

2753

FACULTAD DE INGENIERIA

U. N. A. M.

DESCUENTO

Abastecimiento de Agua
en
"Prados de Villahermosa", Tabasco

TESIS

Que para obtener el título de:

INGENIERO CIVIL

Presenta:

CARLOS LARA MORENO





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

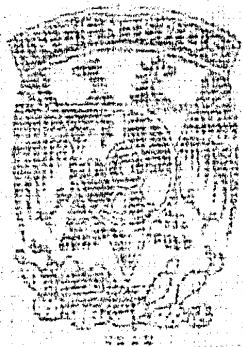
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta 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.



Abastecimiento de Agua
en
"Prados de Villahermosa", Tabasco

TESIS PROFESIONAL

CARLOS LARA MORENO

MEXICO, D. F.

1963

78459

A mis padres

75459

~~77656~~

Al Sr. Ing.
Anastasio Guzmán M.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
Dirección
Núm. 73-
Exp. Núm. 73/214.2/1.-

Al Pasante señor Carlos LARA MORENO
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el señor profesor Ingeniero Anastasio Guzmán M., para que lo desarrolle como tesis en su examen profesional de Ingeniero CIVIL.

ABASTECIMIENTO DE AGUA EN PRADOS DE VILLAHERMOSA
TABASCO.

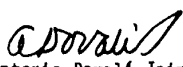
"Hágase una descripción detallada de lo que constituye la obra de Distribución de un sistema de suministro de agua a una población; y como aplicación fórmulase el proyecto de Abastecimiento de Agua Potable al Fraccionamiento denominado PRADOS DE VILLAHERMOSA, al noroeste de la ciudad de Villahermosa, capital del Estado de Tabasco.

Comprenderá el proyecto, presupuestos, programas de construcción y financiamiento."

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar examen profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Muy atentamente,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F. lo. de Abril de 1963.
EL DIRECTOR


Ing. Antonio Dovalí Jaime


ADJ'MMO'eag

SUMARIO

PRIMERA PARTE

Capítulo I "ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE"

Su importancia. Sus partes constitutivas: captación conducción, almacenamiento, distribución. Análisis y Normas. Potabilización. Bombeo.

Capítulo II "OBRAS DE DISTRIBUCION"

Definición. Líneas primarias y secundarias. Tipos de red. Emparrillado. Tipos de sistemas (influencia de la topografía). Capacidad. Presión. Flujo. Velocidad. Componentes estructurales (tuberías, piezas especiales, válvulas, atraques, hidrantes, etc.) Diseño del sistema. Métodos de análisis. Pruebas del sistema. Tanque de regulación.

SEGUNDA PARTE

Capítulo I "CONSIDERACIONES GENERALES"

Estado de Tabasco. Situación. Orografía. División política. Clima. Ciudad de Villahermosa. Localización. Fundación. - Evolución. Aspecto. Vías de comunicación. Actividades económicas. Enfermedades. Número de habitantes. Servicios. Fracc. "Prados de Villahermosa". -

Capítulo II "ESTUDIOS"

Proyecto. Período económico, factores que influyen. Dotación, factores que influyen en su determinación. Población futura, métodos para calcularla.

Capítulo III "PROYECTO"

Descripción del Sistema de Abastecimiento existente en la ciudad. Formulación de datos. Cálculo de la red de distribución. Presupuesto. Especificaciones de construcción. Financiamiento.

PRIMERA PARTE

I

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

Importancia.

Es conveniente recordar, que los primeros signos de vida humana en el mundo, indican que los más antiguos seres humanos vivieron en estrecha proximidad a las corrientes y a otras aguas.- En aquella época, el hombre, no teniendo la forma o ni siquiera la idea de cómo proporcionarse el agua en donde él la quisiera, tenía como único recurso ir hacia donde ella estaba. Así los primeros conglomerados humanos tuvieron que formarse alrededor o a lo largo de fuentes visibles de aguas naturales.

Esto no es sino consecuencia natural, de la importancia que desde los primeros tiempos ha representado el vital elemento para el desarrollo de los pueblos; ya que una de las necesidades más imperiosas del hombre es la de disponer de agua pues, individualmente, solo pocos días podría privarse de ella, y colectivamente, sus ciudades serían devastadas por las llamas, pestes y enfermedades, haciéndolas inhabitables en el caso hipotético de que los servicios públicos de abastecimiento de agua cesaran en forma repentina.

Los primeros intentos del hombre por conducir el agua hacia los lugares en los que la necesitaba, fueron empleando estructuras primitivas formadas a base de carrizos, troncos de árbol ahuecados a mano, etc., mismas que fueron evolucionando hasta convertirse en instalaciones de considerable magnitud y complejidad, cuyos restos permanecen como monumentos que aún desafiantes miden los progresos de la Ingeniería actual. Como ejemplