSO CON GRAN VARIEDAD DE TAMAÑOS, POROSIDAD BAJA.



c) MATERIAL ARENOSO CONSTITUIDO POR GRANOS UNIFORMES Y PORALES, POROSIDAD ALTA.



d) FORMACIÓN ÍGNEA PRESENTANDO UNA GRIETA RELLENA DE MATERIAL DE RE-
-LLENO, POROSIDAD.



e) FORMACIÓN SEDIMENTARIA CON HUECOS SIN FORMAS REGULARES CON
-SIDENTES CON LA ESTRUCTURA.



f) FORMACIÓN ÍGNEA O METAMÓRFICA CON HUECOS
-O A LO LARGO DE LA FRACTURA.

TABLA 3

<u>Material</u>	<u>Porosidad (%)</u>	<u>Rendimiento Especifico</u>	<u>Permeabilidad (cm/seg) x 10</u>
Arcilla	45	3	0.5
Arena	35	25	400
Grava	25	22	2500
Grava y arena	20	16	950
Arenisca	15	8	330
Caliza y Esquistos	5	2	0.5
Riolita y Granito	1	0.5	0.5

El rendimiento específico de un manto acuífero será la relación del volumen de agua que libremente puede ser drenada -- por gravedad y el volumen total de agua de la formación.

El coeficiente de permeabilidad mide la capacidad del material saturado por el agua para dejarla escurrir. La permeabilidad se expresa en función del gasto.

$$P = \frac{Q}{AI} \quad \text{donde } I = \frac{h}{l}$$

P = permeabilidad (m³/día) / m² I=gradiente hidráulico
Q = gasto (m³/día) h=diferencia de presiones
A = área (m²) l=longitud de la sección del conducto (m)

El coeficiente de transmisibilidad mide la capacidad del flujo en un material saturado y es el promedio de la permeabilidad por el espesor del acuífero.

$$T = P, M$$

T = coeficiente de transmisibilidad $\frac{(m^3/día)}{m}$

M=espesor del acuífero(m)

P = permeabilidad $\frac{(m^3/día)}{m^2}$

El coeficiente de almacenaje se define como el volumen que se puede extraer por metro cuadrado de un acuífero al bajar el nivel freático un metro, se expresa en fracción decimal o en porcentaje del volumen total del material drenado.

3.2 Localización del Agua Subterránea.

El problema de establecer cuales son los sitios mas favorables para el emplazamiento de obras de captación de agua subterránea es muy complejo y requiere que los encargados de tomar estas decisiones tengan gran experiencia en la interpretación de la información que resulte de los estudios.

El aspecto primario de la localización del agua subterránea consiste en detectar las áreas cuyas probabilidades de contener acuíferos adecuados sean mayores. Los especialistas, -- geólogos o ingenieros tienen que determinar los puntos precisos donde se perforarán los sondeos exploratorios que sin duda alguna ayudarán a determinar de la mejor manera las características geológicas que influyen en la estimación de la calidad del agua del posible acuífero y la cantidad de explotación inmediata y futura.

Los estudios deberán ser amplios y precisos, ya que no es posible por ejemplo que el estudio aislado de las fotografías

aéreas puedan determinar los sitios precisos donde se localiza el agua subterránea.

En la actualidad el gran desarrollo de la tecnología ha permitido el establecimiento de métodos de investigación para localizar acuíferos, que si bien no son infalibles son altamente satisfactorios, estos métodos se pueden clasificar en:

A) Exploración Superficial.

B) Exploración Profunda

Dentro de la exploración superficial hay tres tipos de método de investigación, que son:

1o.- Reconocimientos Geológicos.- El estudio geológico de una región consiste en la obtención de información apropiada directamente mediante recorridos o caminatas de campo. El reconocimiento geológico está basado en la interpretación de los rasgos característicos que puedan indirectamente indicar la presencia del agua subterránea. El análisis de estructuras geológicas subterráneas de los manantiales, de las formaciones que afloran, de las formas de drenaje, de las pendientes topográficas y de la vegetación, son algunos de los factores que pueden indicar los sitios favorables para la obtención del agua subterránea. Sin embargo, en la actualidad no existe un método único para la localización del agua subterránea, por lo que es necesario alternarlos o complementarlos.

2o.- Estudios con fotografías aéreas.- Los reconocimientos de la corteza terrestre mediante la fotointerpretación ha permitido incrementar notablemente los estudios de exploración del agua subterránea. Las fotografías aéreas en blanco y negro permiten tener a la mano una gran cantidad de infor-

mación que de otra manera sería muy difícil acumular. Mediante el estudio de estas fotos es posible elaborar planos fotogeológicos conteniendo una gran cantidad de detalles característicos que permiten la definición de los lugares mas adecuados para la construcción de estructuras de captación. En los últimos años se han desarrollado los métodos de percepción remota que consisten en tomar fotografías con películas especiales para cierto rango del espectro electromagnético. Estas fotografías se toman desde aviones y satélites, lo que permite detectar detalles tales como las características físicas y químicas del agua, sedimentación en vasos de presas, la variación de niveles de agua y otras más.

3o.- Exploraciones geofísicas.- Son conocidos como métodos de exploración indirecta y han venido desarrollándose en forma importante, son particularmente útiles como un complemento de los estudios aéreos. Además de la facilidad con que pueden detectarse todo tipo de estructuras geológicas - subterráneas, propiedades físicas de las rocas y otras más. Los métodos geofísicos de mayor interés en la investigación del agua subterránea son: el método sísmico, el geoelectrico, el gravimétrico y el magnético. A continuación se describen más ampliamente:

a) El Método Sísmico.- Se fundamenta en las variaciones de elasticidad y densidad que presentan los materiales de la corteza terrestre para transmitir el paso de ondas. Hay dos variaciones de este método, el de refracción y el de reflexión, siendo el primero el mas usado en la localización de acuíferos.

b) Métodos Geoeléctricos.- Son los más difundidos por su asociación con las rocas, las estructuras geológicas se --

delinean mediante la interpretación de sus reacciones en -- los campos eléctricos y electromagnéticos. Hay dos varia-- bles: El método de relaciones de caída de potencial (R.C.P) y el de resistividad. Ambos se basan en la inducción de una corriente eléctrica de baja frecuencia (C.A.) en el subsuelo y la recuperación de la respuesta en instrumentos y dispositivos de medición colocados en la superficie del terreno.

c) Método Gravimétrico.- Se basa en la ley de atracción - universal y mide las pequeñas variaciones del campo gravita-- torio de la tierra debido a las diferencias que existen en-- tre las densidades de las distintas clases de rocas.

d) Método Magnético.- La interpretación de este método se funda en considerar a la tierra como un gigantesco imán y - que el campo magnético normal a la tierra es uniforme en -- áreas donde la composición magnética de los materiales tam-- bién lo es. Este método es empleado en la localización de causas sepultados por coladas lávicas. Hay una gran varie-- dad de métodos de exploración pero los descritos anterior-- mente son los mas usuales.

En cuanto a la exploración profunda, ésta se hace en dos - etapas, el sondeo que es una exploración de poco diámetro, en la que se hace el muestreo litográfico y se corre el -- registro eléctrico para fijar las zonas de los acuíferos.

Estas actividades son el complemento de los estudios geohi-- drológicos y es muy recomendable su ejecución por su bajo - costo y la información que proporciona.

Si es costeable la explotación del pozo se procede a la se-- gunda etapa. Previos estudios geohidrológicos, las localizaciones

son fijadas por el especialista, y las profundidades se fijan con los sondeos geofísicos. Es decir, que los sondeos determinan si la exploración se amplía o se desecha por resultar incosteable.

Existen diversos métodos de perforación, pero los principales son: el de percusión, el rotatorio que en la actualidad emplea el de tipo convencional o de circulación directa que utiliza como fluidos de perforación la bentonita principalmente.

Estos métodos de perforación se describirán en forma mas detallada en los incisos correspondientes.

3.3 Calidad del Agua Subterránea.

De acuerdo al ciclo hidrológico se observa que la velocidad de retorno del agua de lluvia al mar es muy grande para el agua que escurre superficialmente, recorriendo decenas de kilómetros por día, mientras que el agua infiltrada tiene una velocidad de desplazamiento de unos metros por día o por año, dependiendo de la textura del terreno y otros factores. Debido a esta situación el agua puede tener diversos tiempos de contacto con los materiales que forman los estratos teniendo así mayor o menor oportunidad de disolverlos.

El agua tal y como está en las nubes o al precipitarse se considera pura, pero al caer arrastra polvo, gérmenes y disuelve gases como oxígeno, bióxido de carbono y óxido nítrico. Al combinarse los dos últimos le dan a la lluvia algo de acidéz, haciéndola más corrosiva y aumentándole su capacidad de disolver materiales. Estos se disuelven en pequeñas

concentraciones en el agua con lo que se fija su calidad química. El agua subterránea está en contacto por mucho tiempo con los materiales de los diferentes estratos ocasionando que se tenga una concentración mayor de sales disueltas que las aguas superficiales de la misma zona.

Debido a la textura más o menos cerrada de los estratos por donde se infiltra el agua subterránea y a la profundidad en que se encuentra, generalmente el agua de esta fuente no contiene microorganismos y cuando ésta se ha contaminado, las causas son fallas geológicas o fracturas que permitieron que el agua superficial se pusiera en contacto con el agua subterránea.

La presencia de ciertos tipos de microorganismos fija la calidad bacteriológica del agua y cuyo máximo número permisible se encuentra fijado por normas establecidas por organismos dedicados a preservar y mejorar la salud de las comunidades. Generalmente los casos de enfermedades transmitidas por el agua subterránea se deben a una deficiente protección de las estructuras de captación y a los malos sistemas de distribución.

Debido a la filtración que sufre y a la profundidad en que se encuentra el agua subterránea es normalmente fresca, no contiene olor, ni turbidez, colores ni sabores desagradables, características que fijan la calidad física del agua y que son las que detectan mas facilmente los consumidores. Debido a sus características físicas, químicas y bacteriológicas el agua subterránea es deseable como fuente de abastecimiento para las comunidades.

A continuación se presenta un cuadro en donde se comparan las características del agua superficial y del agua subterránea.

AGUA DE LLUVIA
MAS GASES DISUELTOS

ESCURRIMIENTOS
(ARROYOS, RIOS, Y EMBALSES)

AGUA SUBTERRANA

CALIDAD FISICA EL AGUA DE EMBALSES NORMALMENTE
TIENE COLOR, TURBIEDAD, OLORES Y SABORES DESAGRADABLES,
POR DESARROLLO DE VEGETACION ACUATICA.

CALIDAD QUIMICA CONTENIDO MODERADO DE SUSTANCIAS
DISUELTAS.

CALIDAD BACTERIOLOGICA GENERALMENTE AGUA MUY
CONTAMINADA.

CALIDAD FISICA GENERALMENTE CARECE DE COLOR, TURBIEDAD,
DE OLORES Y SABORES.

CALIDAD QUIMICA CONTENIDO MODERADO DE SUSTANCIAS
DISUELTAS.

CALIDAD BACTERIOLOGICA GENERALMENTE CON CONTAMINACION
NULA.

Contaminación del Agua Subterránea.

Actualmente existe la tendencia de infiltrar en los terrenos a las aguas de deshecho doméstico e industrial, para desahucarse de ellas, o bien, para recargar los mantos acuíferos, existiendo el peligro de que cuando no estén debidamente tratadas contaminen con microorganismos patógenos, con materia orgánica y con sustancias químicas tóxicas o radioactivas. Por otro lado, las sustancias químicas sin control empleadas como fertilizantes o insecticidas agrícolas, trae como consecuencia la contaminación del agua subterránea.

Debido a lo poco conocido de los procesos de autopurificación del agua subterránea y de las condiciones a que está sujeta en los diversos estratos, es peligrosa la disposición de los desechos líquidos por inyección o infiltración en el terreno, ya que se pueden afectar fuentes que actualmente se explotan, o bien, que en el futuro podrían utilizarse para tal fin.

Es necesario hacer notar que tomaría más tiempo el regenerar o rehabilitar una fuente de agua subterránea contaminada que el tiempo necesario para perjudicarla.

3.4 Estructuras de Captación de Agua Subterránea.

3.4.1 Pozos.

Los pozos son las estructuras mas usuales de captación de las aguas subterráneas y han sido empleadas a través de muchos años para satisfacer las necesidades de los grupos humanos que han empleado esta fuente de abastecimiento. Se han encontrado pozos milenarios que siguen aportando agua de calidad notable. La importancia de estas estructuras de captación es muy significativa pues la supervivencia y desarrollo

de grupos humanos a través de la historia y aún en la actualidad se debe al hecho de que el hombre aprendió y perfeccionó sus técnicas de construcción de pozos mas profundos y de mayor diámetro y caudal.

Esas técnicas evolucionaron, pero aún se pueden vislumbrar ciertos rasgos artesanales en la construcción de los pozos.

El agua del subsuelo sigue siendo vital para el desarrollo de grandes ciudades y de pequeñas poblaciones, por lo que a continuación se describirán los aspectos mas importantes en la construcción de pozos que son las estructuras de captación mas representativas de la explotación de esta fuente de abastecimiento.

3.4.1.1 Clasificación de los Pozos.

Los pozos pueden clasificarse por su profundidad en:

- Pozos poco profundos.- Con una profundidad menor de treinta metros.
- Pozos profundos.- Con una profundidad mayor de treinta metros.

Y por su método constructivo en:

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1.- Pozos cavados | Poca profundidad o superficie de saturación |
| 2.- Pozos clavados o hincados | poco profunda. |
| 3.- Pozos barrenados | |
| 4.- Pozos perforados.- | Son de gran profundidad, perforados por percusión, por percusión con circulación inversa, o rotación. |

Los pozos cavados se abren a mano comunmente, se emplean ademas de madera y se revisten de ladrillo, concreto, piedra en bruto o tubos de concreto, etc. La excavación es continuada hasta que el agua fluye al interior con mayor rapidez de la que puede extraerse. Estos pozos deben terminarse de construir cuando el nivel freático se encuentre a su mínimo o cerca de él, ya que de lo contrario se correría el riesgo de quedar inservible en época de estiaje. Los pozos excavados grandes se contruyen hundiendo un revestimiento conforme se alcanza una mayor profundidad. Este tipo de pozos no se usa frecuentemente, sino solo para abastecimiento de pequeñas poblaciones. (fig. 3.6)

Los pozos clavados o hincados pueden construirse en materiales no consolidados mediante el uso de puntas coladoras. -- Una punta coladora es una sección de tubo perforado en su extremo inferior puntiagudo para que penetre en el suelo. Esta punta puede clavarse con un marro o martinete, luego se van conectando secciones adicionales de tubo simple al tubo de la punta coladora por medio de acoplamientos roscados hasta llegar a la profundidad deseada. Debido a las limitaciones de tamaño y profundidad los pozos hincados normalmente no se usan para grandes proyectos de abastecimiento a no ser que se empleen numerosos pozos. Son usados frecuentemente para desaguar o achicar excavaciones inundadas, para abastecimientos domésticos o en exploraciones para localizar mantos de agua. (fig. 3.7).

Pozos Barrenados.- Son generalmente de diámetro pequeño y en su construccion se usan barrenas para tierra, accionadas manualmente y mecánicamente. En la figura 3.8 se muestran dos tipos comunes de barrenas de mano. El agujero se inicia empujando las hojas de las puntas de la barrena para hincarlas en el suelo con un movimiento de rotación. Se gira la -

Fig. 36 POZO CAVADO

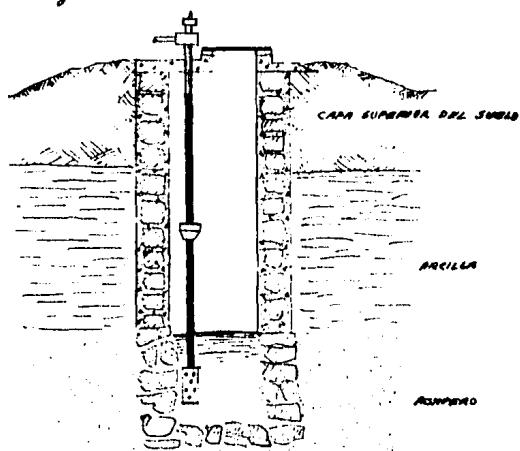
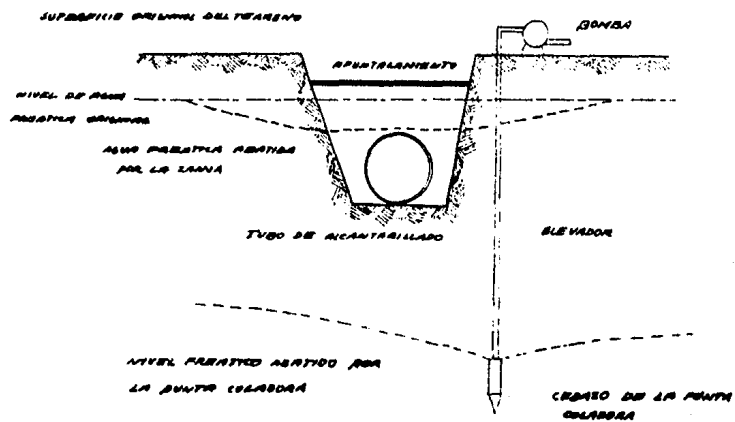
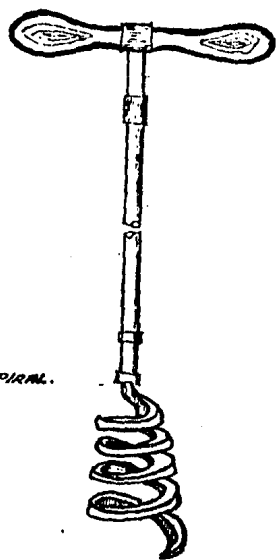


Fig. 37 POZO CLAVADO





BARRENA ESPIRAL.

Fig. 3.8 TIPOS COMUNES DE
BARRENAS DE MANO.



BARRENA CON HOJAS DE DIAMETRO FIJO.

barrena hasta que ésta se llena de material y entonces se saca la herramienta del agujero, se vacía y vuelve a usarse. - Se van agregando extensiones al vástago según se necesite, - para perforar hasta la profundidad deseada. Para pozos menores de cuatro metros de profundidad sólo se requiere la ba--rrena. Sin embargo, para pozos de mayor profundidad se pue--do emplear un trípode ligero con una polea en el extremo, de tal manera que el vástago de la barrena se pueda insertar y extraer del agujero sin desconectar todas las secciones.

Pozos Profundos.- Probablemente el método de perforación --por percusión es el mas usado en materiales rocosos. Un trepáno pesado o broca suspendida de un cable se levanta y se -baja dentro de la perforación, fracturando a golpes el mate--rial del fondo. Cuando se está trabajando se vierte agua en cantidad suficiente para que el material fragmentado pueda -sacarse a intervalos por medio de una cubeta. Los pozos perforados con este equipo han alcanzado profundidades mayores de mil quinientos metros con doce centímetros de diámetro. - En suelos no consolidados conforme avanza la perforación se introduce el ademe enganchando los tramos con grapas o abra--zaderas.

Los grandes pozos profundos se construyen ordinariamente --por el método rotatorio, que consiste en hacer girar una ba--rrena al final de la sección de un tubo, se usa fluido de --perforación como lodo bentonítico que se hace circular continuamente a través de la flecha de la máquina rotatoria dentro del cilindro perforado. Los lodos sirven para ademar --las paredes durante el trabajo y para transportar el material suelto hecho por la herramienta hasta la superficie del te--rreno. Esta información será ampliada en los incisos siguientes.

3.4.1.2 Diseño de Pozos.

Cuando un ingeniero se dedica a diseñar un pozo a menudo encontrará que las soluciones óptimas comprenden una serie de conciliaciones que son el producto de un enfoque flexible -- para cada problema. Además el objetivo del diseño en la ingeniería es conseguir la mejor combinación posible de rendimiento, funcionalidad y costo razonable.

Un pozo que se va a construir en materiales no consolidados, puede considerarse que consiste en dos partes principales. - La parte superior o sección cubierta, que alberga el equipo de bombeo y la parte inferior o entubado del pozo que es el conducto vertical a través del cual fluye el agua de la capa acuífera a la bomba o a un tubo de descarga en caso de -- tratarse de un pozo artesiano surgente. El entubado del pozo principia en la superficie hasta la formación impermeable situada inmediatamente encima de una capa acuífera o a una profundidad determinada.

La sección de admisión o parte inferior es por donde el agua entra al pozo procedente de la capa acuífera. Esta sección puede ser sencillamente el extremo inferior abierto del entubado o un colador o rejilla de pozo. Este mecanismo de captación, empleando una rejilla permite el uso de técnicas encaminadas a aumentar el grado de infiltración natural por lo que ofrece la conveniencia de un pozo de menor diámetro, y además evita la obstrucción de la entrada del agua en el pozo. También el colador o rejilla proporciona soporte estructural contra el derrumbe del material en formaciones no consolidadas. Pero su importancia básica radica en que evita la entrada del material en el pozo. A continuación se describen ampliamente las distintas secciones del pozo.

Sección Entubada.

La selección del diámetro de la tubería del pozo depende de factores tales como el tipo y tamaño de la bomba que se espera instalar para el rendimiento potencial o deseado del pozo, pero también influye la disponibilidad del equipo de perforación. El entubado del pozo debe ser lo suficientemente grande para alojar la bomba con bastante olgura pues su instalación y mantenimiento debe ser una operación sencilla de llevar al cabo. Pero también existen normas que indican el diámetro por seleccionar como es el caso de los pozos profundos, el diámetro del entubado debe escogerse - dos tamaños nominales (nunca menos de un tamaño nominal) - mayor que el de las cajas de la bomba. Para pozos de poco diámetro (cuatro pulgadas o menos) es suficiente con escoger un diámetro de entubado que sea un tamaño nominal mayor que el de las cajas, el cilindro o el cuerpo de la bomba.

En pozos pequeños donde los niveles de bombeo del agua bajo la superficie del suelo se encuentran dentro de los límites prácticos de succión (4.5 m. o menos), de la mayor parte de las bombas de superficie, estas máquinas se conectan ya sea directamente en el extremo del entubado del pozo o con una tubería de succión suspendida dentro del entubado del pozo. El diámetro del entubado se puede seleccionar entonces relacionándolo con el diámetro de succión o admisión.

En pozos profundos y de diámetro mayor es ventajoso por razones económicas reducir el diámetro del revestimiento a niveles inferiores a la mayor profundidad de bombeo prevista, ésto se hace instalando telescópicamente una o más secciones de entubado de tamaños sucesivamente más pequeños, ahorrándose el costo de prolongar el entubado de diámetro mayor -- hasta la capa acuífera, cuando un tubo de diámetro inferior

es suficiente para alojar el flujo previsto sin excesiva pérdida de carga.

Sección de Admisión.

La rejilla pasa a ser el factor mas importante en el adecuado funcionamiento de un pozo y por consiguiente la importancia de su diseño y construcción.

Cuando se diseña una rejilla correctamente se obtiene un alto porcentaje de área abierta, para un flujo relativamente libre y con una resistencia tal que soporta las fuerzas a -- que puede quedar sujeta durante y después de su instalación en el pozo. La forma de las rejillas debe permitir un flujo fácil hacia el pozo a la vez que dificulte a las partículas pequeñas alojarse en ella, con lo cual se podría dificultar el flujo. Hay distintos tipos de rejilla, éstos se describen a continuación.

a) - Del tipo de ranura continua.

Se fabrican con alambre estirado en frío y tienen una sección casi triangular, el alambre se enrolla en forma espiral alrededor de un conjunto circular de varillas dispuestas longitudinalmente, en cada punto de contacto entre alambre y varilla se solda obteniéndose una rejilla como una unidad rígida de una pieza.

Si el material empleado en la construcción es muy rígido las dimensiones de las varillas y del alambre disminuirán, aumentando la relación de espacio abierto y área compacta de -- la superficie de la rejilla.

Las rejillas de este tipo se hacen de hierro galvanizado, -- acero, acero inoxidable y distintos tipos de latón, aunque -

ya se experimentan los materiales plásticos.

Lo que mas influye en la eficiencia de una rejilla, es el porcentaje de espacio abierto. Como se verá mas adelante el tamaño de la abertura de una rejilla se determina por el tamaño de las partículas del material de la capa acuífera.

Con este tamaño fijado el objetivo del diseño de la rejilla es obtener el máximo espacio abierto posible en una longitud de rejilla determinada. Esto trae beneficios como son una menor resistencia al flujo dentro del pozo y la velocidad de entrada a través del área mayor de admisión es más baja y la pérdida de carga disminuye. Por eso las rejillas bien diseñadas son muy importantes.

Con el máximo de área abierta en una rejilla de pozo, el diseño también debe ser tal que las aberturas no se obstruyan por las partículas y esto se logra mediante las aberturas en forma de V que se forman empleando alambre triangular. La forma en V de la rejilla tiene especial importancia cuando se diseña el pozo, ya que el proceso de captación está basado en el paso de los tamaños más pequeños de partículas de arena a través de las rejillas y su eliminación del pozo. (fig. 3.9).

Hay otra ventaja notable de este tipo de rejillas y es el hecho de que las aberturas de la ranura se pueden variar fácilmente en tamaños si las condiciones geológicas así lo requieren, esto se logra modificando el espaciamiento en que se envuelven los alambres.

b) Rejillas del Tipo Lumbrera o Persiana.

Tienen hileras de aberturas en forma de persiana, y se pue--

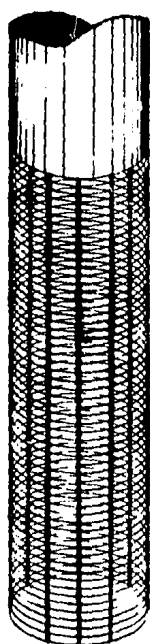


Fig. 3.9 REVILLA DE PCZO DEL TIPO DE
ARMURA CONTINUA.

den disponer las aberturas en ángulos rectos o paralelas al eje de la rejilla. Las aberturas se practican en la pared de un tubo soldado empleando una maquina troqueladora y una matriz.

El proceso de fabricación de estas rejillas limita el tamaño y la forma de las aberturas, por lo que tienen una desventaja respecto a las rejillas de ranura continua.

Otra desventaja de este modelo es el porcentaje mucho menor de área abierta en comparación con la de ranura continua -- pues hay espacios que se dejan entre aberturas adyacentes, además sus aberturas tienden a obstruirse durante el desarrollo de los pozos, cuando el tamaño de las partículas de la capa acuífera es representativo de arenas. De lo anterior se deduce que este tipo de rejillas se emplea de mejor manera en pozos empacados artificialmente con grava. (fig. 3.10 y 3.11).

c) Rejillas de Pozo del Tipo Base de Tubería.

Consiste en una chaqueta alrededor de un tubo de metal perforado. La chaqueta puede estar hecha de alambre trapezoidal que se enrolla directamente alrededor de la tubería (se le llama rejilla de tubería envuelta), hay otra variante -- que se fabrica enrollando el alambre en una serie de varillas dispuestas longitudinalmente y espaciadas a intervalos fijos alrededor de la circunferencia del tubo, esta variante es mas eficiente que la de la tubería envuelta, pues las varillas sostienen el alambre alejándolo de la superficie del tubo reduciéndose la obstrucción de las aberturas de la rejilla. Los agujeros del tubo son los que controlan el rendimiento de la rejilla y como el porcentaje de área abierto -

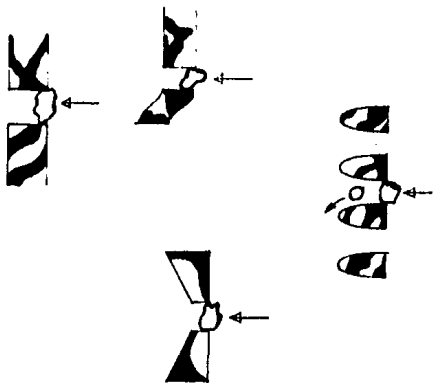


Fig. 3.10 LAS ABERTURAS EN FORMA DE "V" DE LA REJILLA DEL TIPO DE PANTALLA CUATRICIA PERMITE QUE LOS GRANOS DE ARENA LIGERAMENTE MÁS PESADOS QUE EL ANCHO DE LAS ABERTURAS, PASEN LIGERAMENTE SIN CAUSAR RUÍDO. LAS ABERTURAS SIN EL CAUSAN RUÍDO TIENEN EL EFECTO DE DETENER LAS PARTICULAS SUFICIENTEMENTE PEQUEÑAS PARA DETENER EN ELLOS.

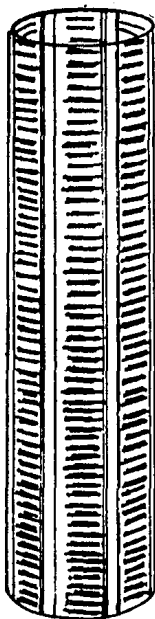


Fig. 3.11 REJILLA DEL POZO DE TIPO DE PANTALLA DE PERSIANA O LUNARERA.

es reducido, entonces este tipo de rejillas es ineficáz, pero tienen una gran ventaja ya que evitan la fabricación de una rejilla hecha totalmente de costosas aleaciones no corrosivas como acero inoxidable, bronce o latón, y en tal caso - esas aleaciones sólo se usan en la chaqueta y el tubo es de acero, ésto acarrea la desventaja de una falla por corrosión galvánica.

Puntas Coladoras.

Están hechas de trozos cortos de rejilla unidos a longitudes sucesivas de tubo; se hincan en el terreno por medio de golpes repetidos hasta alcanzar la profundidad deseada en una capa acuífera o en una formación que va a desaguar.

Las puntas se construyen de acero forjado y se colocan en el extremo inferior de la estructura para facilitar la penetración en el terreno, las hay de distintos tipos.

a) Chaqueta de Latón.- Construida con un tubo perforado cubierto con maya de alambre de bronce, este conjunto a su vez se envuelve con una hoja perforada de latón para protegerlo de daños.

b) De Tubo de Latón.- Consiste en un tubo de latón ranurado que se desliza en un tubo perforado. (fig. 3.12).

Existe un substituto para las rejillas de pozo y éste es el tubo ranurado, es usado en pozos de diámetro pequeño. Sus aberturas se hacen usando soplete o sierra eléctrica. Por su proceso de fabricación es inevitable que los tubos ranurados tengan limitaciones importantes tales como:

1o.- Espaciamiento amplio de ranuras y una área abierta reducida por consecuencia.

2o.- Las aberturas pueden ser inexactas.

3o.- Es difícil practicar aberturas lo suficientemente estrechas para controlar las arenas finas.

El tubo ranurado de plástico cada vez se usa más en pozos de diámetro pequeño pues su escaso peso y su manejabilidad lo hacen ideal para zonas remotas y poco accesibles, además es no corrosivo, es barato y el ranurado se practica fácilmente. (fig. 3.13).

La longitud, el tamaño de las aberturas y el diámetro de la rejilla del pozo son las características de diseño que más influyen en el adecuado funcionamiento del pozo, además determinan la velocidad de entrada del flujo, que a su vez influye en la pérdida de carga o presión requerida para mantener el flujo.

Cuando se diseña un pozo para obtener un máximo rendimiento de la capa acuífera por explotar, entonces se procede a seleccionar primeramente la longitud de la rejilla y el tamaño de las aberturas, teniendo como datos de partida las características naturales de la capa acuífera. Luego el diámetro se seleccionará de tal manera que proporcione una área total suficiente de aberturas para que la velocidad de entrada no exceda las normas de diseño escogidas. Sin embargo, no siempre es éste el procedimiento a seguir, pues depende de los objetivos requeridos para solucionar cada uno de los problemas que se presentan en todos los pozos por perforar y que se sabe que pueden ser similares mas no iguales.

En pozos pequeños se diseña para proporcionar cierto rendimiento limitado, bastante inferior al óptimo y el diámetro -

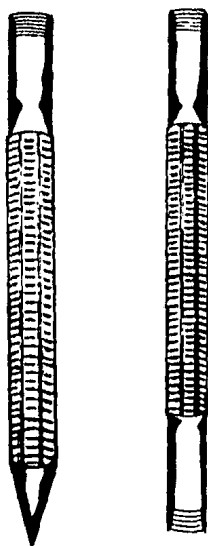


Fig. 3.12

PUNTA COLADORA DEL TIPO DE
BARRO COATZACO, Y SEGUNDA
DE EXTENSICA



Fig. 3.13

TUBO DE CAJONCILLO BAYARDO

ANILLAS NEGRAS CON
NATURAL C. HEARTHURST.

de la rejilla se escoge con la intención primordial de que los costos generados sean los más bajos posibles y el diámetro seleccionado será el más pequeño pero que sea práctico - el rendimiento esperado y al diámetro del entubado.

El tamaño de las aberturas de la rejilla es determinado por las características de la capa acuífera, y la longitud de la rejilla se calcula en función del área total de las aberturas requerida para mantener la velocidad de entrada de acuerdo al proyecto. Pero hay casos en que la longitud así calculada sobrepasa el espesor de la capa por explotar y entonces se escoge la máxima posible compatible con esa limitación. Después se selecciona el diámetro apropiado de acuerdo a las normas de diseño para la velocidad de entrada en la rejilla.

Se fabrican dos tipos de rejillas, el tipo telescópico y el tamaño para tubo o ID.

Las telescópicas como su nombre lo indica, se dirigen mediante el entubado ya que su diámetro externo es un poco menor al diámetro interno del entubado. Las de tipo ID, o tamaño tubo, tienen el mismo diámetro interno que el entubado normal. La longitud de la rejilla se puede determinar por el espesor de la capa acuífera pero esto no es una regla general, pues si un usuario tiene necesidades pequeñas no se justifica una rejilla grande y costosa, por lo que se deberá de construir de tal forma que satisfaga sus necesidades presentes con miras a necesidades mayores en el futuro.

Se debe hacer notar que un manto acuífero grueso tiene un rendimiento que aumenta más eficientemente prolongando la longitud y no el diámetro y es por eso que la longitud de la

rejilla es un factor de control del rendimiento del pozo.

Abertura de la Ranura de la Rejilla.

Para poder seleccionar el tamaño de la abertura es un requerimiento necesario el conocer el proceso de desarrollo de pozos. Como se señaló en anteriores capítulos las partículas finas ocupan parte de los espacios del poro, que de lo contrario serían más grandes ocasionando pérdidas de carga debido a la fricción, y reduciendo la cantidad de agua suministrada por unidad de aspiración en el pozo (capacidad específica).

Por eso, cuando se desarrolla un pozo se retira el material mas fino en la mayor cantidad posible alrededor de la rejilla. Por ahora es suficiente aclarar que el desarrollo comprende la extracción del material mas fino de la capa acuífera en las cercanías del pozo y que esta operación tiene lugar a través de la rejilla y fuera del revestimiento.

Por lo que se deduce que el material fino que ya no se puede retirar por esta operación es el que determina el tamaño de las aberturas de las ranuras de la rejilla.

Para ésto se analizan los distintos tamaños de partículas de la capa acuífera y para ello se hace un análisis granulométrico de una muestra representativa cuyos resultados se grafican, dando como resultado las curvas granulométricas que son las que nos describen las características de la capa en forma mas práctica.

Generalmente las aberturas de ranura se diseñan para retener de treinta a cincuenta por ciento del material de la formación, según las condiciones de la capa acuífera. La selección tiende hacia el valor más alto para las arenas finas

uniformes que contienen aguas corrosivas y hacia el valor -- más bajo para arenas gruesas y gravas.

La selección de un tamaño de ranura de treinta por ciento -- significa que se retirará el setenta por ciento del material próximo al pozo por el proceso de desarrollo. Si se selecciona un tamaño de ranura del cuarenta por ciento significa que se evacúa menos material, con el desarrollo se aumenta -- la capacidad específica del pozo y por lo tanto su eficiencia, ésto compensa el costo del desarrollo. (fig. 3.14).

Como se sabe la mayor parte de las formaciones geológicas -- son estratificadas con una distribución de partículas variada, y en esos casos se seleccionan aberturas de ranura para distintas secciones, según convenga a la distribución del tamaño de partículas de los diferentes estratos.

En sitios remotos y de escasos recursos, es muy conveniente escoger las aberturas de la ranura basados en experiencias -- anteriores e inclusive es aconsejable escoger un tamaño es-tandar para una batería de pozos situada en la misma capa -- acuífera, a fin de reducir costos.

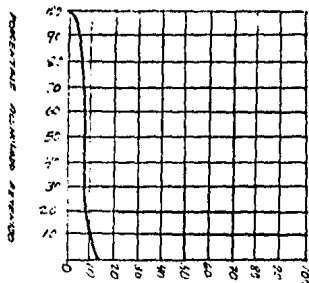
La velocidad de entrada es determinada fácilmente dividiendo el gasto esperado entre el área total de las aberturas de la rejilla. La velocidad de entrada se escoge de tal forma que las pérdidas por fricción no sean grandes y el grado de in--crustación y corrosión sea el mínimo. En la práctica se ha establecido que ésto se logra con una velocidad del rango de 0.30 m. por segundo, como se mencionó anteriormente la veloci-dad de entrada se regula aumentando o disminuyendo la longitud de la rejilla y en su defecto con el diámetro.

La selección de materiales para el revestimiento y la rejilla

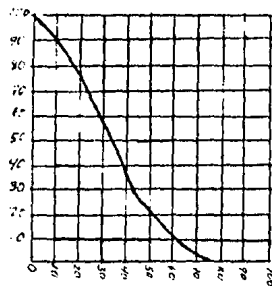
Fig. 3.11 CURVAS TIPO DE MEZCLA DE

TRINCA DE AGUA, CEMENTO Y ARENILLA
CON CEMENTO = 15% Y ARENILLA = 85%

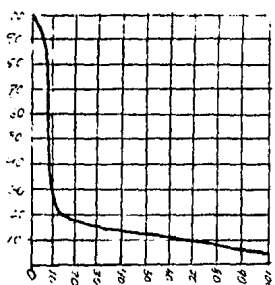
PARTE DE AGUA EN MEZCLA DE TRINCA



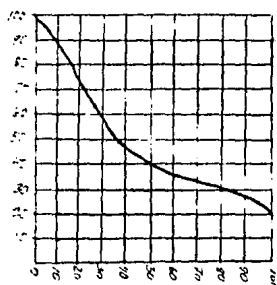
A) MEZCLA DE AGUA, CEMENTO Y ARENILLA
 SIN LIMITAR AGUA A VEZES
 "CON LIMITACION"



B) MEZCLA DE AGUA, CEMENTO Y ARENILLA
 SIN LIMITAR AGUA A VEZES
 "CON LIMITACION"



C) MEZCLA DE AGUA, CEMENTO Y ARENILLA
 CON LIMITACION DE AGUA A VEZES
 "CON LIMITACION"



D) MEZCLA DE AGUA, CEMENTO Y ARENILLA
 CON LIMITACION DE AGUA A VEZES
 "CON LIMITACION"

es un aspecto muy importante en el diseño de pozos pues se requiere de que la selección sea la mas adecuada a los requerimientos de diseño. Hay tres factores principales que influyen en la selección, éstos son la calidad del agua, los requerimientos de resistencia y el costo.

La calidad de agua en este contexto se refiere al contenido mineral del agua que producirá el pozo y a sus efectos sobre el material de la rejilla, ya sea corrosión o incrustación. Los análisis químicos de muestras de agua indican el tipo posible de efecto, ya sea incrustación, corrosión o ambos.

Hay otros factores aparte de la calidad del agua tales como velocidad de flujo y disimilitud de los metales que contribuyen al proceso de corrosión.

Cuando la velocidad es grande los productos protectores son arrastrados mas rápidamente y como consecuencia, la corrosión aparece rápidamente. El uso de dos o más tipos distintos de metales deben evitarse en la medida de lo posible -- pues la corrosión es grande en los puntos de contacto.

La incrustación no destruye el metal, sólo provoca el depósito de minerales sobre él. Esto se debe a que los materiales disueltos adoptan su estado insoluble fijándose como depósitos que causan la obstrucción de las aberturas de la rejilla con la consiguiente reducción en el rendimiento del pozo.

Los requerimientos de resistencia son de gran importancia a lo largo del entubado y de las rejillas, éstas últimas deben de resistir presiones radiales externas provocadas por derrumbes, así como la carga vertical ocasionada por el peso -

del entubado. Materiales como el acero inoxidable reúnen -- características de resistencia adecuadas, pero hay otros materiales y aleaciones que también cumplen y es por eso que -- los fabricantes especifican las condiciones de uso de sus tu bos y rejillas.

Frecuentemente el costo es el factor decisivo en la selección de los materiales empleados en la construcción de la rejilla, principalmente en pozos pequeños donde el acero inoxidable y las aleaciones costosas son substituidos con gran éxito por materiales mas económicos.

Aparte de los factores ya mencionados hay otros que desempeñan un papel importante en la selección de los materiales, -- como por ejemplo en pozos pequeños la accesibilidad del sitio, facilidad de manejo, disponibilidad y otros más.

El peso de los materiales en sitios no accesibles puede ser la consideración decisiva, de ahí el uso cada vez mayor de -- materiales plásticos ligeros.

Las anteriores consideraciones son algunas de las mas importantes en la selección de los materiales de las rejillas. Ca da conjunto de circunstancias se deben considerar cuidadosamente antes de tomar una decisión final.

3.4.1.3 Construcción del Pozo.

Hay cuatro operaciones básicas comprendidas en la construcción del pozo, éstas son: La perforación, la instalación del entubado, el refuerzo del entubado cuando sea necesario y la instalación de la rejilla.

A continuación serán explicadas en forma detallada,

Perforación.

Existen diversos métodos o sistemas utilizados en la perforación de pozos para el alumbramiento de aguas subterráneas. - El de percusión, llamado también a cable o de pulseta. El - rotatorio, que en la actualidad tiene dos variantes, el de - circulación directa y el de circulación inversa. Otro método empleado usualmente es el de perforación neumática.

A continuación se explicarán cada uno de ellos:

1.- Método de percusión.

Está basado en el principio de caída libre utilizando la pértiga de resorte; bajo este principio se construyeron y se -- construyen los equipos de perforación. La labor de golpear y golpear, girar la herramienta que antes se hacia manualmente ha sido substituida por piezas metálicas y sistemas de engrane. Los equipos actuales constan esencialmente de un -- mástil compuesto de dos secciones izables que descansan so-- bre la máquina al ser transportada; doble línea de elevación, una para la operación de las herramientas de perforación o - pesca y la otra para cuchareo.

Un sistema de balancín con biela Pitman con accionamiento de cable y una fuente de poder. La máquina se opera a través - de controles localizados generalmente en la parte posterior derecha de la unidad y para su transporte rápido puede mon-- tarse sobre un camión.

La sarta es el conjunto de herramientas que realizan los trabajos de perforación y de pesca, consta de trépano o herra-- mienta de corte, barretón o barra de peso, tijeras de perforación y portacable giratorio al cual se conecta el cable de

perforación que sostiene a la sarta y hace que ésta gire impartiendo un movimiento de rotación, logrando que la superficie cortada por los impactos del trépano sea circular.

Del trépano o herramienta de corte depende la verticalidad de la excavación.

Del afilado del trépano, del peso total de la sarta, del número de golpes por minuto y su carrera, depende el avance de la perforación.

La cuchara es una herramienta que se emplea en la extracción del material triturado y las hay de dos tipos. La cuchara de válvula plana que está formada de un tubo de diámetro inferior al del pozo que en su parte superior tiene soldada una asa que se une al cable de la línea de cuchareo y en la parte inferior una válvula de charnela. Al sumergirla en el lodo la válvula se abre y penetra el material, cerrándose -- por el peso de éste al levantarla.

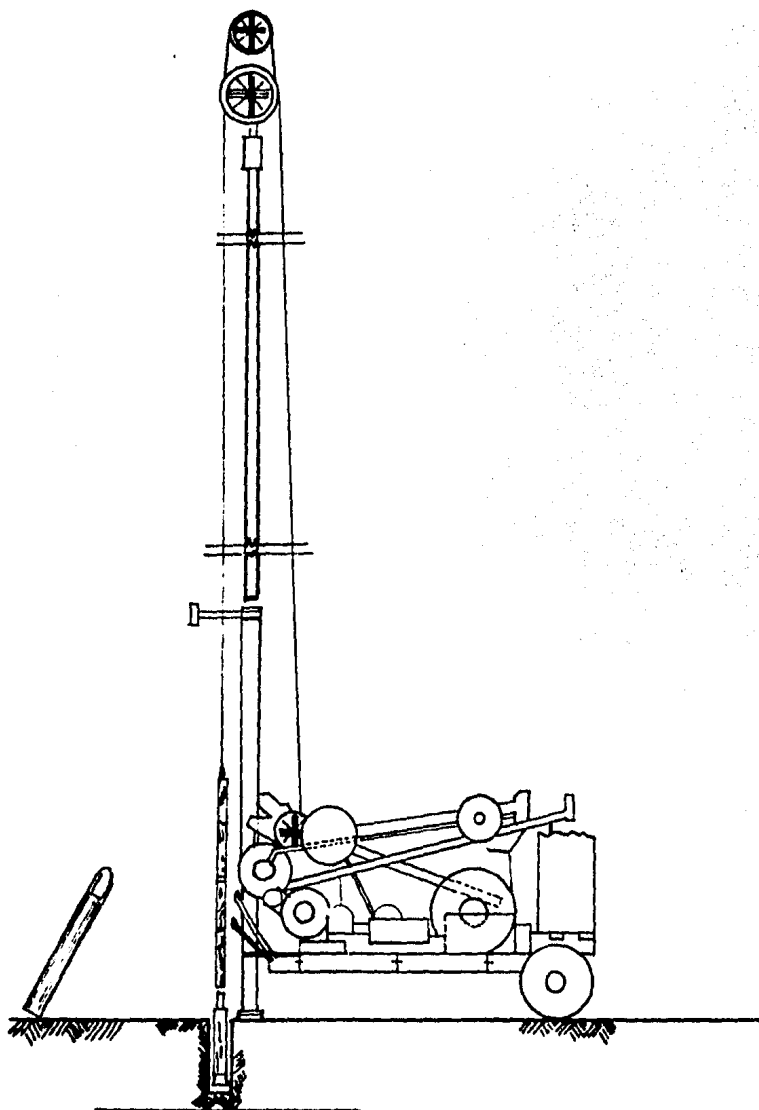
La cuchara de válvula de dardo funciona básicamente igual a la de válvula plana.

La bomba de arena se usa para extraer los cortes de arena y grava donde la cuchara no sería capaz de levantar el material. (fig. 3.15).

2.- Método Rotatorio Convencional.

También llamado de circulación directa, consiste en inyectar lodos bentoníticos a través de la sarta de perforación, después de haber triturado las formaciones y formado el agujero los recortes son arrastrados hacia la superficie por el espacio anular entre la tubería de perforación y el agujero, - -

^A
Fig. 3.15 EQUIPO DE PERCUSION MODELO ACTUAL



continuando su recorrido por un canal que partiendo de la boca del pozo, despues de cierto tramo llega a una fosa de decantación para pasar a la fosa de lodos, de donde es succionado por la manguera de la bomba de lodos, volviéndose a inyectar al pozo.

Una máquina del tipo rotatorio para la perforación de pozos profundos consta de las siguientes partes:

Torre o mástil de perforación, una mesa rotatoria y una plataforma donde se instalan malacates para trabajo y cuchareo, una bomba de lodos y una caja de transmisión de potencia.

La unidad tiene tomas de fuerza para trasmitir la potencia de los motores a la bomba de lodos, a los malacates, a la mesa rotatoria y a el sistema de alimentación de la presión descendente o pull-down.

La sarta de perforación recibe el nombre de barrena y no de trépano como en el sistema de perforación por percusión. - La barrena está formada de tres piernas rematadas en un número igual de roles cuyos dientes tienen un tamaño y separación adecuada a la formación que van a cortar. Los dientes largos y espaciados son para formaciones suaves y lo contrario para formaciones duras.

Los roles se fabrican con dientes de carburo de tungsteno cuando la formación es sumamente dura y abrasiva.

La ampliación o rimado depende de las formaciones atravesadas, estos trabajos se hacen con rimas ampliadoras o hole opener.

El piñón de la barrena va unida al lastrabarrenas por medio de un tramo corto de tubería llamado sustituto, los lastra-

barrenas son tramos de tubo de pared gruesa con pesos de - - mil a mil quinientos kilogramos cada una, van unidos a la tubería de perforación y todos ellos son huecos con el objeto de permitir el paso del fluido de perforación. La sarta termina prácticamente en una barra de sección variada llamada - Kelly, la que gira libremente por una unión giratoria o - - Swivel, que mediante una asa unida al cable de perforación - sostiene a toda la sarta, misma que es impulsada por la mesa rotatoria. (fig. 3.16 y 3.17).

3.- Método Rotatorio de Circulación Inversa y Con-cor.

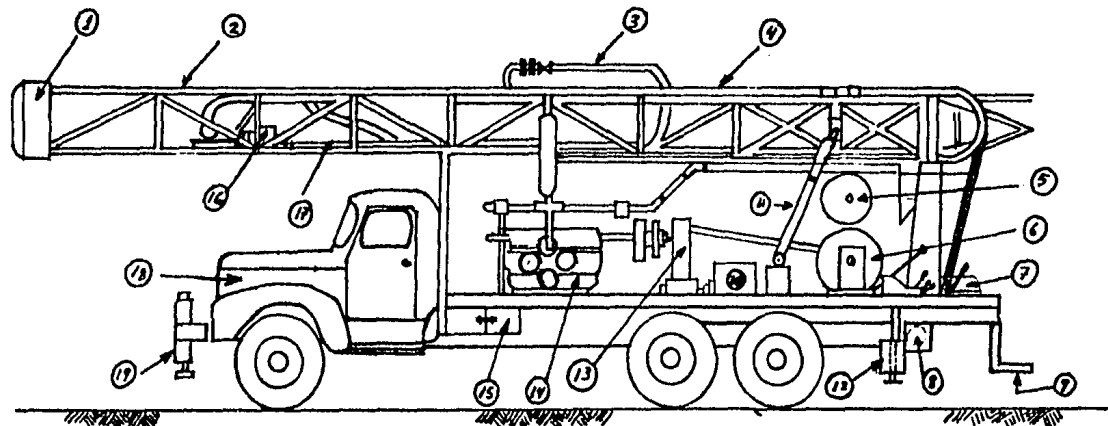
Cuando las formaciones por perforar son arenas y gravas has ta de cuatro o cinco pulgadas de diámetro con gran permeabilidad y por consecuencia acuíferos altamente productores, - se recomienda este sistema por la limpieza que presenta el agujero despues de la perforación, pues no existe contamina ción por el empleo de lodos bentoníticos, por los grandes - diámetros a que normalmente se puede perforar y sobre todo por la velocidad del avance. Este sistema presenta limitaciones por no ser posible utilizarlo en formaciones consoli dadas, además se consumen grandes volúmenes de agua no disponibles en cualquier zona; ya que a diferencia del sistema rotatorio convencional, el fluido de perforación es agua - que penetra al agujero por gravedad y es extraída con los - recortes a través de la tubería de perforación mediante la acción de una bomba centrífuga en lugar de la de lodos co mumente usada.

Las barrenas empleadas son de diseño especial, con las que - se logran mejores resultados son las que tienen forma de - - bulbo.

Una variante de este método consiste en emplear una sarta - formada por una doble tubería (dos tubos concentricos), que

Fig. 3.16

EQUIPO ROTATORIO AUTOTRANSPORTADO



1-CORONA.

2-MASTIL.

3-MANUEVA DE PASION.

4-STAND PIPE.

5-TAMBOR DE CUMARDO.

6-TAMBOR DE PERFORACION.

7-HEAD ROTATORIA.

8-PULL DOWN.

9-PLAYDOWN.

10-TRANSMISION HIDRAULICA.

11-CILINDROS HIDRAULICOS.

12-DRUMS NIVELADORES.

13-CAJA DE TRANSMISION.

14-GRANDE DE CORDS.

15-CAJA DE HERRAMIENTAS.

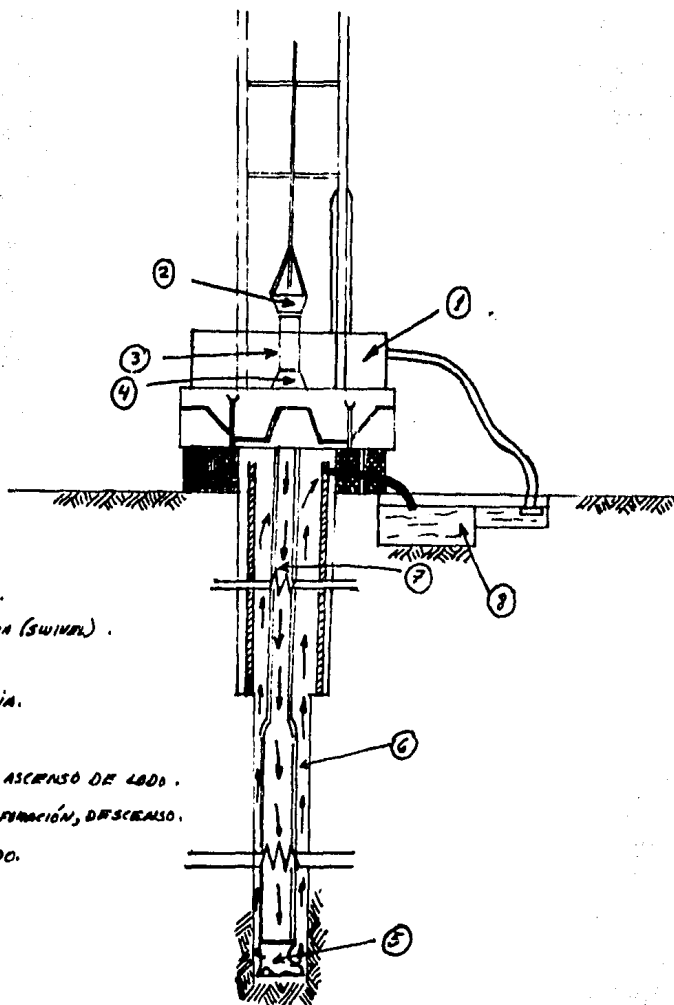
16-SWIVEL.

17-REEL.

18-UNIDAD DE POTENCIA.

Fig. 3.17

EQUIPO ROTATORIO CONVENCIONAL



1- BOMBA DE LODO.

2- UNION GIRATORIA (SWIVEL).

3- KELLY.

4- MESA ROTATORIA.

5- BARRERA.

6- ESPACIO ANULAR, ASCENSO DE LODO.

7- TUBERIA DE DEAFIRACIÓN, DESCENSO.

8- FOSAS DE LODO.

se conoce como sistema con-cor, es decir, de muestreo continuo, en la que los fluidos de perforación como el aire, el agua, lodos y espumantes penetran en la circulación descendente por el espacio anular de la doble tubería hasta llegar a los dientes de la barrena, retornando a la superficie con los recortes a través del centro de la barrena y por dentro del tubo interior de la doble tubería. Las perforadoras de este tipo han sido empleadas con éxito en formaciones de calizas no muy consolidadas, (fig. 3.18).

4.- Perforación Neumática.

Presenta como principal ventaja el obtener pozos limpios ya que el acuífero nunca es dañado en sus características físicas (porosidad, permeabilidad, etc.) como pudiera suceder cuando se emplean lodos de perforación.

Este sistema es básicamente igual a la perforación con lodos, excepto que la bomba de lodo es reemplazada por un compresor. Se emplean barrenas tricónicas o martillos neumáticos con barrenas de botones de insertos de carburo de tungsteno. El compresor descarga a una línea conectada al swivel a través del Kelly y de la tubería de perforación, el aire es forzado a pasar hasta la barrena donde levanta los recortes de los materiales atravesados hasta la superficie y además enfría la barrena. Este equipo es empleado cuando se perforan rocas y formaciones compactas. Si se emplea el martillo neumático se logra una gran penetración en virtud de que el martillo transmite directamente sobre la barrena la acción percusiva y no a través de la sarta de perforación. (fig. 3.19).

Instalación del Entubado.

Es necesario asegurarse de que el agujero esté limpio de obstrucciones en toda su profundidad antes de intentar

Fig 3.18 EQUIPO DE CIRCULACION INVERSA

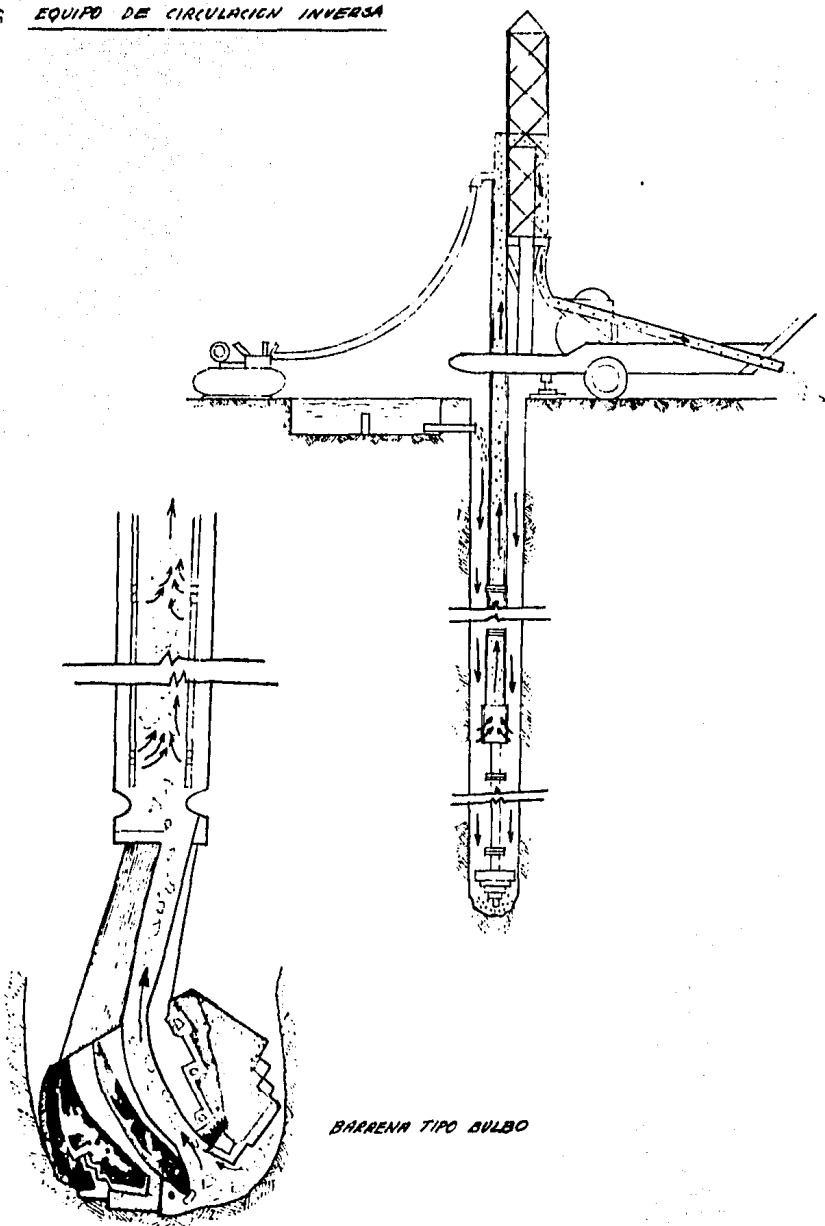
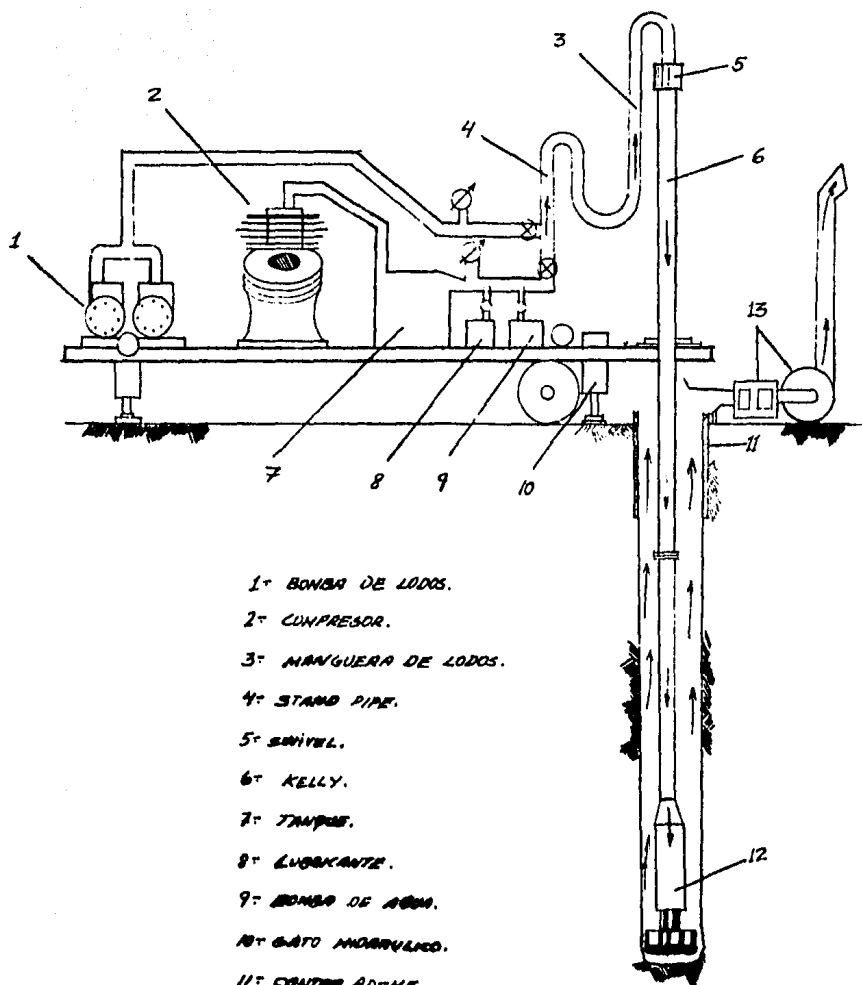


Fig 3.19

EQUIPO ROTATORIO NEUMATICO



- 1- BOMBA DE LODOS.
- 2- COMPRESOR.
- 3- MANGUERA DE LODOS.
- 4- STAND PIPE.
- 5- SWIVEL.
- 6- KELLY.
- 7- TANQUE.
- 8- LUBRICANTE.
- 9- BOMBA DE AGUA.
- 10- BOTO MOVILIZADO.
- 11- CONTROL ADEME.
- 12- MOTOR.
- 13- COLECTOR DE POLVOS.

colocar el entubado. En el método de perforación rotatoria el operador puede asegurar un agujero limpio manteniendo la circulación del fluido con la broca cerca del fondo del agujero durante un período suficientemente largo para extraer todos los cortes hasta la superficie.

Cuando se va a colocar el entubado éste se suspende de su extremo superior por medio de un adaptador llamado submarino (fig. 3.20 y 3.21) que sujeta el gancho de una grúa a un elevador para entubado o a una abrazadera de tubería colocada alrededor del entubado, debajo del adaptador. La primera sección del entubado se baja hasta que el acoplamiento, el elevador o la abrazadera de la tubería descansen en un soporte colocado sobre el suelo alrededor del entubado. Si se levanta por medio de un submarino, éste se desconecta de la primera sección del entubado y se une a la segunda sección. Ya sea empleando el submarino, los elevadores o las abrazaderas siempre se debe de cuidar que las cuerdas de la envolvente y del acoplamiento se cubran con un aceite delgado, además las uniones deben atornillarse fuertemente para evitar posibles fugas. Entonces se remueve el elevador y se hace bajar su línea suspendiéndose del acoplamiento superior. Se repite el procedimiento hasta que se instalen las secciones necesarias. Si los derrumbes son tales que evitan el descenso del envolvente se puede suspender el entubado de su extremo superior y se despeja la obstrucción por medio de la circulación del flujo de perforación. También puede hincarse el entubado.

Refuerzo del Entubado.

El cementado es el proceso en el que por medio de una lechada se llena el espacio anular entre el entubado y la pared del agujero. Tiene por objetivo sellar la entrada de aguas

fig. 3.20

TAPON ELEVADOR G
SUMINISTRADO

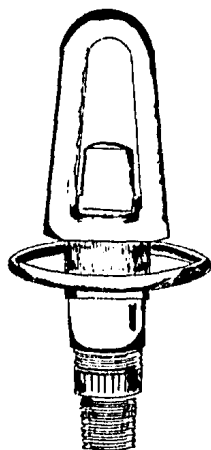
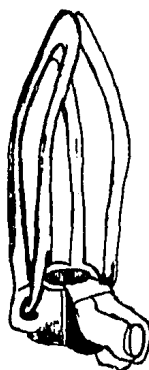


fig. 3.21

ELEVADOR DEL EXTRACTADO



contaminadas o contaminantes provenientes de la superficie y de los estratos atravesados durante la perforación sobre la capa acuífera deseada.

La lechada para sellar se prepara mezclando agua y cemento - en las siguientes proporciones: De diecinueve a veintidos - litros de agua por cada saco de cemento Portland de cincuenta kilos, además se le puede agregar uno o dos kilos de bentonita por saco de cemento para que la mezcla sea mas fluida.

La mezcla se debe aplicar continuamente antes que ocurra el fraguado inicial de la lechada. Independientemente del método empleado para aplicarla, la mezcla debe introducirse en el fondo del agujero de tal manera que al abrirse camino hacia el espacio anular lo llene completamente sin dejar ninguna brecha. Hay varios métodos para aplicar el sellado, y - se ilustran en las figuras 3.22, 3.23 y 3.24.

Alineación del Pozo.

La alineación del pozo implica dos conceptos, el de verticalidad y el de rectitud.

La verticalidad se refiere a la desviación con la profundidad, del eje central del pozo respecto a la verticalidad trabada a través del centro de éste y el extremo superior del - entubado. La rectitud solamente considera que el eje central del pozo sea o no recto. De esta manera un pozo puede ser recto y no vertical. La verticalidad y la rectitud de - los pozos son consideraciones muy importantes por que determinan si se puede instalar una tubería vertical o bomba sumergible de un tamaño dado a una profundidad determinada. La mayoría de las normas de construcción de pozos y los contratos de perforación especifican límites para el alineamiento

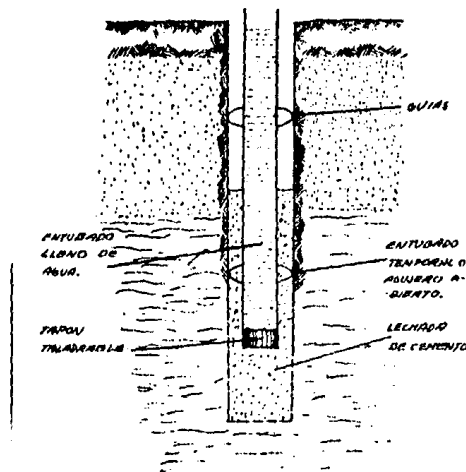


Fig. 3.22

METODO DE CONCRECIÓN DENTRO
 UTERO DEL ENTUBADO DEL POZO
 BASTANTE SE DESLIZA EN SECCIONES DE
 CEMENTO, ENTUBANDO EL LODO HACIA
 EL RESERVOIR CIRCUNDAENTE.

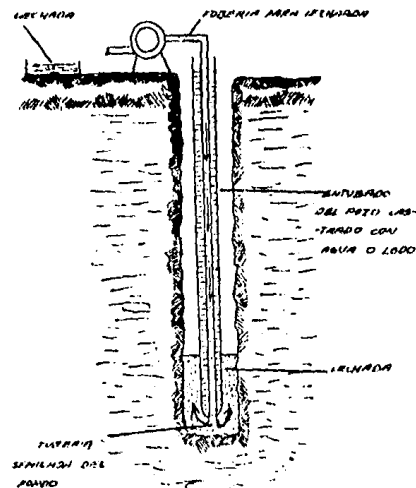


Fig. 3.23

METODO DE TUBERIA INTERIOR
 PARA EL COMPLETADO DEL POZO.

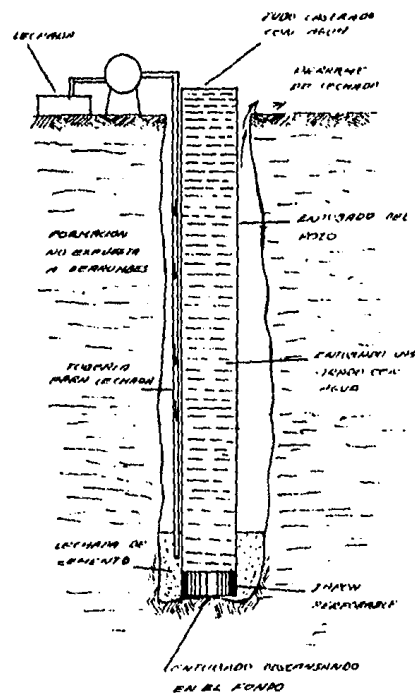


Fig. 3.24

METODO DE TUBERIA EXTERIOR
 PARA EL COMPLETADO DEL POZO.

de los pozos profundos de gran diámetro, generalmente estos límites no pueden aplicarse a los pozos poco profundos y de diámetro pequeño.

Estos últimos deben construirse lo suficientemente rectos y verticales para permitir la instalación y funcionamiento del equipo de bombeo.

Si bien es cierto que es deseable que el pozo sea absolutamente recto y vertical, ésto no puede lograrse del todo por diversos factores tales como la naturaleza del subsuelo perforado, por la rectitud de la tubería de perforación y del entubado del pozo, que se combinan para ocasionar desviaciones de la verticalidad y rectitud de proyecto.

Los diferentes grados de dureza de los materiales penetrados pueden desviar la broca de la vertical. Un agujero recto no puede perforarse con un equipo de perforación encorvado, demasiada fuerza aplicada en el extremo superior del vástago de la broca rotatoria doblaría la delgada columna de la tubería de perforación, provocando una desviación del agujero. Aún después de perforado el agujero, los tubos del entubado doblados o encorvados y las roscas mal alineadas pueden ocasionar que el pozo tenga diferencias apreciables respecto al proyecto original.

Se puede decir que para apreciar la alineación de un pozo se emplea una plomada que será colocada a determinados metros de profundidad en forma sucesiva. Una de las técnicas empleadas es la que a continuación se describe: Se baja -- una plomada a tres metros bajo el extremo superior del entubado, la desviación medida de la línea del cable desde el -- centro del extremo del entubado, multiplicada por un número

que es una unidad más grande que la del número de secciones de tres metros del cable en el entubado, indica la desviación a la profundidad de la plomada.

Para determinar la rectitud, la desviación se mide a intervalos de 3.00 metros en el pozo. Si la desviación de la vertical aumenta uniformemente por cada intervalo sucesivo de 3.00 metros, el pozo es recto hasta la última profundidad comprobada.

Instalación de la Rejilla.

En la actualidad existen varios métodos para colocar la rejilla dentro del pozo, su selección depende del diseño del pozo, del método de perforación y de otros factores.

Algunos métodos de instalación de rejillas se describen a continuación.

1.- Método de retroceso.

Es el más seguro y sencillo y se usa normalmente en pozos perforados por percusión, aunque también en los perforados por rotación.

La rejilla se baja dentro del entubado, que luego se tira hacia arriba para exponer a la rejilla. El entubado y la rejilla son concéntricos, siendo el diámetro exterior de la rejilla apenas más pequeño que el diámetro interior del entubado. Primero el entubado se hunde a la profundidad en que se va a ajustar el fondo de la rejilla, entonces la rejilla suspendida dentro del entubado se introduce empleando un gancho de descenso que sujeta el fondo de la rejilla, empleando una grúa se baja hasta el fondo del agujero, luego se comprueba que se encuentra en su posición exacta, se libera el -

gancho y se retira. Después se corre por dentro una línea de tubería pequeña y se deja descansar en el fondo de la rejilla para sostenerla en posición mientras se retrae el entubado para exponer la rejilla. Luego se retira la tubería que sostiene la rejilla en su lugar y se emplea un martillo para ensanchar el empaque de plomo de tal manera que quede sellado el espacio anular existente entre el entubado y la rejilla. Este sello tiene el objeto de impedir el paso de la arena que pudiera contaminar el agua. (Fig. 3.25)

2.- Método del agujero abierto.

El método del agujero abierto ilustrado en la figura 3.26, implica la instalación de la rejilla en un agujero abierto perforado debajo del entubado previamente instalado. Este método es recomendable para pozos perforados por rotación.

Primero se perfora el agujero a la profundidad a la que se va a colocar permanentemente el entubado, luego se aplica el cementado requerido. Usando una barrena lo suficientemente larga para atravesar el entubado se perfora el agujero a través de la formación acuífera, debajo del entubado. Debe emplearse un lodo de perforación adecuado para impedir que el agua fluya desde la formación hacia el agujero, evitando derrumbes y transportando los cortes hacia la superficie. Luego se retira el vástago de la barrena y después con la profundidad del agujero barrenado y con el diámetro interior del entubado se fabrica la rejilla. Se debe comprobar la profundidad del agujero, que con la rejilla descansando en su fondo el empaque de plomo permanezca en el extremo inferior del entubado. Cuando el agujero se ha perforado a demasiada-

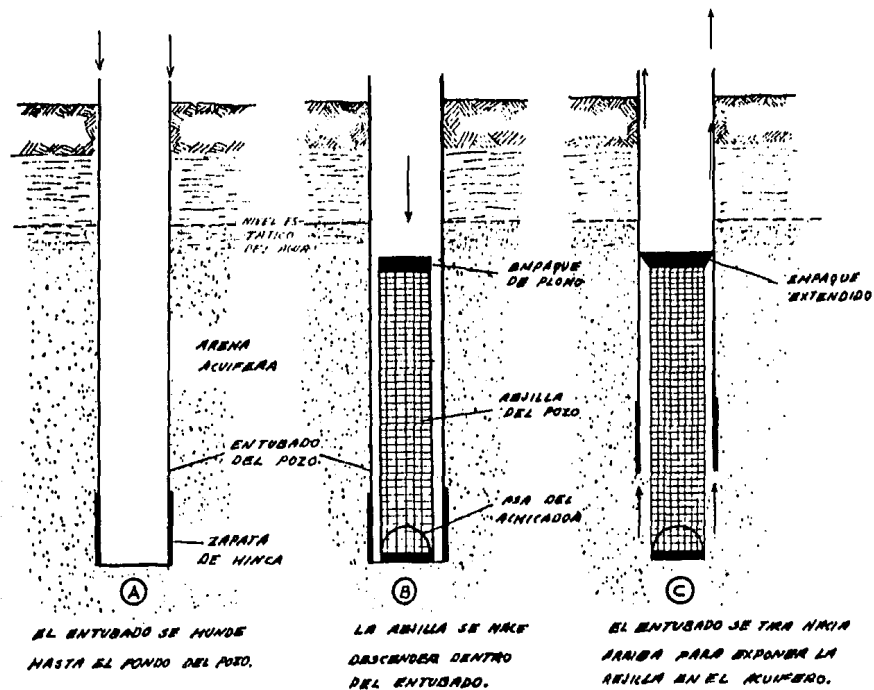


fig 3.25

METODO DE RETROCESO PARA INSTALACION DE REJILLAS DE POZO

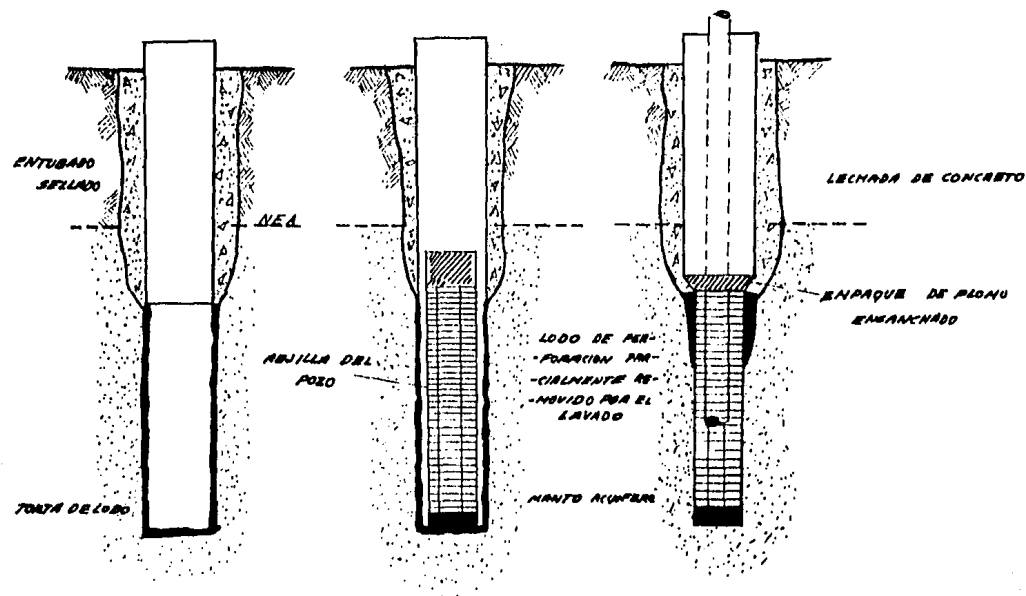


fig 3.26 METODO DEL AGUERO ABIERTO PARA LA INSTALACION DE LA
REJILLA DEBAJO DEL ENTUBADO DEL POZO.

profundidad puede usarse grava para rellenarlo.

3.- Método de lavado.

El método de lavado para la instalación de rejillas - (Fig. 3.27), emplea un chorro intenso de lodo de perforación o agua, desde un fondo de lavado ajustado al extremo de la rejilla, para aflojar la arena y formar un agujero en el que se hace descender a la rejilla. El fondo de lavado es una válvula de bola de cierre - automático.

Una línea de tubería de lavado conectada a ella se -- usa para bajar todo el conjunto de la rejilla por el entubado previamente cementado. La rejilla se impulsa a su posición y la arena suelta se eleva alrededor de ella, subiendo por el entubado hacia la superficie con el flujo de retorno. Las partículas de arena que se acumulan en la rejilla tienen que removerse con un lavado una vez que se alcanza la posición definitiva. Cuando el conjunto del entubado y la rejilla queda en su posición final se detiene la circulación del fluido y entonces la válvula de bola de plástico flota en el asiento, cerrando efectivamente la abertura de la válvula en el fondo de lavado.

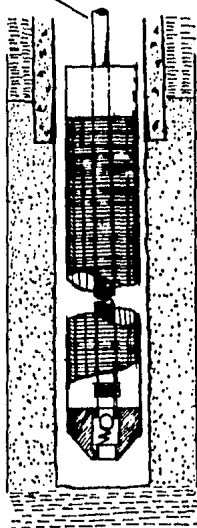
Este método es empleado frecuentemente para colocar - rejillas en agujeros perforados previamente.

Cuando se trata de pozos pequeños se puede colocar en una sola operación una línea combinada de entubado y rejilla permanentemente unidos, un método de inyec -- ción para instalar ésta línea combinada se ilustra en la figura 3.28.

El método emplea una tubería provisional de lavado, - montada en el interior de la rejilla del pozo antes - de unir ésta a la sección del fondo del entubado.

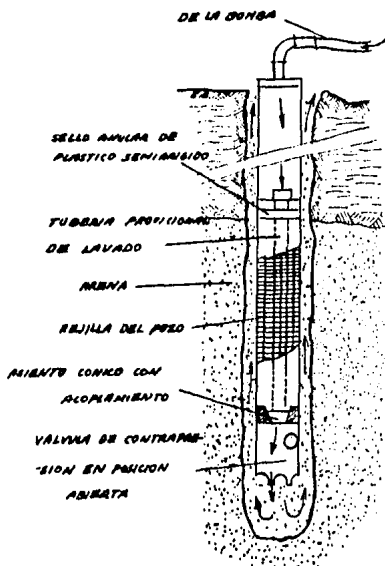
fig. 3.27

TUBERIA EMPLEADA COMO LINEA
DE LAVADO



METODO DE LAVADO PARA
LA COLOCACION DE LA
REJILLA DEL POZO.

fig. 3.28



INTRODUCCION DE LA REJILLA
DEL POZO EN SU POSICION.

Un acoplamiento sujeto al extremo inferior de la tubería de lavado descansa en un asiento cónico en el fondo de lavado. Se ajusta un sello anular de unión firme hecho de un material plástico semirígido o madera, con superficie de caucho sobre el extremo superior de la tubería de lavado. El sello evita cualquier flujo de retorno del agua del chorro en el espacio entre la tubería de lavado y la rejilla.

Por lo tanto todo el flujo de retorno de la operación de lavado o inyección tiene lugar en el exterior de la rejilla y del entubado.

Puntas de pozo.

Se emplean en lugares donde no es adecuado el método de retroceso de instalación de rejillas, a causa de una fricción excesiva sobre el entubado o en una formación de arena de falla, se puede hincar una punta de pozo en la formación debajo del entubado por cualquiera de los métodos mostrados en las figuras 3,29 y 3,30.

En el método de la figura 3.30 la fuerza impulsora se transmite a través de la tubería de impulsión directamente en la punta sólida de la rejilla, por lo que este método es preferible cuando se colocan puntas de pozo relativamente largas.

Pozos empacados artificialmente con grava.

Los métodos de instalación de rejilla descritos anteriormente se aplican principalmente a los pozos que se van a desarrollar naturalmente, sin embargo el método de retroceso con pequeñas modificaciones, sirve en pozos artificialmente empacados con grava.

Los pozos de este tipo tienen una envoltura de arena o grava especialmente clasificada y colocada alrededor de la rejilla del pozo, ésta envoltura ocupa el lugar de una

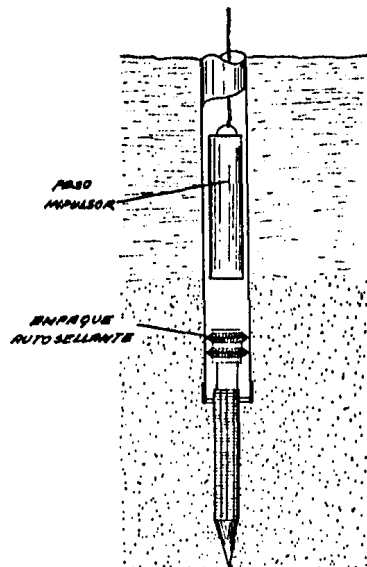
zona clasificada hidráulicamente, de material altamente -- permeable producida por procedimientos ordinarios de desarrollo. El método modificado de retroceso también llamado método de doble entubado comprende el centrado de una línea de envolvente y rejilla de diámetros iguales, dentro de otra envoltura exterior cuyo tamaño corresponde al diámetro exterior del empaque de grava. (fig. 3.31).

Este entubado exterior se introduce primero hasta el fondo del pozo. El entubado exterior y la rejilla deben suspenderse desde la superficie hasta donde termina el empaque de grava. La grava seleccionada se coloca en un lugar en el espacio anular alrededor de la rejilla en partidas de unos cuantos metros, y a continuación el entubado exterior se hace retroceder una distancia adecuada y se repite el procedimiento hasta que el nivel de la grava esté bastante arriba del extremo superior de la rejilla. - Entonces se puede desarrollar el pozo para eliminar la -- cantidad de arena fina de la grava. Este método puede -- usarse en pozos perforados por los métodos de percusión - y rotatorio.

Operación de Pesca.

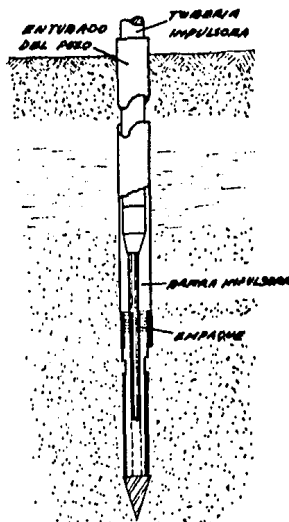
Es el nombre que comunmente se le dá a una serie de manobras que permiten recuperar ya sea una sección de entubado, herramientas y otros equipos y materiales que han caído o han quedado atrapados accidentalmente en el agujero, y que es conveniente recuperar para no entorpecer el avance de los trabajos. Las operaciones de pesca implican -- realizar un considerable número de tanteos por que la pieza no se encuentra a la vista, a cierta profundidad del agujero, esto es tardado y costoso por lo que debe hacerse un balance en términos económicos de qué tan conveniente es llevar al cabo esta operación en comparación con el

Fig. 3.29



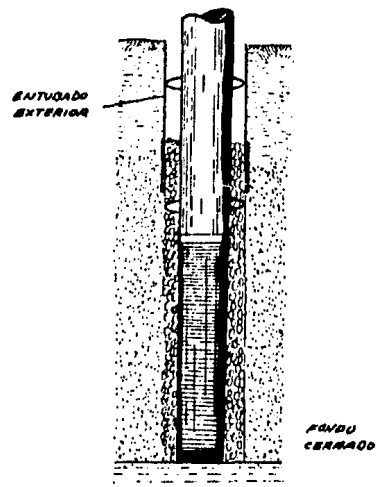
HINCA DE LA PUNTA DEL POZO CON EMPAQUE AUTOSELLANTE EN LA FORMACION ACUFERA.

Fig. 3.30



BARRA IMPULSORA ENLEADA PARA TRANSMITIR LA FUERZA DIRECTAMENTE SOBRE EL FONDO DE LAS PUNTAS DE POZO DE 1,5M O MAS DE LONGITUD.

Fig. 3.31



METODO DE DOBLE ENTUBADO PARA EMPACAR ARTIFICIALMENTE CON GRAVA UN POZO. SE ACREBA LA GRAVA AL HACER ATRACOSAR EL ENTUBADO EXTERIOR DESDE EL FONDO DEL POZO.

costo de abandonar el pozo.

Para evitar este problema que surge en el transcurso de la construcción de los pozos es necesario aplicar una serie de medidas preventivas, de las cuales se describirán unas cuantas a continuación.

Para comenzar es necesario ejercitar el cuidado y la atención continuamente en todas y cada una de las etapas de la construcción del pozo. Si bien esta práctica llevada en extremo no elimina la necesidad de la pesca por completo, si reduce considerablemente el número y la frecuencia de ésta.

Unas de las precauciones que deben tomarse es el cuidado y uso apropiado de las herramientas y del equipo de perforación. Esto incluye la limpieza y colocación correcta de las uniones de las herramientas nuevas, la limpieza y el armado adecuado de las uniones en todas las ocasiones, el afilado y endurecimiento de las brocas, el mantenimiento e inspección regular de los cables de alambres, la inspección periódica de todos los componentes de una línea de perforación para advertir el desarrollo de grietas por fatiga, y el desecho de herramientas gastadas.

Sobre todo, debe cuidarse de no sobrecargar nunca el equipo ni usar herramientas para propósitos que no sean los que se han previsto, además el conjunto de limitaciones del fabricante de los equipos jamás debe excederse.

Hay que prestar especial atención al cuidado de los cables. Las uniones de herramientas destornilladas provocan muchas operaciones de pesca, que se pueden evitar con el ajuste apropiado de los componentes de caja y pasador.

de las uniones,

Las herramientas dejadas descuidadamente sobre la mesa rotatoria o en sitios cercanos pueden caer accidentalmente al pozo, por lo que todas las herramientas deben guardarse inmediatamente despues de su uso en un sitio a distancia segura del pozo.

En las figuras 3.32 y 3.33 se muestran equipos y herramientas comunmente usados en la operación de pesca.

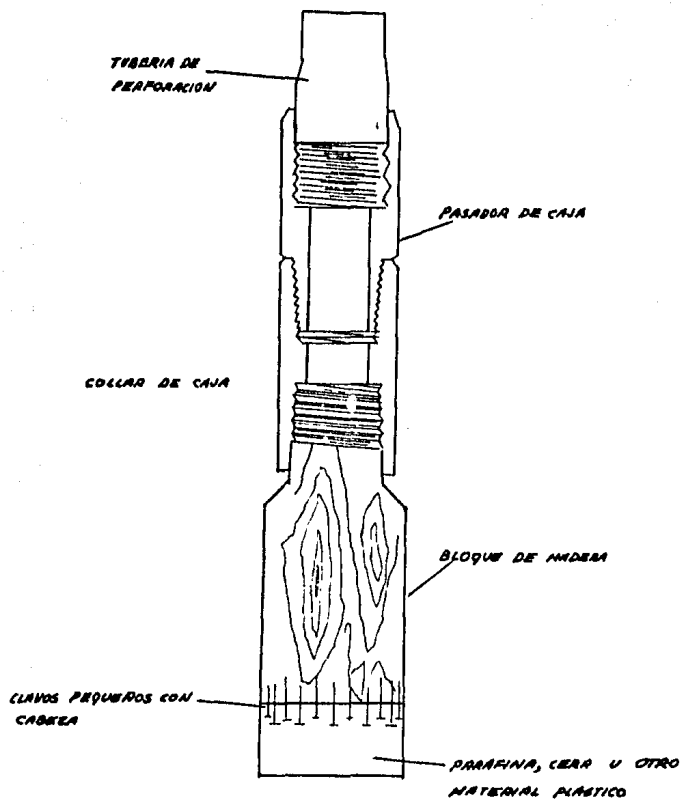
3.4.1.4 Terminación del Pozo,

La terminación del pozo implica dos procesos básicos llevados al cabo despues de la construcción del pozo, a fin de asegurar un buen rendimiento de agua, clara y relativamente libre de materia en suspensión y de organismos productores de enfermedades. Estos procesos son el desarrollo y la desinfección del pozo.

El desarrollo del pozo tiene por objeto la remoción de los sedimentos, de la arena fina y de otros materiales de una zona inmediata alrededor de la rejilla, lo que ocasiona - que los cauces se ensanchen en las formaciones acuíferas a través de las que puede fluir con mayor libertad el agua hacia el pozo.

Desarrollar un pozo reditua dos beneficios adicionales; - primeramente corrige cualquier obstrucción o compactación de la formación acuífera que haya ocurrido durante la perforación. Cuando la perforación se hace por el método rotatorio, la obstrucción es particularmente evidente pues el lodo de perforación sella los poros de la capa acuífera.

fig. 3.32 BLOQUE DE IMPRESION

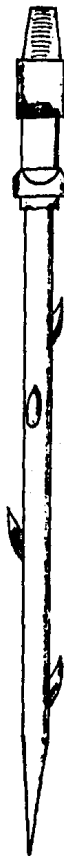


CON EL BLOQUE DE IMPRESION SE PUEDE
CONOCER LA POSICION DE LA HERRAMIENTA
DENTRO DEL PAZO.

Fig. 3.35 HERRAMIENTAS PARA PESCA



GANCHO DE PARED



ARROW DE CENTROS

Al impulsar el entubado en el método de percusión las partículas no consolidadas vibran y se compactan, es más, éstos no son los únicos métodos de perforación que dañan a la capa acuífera, todos los métodos lo hacen en diferente grado y por eso el desarrollo de los pozos es una operación tan benéfica, pues permite corregir esas alteraciones de la capa acuífera.

En segundo lugar al desarrollarse el pozo se clasifica el material inmediato a la rejilla de tal manera que se logra estabilizar al acuífero por lo cual el pozo trabaja a su máxima capacidad proporcionando agua libre de arena. En la zona inmediata a la rejilla se extraen todas las partículas de tamaño inferior a las aberturas de ésta, dejándose sólo los materiales mas gruesos. Esta clasificación de un material grueso a través de otro de menor tamaño sucesivamente continua hasta que se llega al material de carácter original de la formación acuífera, que marca el fin de la zona desarrollada. Esta sucesión de zonas clasificadas estabiliza la formación de tal modo que ya no hay desplazamiento de la arena.

la extensión de la envoltura depende de las características de la formación, del diseño de la rejilla y de la habilidad del perforador. (fig. 3.34).

Para que la operación de desarrollo produzca todos los beneficios deseados es necesario que ésta se haga eficazmente y para éso se debe invertir el flujo a través de las aberturas de la rejilla y de la formación circundante (fig. 3.35), y ésto evita que algunos tamaños de partículas puedan salvar las aberturas como cuando el flujo es unidireccional. Para invertir el flujo se forza el agua

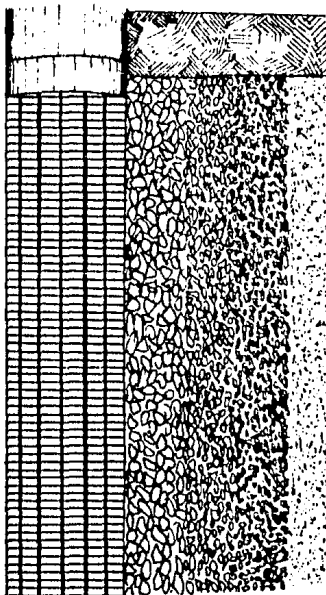


Fig. 3.34

ZONA ALTERNATE DEBILITADA
 ALTERNADA EN LA ALICATA DEL
 POCO DE HAY ENAMOR TEE EL
 MATERIAL. HAY HAY CILINDROS
 HAY HAY EN LA ALICATA EL
 MATERIAL DEBILITADO ALICATA
 - HAY HAY DEBILITADO, DEBILITADO
 DEBILITADO HASTA EL HAY
 HAY, SEDELA ALICATA LA DEBILITADO
 EN LA ALICATA.

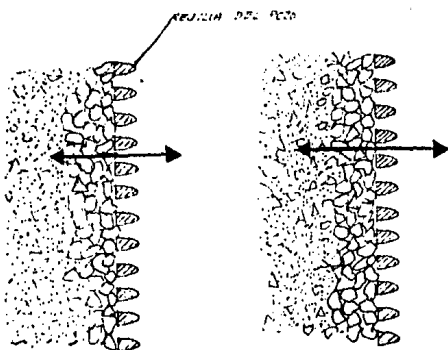


Fig. 3.35

UNDA DEBILITADO REQUIERE
 MOVIMIENTO DEL AGUA HACIA
 ADENTRO Y HACIA FUERA. A
 TRAVES DE LAS ALICATAS DE
 LAS ALICATAS, PARA EVITAR
 QUE LA ALICATA LA SALVE
 INTERVENIR TODAS ALICATAS EN
 UNA DIRECCION.

hacia afuera del pozo a través de la rejilla y hacia adentro de la formación acuíf^{er}a, y después retiránd^o la fuerza para permitir el flujo natural desde la formación rumbo al pozo, este procedimiento es llamado limpieza por oleaje.

Para lograr ese efecto se opera un émbolo hacia arriba y hacia abajo, dentro del entubado de forma similar a un pistón en un cilindro, la herramienta usada en este método se llama bloque de limpieza.

Antes de aplicar el método de limpieza por oleaje, se lava el pozo con un chorro de agua que luego se extrae con un achicador, esto se hace para lubricar el paso del émbolo. Luego se baja el émbolo de limpieza dentro del pozo a unos tres o cuatro metros bajo el agua pero encima del extremo superior de la rejilla y se aplica un movimiento repetitivo de levantar y dejar caer el émbolo en una distancia de cincuenta centímetros a un metro. La marcha del émbolo debe ser suave, aumentando su velocidad gradualmente. Luego de varios minutos se retira el émbolo, se baja el achicador y después de comprobar la profundidad de la arena acumulada en la rejilla, la operación se repite y luego se compara la cantidad última de arena con la que se extrajo inicialmente, hasta que quede poca o nada de arena en el pozo. (fig. 3.36).

Lavado por Retroceso.

Consiste en inyectar agua a alta velocidad en chorros dirigidos horizontalmente a través de las aberturas de la rejilla y es el método mas efectivo para el desarrollo de pozos. Se usa una simple herramienta de inyección que consiste en una bomba de alta presión, manguera, tubería, eslabón giratorio, tanque de agua y otra fuente de sumi-

nistro. El procedimiento consiste en bajar la herramienta en la tubería hasta un punto cercano al fondo de la rejilla. El extremo superior del tubo se conecta mediante un eslabón giratorio y una manguera al extremo de la descarga de una bomba de alta presión. La bomba debe generar presiones de por lo menos siete kilogramos por centímetro cuadrado y arrojar unos cuarenta litros por minuto de agua por cada boquilla de la herramienta. Mientras se bombea agua a través de las boquillas se hace girar la herramienta lentamente, desarrollando y lavando la formación circundante a la rejilla del pozo. Este método es muy efectivo cuando los pozos tienen rejilla del tipo de ranura continua, además es el mejor de los sistemas de desarrollo por que la energía del chorro se concentra en áreas pequeñas en cada momento y se puede seleccionar cualquier frente de ataque. (fig. 3.37).

Desinfección del Pozo.

Es el paso final a la terminación de un pozo y con esta operación se pretende destruir todos los organismos productores de enfermedades que fueron introducidos al pozo en el transcurso de las distintas operaciones de construcción. Estos organismos pueden penetrar al pozo por medio del agua de perforación contaminada, por el equipo, por los materiales y por el agua de drenajes y de otras fuentes de contaminación. Por lo tanto, todos los pozos recientemente contruidos con la posible excepción de los artesianos, deben de desinfectarse.

También cuando se hace una reparación dentro del pozo se debe de desinfectar antes de ponerse en servicio. El agua de pozos artesianos generalmente está libre de organismos patógenos despues que se ha dejado correr por corto tiempo el flujo, sin embargo, si se analiza y se en-

Fig. 3.36

ENSOLDO DE LINPIEZA DE UNA SOLA PIEZA LISTO PARA USARSE EN EL DESARROLLO DE UN POZO. LA CARGA DESCENDENTE FORZA AL AGUA HACIA ATRÁS, DENTRO DE LA FORMACIÓN DE ARENA, LA CARGA ASCENDENTE SUCCIONA EL AGUA, EL SEDIMENTO Y LA ARENA FINA A TRAVÉS DE LA ABUJILLA.

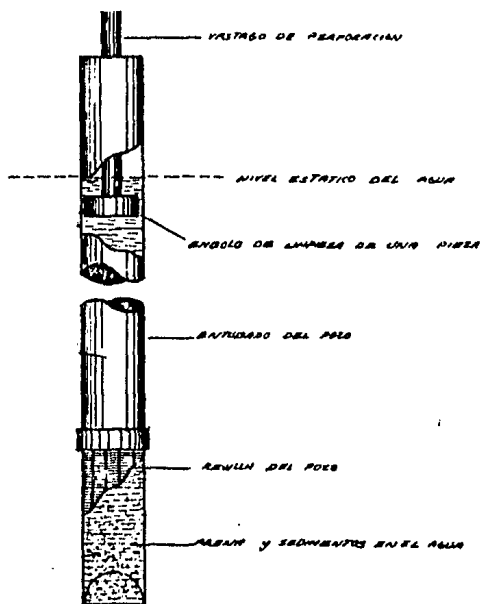
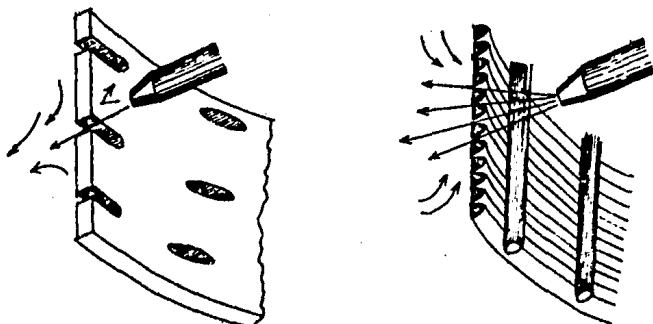


Fig. 3.37

EL PORCENTAJE MAYOR DE ÁREA ABIERTA EN UN REJILLA DE BARRERA CONTINUA PERMITE UN MEJOR DESARROLLO POR MEDIO DE LA INYECCIÓN A ALTA VELOCIDAD, DEL QUE ES POSIBLE CON LA TUBERÍA ANTERIOR.



cuentra que la contaminación persiste, entonces debe desinfectarse el pozo. Las bacterias coliformes son los organismos indicadores de contaminación en el agua y la desinfección se considera aceptable cuando el muestreo revela pocas colonias de bacterias de este tipo (consultar la tabla número 1, del capítulo primero). El pozo se debe limpiar lo más completamente posible de sustancias y materiales extraños tales como tierra, grasas y aceites antes de la desinfección.

La desinfección mas conveniente se logra con una solución fuerte de cloro que se agita y se deja reposar varias horas, preferentemente toda la noche. También se lava toda la superficie del pozo sobre el nivel del agua con la solución desinfectante, posteriormente se bombea el contenido durante su suficiente tiempo para cambiarlo varias veces y expulsar el exceso de cloro. Como fuente de cloro mas empleada se tiene el hipoclorito de calcio, que se vende en distintas presentaciones, ya sea granular o en tabletas. Los pozos artesianos se desinfectan cuando lo requieren bajando un recipiente perforado con hipoclorito de calcio seco hasta el fondo del pozo, y el fluído ascendente natural del agua se encargará de distribuirlo.

3.4.1.5 Conservación y Rehabilitación de Pozos.

Los pozos como todas las estructuras de ingeniería necesitan conservación o mantenimiento periódicamente para lograr un alto nivel continuo de funcionamiento y una máxima vida útil. Siempre ha existido la tendencia por parte de los tenedores de pozos de darles un mantenimiento mínimo y por consecuencia cuando se presenta un problema éste es atendido cuando ya ha provocado graves daños al pozo.

Por eso, es tan importante un programa periódico de mantenimiento con carácter preventivo.

Los factores que afectan el rendimiento de un pozo son numerosos, pueden ser de naturaleza mecánica como el funcionamiento de la bomba, las condiciones hidrológicas pueden variar drásticamente, pero el factor mas común que provoca una disminución en la capacidad de un pozo es el taponamiento de las aberturas de la rejilla y la formación de depósitos de incrustaciones sobre ésta. Los depósitos pueden ser duros, parecidos a cemento, típicos de los carbonatos y sulfatos de calcio y magnesio. Las formas blandas con aspecto de lodo son típicas de los hidróxidos de hierro y manganeso, la lama gelatinosa de las bacterias del hierro. Es menos común el depósito de arcillas.

Para evitar ésto se debe planear el mantenimiento y para ello hay que llevar registros de datos importantes tales como los regímenes de bombeo, la aspiración, horas totales de operación, consumo de energía y los análisis de calidad del agua. Los regímenes de bombeo y de aspiración son particularmente útiles en la determinación de la capacidad específica, que es el mejor indicador de los problemas existentes en un pozo. Esta debe compararse periódicamente con los valores previos. Los registros de energía proporcionan indicios valiosos de la existencia de problemas en los pozos, pues si un aumento de consumo de energía no va acompañado por un aumento de la cantidad de agua bombeada, entonces es posible que exista un problema en la bomba o en el pozo. Si se investiga y se comprueba que la bomba funciona adecuadamente y no hay aumento apreciable de la presión dinámica, entonces seguramente el problema está en el pozo donde quizás exista incrustación en la rejilla.

Ya que las sustancias químicas disueltas en el agua son - las que provocan la incrustación es por lo que se tiene de gran valor a los análisis químicos, que indican el posible tipo de incrustaciones y su volúmen, además muestran los - cambios paulatinos del agua del pozo en el transcurso de - su operación.

Las operaciones de mantenimiento no se pueden aplazar ya que los problemas cobrarían proporciones mayores haciéndose más difícil la rehabilitación y en ocasiones imposible. Aún no se han desarrollado métodos para la prevención de - la incrustación y lo único que se logra es retardarla o - reducir sus efectos. Entre las acciones que la prevención recomienda esta el diseño adecuado de las rejillas del pozo y la reducción del régimen de bombeo, ambos con el objeto de reducir las velocidades de entrada en las rejillas.

Los pozos con incrustaciones son tratados con sustancias químicas que disuelven o aflojan los depósitos de tal manera que se pueden retirar. Uno de estos procedimientos - es el llamado tratamiento ácido, en el que se emplea ácido clorhídrico (muriático) o ácido sulfámico. Ambos disuelven los depósitos de carbonato de calcio y magnesio e in--clusive los hidróxidos de hierro y manganeso. Estos áci--dos se acompañan de un inhibidor que reduce la tendencia - del ácido a atacar las piezas metálicas.

La solución ácida en el pozo debe agitarse con un émbolo u otro dispositivo apropiado, durante una o dos horas, des--pues de lo cual se extrae hasta que el agua se aclare. Luego se hace funcionar la bomba para poder determinar la magnitud de la mejoría y si nó es como se esperaba puede repetirse el tratamiento empleando un período mayor de agita--ción antes de achicar, incluso se puede llegar al tercer tratamiento.

Es comun alternar el tratamiento ácido y el tratamiento -- con cloro, que se describe a continuación, repitiendo los tratamientos alternados tantas veces como sea necesario para obtener los mayores beneficios.

Se deben tomar precauciones al emplear cualquier solución ácida fuerte, y todas las personas que las manejen deben - usar gafas y guantes. En vista de la variedad de gases, - algunos de los cuales son muy tóxicos, que son producto de la reacción del ácido con los elementos de la incrustación, debe de existir ventilación adecuada en las casetas de bombas y otros espacios estrechos alrededor de los pozos tratados. No debe permitirse que el personal permenezca en un foso o depresión alrededor del pozo durante el tratamiento, por que algunos de los gases tóxicos son mas pesados - que el aire y se asientan en las partes bajas. Una vez -- que se ha tratado un pozo debe bombearse hasta desaguarlo para asegurar la eliminación completa de todo el ácido, antes de restituir el pozo al servicio normal.

El tratamiento con cloro es mas efectivo que el tratamiento con ácido para aflojar los crecimientos de bacterias y los depósitos de lama que a menudo acompañan el depósito de -- oxido de hierro. Debido a la alta concentración requerida se le conoce con el nombre de tratamiento de choque de cloro. Este tratamiento se repite tres o cuatro veces a fín de alcanzar cada parte de la formación que pueda estar - - afectada. Cuando se alternan con el tratamiento ácido se efectúa primero éste.

También se emplean agentes dispersantes como polifosfatos o fosfatos hialinos, ya que dispersan con efectividad los sedimentos, las arcillas, los óxidos e hidróxidos de hierro y de manganeso. Los materiales dispersos se extraen por -

medio de bombeo, además los polifosfatos son muy seguros - en su uso y por esta razón se emplean con mucha frecuencia en el tratamiento químico.

3.4.1.6 Protección Sanitaria de los Depósitos de Agua del Subsuelo.

Nunca será demasiada la necesidad de protección sanitaria para las fuentes de agua del subsuelo, ya sean de uso inmediato o futuro.

En ocasiones las capas acuíferas están poco profundas y -- pueden ser alcanzadas sin gran dificultad por la contaminación proveniente de retretes, sumideros, fosas septicas, estiercol de establos, así como por residuos industriales y agrícolas. También sucede muy a menudo que las fosas - sépticas y los retretes son los únicos medios económicos de eliminar las aguas negras en una comunidad pequeña y dispersa, la cual debe por varias razones depender enteramente de una fuente de agua de suelo poco profunda para su abastecimiento. Tal dependencia se debe en muchas ocasiones a la incapacidad de la pequeña comunidad para hacer -- frente a los gastos de construcción y mantenimiento de una planta de tratamiento de aguas.

Además, muchas zonas rurales también están sujetas a períodos prolongados de sequía, cuando los arrollos se secan - completamente y las capas acuíferas son las únicas fuentes de abastecimiento confiables de agua. Por lo tanto, es - de suma importancia proteger los depósitos de agua del subsuelo.

La contaminación de estos depósitos se transmite por el -

suelo, por lo que la protección sanitaria debe basarse en el conocimiento de los datos fundamentales relativos a la transmisión de las sustancias contaminadas a través de -- los suelos y las formaciones acuíferas. Hay que recordar que el agua que se infiltra en el suelo está contaminada - hasta cierto punto, pero puede posteriormente volver a un estado completamente satisfactorio para usos domésticos y otros empleos humanos.

Algunos procesos de purificación deben tener lugar dentro del suelo a medida que el agua circula por él. Se han hecho estudios sobre la acción purificadora de la naturaleza, por investigadores en muchas partes del mundo, estos estudios han aportado los conocimientos de los procesos implicados en la purificación natural de las aguas del subsuelo, así como la forma y la magnitud de la contaminación.

Los procesos naturales que tienen lugar en los suelos para purificar el agua que circula por ellos son esencialmente tres. Los dos primeros son la eliminación mecánica de los microorganismos (incluyendo bacterias patógenas) y otras - materias en suspensión por filtración y sedimentación, o - asentamiento.

La filtración depende de los tamaños relativos de los poros de las partículas del suelo y del tamaño de los microorganismos y otros materiales filtrables.

Mientras mas finas sean las partículas del terreno, más pequeños los poros entre ellas, más eficaz será el proceso - de filtración.

El material filtrado tiende a reducir los poros, lo que -

ayuda a mejorar el proceso de filtración. La sedimentación depende del tamaño del material en suspensión y de la velocidad del flujo del agua a través de los poros, así -- mientras más grandes sean las partículas suspendidas y más lenta sea la velocidad del flujo, más eficiente será el -- proceso de sedimentación.

De lo anterior se deduce que la porosidad y la permeabilidad del suelo son los factores más importantes en el mecanismo de los procesos de filtración y sedimentación, y como consecuencia para el recorrido de la contaminación bacteriana en los suelos.

Un tercer factor es el que a menudo se denomina muelle natural de las bacterias en los suelos. Las bacterias que producen enfermedades en el hombre, viven solamente corto tiempo alejadas de su huésped natural (el hombre o los animales), generalmente su vida es corta en condiciones desfavorables, como las existentes en los suelos. Esta propiedad contribuye considerablemente a la autopurificación del agua del subsuelo durante su circulación y almacenamiento en las capas acuíferas de arena y grava..

Cuando las aguas del subsuelo circulan por grandes grietas y canales la disolución en rocas calizas y otras rocas consolidadas, el efecto de la filtración se pierde completamente, reduciéndose la sedimentación. Esto explica la calidad microbiológica generalmente mejor del agua del subsuelo que se obtiene de las arenas, gravas y otras formaciones no consolidadas, en comparación con la calidad -- del agua que se obtiene de las grietas y fisuras de disolución en las rocas consolidadas.

Si bien los procesos antes mencionados se oponen a la --

transmisión de la contaminación bacteriana en el agua del - subsuelo, y por lo general dentro de distancias y períodos de tiempo cortos, pierden gran parte de su eficacia tratándose de la transmisión de la contaminación química. Esta - persiste más tiempo y viaja mucho mas aprisa en las aguas del subsuelo que la contaminación bacteriana. Las reacciones químicas con los componentes del suelo desempeñan cierto papel en detener la contaminación química, pero requieren mas tiempo que los procesos para combatir la contaminación bacteriana. La contaminación bacteriana y química en los suelos, generalmente se dirige hacia abajo desde la fuente de contaminación hasta que alcanza la capa freática y luego, junto con el agua del subsuelo fluye por un cauce que al principio aumenta gradualmente de altura hasta una extensión limitada y luego se reduce hasta su desaparición final. El recorrido descendente de las bacterias a través de un suelo homogéneo arriba de la capa freática, rara vez se ha encontrado a profundidades mayores de 1.5 m.

Al alcanzar la capa freática no se transmite la contaminación en contra de la dirección natural del flujo, a menos que se induzca por el bombeo de un pozo aguas arriba de la fuente de contaminación. El recorrido horizontal de la -- contaminación bacteriana en formaciones de arena, desde un punto de origen tal como un pozo usado para recargar una capa acuífera, ha llegado a alcanzar una anchura máxima de 1.8 m., antes de la desaparición final a una distancia de treinta metros de la fuente. Las distancias correspondientes a puntos de origen en letrinas, han sido más cortas. - La distancia máxima del flujo de la contaminación bacteriana se alcanza a menudo varias horas despues de la introducción de la contaminación.

Los procesos de filtración, muerte natural y la extensión

del recorrido, provocan una rápida reducción de las colonias de las bacterias, hasta que finalmente solo en la vecindad inmediata a el foco de contaminación se encuentra afectada.

La contaminación química sigue una senda similar a la de la contaminación bacteriana, pero mucho más ancha y larga, se han observado anchuras máximas de 7.5 a 9 metros y longitudes cercanas a un centenar de metros. Las investigaciones indican que la contaminación química se trasmite al doble de la velocidad de la contaminación bacteriana.

Los descubrimientos mencionados sirven para destacar la importancia de la localización adecuada de los pozos con respecto a las fuentes de contaminación, para poderla evitar. También forman la base de las reglas generales que se aplican a la ubicación y construcción de los pozos, y a la ubicación de los fosos de letrina, sumideros y otros medios de eliminación de desperdicios, respecto a los manantiales de agua del subsuelo.

Localización de los Pozos.

Se deben situar en los sitios más altos posibles, y por supuesto en terrenos más elevados que en los que se encuentran las fuentes cercanas de contaminación.

La superficie del suelo en la vecindad más inmediata del pozo debe inclinarse a partir de él, y debe estar bien drenada. Debe proveerse un sistema especial de drenaje para las aguas de deshecho, lejos de los pozos públicos. Es aconsejable siempre que sea posible colocar las instalaciones de la bomba y de la tubería de descarga tan lejos como

sea posible del pozo, ésto junto con un buen drenaje asegurará que no se acumulen aguas de deshecho en las proximidades del pozo, que podrían constituir una fuente de contaminación.

Si hay que colocar un pozo pendiente abajo de una fuente de contaminación, tendrá que ser a una distancia segura y razonablemente alejada de acuerdo con la fuente de contaminación y del tipo de suelo. Las mínimas distancias recomendadas desde varios tipos de fuentes de contaminación se enumeran en la table número 4.

TABLA No. 4

Fuentes de Contaminación	Distancia mínima recomendada.
1.- Alcantarilla de hierro fundido con juntas mecánicas o empujadas.	3 metros
2.- Fosa séptica o alcantarilla fuertemente unida.	15 metros
3.- Retrete de foso de tierra, fosa de filtración o campo de drenaje.	23 metros
4.- Sumidero que recibe aguas negras sin tratar.	30 metros

Estas distancias mínimas no son mas que indicaciones para la buena práctica y se pueden variar como lo requiera el suelo y demás condiciones.

Se deben aplicar sólomente donde el suelo tenga una capaci-

dad de filtración igual o superior a la de la arena.

En la localización de un pozo se deben tomar en cuenta la - accesibilidad del terreno, por ejemplo para la reparación - de la bomba.

Sellado de Pozos Abandonados.

El sellado de estos pozos tiene varios propósitos, entre - los que se encuentran:

- 1.- Impedir la contaminación de la capa acuíf^{er}a por la entrada de agua de mala calidad y de otras sustancias extrañas a través de la boca del pozo.
- 2.- Mantener el rendimiento de la capa acuíf^{er}a y la carga artesiana donde exista.
- 3.- Eliminar el peligro físico, como accidentes.

El significado del sellado de un pozo abandonado es la restauración hasta donde sea posible de las condiciones geol^ógicas existentes.

Si se trata de la capa freática, el sellado debe de servir para evitar la infiltración del agua a través del agujero - del pozo, o a lo largo del exterior del entubado hacia la - capa freática. En un pozo artesiano, el sellado debe ser vir para encerrar el agua en la capa acuíf^{er}a en que ocurre.

El sellado se obtiene rellenando con barro, cemento y concreto.

3.4.1.7 Medidas Sanitarias Recomendadas para la Protección de Pozos de Abastecimientos de Agua.

Una vez seleccionada la ubicación del pozo desde el punto de vista geológico y de factibilidad técnica, será necesario aplicar una serie de medidas de protección contra el acceso de agua superficial y de otros contaminantes. Cada uno de los tipos de pozo mencionados anteriormente, tienen sus propias medidas sanitarias y que a continuación se presentan.

Protección Sanitaria de Pozos Perforados.

Ha quedado establecido que en todo pozo perforado deberá instalarse una tubería de acero o ademe para protegerlo de posibles derrumbes que pudieran destruirlo, y permitir la introducción de la columna de bombeo. El ademe se continuará cuando se perforen en piedras calizas fisuradas o en formaciones inestables saturadas. La protección sanitaria de estos pozos consiste en:

- 1.- El espacio anular entre el ademe y la tierra, deberá de rellenarse con una mezcla de arcilla o de concreto hasta una profundidad de tres metros medidos desde la superficie, si el terreno está constituido por calizas con hoquedades, o de material fisurado, este sello se extenderá a una mayor profundidad.
- 2.- El brocal del ademe deberá extenderse por lo menos 60cm arriba del máximo nivel de aguas de inundación, siendo de mayor seguridad un metro.
- 3.- Cuando se penetre una formación artesiana que contenga agua de baja calidad el ademe deberá prolongarse y si éste no fuese posible deberá de sellarse convenientemente. (fig. 3.38) .

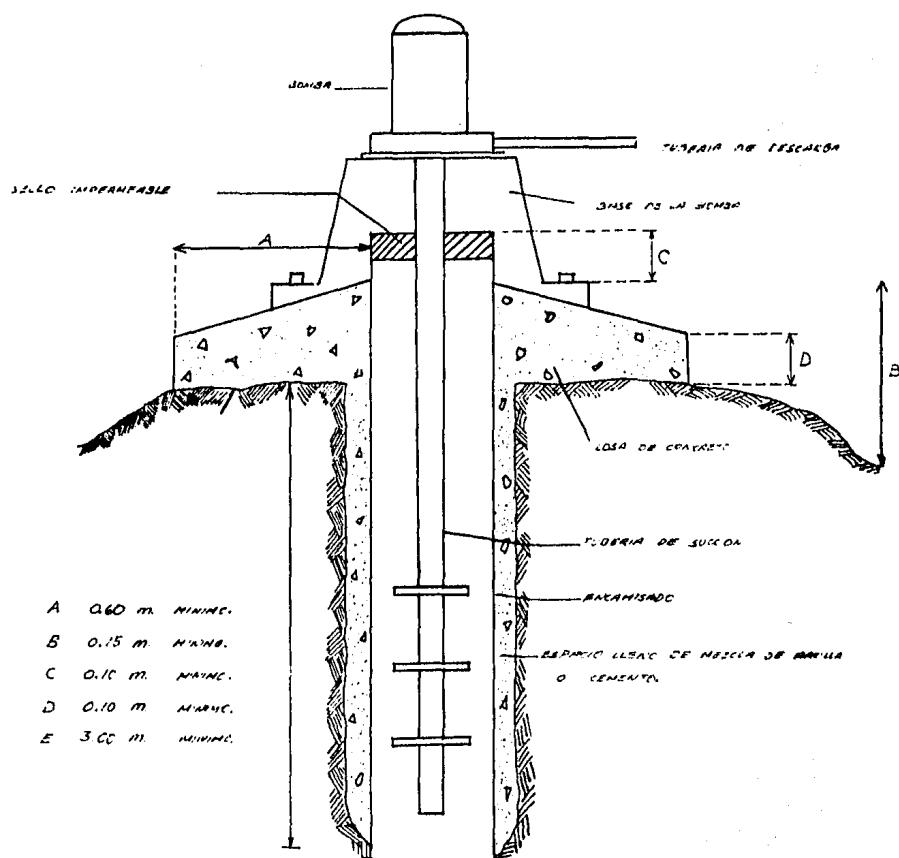


Fig. 3.38

DIMENSIONES MINIMAS PARA LA PROTECCION
DEL TUBO DE VU. PERO MACHISMO.

- 4.- En el extremo superior del ademe se colocará un empaque sanitario de hule blando elástico, situado entre placas metálicas de ajuste hermético removibles.

Esta medida adquiere mayor importancia cuando el pozo se equipa con bomba de pedestal del tipo abierto o - - cuando el motor no está acoplado directamente.

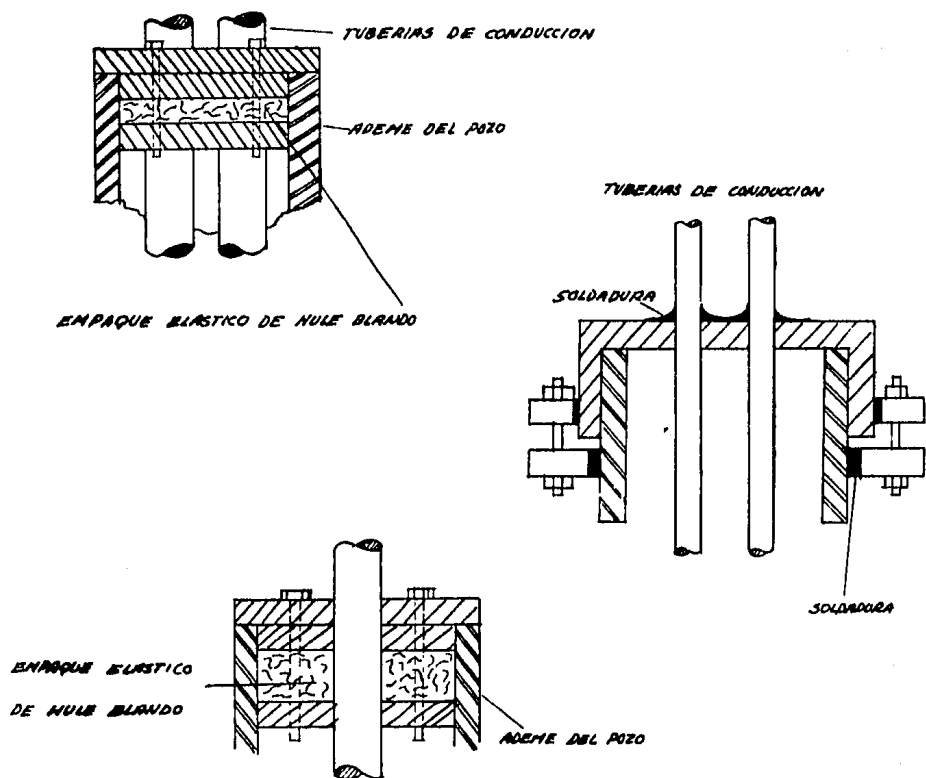
En otras ocasiones las bombas y sus motores cuentan con bases metálicas de cierre hermético que no requieren de empaque sanitario. (fig. 3.39).

- 5.- Cuando se instalan moto-bombas de posición vertical o de otro tipo, ya sea con caseta o del tipo intemperie, deberá colocarse sobre un piso de concreto reforzado que a su vez transmita las cargas al suelo, este piso tendrá una pendiente mínima del 2 %, para permitir el escurrimiento de líquidos hacia afuera. Esta losa -- tendrá por lo menos 60 cm en toda dirección. Además - hay que tomar la precaución de que el ademe sobresalga del piso por lo menos 10 cm,
- 6.- Si después de haberse concluido la perforación y de haber ademado, no es instalada la bomba, se deberá sellar herméticamente la boca del pozo con una placa metálica soldada o con cualquier otro dispositivo, para evitar daños.

Protección Sanitaria de Pozos Hincados.

Con este nombre se denomina al sistema de introducir en el suelo una tubería constituida por el ademe de acero y la columna de bombeo en una sola operación, en terrenos integrados comúnmente por arena o arenisca. La protección sanitaria de estos pozos consiste en:

Fig. 3.39 EMPAQUES SANITARIOS PARA POZOS



- 1.- El ademe deberá penetrar no menos de tres metros como mínimo, medidos a partir de la superficie del suelo.
- 2.- El piso donde deberá instalarse el equipo de bombeo --- tiene que sobresalir por lo menos treinta centímetros - y no estar expuesto a inundaciones, con un declive del 2 % como mínimo hacia el exterior. (fig. 3.40).
- 3.- La bomba deberá contar con un sello hermético sanitario.

Protección Sanitaria de Pozos Excavados.

Por medio de estas instalaciones se aprovechan las aguas freáticas de poca profundidad, siendo de construcción sencilla, son los mas numerosos en el medio rural y los mas expuestos a contaminación, por éello se les prestará especial atención.

- 1.- Se deberá impermeabilizar la pared del pozo hasta una profundidad no menor de tres metros por debajo de la superficie natural del suelo, en estratos muy permeables o fisurados se extenderá a una profundidad mayor utilizando concreto u otro material que garantice el sellado.
- 2.- La ubicación adecuada será aquélla que esté alejada de los focos de contaminación, siempre aguas arriba por lo menos cinco metros. Si ésto no fuera posible y la construcción se hiciera aguas abajo del foco contaminante, siguiendo la dirección del flujo, se alejará no menos de quince metros cuando se trate de suelo normal y de treinta metros o más en suelos muy permeables como arenas, gravas o material calcareo fisurado.

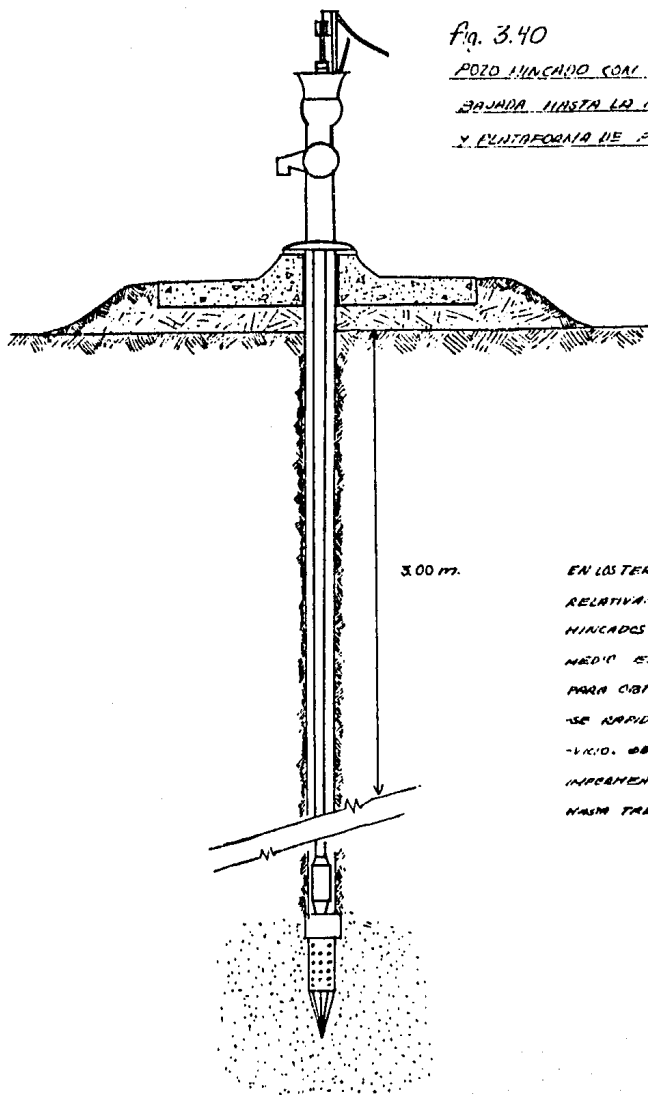


Fig. 3.40

POZO HINCADO CON TUBO DE
BAJADA HASTA LA PIERNA CHA,
Y PLATAFORMA DE PROTECCIÓN.

3.00 m.

EN LOS TERRENOS FORMADOS POR ARENA
RELATIVAMENTE GRUESA, LOS POZOS
HINCADOS PUEDAN CONSTITUIR UN
MEDIO EXCELENTE Y MUY ECONOMICO
PARA OBTENER AGUA. PUEDE CONSTRUIR-
SE RAPIDAMENTE Y ENTERRAR EN SE-
-VICIO. OBSERVASE QUE LA EMULSION
IMPERMEABLE QUE DEBE ESTAR EN EL SUELO
HASTA TRES METROS COMO MINIMO.

- 3.- Ademorar el pozo cuando sea requerido, utilizando materiales como el concreto, mampostería, madera, lámina de acero y otros, para evitar su deterioro. (fig. 3.41).
- 4.- Construir un brocal que sobresalga un mínimo de treinta centímetros del nivel del suelo o del nivel máximo de aguas de inundación, cuando éste sea mayor. El brocal será complementado con una banquetta de sesenta centímetros que lo circunde, con una pendiente del 2 % y una canaleta de drenaje para recoger las aguas de escurrimiento y conducir las posteriormente fuera del área.
- 5.- Se deberán instalar tapas o puertas de acceso para la boca de los pozos excavados, evitando la contaminación del agua y facilitando su mantenimiento. (fig. 3.42).

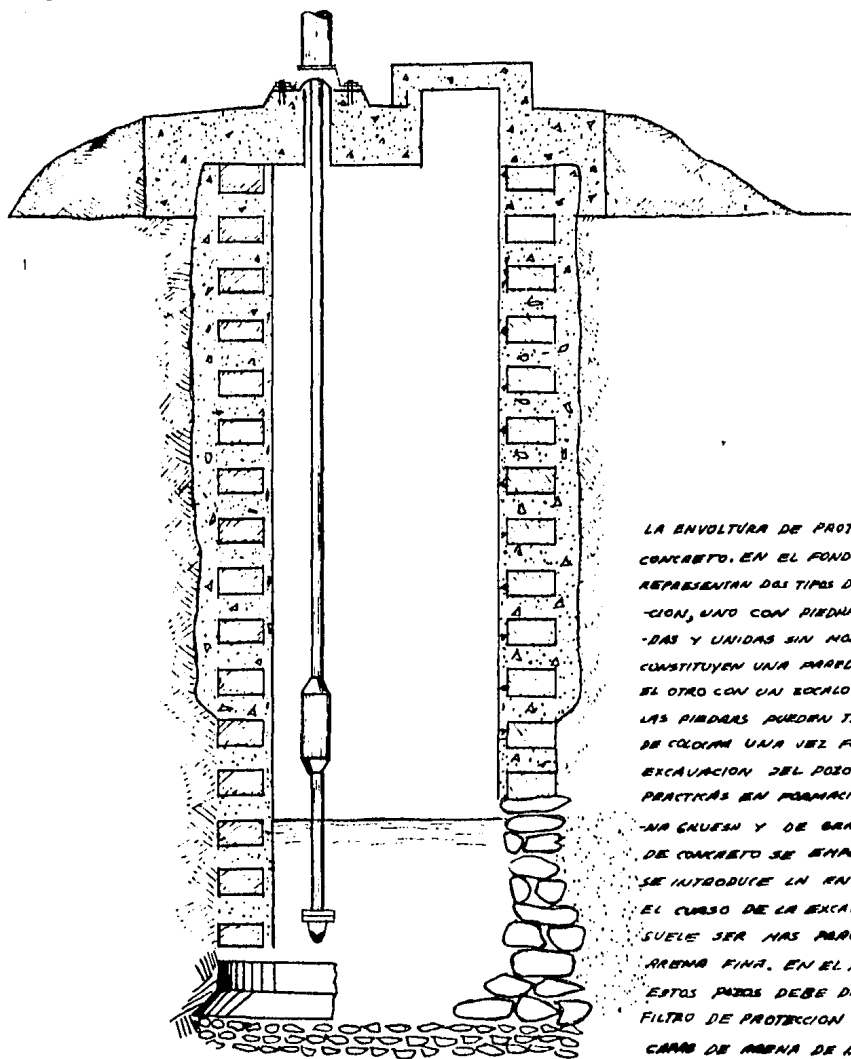
Mejoramiento de Pozos Existentes.

Es práctica común en el medio rural que mucha gente se crea experta en la localización y construcción de pozos de abastecimiento de agua, estando fuera de control de las autoridades sanitarias y motivando con ello serios problemas de salud pública por estar expuestos a la contaminación. El mejoramiento de dichos pozos es relativamente sencillo pero plantea problemas sociales y económicos que se tienen que solucionar con un programa de saneamiento regional donde además de las autoridades deberá contarse con la aceptación e intervención de la población.

Las causas más frecuentes de deficiencias en los pozos existentes, que deberán investigarse, son:

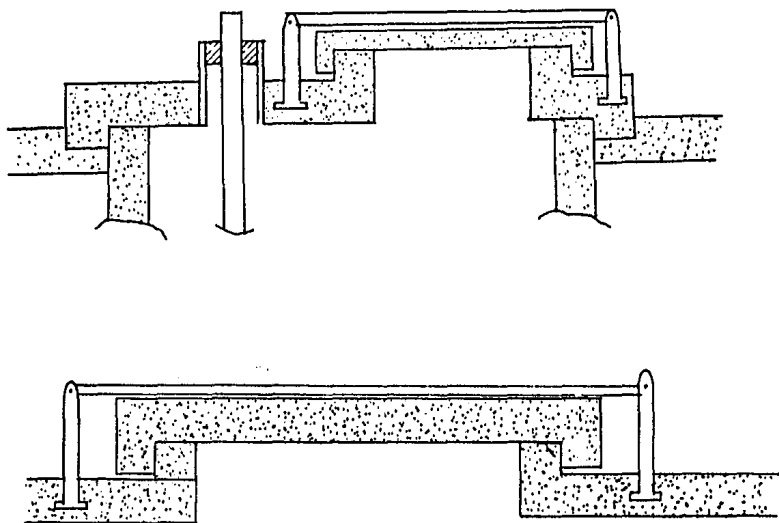
- Ubicación del pozo con referencia a otros sistemas hidráulicos y de posibles focos de contaminación.

Fig. 3.41 POZO EXCAVADO A MANO CON ENVOLTURA DE PROTECCION Y PLATAFORMA.



LA ENVOLTURA DE PROTECCION ES DE CONCRETO. EN EL FONDO DEL POZO SE REPRESENTAN DOS TIPOS DE CONSTRUCCION, UNO CON PIEDRAS REDONDEADAS Y UNIDAS SIN MORTERO, QUE CONSTITUYEN UNA PARED FILTRANTE. EL OTRO CON UN ESCALO DE CONCRETO. LAS PIEDRAS PUEDEN TERMINARSE DE COLOCAR UNA VEZ FINALIZADA LA EXCAVACION DEL POZO Y SOLO SON PRACTICAS EN FORMACIONES DE ARENA GRUESA Y DE GRAVA. EL ESCALO DE CONCRETO SE EMPLEA CUANDO SE INTRODUCE LA ENVOLTURA EN EL CURSO DE LA EXCAVACION Y SUELE SER MAS PRACTICO EN ARENA FINA. EN EL FONDO DE ESTOS POZOS DEBE DISPONERSE UN FILTRO DE PROTECCION FORMADO POR CAMAS DE ARENA DE DISTINTOS TAMAÑOS.

Fig. 3.42 BOCA DE REGISTRO O DE INSPECCION EN UN
POZO EXCAVADO O TANQUE DE ALMACENAMIENTO.



LA BOCA DEL REGISTRO DEBE DE PERMANECER SIEMPRE
CERRADA Y ASEGURADA CON CANDADO.

- Las pendientes del terreno para determinar la dirección - en que escurre el agua superficial.
- Conocer la capacidad productiva del pozo, su profundidad y su diámetro.
- Estado físico del piso o tapa del pozo, del brocal y del desagüe de excedentes y escurrimientos.
- Estado del ademe y del revestimiento.
- Estado del equipo de bombeo y del sello sanitario.

En las figuras 3.43 y 3.44 se presentan dos ejemplos de mejoras de pozos existentes.

3.4.2 Manantiales.

Las aguas provenientes de manantiales son clasificadas como aguas subterráneas, pues su origen es un acuífero que está conectado con la superficie ya sea por fallas geológicas de un estrato impermeable que lo limita o por el afloramiento a la superficie del mismo.

Las características físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas en el punto donde afloran son similares a las de aguas provenientes de pozos profundos, sin embargo, una vez que han aflorado su calidad será afectada al igual que la de los cursos superficiales y es por eso que a menos que la captación se haga en el mismo punto del nacimiento, las - - aguas provenientes de manantiales pueden y deben considerarse como cursos superficiales. En este capítulo se tratará a las aguas de los manantiales como aguas subterráneas y se

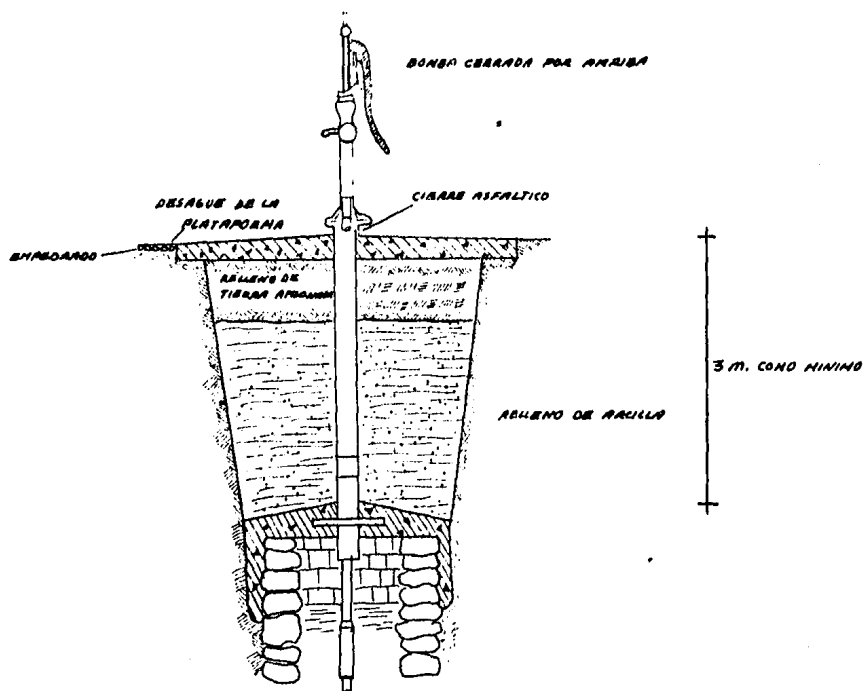


fig 343 POZO RECONSTRUIDO Y CON LOSA EMPOTRADA EN EL SUELO

- EL PEDESTAL Y LA BASE DE LA BOMBA DEBEN DE SER DE UNA SOLA PIEZA Y ESTAR UNIDOS POR UNA BRIDA O CON ARBOL.
- EL CIGARRO DE LA BOMBA ESTARA SITUADO POR DEBAJO DEL NIVEL MINIMO DEL AGUA EN EL POZO.
- HAY QUE QUITAR EL REVESTIMIENTO PRIMITIVO HASTA LA PROFUNDIDAD DE TRES METROS COMO MINIMO, HASTA ENCON-
-TAR UN REVESTIMIENTO SUIRO. DESDE ESTE PUNTO SE
-REMENTARAN LAS PAREDES HASTA LA PROFUNDIDAD NE-
-CESARIA PARA PROPORCIONAR UN CEMENTO SUFICIENTEMENTE
-IMPERMEABLE A LA TAPA.

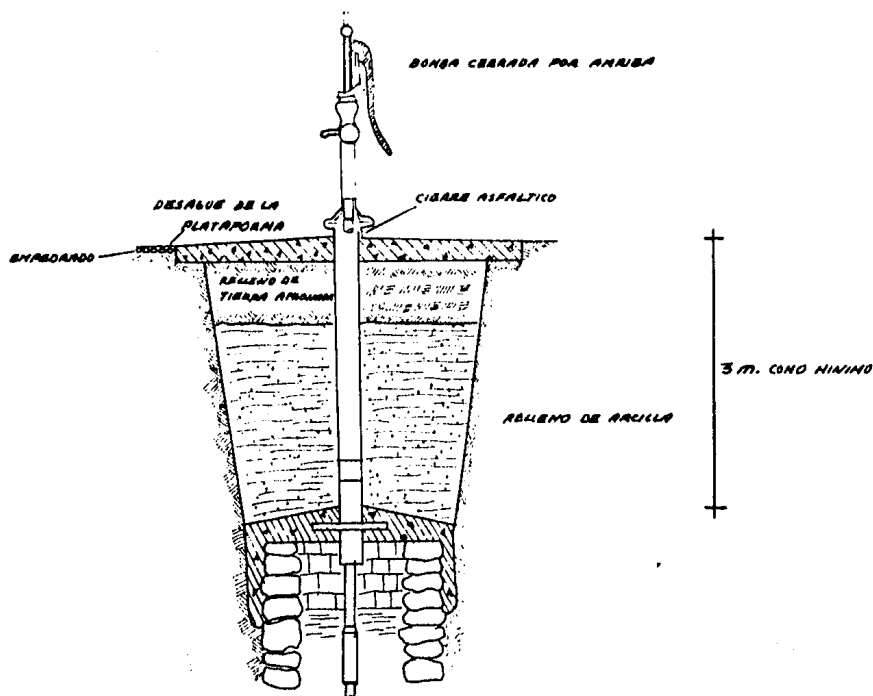
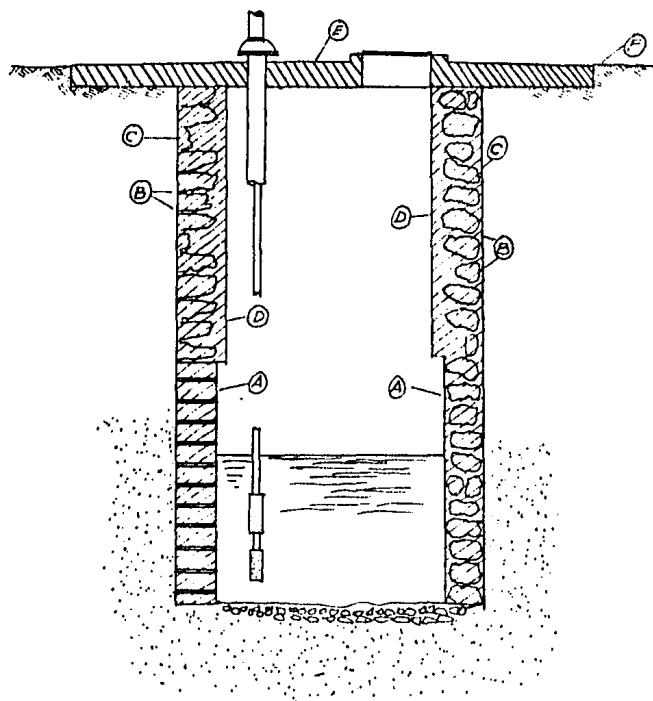


Fig. 343 POZO RECONSTRUIDO Y CON LOSA EMPOTRADA EN EL SUELO

- EL PEDESTAL Y LA BASE DE LA BOMBA DEBEN DE SER DE UNA SOLA PIEZA Y ESTAR UNIDOS POR UNA BRIDA O CON ARCA.
- EL CUBRE DE LA BOMBA DEBEA SITUADO POR DEBAJO DEL NIVEL MINIMO DEL AGUA EN EL POZO.
- HAY QUE QUITAR EL REVESTIMIENTO PRIMITIVO HASTA LA PROFUNDIDAD DE TRES METROS CONO MINIMO, HASTA ENTONCES UN REVESTIMIENTO UNIDO. DESDE ESTE PUNTO SE EMPIEZAN A RECONSTRUIR LAS PAREDES HASTA LA PROFUNDIDAD NECESARIA PARA PROPORCIONAR UN CEMENTO SUFICIENTEMENTE IMPERMEABLE A LA TAPA.

Fig. 3.44 MEJORA DE POZOS EXISTENTES



- (A) PAREDES DE MAMPONERIA O DE LADRILLO, CON JUNTAS DE MORTERO CUARTEADAS.
- (B) MORTERO VIEJO QUE SE ARRANCA CON UN CINCEL.
- (C) PIEDRAS O LADRILLOS CORTADOS PARA PROPORCIONAR SUECION AL NUEVO REVESTIMIENTO DE CONCRETO.
- (D) NUEVO REVESTIMIENTO DE CONCRETO QUE SE EXTENDERA HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 3 M. COMO MINIMO.
- (E) NUEVA PLATAFORMA DE CONCRETO CON DISPOSITIVOS ASIENTOS (REGISTRO DE VISITA, DECLIVE PARA EL DESAGUE, ETC.).
- (F) SUPERFICIE DEL SUELO CON CANAL DE DRENAJE

describirán sus estructuras de captación sanitaria.

Tipos de Afloramiento.

De acuerdo con el tipo de conexión entre el acuífero y la superficie se tiene la siguiente clasificación:

- a) Afloramientos horizontales.- En uno o más puntos bien definidos, que ocurre en terrenos normalmente accidentados cuando el estrato que está limitando al acuífero, es de contextura fuerte y se ha rajado o agrietado. (fig. 3.45).
- b) Afloramiento horizontal o inclinado en una zona de mayor o menor extensión.- Ocurre en terrenos ondulados, cuando el acuífero tiene conexión directa con la superficie. (fig. 3.46).
- c) Afloramiento vertical o casi vertical en uno o varios puntos bien definidos.- Ocurre en terrenos mas o menos planos cuando el estrato que limita al acuífero es de contextura firme pero tiene grietas. (fig. 3.47).
- d) Afloramiento vertical en una zona de mayor o menor extensión.- Ocurre cuando el acuífero tiene conexión directa con la superficie. (fig. 3.48).

Las características de las obras de captación varían de acuerdo a la forma del afloramiento del manantial, ya se sabe que el sitio ideal de captación es el mismo del nacimiento, es decir, sin permitir el escurrimiento de las aguas sobre la superficie a fin de que se evite la contaminación. Pero esto no siempre se logra, pues hay ciertas circunstancias que impiden la captación directa. Por ejemplo, cuando

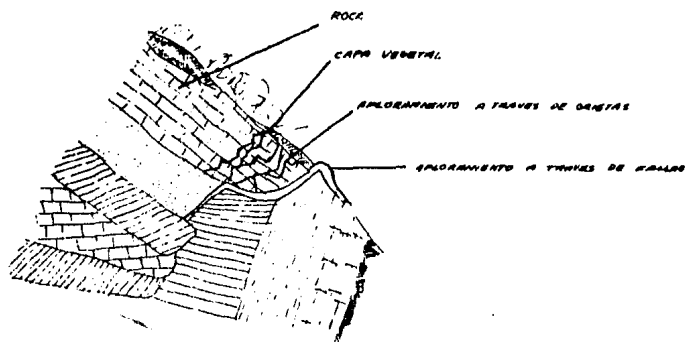


Fig. 3.45 AFLORAMIENTOS HORIZONTALES DE MANANTIALES EN UNO O VARIOS PUNTOS DEFINIDOS.

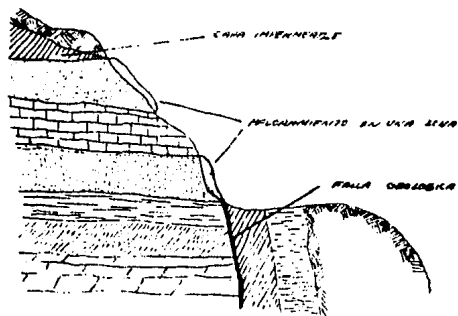


Fig. 3.46 AFLORAMIENTOS HORIZONTALES O SEMI-ARQUEADOS DE MANANTIALES EN UNA ZONA EXTENSA.

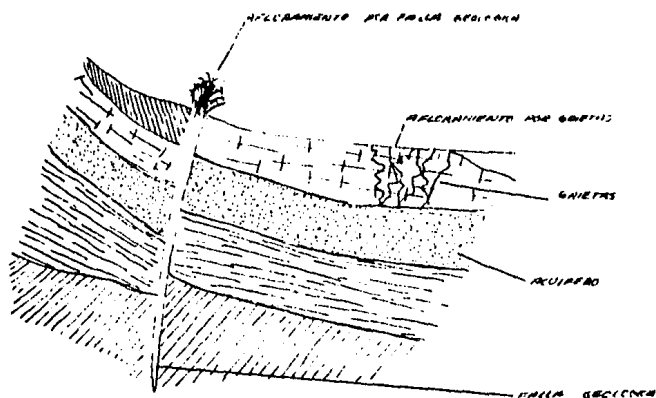


Fig. 3.47 DEFORMACIONES VERTICALES EN PUERTO DEPIANOS

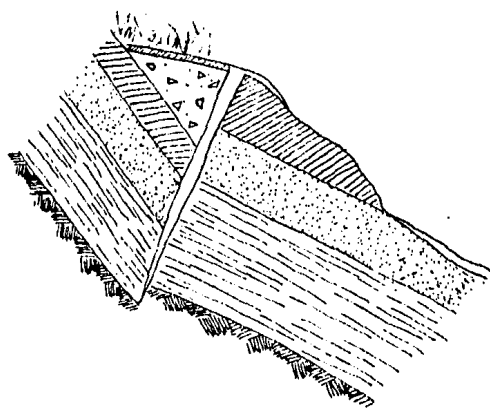


Fig. 3.48 DEFORMACIONES VERTICALES EN COSTA DEPIANOS

el afloramiento ocurre en una zona mas o menos extensa, se obliga a alejar las obras de captación a fin de obtener un mayor caudal. También ocurre que cuando el terreno adyacente al manantial está saturado o la calidad del subsuelo no es adecuada, no se puede asentar una estructura estable. - Existe el caso en que debido a las condiciones topográficas del terreno hay que buscar sitios más bajos que el de afloramiento para evitar que se produzcan cargas hidrostáticas que contrarresten al manantial.

En cuanto a la calidad física y química del agua influyen la ubicación de las obras de captación, ya que en el caso de contener ciertos gases tales como CO_2 y H_2S , conviene aprovechar la aireación natural a que están sometidas las aguas superficiales.

Lo mismo ocurre cuando las aguas del manantial están a temperaturas mayores de las permisibles para el consumo humano.

Clasificación de las Estructuras de Captación.

La clasificación de las estructuras de captación se hace en base al funcionamiento y finalidad en cada caso. Se pueden distinguir dos categorías:

- A) Dispositivos de captación directa.- Son aquéllos que -
recogen las aguas de manantiales en el mismo punto de -
nacimiento.
- B) Obras de Captación Indirecta.- Son las que permiten el
libre escurrimiento de las aguas por la superficie y --
las captan a cierta distancia de la zona de afloramiento.

Como en este capítulo se trata la captación de aguas subterráneas, se describirán las obras de captación directa. Las obras de captación indirecta, serán descritas en el capítulo referente a las estructuras de captación de aguas superficiales.

Obras de Captación Directa.

Desde el punto de vista sanitario las obras idóneas de captación son aquéllas que reducen a un mínimo los peligros de contaminación de las aguas, y es por ésto que éste tipo de obras son una solución ideal para las aguas de los manantiales, siempre y cuando se construyan y se protejan debidamente y sólo así conservan las aguas en su estado natural.

Requisitos Indispensables para las Obras de Captación Directa.

- 1.- Conservar hasta donde sea posible las condiciones naturales del afloramiento, evitando excavaciones, movimientos de tierra y rellenos que pudieran afectar el flujo natural y original del agua.
- 2.- Conservación de la descarga libre a la atmósfera, evitando cargas hidrostáticas sobre el punto de afloramiento.
- 3.- Protección sanitaria mediante canales de desagüe y cercas.
- 4.- Funcionamiento hidráulico correcto y resistencia estructural, tomando en cuenta el costo de construcción y de mantenimiento.

El método de captación directa puede emplearse en afloramientos verticales y horizontales con la única condición de

que el afloramiento se encuentre en una zona reducida.

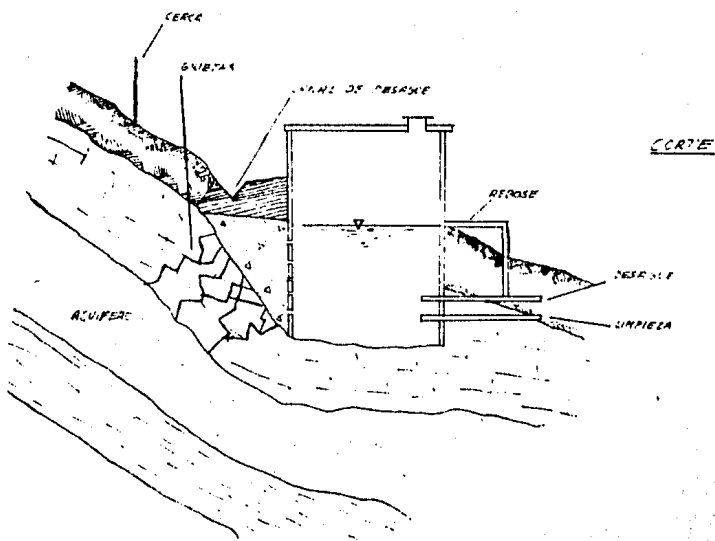
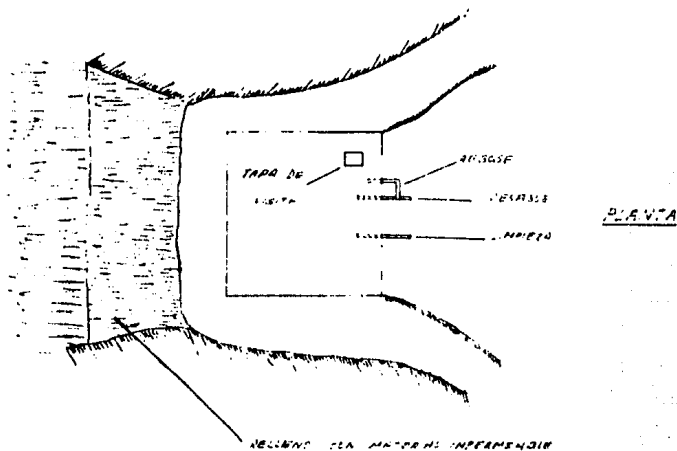
Las obras de captación de este tipo pueden tener gran cantidad de variantes en cuanto a modelos y equipo, según la capacidad y el ingenio del proyectista, mas sin embargo, se puede generalizar a un modelo bastante usual como el presentado en la figura 3.49.

Esta figura muestra un afloramiento horizontal de un manantial a través del contacto del acuífero con la superficie - por medio de grietas, y las obras de captación consisten en un tanque de concreto armado en que la pared de éste, que está en contacto con el afloramiento, está provista de orificios y tiene accesorios tales como la tapa o puerta de visita, escalera marina, tubo de ventilación, tubo de limpieza, tubo de desagüe y tubo de rebose, este último ubicado - de tal modo que evite una carga hidrostática positiva sobre el afloramiento del acuífero. Para evitar las perturbaciones de las condiciones naturales del afloramiento o para reducir las al mínimo, hay que escoger un proceso constructivo adecuado.

El flujo proveniente del manantial se desvía y se hacen las excavaciones necesarias a corta distancia del nacimiento. - Se construye el tanque con todos sus accesorios y se llena el espacio comprendido entre el tanque y el afloramiento - con piedra picada (graduada), que sirve de sosten al acuífero.

En ocasiones es conveniente proveer al tanque de canales de recolección para evitar el escurrimiento alrededor de él. - La parte superior de la capa de piedra picada se protege - con material impermeable, para impedir la infiltración de - aguas superficiales. Cuando los afloramientos horizontales

Fig. 3.49 OBRA DE CAPTACION DE ALCORAMIENTO HORIZONTAL



son a través de fallas, las obras de captación son similares, pero el tanque puede ubicarse más cerca o directamente al lado del nacimiento.

Se ha hablado de la importancia de impedir presiones hidrostáticas sobre el afloramiento, por ejemplo, en grietas de gran extensión, ya que la fuerza resultante sobre sus paredes (producto de la carga hidrostática positiva generada accidentalmente), puede provocar otras rajaduras a través de las cuales se producen flujos que reducen e inclusive hacen desaparecer el flujo original del manantial.

Obras de Captación de Afloramiento Vertical.

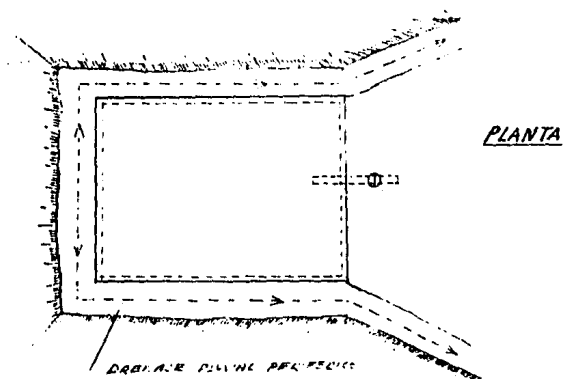
En este caso es más difícil evitar la carga hidrostática positiva sobre la zona de afloramiento. Cuando se tiene terreno blando o simiduro normalmente se emplea una estructura similar a la mostrada en la figura 3.50.

Se excava hasta una profundidad equivalente a la carga positiva que causará la estructura, luego se construye el tanque de dimensiones adecuadas, equipado de vertedero en todo el contorno, luego se colocan capas sucesivas de piedra picada graduada de fino a grueso, de abajo hacia arriba.

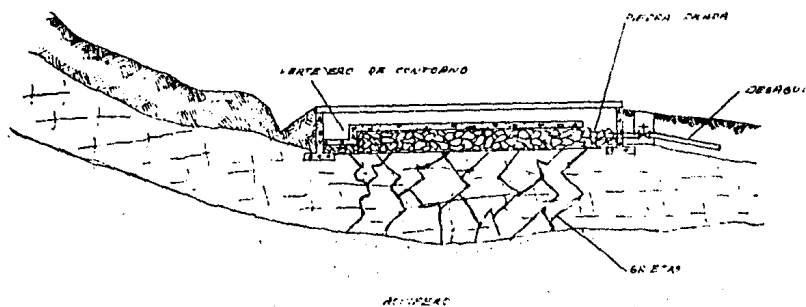
El vertedero se conecta directamente a la tubería de conducción si ésta es por gravedad, o a un tanque de succión si hay bombeo.

Cuando el afloramiento vertical del manantial ocurre en terrenos planos, duros o en roca, usualmente no se puede emplear obras ubicadas directamente sobre la zona de afloramiento, a menos que se tenga la seguridad que el aumento de

Fig. 3.50. OBRA DE CAPTACION DIRECTA DE MANANTIALES
CON AFLORAMIENTO VERTICAL



CORTE



la carga hidrostática, producto del represamiento de las --
aguas no afectará la producción del manantial.

Medidas Sanitarias Recomendadas en la Captación de Aguas de Manantiales.

- 1.- Se delimitará un perímetro de protección en el que quedarán restringidas las actividades que puedan contaminar el agua de los manantiales.
- 2.- Se acondicionará un drenaje superficial que rodeará a la fuente de abastecimiento para evitar su posible contaminación con aguas superficiales y aguas meteóricas.
- 3.- Si la ubicación es en una colina o ladera, se construirán cunetas interceptoras de aguas que escurran.
- 4.- Si en el terreno en que brota el agua existe vegetación se removerá para evitar la contaminación.
- 5.- Se cercará el terreno en que están las instalaciones, para restringir el acceso sólo al personal encargado de la vigilancia y del mantenimiento.
- 6.- Los materiales empleados en las obras de captación deberán estar libres de todo tipo de contaminantes.
- 7.- Se desinfectarán las estructuras y los equipos de la -- obra de captación previamente al inicio de las operaciones.
- 8.- Las paredes de la estructura, así como los equipos que estén en contacto con el agua, deberán ser protegidos con recubrimientos no tóxicos, que retarden su deterioro

y eviten la aparición de vegetación y de microorganismos indeseables.

- 9.- Se establecerá un programa de mantenimiento así como los equipos necesarios para cumplirlo.

3.4.3 Galerías Filtrantes.

La galería de infiltración consiste en un tubo perforado o ranurado rodeado de piedra graduada, que se instala en un acuífero poco profundo o superficial.

En los extremos aguas arriba de la galería, y a longitudes aproximadas de cincuenta metros, se coloca normalmente un pozo de visita. Por otra parte, en el extremo aguas abajo se construye un tanque o pozo recolector de donde se conducen las aguas por gravedad o por bombeo hacia el sistema de distribución. (fig. 3.51).

El tubo de recolección usualmente de concreto o de asbestocemento tiene un diámetro que está en función del gasto por captar, pero se recomienda un mínimo de unas ocho a diez pulgadas.

La galería de infiltración se orienta de acuerdo con la dirección predominante del flujo subterráneo.

Si la velocidad del flujo del río es pequeña y los estratos colindantes con el río son altamente permeables, la galería se instala paralela al eje del mismo. Generalmente en este caso la dirección del flujo subterráneo es principalmente desde el río hacia la galería, aunque desde el lado opuesto de la misma también penetra agua, pues el acuífero se en-

cuentra saturado. (fig. 3.52).

En caso de acuíferos de gran extensión que alimentan el río, el flujo predominante es normalmente desde el acuífero hacia el río, y la instalación de la galería será analoga. - (fig. 3.53).

Cuando se trata de cursos rápidos y estratos poco permeables es importante investigar la dirección del flujo subterráneo a fin de interceptarlo con la galería, y es usual que ésta se sitúe transversal al eje del río. (fig. 3.54).

Cuando con excepción de unos bancos de arena o grava depositados por el río en un lecho limitado, no hay mas estratos permeables, entonces es más eficiente instalar la galería - por debajo del río, normal al eje, y lo mismo ocurre cuando el acuífero es de baja permeabilidad. (fig. 3.55).

Características de Diseño.

Para determinarlas es necesario hacer excavaciones o perforaciones de prueba para cada caso, ya que son obras muy costosas, es conveniente determinar:

- 1o.- La permeabilidad media del acuífero.- Para estimar la producción por metro lineal de la galería.
- 2o.- La granulometría del terreno.- Para obtener las características de la envoltura de grava.

Para darse una idea de la longitud de la galería en caso de gastos pequeños, de unos tres a cinco litros por segundo, - se sigue el siguiente procedimiento: Se hace una excavación de prueba hasta una profundidad conveniente por debajo del

nivel estático del agua, luego se extrae el agua con bomba a un gasto constante, y se observa el descenso del nivel y cuando éste se estabilice significa que el recargamiento natural del acuífero desde el río iguala al gasto extraído, y en base a este gasto y estimando el área total de penetración del agua en la excavación de prueba, se puede dar una idea acerca de la longitud necesaria de galería para el gasto de diseño.

En caso de gastos mayores, además de la excavación de prueba, es necesario perforar o excavar uno o varios pozos de observación para poder así determinar el descenso del nivel del agua a cierta distancia del punto donde se efectúa el bombeo de prueba. (fig. 3.56).

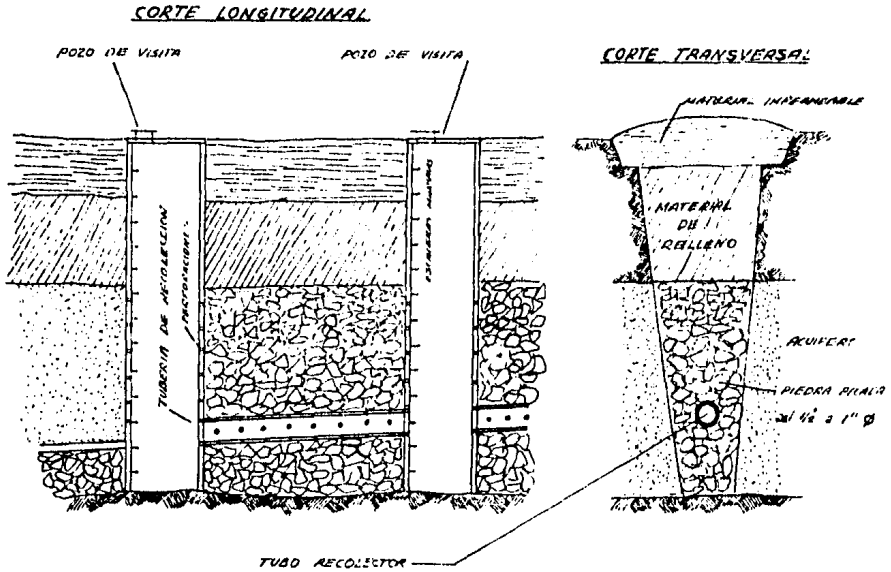
Procedimiento para Determinar la Longitud Necesaria de Galería para el Gasto de Diseño.

- a) Se bombea a un gasto constante hasta que el nivel del agua se estabilice en la excavación de prueba,
- b) Se mide el nivel, tanto en la excavación de prueba, como en el pozo de observación y se miden los valores de h_1 y h_2 , y además se miden R_1 y R_2 .

- c) Substituyendo en la formula $Q = \frac{\pi}{2.31} \cdot P \cdot \frac{(h_2^2 - h_1^2)}{\log(R_2/R_1)}$ para acuíferos no confinados, o $Q = \frac{2\pi}{2.31} \cdot mP \cdot \frac{(h_1 - h_2)}{\log(R_2/R_1)}$ para acuíferos confinados.

Se obtiene el valor de la permeabilidad media P , pero debe saberse que ya que el flujo radial del agua hacia la excavación de prueba será desigual debido a la cercanía del río, la posición del pozo de observación tendrá gran influencia sobre el valor calculado de P , y hay que tomar

Fig. 3.51 GALERIA FILTRANTE



EN ALGUNOS CASOS, TODO EL COLECTOR SE PUEDE VISITAR, CUANDO SE HAN INSTALADO TUBOS DE GRAN DIÁMETRO A MANERA DE POZOS DE VISITA.

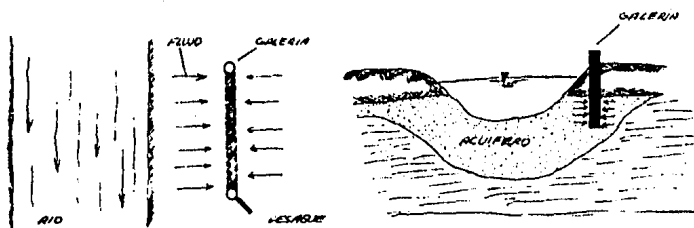


Fig. 3.52 BAJA VELOCIDAD DE CORRIENTE, TERRENO PLANO, ACUÍFERO DE ALTA PERMEABILIDAD.
-LIGRO, DIRECCIÓN PREDOMINANTE DEL FLUJO SUBTERRÁNEO DESDE EL RÍO HACIA LA GALERÍA.

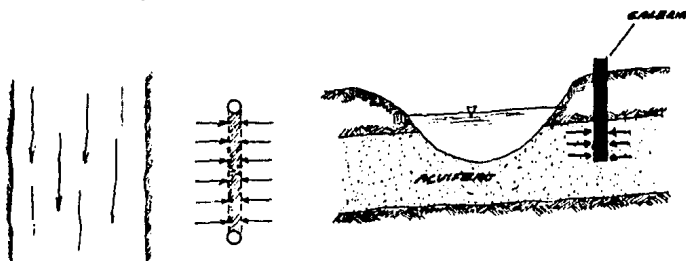


Fig. 3.53 BAJA VELOCIDAD DE CORRIENTE, ACUÍFERO DE GRAN EXTENSIÓN,
DIRECCIÓN PREDOMINANTE DEL FLUJO SUBTERRÁNEO DEL ACUÍFERO HACIA EL RÍO.

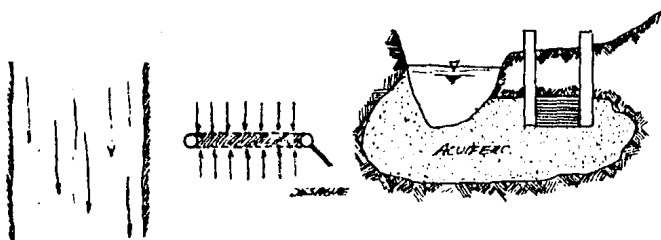


Fig. 3.54 ALTA VELOCIDAD DE CORRIENTE, ACUÍFERO DE PERMEABILIDAD MEDIA Y EXTENSIÓN REDUCIDA, TERRENO ACCIDENTADO, DIRECCIÓN PREDOMINANTE DEL FLUJO SUBTERRÁNEO PARALELO AL RÍO.

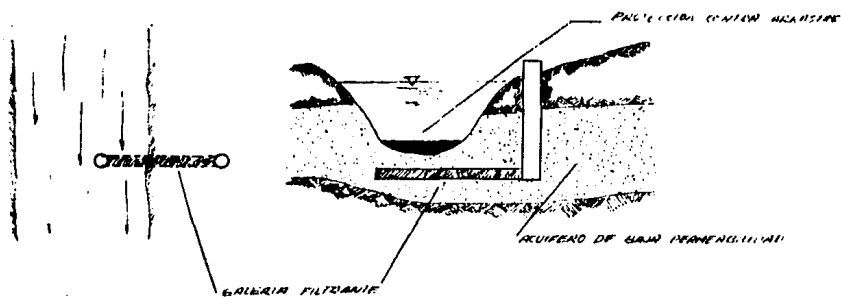
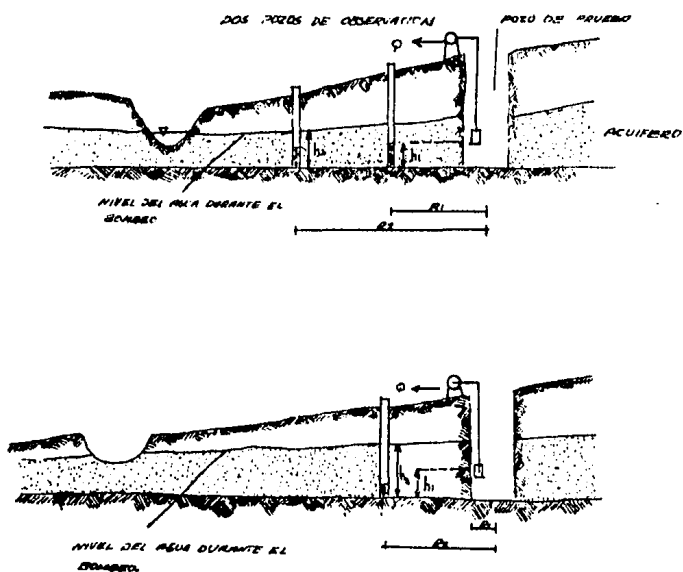


Fig. 3.55 ACUÍFERO DE BAJA PERMEABILIDAD, BAJA O MEDIANA VELOCIDAD DE CORRIENTE. GALERÍA UBIADA EN EL FONDO DEL RÍO.

Fig. 3.56



muy en cuenta que el pozo de observación se deberá situar en la zona comprendida entre la futura galería -- filtrante y el río, por que lo que interesa determinar es la permeabilidad media de los estratos porosos de esa zona.

- d) De acuerdo a la Ley de Darcy: $Q = PIA$, donde Q es el gasto de diseño, P la permeabilidad media calculada. El área de penetración queda definida por la grava de envoltura del tubo de recolección y su longitud total. Cuando se trata de captación indirecta de aguas superficiales es usual tomar el área de la cara hacia el -- río, dejando el flujo del lado opuesto como margen de seguridad. El gradiente hidráulico disponible es el -- que existe entre el nivel del agua en el río, hasta la grava de envoltura, es decir, $i = Z/L$, donde Z es la -- profundidad de la grava de envoltura con respecto al -- nivel estático de las aguas subterráneas, y L es la -- distancia desde la orilla del río, hasta la galería, -- de esta forma se obtiene el gradiente mínimo, ya que -- para estratos de alta permeabilidad puede ocurrir en -- que la depresión del nivel de las aguas subterráneas -- se iniciará cerca a la galería, y la distancia L para el mismo valor de Z será mucho menor. Esta condición se reflejará en una producción superior a la estimada y se tendrá un factor de seguridad adicional. Hay que observar que el nivel freático y el nivel del río va-- rian según la época del año, y el diseño de la galería tendrá que tomar como base el nivel mínimo estimado.

El diámetro y separación de las perforaciones de la tubería de recolección hay que calcularlas para obtener velocidades de entrada que eviten el arrastre de partí-- culas fines del acuífero. Esta velocidad puede fijarse

de 5 a 10 cm. por segundo.

En cuanto a la grava de envoltura estará en función de la granimetría del acuífero y de las perforaciones de la tubería de recolección, siendo usual el empleo de piedra picada de media a una pulgada de diámetro nominal cerca del acuífero y tamaños poco mayores cerca del tubo, hay que notar que debido a la baja velocidad de acercamiento del agua, el asolve del tubo de recolección es poco probable, aunque nunca del todo infalible, pues el arrastre de partículas en suspensión solo puede evitarse con un filtro de arena situado alrededor del tubo, cuya construcción es difícil y su mantenimiento bastante caro. Al despreciarse el flujo subterráneo hacia la galería desde el lado opuesto al río, se tiene un coeficiente de seguridad alto ya que en caso de acuíferos de gran extensión, el flujo desde ambos lados es sensiblemente igual. Existe la posibilidad de que el pozo de prueba no llegue hasta la profundidad completa de la capa acuífera, por lo que el valor de la permeabilidad media calculado con las anteriores formulas no es correcto, pues los pozos excavados o cavados a una profundidad parcial varían mucho su contorno superior e inferior del flujo hacia el pozo y sólo da una idea aproximada de la producción probable de la galería de infiltración. (fig. 3.57).

En todo caso la experiencia dice, cuando se trate de longitudes o profundidades considerables, es conveniente construir la galería por tramos, áforando la producción continuamente para así rectificar la longitud proyectada de acuerdo con la producción obtenida.

Cuando no existe la seguridad de conocer la dirección predominante del flujo subterráneo, es muy conveniente perforar o hincar tres o cuatro pozos de observación alrededor

del pozo de prueba, pues así se pueden calcular mas valores para h_2 en la fórmula de permeabilidad. Si dichos valores son iguales, se trata de un acuífero homogéneo de gran extensión, cuyas aguas penetran al pozo de prueba en forma pareja desde todas las direcciones, y para este caso la galería se puede orientar paralela o perpendicular al eje del río, de acuerdo a las condiciones topográficas del terreno. Si los valores de h_2 son diferentes, pueden calcularse tres o cuatro valores de permeabilidad media, y la cara lateral de la galería se orientará de acuerdo a la zona de mayor permeabilidad. (fig. 3.58).

Cuando el subsuelo es poco permeable la galería se ubica por debajo del lecho del río y la producción por metro lineal de galería dependerá del tipo de grava y arena utilizada para la envoltura, de la carga hidrostática existente, de la velocidad de corriente del río y del diámetro del tubo de recolección. En este caso el conjunto trabajará en forma similar a un filtro de gravedad y se calculará como tal.

Medidas Sanitarias Recomendadas en la Captación de Aguas Subterráneas por medio de Galerías Filtrantes.

- 1.- La galería filtrante de abastecimiento se ubicará aguas arriba de cualquier foco de contaminación, como excusados, gallineros, establos, pozos abandonados y depósitos de combustible.
- 2.- Se delimitará un perímetro de protección en el que quedarán restringidas las actividades humanas que puedan provocar contaminación.
- 3.- Se dotará a la obra de un drenaje superficial para prevenir la contaminación con aguas superficiales.

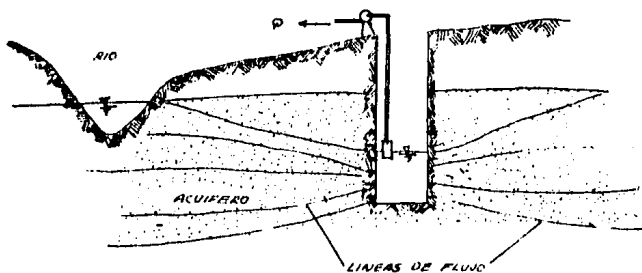


Fig. 3.57 FLUJO SUBTERRANEO EN CASO DE QUE EL POZO NO LLEGUE HASTA EL LIMITE INFERIOR DEL ACUIFERO.

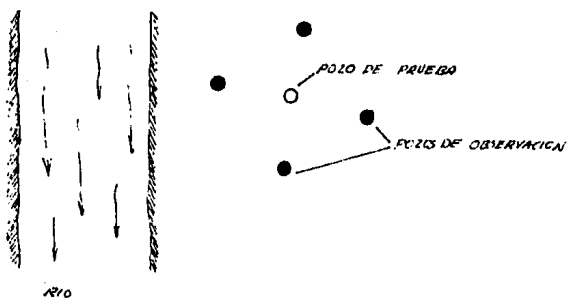


Fig. 3.58 UBICACION DE LOS POZOS DE OBSERVACION EN TERRENO DONDE NO SE CAMBIE LA DIRECCION APROXIMADA DEL FLUJO SUBTERRANEO.

- 4.- Los materiales empleados en la obra de captación estarán exentos de sustancias y materiales contaminantes.
- 5.- Se cercará el terreno en que estén las instalaciones para restringir la entrada sólo al personal encargado de ellas.
- 6.- La estructura y equipo de la obra de captación se desinfectará previamente a el inicio de operaciones.
- 7.- Se dotará a la galería filtrante de un programa de -- mantenimiento, así como los equipos necesarios para llevarlo al cabo.

C A P I T U L O I V

CAPTACION SANITARIA DE AGUAS METEORICAS

4. CAPTACION SANITARIA DE AGUAS METEORICAS

4.1 Elementos de Hidrología.

La Hidrología es la ciencia natural que se encarga del estudio del agua, su ocurrencia, circulación y distribución sobre y debajo de la superficie terrestre. Además aporta información de importancia para resolver los problemas que involucran el aprovechamiento del agua. Debido a la complejidad de los procesos naturales que intervienen en los fenómenos hidrológicos, es difícil examinarlos mediante un razonamiento deductivo riguroso, pues no siempre es aplicable una ley física para determinar el resultado hidrológico esperado. Más bien lo que es razonable hacer es partir de una serie de datos observados, analizarlos estadísticamente y después tratar de establecer la norma que gobierna dichos sucesos. Lo anterior establece la necesidad de llevar sistemáticamente el registro de los diversos componentes que intervienen en los problemas hidrológicos.

En México esta tarea descansa en la SARH, la Comisión Federal de Electricidad y recientemente la SEDUE.

4.1.1 Nociones de Meteorología.

La precipitación es una componente fundamental del ciclo hidrológico y con el fin de mostrar la diversidad de elementos que influyen en ella es necesario tener nociones de meteorología, ya que ésta proporciona los métodos de procesamiento de los datos de precipitación para lograr su utilidad práctica en el diseño de estructuras de captación de aguas meteóricas.

La meteorología es la ciencia que estudia los fenómenos que ocurren en la atmósfera, tales como el viento, la precipitación, la temperatura, etc.

El comportamiento de esos fenómenos en un determinado lugar y por un cierto tiempo se llama clima, del cual se deben estudiar la precipitación y evaporación, la temperatura del aire, la velocidad y dirección del viento, y la humedad atmosférica.

Para medir la temperatura del aire se utiliza el termómetro, el cual debe colocarse en condiciones tales que permitan la libre circulación del aire a su alrededor, y además protegerse de la exposición directa de los rayos solares y de la precipitación. Para uniformar las condiciones de instalación del termómetro se utilizan casetas de madera como la mostrada en la figura 4.1. Dentro de ésta se coloca un termómetro de máxima y mínima, con el cual se hacen lecturas diarias de la temperatura máxima, mínima y ambiente.

El viento, que es el aire en movimiento, es un factor importante en la precipitación y en la evaporación. Para determinar su dirección de acuerdo con los puntos de la rosa de los vientos, se utiliza la veleta. (Fig. 4.2). Esta se sitúa generalmente a cuatro metros sobre el nivel del suelo. Para medir la velocidad del viento se emplea el anemómetro de copas o de hélice, el cual registra el número de revoluciones debidas a la acción del viento.

La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua y se expresa comúnmente en milímetros. Hay básicamente dos aparatos de medición, el pluviómetro y el pluviógrafo. Están basados en la exposición a la intemperie de un recipiente cilíndrico abierto en su parte supe -

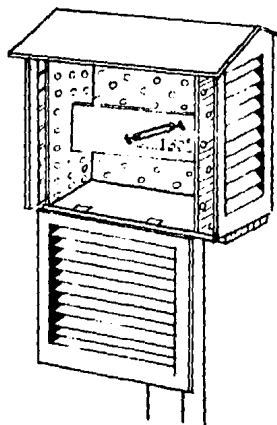


Fig. 41 ABRIGO TERMOMETRICO

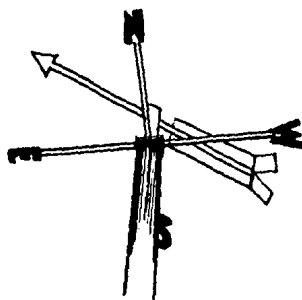


Fig. 42 VELETA

rior, en el cual se recoge el agua producto de la lluvia--
u otro tipo de precipitación, registrando su altura.

En la República Mexicana se dispone de aproximadamente -
dos mil pluviómetros y de trescientos pluviógrafos.(4). -
Estos aparatos están operados principalmente por la SARH,
la Comisión Federal de Electricidad y el Servicio de Meteo-
rología Nacional.

El pluviómetro consiste en un recipiente cilíndrico de lá-
mina de aproximadamente veinte centímetros de diámetro y-
de setenta centímetros de alto. La tapa del cilindro es-
un embudo receptor, el cual se comunica con una probeta -
de sección diez veces menor que la de la tapa. (Fig. 4.3)
Esto permite medir la altura de lluvia en la probeta con-
una aproximación hasta de décimos de milímetro. Para lle-
var a cabo la medición se saca la probeta y se introduce-
una regla graduada, con la cual se toma la lectura, gene-
ralmente se acostumbra hacer una lectura cada veinticu-
tro horas.

El pluviógrafo permite registrar la altura de lluvia con-
tra tiempo, las más comunes son de forma cilíndrica, y el
embudo receptor está ligado a un sistema de flotadores --
que origina el movimiento de una aguja sobre un papel re-
gistrador montado en un sistema de reloj.(Fig. 4.4). El-
pluviógrafo mide la intensidad de precipitación que se --
define como la altura de precipitación entre el tiempo en-
que se originó.

4.1.2 Tipos de Precipitación.

Precipitación es el agua que recibe la superficie terres-
=====

(4) Rolando Springall. Hidrología. 1970. UNAM. Pag. 44.

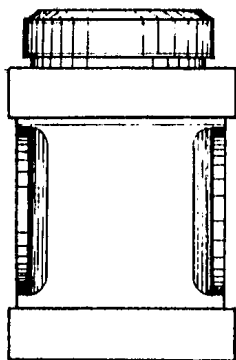


Fig. 4.3 PLUVIOMETRO

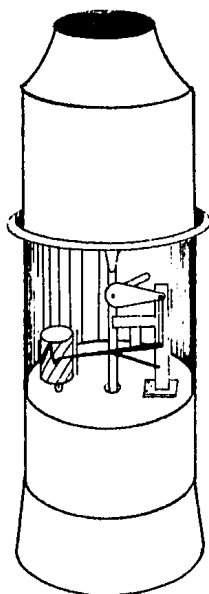


Fig. 4.4 PLUVIOGRAPHO

tre en cualquier estado físico, proveniente de la atmósfera. Para que se origine la precipitación es necesario que una parte de la atmósfera se enfríe hasta que el aire se sature con el vapor de agua, originándose la condensación del vapor atmosférico. El enfriamiento de la atmósfera se logra por la elevación del aire. De acuerdo con la condición que provoca dicha elevación, la precipitación puede ser por convección, orográfica y ciclónica.

La precipitación por convección es común en los trópicos, es originada cuando las masas de aire ligero y caliente se elevan y se encuentran con masas de aire densas y frías, o también por el desigual calentamiento de la superficie terrestre y de la masa de aire. Al elevarse las masas de aire se expanden y se enfrían dinámicamente, originándose la condensación y la precipitación.

La precipitación orográfica se debe al levantamiento del aire provocado por las montañas. No se ha determinado si el efecto de las montañas ejerce sustentación directa o si induce a turbulencias, pero en cualquier caso ocurre un desplazamiento vertical de la masa de aire que al enfriarse se condensa y se precipita. La precipitación ciclónica está asociada al paso de ciclones y está ligada con los planos de contacto (superficies frontales), entre masas de aire de diferentes temperaturas y contenidos de humedad.

En la República Mexicana las tormentas más desfavorables que han ocurrido son ciclónicas, excepto en el noroeste donde generalmente hay precipitaciones en el invierno debido al choque de masas de aire frío continental con masas de aire húmedo.

Debido a la variación tan fuerte que existe en la orografía no se puede hablar de una distribución uniforme de la-

lluvia. Generalmente las máximas precipitaciones se tienen en el sur del país, en la vertiente del Golfo y del -- pacífico,

Las precipitaciones medias y anuales mayores de mil milímetros comprenden las porciones central y sur del país, y -- las cuatro zonas con precipitaciones mayores de tres mil - milímetros son: una, sobre el paralelo 20°N en la zona de Teziutlán y Zacapuaxtla, otra, en la cabecera del río Atoyac en Oaxaca, y las dos restantes en el Estado de Chiapas, (Fig. 4.5). (5).

4.2 Estructuras y equipos de captación.

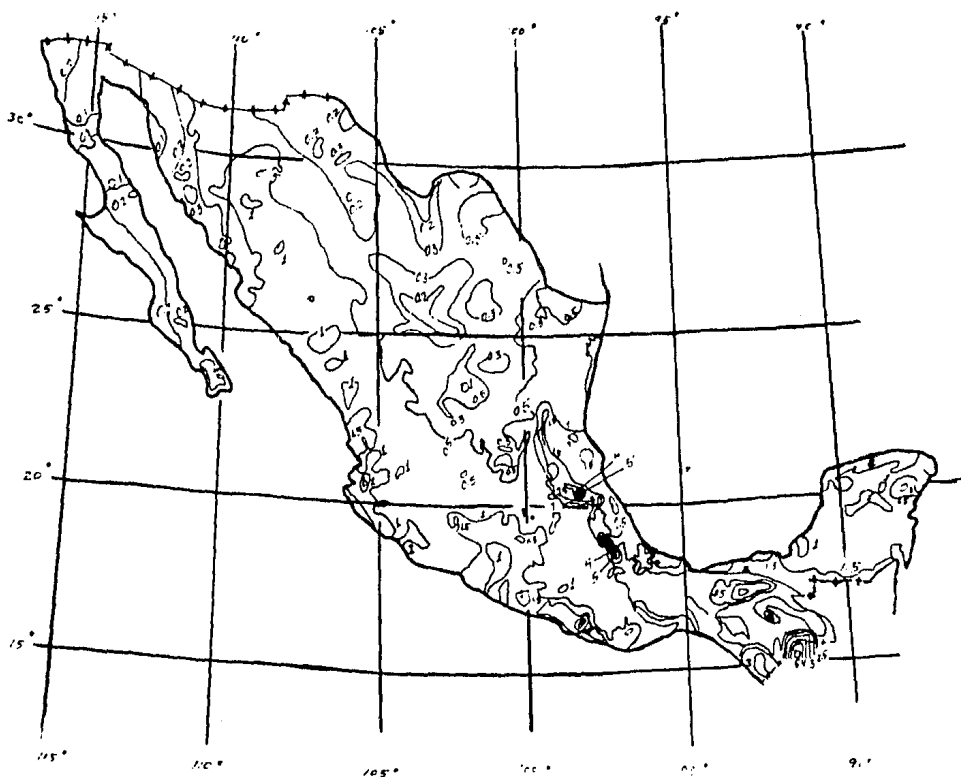
4.2.1, Antecedentes.

La ausencia de información sobre estructuras y métodos de captación es notoria, pues son escasas las publicaciones - de ingeniería sanitaria que se ocupan de las aguas meteóricas como una fuente directa de abastecimiento, ya que sólo se le considera como una componente esencial del ciclo hidrológico. Este hecho ha sido motivado en gran medida por las limitaciones de ésta fuente de abastecimiento para satisfacer la demanda de una población considerable.

Los ingenieros encargados de diseñar y construir estructuras de captación se han visto en la necesidad de acudir a soluciones prácticas, no por eso erróneas, con las que se ha beneficiado principalmente a las zonas rurales, permitiéndoles subsistir y expandir sus actividades.

=====

(5) Rolando Springall, op.cit., Pag. 73 y 74



<i>Isoyeta</i>	<i>Precipitación, en mm</i>
0.1	100
0.2	200
0.3	300
0.5	500
1.0	1000
1.5	1500
2.0	2000
2.5	2500
3.0	3000
4.0	4000
5.0	5000

fig 4.5

Precipitación media anual en México

(datos tomados del plano obtenido por la SRH)

Nota:

Las isoyetas son líneas que unen puntos de igual precipitación

4.2.2 Consideraciones generales en la planeación y construcción de las obras de captación.

Las siguientes consideraciones permiten al ingeniero proyectar las obras de captación con un sentido global del problema que hay que solucionar, que es el de aprovechar las aguas meteóricas en forma eficiente:

1. ¿Existe suficiente precipitación para construir un depósito con un tamaño compatible con el área colectora disponible?.
2. ¿De qué tamaño debe ser el depósito por construir?
3. ¿Cómo y cuáles materiales deben ser empleados en la construcción de los depósitos?
4. ¿Dónde deben localizarse los depósitos?
5. ¿Qué tratamiento debe de tener el agua para mantener su calidad deseada?.

4.2.3 Caída de Agua.

El porcentaje de la precipitación anual junto con el área-colectora disponible (techos, azoteas, etc.), determinan la cantidad de agua que puede ser colectada.

Por ejemplo si se tiene un techo con una área colectora efectiva de 9.30 m^2 , y una precipitación de 2.5 cm., se tendría que el volumen recolectado de agua sería igual a $9.30 \text{ m}^2 \times 0.025 \text{ m} = 0.232 \text{ m}^3$, es decir 240 litros. De esta forma, si existe una precipitación anual de 61 cm., y el área colectora disponible es de 47 m^2 , la cantidad máxima de agua que puede captarse es: $0.61 \text{ m} \times 47 \text{ m}^2$, que es igual a 28.67 m^3 . (fig. 4.6). El área colectora puede ser el techo de cualquier construcción, pero también puede

ser una pequeña cuenca en la que el agua de lluvia escurra hacia algún depósito natural o artificial. Generalmente - se aprovechan las construcciones existentes que mediante - pequeñas modificaciones sirven como áreas colectoras. Sin embargo hay obras de acondicionamiento de pequeñas cuencas, así como la construcción de estructuras complementarias de los techos y azoteas que permiten aumentar la eficiencia - de la captación de las aguas meteóricas. Es decir que el ingeniero diseñador tendrá tantas soluciones como su imaginación se lo permita, ya que en el problema de captación de las aguas meteóricas se imponen las soluciones prácticas que están restringidas solamente por la economía de -- los usuarios.

Las aguas captadas pueden ser almacenadas en tambos, tanques, cisternas y estanques. Los dos últimos son los más adecuados ya que en ellos se puede controlar mejor las condiciones sanitarias deseables, se pueden almacenar considerables volúmenes de agua, y además disponer rápida y fácilmente de ella.

A continuación se describen brevemente éstos depósitos.

4.2.4 Cisternas.

Las cisternas son depósitos subterráneos donde se recoge y conserva el agua de lluvia en este caso, y para construirlas hay que tomar en cuenta las consideraciones generales expuestas en el subíndice 4.2.2.

Para seleccionar el tamaño de la cisterna hay que tomar en cuenta los siguientes puntos :

- 1.- La cantidad de agua que se necesita.
- 2.- El área de captación disponible.
- 3.- La cantidad y distribución de la precipitación a lo --

largo del año.

La estimación de la demanda total a ser suministrada por las cisternas puede tomarse como el punto de partida en el cálculo del tamaño necesario, pues no tiene caso construir una cisterna demasiado grande para una área colectora y una precipitación que no estén adecuadas entre sí.

Si el total de la precipitación anual está bien distribuída a través del año, entonces la capacidad de la cisterna será tal que pueda proveer de cuatro a seis semanas. Pero por otro lado, cuando la precipitación no está distribuída uniformemente, sino que concentrada en determinada estación, dos o tres meses, la cisterna tendrá que ser lo suficientemente grande para almacenar el volumen necesario para las estaciones de sequía.

Si hay varios edificios separados dentro de una propiedad, con techos grandes, es posible construir una cisterna que satisfaga las necesidades de todos, pero si están muy separados y se necesita agua en cada una de las construcciones, entonces lo más acertado es construir una cisterna en cada una de las construcciones, por supuesto con un tamaño proporcionado a sus necesidades. En cuanto a los materiales de construcción el mejor es el concreto armado, sin embargo los ladrillos, bloques y piedras se emplean en los muros de la cisterna recubiertos con un aplanado por dentro, donde existe contacto con el agua. (Fig. 4.7). También hay cisternas de madera, de metal y de materiales plásticos, que de preferencia se usan en lugares con clima frío.

Las cisternas suelen localizarse en el edificio o fuera de él. Si están bajo el suelo mantienen el agua en mejores condiciones y dan protección contra el congelamiento. (Fig. 4.8). Si se construyen como una parte de los cimien-

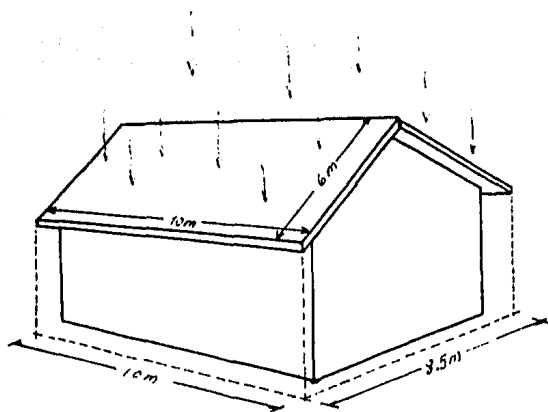


fig 4.6 El área efectiva para la recolección de agua es el área de la proyección en el suelo, en este caso $10 \times 8.5 \text{ m}^2$ y no $10 \times 12 \text{ m}^2$.

116,

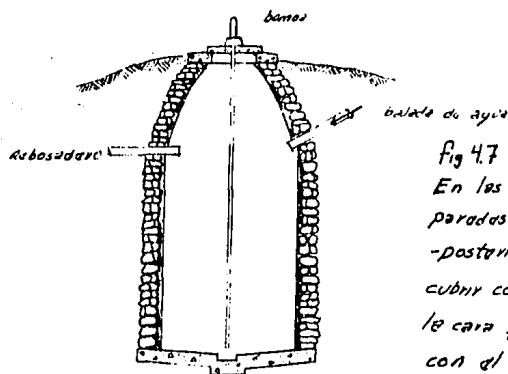


fig 4.7

En las cisternas redondas cuyas paredes son de ladrillo o mampostería es buena práctica cubrir con una capa de cemento la cara que está en contacto con el agua, además de cubrir con chapopote la parte superior externa de la cisterna, para impedir la infiltración de aguas exteriores.

tos del edificio, son más baratas. (Fig. 4.9).

Para que las aguas meteóricas puedan ser consideradas como una fuente de abastecimiento confiable hay que aplicar medidas sanitarias que eviten su contaminación y la preserven con las características deseables para el consumo humano. A continuación se presentan las que se consideran más indispensables para éste fin :

- 1.- Mantener limpios los techos, tejados y azoteas que sirvan para captar a las aguas meteóricas.
- 2.- Tapar el registro de la cisterna para evitar la entrada de polvo y otras sustancias.
- 3.- Darle mantenimiento periódicamente a las instalaciones y equipos,
- 4.- Filtrar y colar el agua previamente al consumo. (Fig.- 4,10),

4.2.5 Estanques.

El estanque es un receptáculo de aguas, construido para el consumo doméstico, para el riego agrícola, para la cría de peces, y para el consumo del ganado principalmente. Para su construcción hay que tomar en cuenta las siguientes consideraciones :

1.- Tamaño del estanque.

Si un estanque debiera ser usado para determinados propósitos, por ejemplo como reserva contra incendios, su tamaño tendrá que ser relativamente pequeño, unos - - - 2,5 mts. de profundidad y localizarse cerca del sitio de demanda. Si se necesitan grandes volúmenes de agua, como para irrigación o proveer agua para varios propósitos, entonces el tamaño tiene que ser mayor y locali

fig 4.8

Este sistema se emplea en la gran casa que, construida de concreto, si se instala una metacuna podrá proveer agua en caso de incendios.

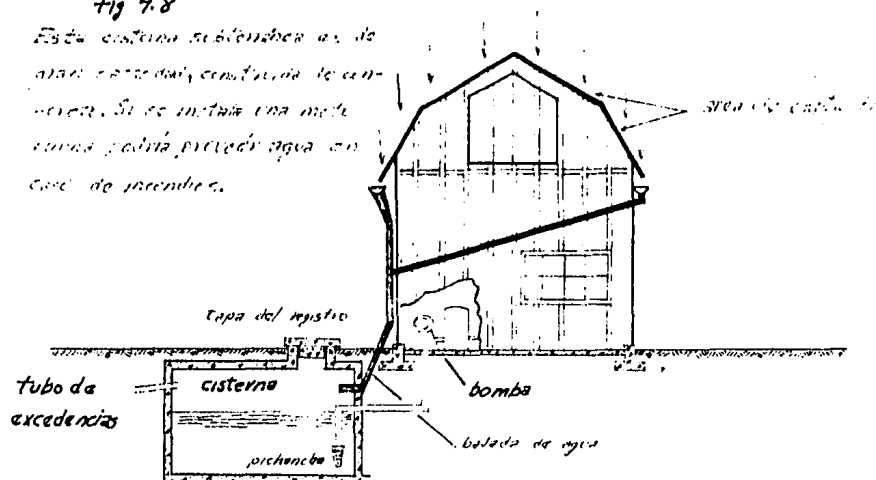
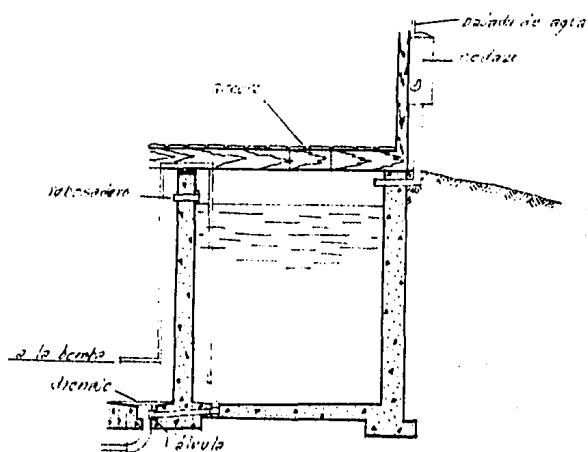


fig 4.9

En este sistema construido en el sistema se han incorporado los paredes de los cuartos. Además está sellado para evitar el paso de agua u humedad. El agua es por una tubería de concreto.



AGUAS METEORICAS

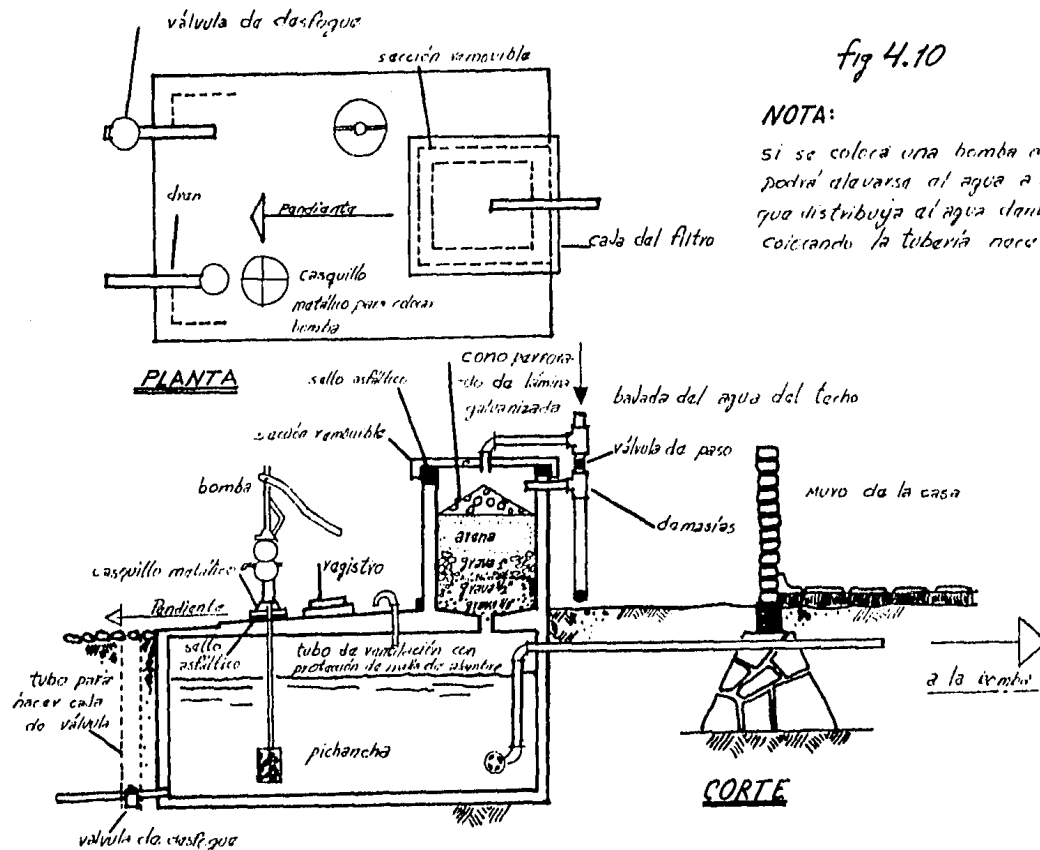


fig 4.10

NOTA:

si se colocara una bomba aspirante podría elevarse el agua a un tinaco que distribuya el agua dentro de la casa, colocando la tubería necesaria.

zarse en función de las diferentes necesidades que hay que satisfacer. Para asegurar buenos resultados, la profundidad que deberá tener el estanque será de 2.5 - mts., y el área de captación tendrá que ser varias veces mayor a la superficie del estanque, dependiendo de la cantidad y distribución de la precipitación.

Tomando en cuenta las pérdidas por evaporación, por filtración y otros factores, el estanque deberá de tener una capacidad aproximada del doble de la demanda - estimada.

2.- Localización del estanque.

Para seleccionar una localización adecuada hay que tomar en cuenta que la naturaleza del suelo sea tal que permita retener el agua. Los sondeos y pruebas deberán de hacerse en puntos propuestos y seleccionados aleatoriamente, para determinar la naturaleza del suelo. Las arcillas y barros sedimentados son mejores que los suelos arenosos, éstos casi no sirven. Los suelos porosos no se pueden usar a menos que se estabilicen con dos o tres capas de 30 cms. de espesor de arcilla, o bien forrando el vaso con materiales plásticos. Para poder llenar el estanque con las aguas meteóricas, deberá de estar localizado en el interior de una cuenca, o tomar el agua de una cañada con un río que pueda ser desviado rumbo al estanque.

Estas dos localizaciones son las ideales y frecuentemente pueden llevarse a cabo a un bajo costo. Una última recomendación consiste en que los estanques sean localizados tan cerca de los edificios como las condiciones existentes en el terreno lo permitan.

En cuanto a las condiciones sanitarias de los estanques, -

hay que aplicar una serie de medidas como las que se presentan a continuación, para evitar la contaminación de las aguas :

- 1.- Evitar que las aguas negras y de retorno agrícola se mezclen con las aguas meteóricas, mediante la instalación de drenajes pluviales y de aguas negras por separado.
- 2.- Prohibir en un determinado perímetro las actividades agrícolas, ganaderas e industriales, que puedan modificar las condiciones naturales de la cuenca del estanque.
- 3.- Antes de que el vaso del estanque se llene hay que limpiarlo de vegetación y de basura.
- 4.- Mantener el área de recolección libre de encharcamientos, de acumulación de basura y de sustancias contaminantes.
- 5.- Darle un mantenimiento periódico a la cuenca, al estanque y a los equipos.
- 6.- Si en el estanque se practica la piscicultura hay que cercar el área inmediata a la obra de toma para evitar que los peces invadan la zona de los equipos.
- 7.- Filtrar y colar el agua previamente al consumo.

C A P I T U L O V

LEGISLACION REFERENTE AL CONTROL

DE CONTAMINACION DEL AGUA

5. LEGISLACION REFERENTE AL CONTROL DE CONTAMINACION DEL AGUA.

5.1 Antecedentes

Contaminar es destruir, es hacer que un elemento sea alterado en sus condiciones naturales para no poder ser utilizado, por lo tanto contaminar el agua es modificar su estructura física, química y bacteriológica a un grado tal que no pueda ser utilizada para los fines a los que está destinada. En los anteriores capítulos se habló del papel que representa el ciclo hidrológico para la flora y la fauna, ahora en este capítulo se describen las acciones que se han desarrollado y se deben de aplicar para no modificar un ciclo natural tan importante como lo es el hidrológico, que sin embargo se ha visto alterado, provocando la degradación de los sistemas ecológicos.

El agua es un regalo que la naturaleza ha dado a todos los seres vivos y sin ella no es posible la vida. Permaneció inmune por millones de años hasta que apareció el hombre y su civilización. Las fuerzas purificadoras naturales -- habían bastado para mantener la calidad de agua que se contaminaba accidentalmente, sin embargo el avance de la civilización generó masas de contaminantes urbanos, agrícolas e industriales, que entorpecieron el funcionamiento de los mecanismos naturales de depuración, y como consecuencia la contaminación se hizo permanente. Las grandes ciudades y los centros urbano-industriales son dos de las principales fuentes de contaminación de las aguas, en estas zonas hay una gran demanda de agua debido a la gran concentración de personas y a las actividades industriales, que después de utilizarla es evacuada, dandosele el nombre de aguas resi-

duales, que se mezclan con corrientes de aguas superficiales y aguas subterráneas, llegando finalmente a los mares y océanos. Otra fuente de contaminación son los desechos líquidos generados en los riegos agrícolas, llamados aguas de retorno agrícola.

Por lo anteriormente citado se considera de primordial importancia el hablar de las políticas y lineamientos seguidos por el hombre para prevenir la contaminación de ese recurso, pues de que vale tener obras y estructuras de captación que cumplan con holgura los requisitos sanitarios, si las aguas que van a emplearse ya están contaminadas.

El hombre no pensó en disponer adecuadamente los desperdicios y residuos que generaba hasta que cambió bruscamente la magnitud de la degradación y con ello provocó la inutilización de las aguas, en ese momento fué cuando tomó conciencia que estaba ocasionando un problema que amenazaba su supervivencia y su progreso.

Por ello en la actualidad los gobiernos de todos los países han considerado que la contaminación de las aguas es un problema que se le tiene que dar prioridad, pues de lo contrario limitará significativamente el uso y aprovechamiento del recurso, el desarrollo socioeconómico y el habitat del ser humano y de todo ser viviente.

5.2 Políticas adoptadas en México.

En México al igual que en otros países en vías de desarrollo la contaminación del agua presenta un panorama típico el cual se caracteriza por el desmedido incremento de los volúmenes de contaminantes vertidos a los cuerpos de agua debido al proceso de crecimiento demográfico, a la industrialización y al incipiente control de residuos, todo es-

to ocasionado por los limitados recursos económicos y técnicos disponibles.

5.2.1 Introducción.

Como respuesta al incesante crecimiento de la contaminación del medio ambiente, el gobierno federal publicó en -- Marzo de 1971, la Ley Federal de Protección al Ambiente, -- y dos años más tarde el reglamento para la Prevención y -- Control de la Contaminación del Agua, el cual ordena que -- para poder descargar aguas residuales a algún cuerpo receptor se deben fijar condiciones particulares de acuerdo con la capacidad de asimilación y dilución de la corriente. La publicación de ésta ley y sus reglamentos conformaron el -- primer intento serio del gobierno federal para atender la -- problemática ambiental en México.

La entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos, efectuó en 1973 el estudio denominado; Estudio y Evaluación mediante indicadores del grado de contaminación del agua en las --- cuencas del país, con el objeto de determinar el orden de importancia de cada cuenca hidrológica con respecto a su -- nivel de contaminación; en base a indicadores físicos, sociales, económicos y de contaminación. Este estudio fué -- completado por otro similar que se llevó a cabo en 1982 por la SARH.

5.2.2 Estrategias actuales.

Los estudios anteriormente citados ahora son aprovechados por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, cum -- pliendo con las atribuciones que le fueron conferidas al -- tomarse la decisión de integrar en un sólo órgano rector -- los aspectos relativos al medio ambiente.

De los estudios mencionados se obtuvo el marco de referencia del problema de la contaminación que sufre México actualmente. Al tratar de solucionar el problema se plantearon y aplicaron estrategias en los aspectos legales, técnicos y financieros, más acordes con la realidad del país.

Desde el punto de vista legal, se tiene contemplada una estrategia basada en tres premisas básicas que son : PREVENCIÓN, CONTROL, Y REUSO DEL AGUA.

Se estima que el sesenta por ciento de las descargas que existirán en el año dos mil serán las que se generen a partir de la actualidad, por ello con el deseo de prevenir la futura contaminación se contempla en la nueva legislación la prohibición del funcionamiento de las instalaciones nuevas o viejas sino cuentan con un sistema de tratamiento adecuado para prevenir que los desechos causen problemas de contaminación a los cuerpos receptores.

En un país como México, en el que se tiene problemas hidráulicos importantes, derivados de la desigual distribución de la población y de los recursos hidráulicos, es necesaria una reglamentación adecuada para promover el reuso del agua y por ello el nuevo reglamento contempla la obligatoriedad del reuso donde son técnicamente factible.

Con esta tendencia se podrá hacer un uso más eficiente de las aguas y evitar grandes inversiones en obras para dotar un mayor volumen de agua a las poblaciones del país.

5.3 Legislación y Normas en Materia de Aguas.

Una política ambiental adecuada exige disponer de una serie de instrumentos que permitan llevar a cabo lo formulado en la misma, éstos instrumentos son los jurídicos, los administrativos, los económicos, los técnicos y los sociales.

A continuación se describirá el papel de cada uno de ellos en la política ambiental.

Los Instrumentos Jurídicos están constituidos por el cuerpo legal que regula el agua en forma integral, como recurso básico para abastecimiento de agua potable y otros usos y su contaminación.

Los Instrumentos Administrativos revisten capital importancia a través de las concesiones de agua y la autorización de vertidos; la regulación directa de los afluentes; la de terminación de los criterios de calidad de los diferentes causes, etc.

Los Instrumentos Económicos son de gran importancia, pues de ellos depende la eficacia, la prontitud y la adecuada elección de las medidas correctivas que tienen el creciente deterioro de las aguas continentales y marítimas.

En cuanto a los Instrumentos Técnicos, éstos aportan las muchas posibilidades que ofrece la tecnología para eliminar o reducir la contaminación de las aguas.

Finalmente, los Instrumentos Sociológicos son cada vez más importantes, ya que mediante la mentalización de la sociedad es posible disminuir la magnitud del problema de la -- contaminación.

A continuación se hará un breve resumen de cada uno de los ordenamientos que contemplan a la contaminación de las - - aguas.

5.3.1 Reglamento Federal sobre Obras de Provisión de Agua Potable.

Este ordenamiento reglamenta disposiciones de la Ley Federal de Aguas, expedida en 1972 y que está en vigor actualmente, contiene disposiciones que buscan garantizar la potabilidad del agua que se distribuye entre las poblaciones del país. Para lograr tales garantías es necesario aplicar las siguientes acciones que están contenidas en el mismo reglamento.

A) La supervisión de los proyectos de las obras de abastecimiento de agua potable.

En los artículos 4° y 5° respectivamente, se diferencian las obligaciones de la SARH en la supervisión de las condiciones de la construcción y su funcionamiento hidráulico y las obligaciones de la SSA en la supervisión de las condiciones sanitarias.

B) El establecimiento de criterios sobre la calidad del agua potable.

En el artículo 7° de este reglamento se fijan los parámetros y condiciones que definen la calidad necesaria para considerar potable el agua, es decir, se determinan las características físicas, químicas y bacteriológicas que debe de tener el agua para ser considerada como potable.

C) Supervisión de la calidad del agua en la fuente de abastecimiento y de las obras de distribución.

En los artículos 12° y 13° se habla de la supervisión que ejerce la SSA para garantizar la potabilidad de las fuentes de abastecimiento, esta acción previene los posibles cambios de calidad del agua en el transcurso del tiempo.

D) Disposiciones para proteger la fuente de abastecimiento.

Esta acción es muy importante, ya que la protección que se brinde al lugar donde el recurso es captado, dependerá en gran medida la potabilidad del agua. Por ejemplo, en este reglamento se demanda la existencia de una zona de protección alrededor de la fuente de abastecimiento, se especifican las actividades que deben de quedar excluidas de esa zona para evitar la modificación de sus condiciones naturales.

5.3.2 Ley Federal de Protección al Ambiente.

Este ordenamiento viene a reemplazar a la Ley para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, que venía funcionando desde 1971.

Los objetivos de esta ley son los de proteger, mejorar, conservar y restaurar al medio ambiente, así como la prevención y control de la contaminación que lo afecte.

Esta ley ampara al conjunto de disposiciones más generales sobre la protección contra la contaminación en la atmósfera, las aguas, el medio marino y los suelos. También incluye disposiciones de protección al medio ambiente contra efectos de energía térmica, ruido, vibraciones y radiaciones ionizantes.

Para cumplir con los objetivos de esta ley, es necesario ejecutar acciones preventivas, reguladoras y de control que prohiban la emisión de contaminantes con el fin de mejorar, conservar y restaurar el medio ambiente, evitando alteraciones negativas en los sistemas ecológicos e inclusive al mismo hombre. En esta ley se establece la competen-

cia de dependencias del Ejecutivo Federal para estudiar, - planificar, evaluar y calificar los proyectos y trabajos - sobre el desarrollo urbano, parques nacionales, puertos -- pesqueros, áreas industriales, áreas de trabajo y zonificación en general.

En la Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental, no se contemplaba la obligación de realizar los estudios para determinar la alteración al medio am ambiente que produce una obra; estos estudios arrojan resultados que influyen en el proyecto para aminorar el impacto ambiental, y de esos resultados dependerá la aprobación -- del proyecto. El capítulo tercero de esta ley, lleva como título "De la Protección de las Aguas", y uno de los artículos más importantes expone la obligatoriedad de un tratamiento previo a la descarga de las aguas residuales en las redes colectoras, en los ríos, en los cauces y corrientes de agua, o al infiltrar en terrenos aguas residuales que - contengan contaminantes, desechos, materia radioactiva y - cualquier otra sustancia dañina a la salud de las personas, a la flora, a la fauna o a los bienes.

También es importante remarcar las disposiciones que obligan a el aprovechamiento de las aguas residuales cuando és te sea factible.

Otras importantes disposiciones de esta ley son las que fi jan las condiciones para que una descarga pueda verter sus aguas, ya que previenen las siguientes situaciones:

- I. Contaminación de los cuerpos receptores.
- II. Interferencias en los procesos de depuración de las aguas.
- III. Trastornos o alteraciones en los correctos aproveer

chamientos, o en el adecuado funcionamiento de los sistemas hidráulicos y depósitos de propiedad nacional.

5.3.3 Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas.

El objetivo de este reglamento, es hacer aplicable la nueva Ley Federal de Protección al Ambiente, en lo que se refiere a la prevención y control de la contaminación de las aguas, la SSA y la SARH son las dependencias federales encargadas de vigilar su cumplimiento. Uno de los puntos -- más importantes tratados en este ordenamiento es el contenido en el capítulo II, artículo 6°, en el que se señala -- que para preservar y restaurar la calidad de los cuerpos -- receptores se deberán aplicar los siguientes procedimientos:

- I. El tratamiento de las aguas residuales para el control de sólidos sedimentables, grasas y aceites, materia flotante, temperatura y PH.
- II. Determinación y cumplimiento de las condiciones particulares de las descargas de aguas residuales, mediante el tratamiento de éstas, en su caso, de acuerdo con el resultado de los estudios realizados por la autoridad competente en los cuerpos receptores, su capacidad de asimilación, sus características de dilución y otros factores.

Otro de los puntos sobresalientes de este reglamento, es el del registro de las descargas de aguas residuales con excepción de las provenientes de usos puramente domésticos. El objeto de este registro es contribuir en los estudios --

para determinar la calidad de los cuerpos receptores, así como la programación a corto, mediano y largo plazo de las acciones para prevenir, controlar y abatir la contaminación de las aguas.

En cuanto a las condiciones particulares de descarga, es interesante señalar que el reglamento preve las posibles modificaciones originadas por los cambios en las condiciones demográficas y ecológicas, en cuyo caso se ajustarán a la situación real del medio.

En cuanto a medidas de orientación y educación, el reglamento señala la elaboración de campañas y otras actividades tendientes a concientizar a la sociedad sobre el problema de la contaminación, y de los medios para prevenirla, controlarla y abatirla. Estas campañas se realizarán en los medios de difusión más importantes como lo son los periódicos, las revistas, el radio, la televisión, el cine y demás medios de difusión.

5.3.4 Ley Federal de Aguas.

La actual Ley Federal de Aguas, es el resultado de la revisión y agrupación de anteriores ordenamientos relacionados con la explotación, la distribución y la protección de los recursos hidráulicos, concretamente de la Ley de Aguas de Propiedad Nacional, la Ley de los Distritos de Riego, la Ley Federal de Ingeniería Sanitaria, la Ley Reglamentaria del Párrafo V del Artículo 27 Constitucional en Materia de Aguas del Subsuelo, y otras más, con el fin de constituir un solo Instrumento Jurídico.

Su objetivo es regular la explotación, el uso y aprovechamiento de las aguas propiedad de la nación, incluidas - -

aquellas del subsuelo que son libremente alumbradas mediante obras artificiales para que se reglamente su extracción, su utilización y veda.

Esta ley contempla a las obras destinadas al uso y manejo del agua y a las actividades generadas en su construcción, operación y mantenimiento, también abarca algunos casos de contaminación provocados al operar dichas obras.

En la aplicación de esta ley la SARH juega un papel preponderante, ya que se encarga del cumplimiento de los puntos más importantes, como se verá a continuación.

La SARH está encargada de supervisar que los proyectos, la construcción y la operación de las obras destinadas al uso, explotación y aprovechamiento del agua, cumplan con la ley sobre el control y la prevención de la contaminación.

También se encarga de regular, controlar, explotar y aprovechar a las aguas propiedad de la nación. Otra de las tareas de la SARH es la de formular y actualizar un inventario de los recursos hidráulicos del país y otorgar las asignaciones, concesiones o permisos para el aprovechamiento de las aguas.

5.3.5 Comentarios Generales sobre la Legislación en Materia de Aguas.

Las leyes y reglamentos incluidos en este capítulo son los ordenamientos más importantes que en materia de aguas existen en México.

En ellos se concentran las disposiciones que rigen actualmente a este recurso, y debido a la gran importancia que -

ha cobrado el problema de la contaminación de las aguas en nuestro país, es necesario que los ordenamientos sean eficaces. Para lograr ésto, es necesario que los Instrumentos Jurídicos, Administrativos, Económicos, Técnicos y Sociales, que son los que respaldan a una política ambiental, sean revisados constantemente, ya que en la medida en que éstos sean ajustados se logrará un avance en la lucha contra la contaminación de los recursos hidráulicos.

Cabe destacar la gran importancia y el impulso que se le ha dado a la divulgación y concientización del problema de la contaminación de las aguas, a través de campañas publicitarias y elaboración de planes de estudio que permiten llegar a un gran número de personas, es muy importante que esta acción se señale con carácter de obligatoria en las leyes y reglamentos, ya que va dirigida a solucionar una de las partes más importantes del problema, que es la falta de educación al respecto.

En cuanto a las normas de proyecto que rigen a todas las fuentes de captación de aguas, se puede asegurar que tienen la tendencia de procurar un mayor apego a las necesidades y características reales de las localidades urbanas y rurales de México. Es por eso, que la Dirección General de Agua Potable y Alcantarillado de la SRH, actualmente -- SARH, se haya avocado a la revisión y actualización de las normas de proyecto. Esto ha dado como resultado que hoy en día cuando se elaboran proyectos de captación de aguas se busque que las necesidades técnicas queden dentro de la economía, no solo en la construcción de las obras, sino también para su operación y conservación, siendo esta tendencia congruente con la situación que prevalece en el país, en la actualidad.

Por último, cabe mencionar que muchas de las leyes, reglamentos y normas que rigen al país en materia de aguas, fueron expedidas hace más de una década, y éso en la actualidad es mucho tiempo para no hacer un análisis de la problemática actual y sus soluciones.

A partir de 1982, surgió la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, que ha venido a hacerse cargo de tareas que antes realizaban la SARH y la SSA, más aún, no se ha publicado ningún documento del que se tenga noticia en el que - se expliquen los campos de acción de esas dependencias, y las leyes, reglamentos y normas no han sido actualizados a la fecha.

C A P I T U L O VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.

Una vez que se han analizado los anteriores capítulos se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- 1.- La información sobre obras de ingeniería sanitaria -- proviene de publicaciones extranjeras en su mayoría.
- 2.- En las publicaciones de ingeniería sanitaria, hay un grupo de tópicos del que se han escrito en forma extensa, pero hay temas de interés práctico de los que hay una notable ausencia de información.
- 3.- Cuando se realizan obras para la captación de aguas -- se altera el régimen de los ríos cuando se almacena -- el caudal en presas y al bombear el agua de los depósitos subterráneos, esto puede modificar la flora y -- la fauna de la región.
- 4.- La construcción de una obra hidráulica puede modificar el uso del suelo, como es el caso de las presas de almacenamiento, que al llenarse inundan terrenos que eran empleados para la agricultura, la ganadería y otras actividades.
- 5.- Las obras de ingeniería sanitaria destinadas a la captación de agua, deben de ser planeadas y diseñadas -- de la mejor manera, ya que en caso contrario, pueden provocar cambios en el clima y en el régimen hidrológico de la región.
- 6.- Uno de los objetivos del ingeniero, al planear y diseñar obras de captación de aguas, es el de modificar

lo menos posible la calidad del medio ambiente y de las aguas.

- 7.- Se puede modificar la calidad de las corrientes y depósitos superficiales, si no hay una planeación adecuada sobre el crecimiento y la diversificación de las actividades agrícolas, ganaderas, industriales y de otra índole.
- 8.- Si se excede en la extracción de las aguas subterráneas se pueden modificar las características superficiales y subterráneas del terreno, e incluso provocar la contaminación de los depósitos bajo tierra.
- 9.- El problema de la contaminación de las aguas se debe en gran medida al desinterés por el destino final de los desechos líquidos y sólidos durante una gran parte del presente siglo.
- 10.- Al leer las anteriores conclusiones se hace evidente la necesidad de que el ingeniero civil participe activamente en los campos de la investigación y de la educación. En el primero se buscará encontrar mejores soluciones a los problemas que se le presente, - y en la educación podrá esclarecer y poner al alcance de los estudiantes información necesaria para que se tome conciencia de la importancia de la contaminación y sus posibles consecuencias.
- 11.- En México hay casos de contaminación, incluso graves, pero están situados en zonas plenamente identificadas.
- 12.- La escases de recursos técnicos, sociales, políticos,

educativos y económicos del país, impiden que el ing
niero pueda seleccionar mejores alternativas.

13.- Los ordenamientos legales que rigen actualmente en Méx
ico al agua en todos sus aspectos, son:

a) Ley de vías generales de comunicación. (19 de fe-
brero de 1940).

b) Reglamento Federal sobre obras de provisión de - -
agua potable. (2 de julio de 1953).

c) Ley Forestal (16 de enero de 1960).

d) Ley Federal para prevenir y controlar la contamina
ción ambiental. (23 de marzo de 1971).

e) Ley Federal de Aguas. (enero de 1972).

f) Código Sanitario de los EUM. (13 de marzo de 1973)

g) Reglamento para la Prevención y Control de la Con-
taminación de Aguas. (29 de marzo de 1973).

h) Ley General de Asentamientos Humanos. (26 de mayo
de 1976).

i) Reglamento para prevenir y controlar la contamina
ción del mar por vertimiento de desechos y otras mate
rias. (23 de enero de 1979).

14.- Las leyes y reglamentos que rigen el agua son profusos.

15.- Hay ordenamientos que no han sido revisados y que tie
nen que ser actualizados, por no estar acordes con --
las innovaciones tecnológicas y técnicas.

- 16.- Es necesario establecer una política ambiental que esté por encima de los intereses de los distintos sexenios.
- 17.- En las leyes y ordenamientos vigentes no queda clara la repartición de funciones entre las diferentes dependencias y organismos gubernamentales, dando la impresión de duplicidad de funciones.
- 18.- La recién creada Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología no ha sido incluida en los ordenamientos vigentes, lo que provoca confusión.

5.2 Recomendaciones.

Después de analizar el contenido de las publicaciones -- consultadas, se presentan a continuación una serie de recomendaciones generales que pretenden mejorar los proyectos y las obras de ingeniería sanitaria.

- 1.- Que las escuelas y universidades incluyan dentro de sus planes de estudio información sobre la contaminación de las aguas, para que el grueso de la población tenga conocimiento del problema y de sus consecuencias.
- 2.- Que se le dé mayor difusión a tópicos de ingeniería sanitaria, con un carácter más práctico, como en el caso de las obras de aprovisionamiento para zonas rurales.
- 3.- Que en los centros de estudio donde se forman ingenieros civiles, se promueva a la ingeniería sanitaria --

para motivar el interés de los estudiantes hacia esa rama.

- 4.- Debido a las constantes innovaciones científicas, técnicas y tecnológicas, el ingeniero debe preocuparse en actualizar sus conocimientos.
- 5.- Que el ingeniero civil se apoye en profesionistas de otros ramos para que ellos profundicen en el problema por resolver, y le proporcionen información mas veráz de las situaciones que tiene que sortear, para que -- las obras planeadas, construidas y operadas por él, -- cumplan con su objetivo en forma más eficaz.
- 6.- Que el Poder Legislativo representado por diputados y senadores dedique mayor atención a los ordenamientos vigentes, vigilando que los criterios establecidos en ellos, estén acordes con las condiciones que prevalecen en el país, y con las innovaciones en el campo de la técnica y de la tecnología.
- 7.- Que las Secretarías y demás organismos gubernamentales relacionados con la planeación, construcción, mantenimiento y operación de obras de ingeniería sanitaria, en especial las de captación de agua, ejerzan -- sus funciones con un criterio más preventivo que normativo.
- 8.- Que los legisladores esclarezcan el campo de acción -- de las diferentes Secretarías de Estado que tienen -- que ver con el agua en todos sus aspectos, y evitar -- la duplicidad de funciones.

B I B L I O G R A F I A

B I B L I O G R A F I A

GIBSON Y SINGER.- Manual de los Pozos Pequeños. 1984. México Limusa.

SPRINGALL G. R.- Hidrología. 1970. México. Instituto de -
Ingeniería, UNAM.

MURGUIA B.C.- Contaminación de Aguas. 1981. Facultad de
Ingeniería. UNAM.

MURGUIA B.C.- Ingeniería Sanitaria. 1974. Editado por el
autor. México.

TORRES H.F.- Obras Hidráulicas. 1974. México. Facultad -
de Ingeniería. UNAM. (apuntes de la materia de obras hi- -
dráulicas).

Normas de Proyecto para Obras de Aprovisionamiento de Agua
Potable en Localidades Urbanas de la República Mexicana.-
1980. SRH. México.

LINSLEY R.K. y FRANZINI J.B.- Ingeniería de los Recursos -
Hidráulicos. México. CECSA.

FAIR M.G., GEYER CH.J. y OKUN A.D.- Abastecimientos de - -
Aguas y Remoción de Aguas Residuales. Vol. 1 y 2.

SALVAT EDITORES. La Contaminación. 1973. España. Biblioteca
Salvat de los Grandes Temas.

SALVAT EDITORES.- La Ecología. 1973. España. Biblioteca -
Salvat de los Grande Temas,

American Water Works Association. Agua, su Calidad y - -
Tratamiento. 1968. México. UTHEA

FORREST B.W.- Rural Water Supply and Sanitation. 1956. - -
Wiley and Sons.

BABBITT and DOLAND.- Water Supply Engineering. 1955. Mc
Graw Hill.

STEEL W.E.- Water Supply and Sewerage. 1953. Mc Graw --
Hill.

PIMIENTA JEAN.- La Captación de Aguas Subterráneas. 1973.
Barcelona. ETA.

LOPEZ CHAIRES JESUS.- Operación y Mantenimiento de Pozos -
para Abastecimientos de Agua. Facultad de Ingeniería, UANL

NYERGES NICOLAS.- Manual de Abastecimientos de Aguas en --
cursos Superficiales. 1954. Departamento de Sanidad de -
Colombia, Bogotá.

LEGISLACION:

- a) Reglamento Federal sobre Obras de Provisión de Agua Po-
table. D.O. 2 de julio de 1953.
- b) Ley Federal de Protección al Ambiente.
- c) Reglamento para la Prevención y Control de la Contamina-
ción de Aguas. D.P. 29 de marzo de 1973.

- d) Ley Federal de Aguas. D.O. 11 de enero de 1972.
- e) Ley de Vías Generales de Comunicación. 19 de febrero -
de 1940.
- f) Ley Forestal. 16 de enero de 1960.
- g) Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación
Ambiental. D.O. 23 de marzo de 1971.
- h) Ley General de Asentamientos Humanos. D.O. 26 de mayo -
de 1976.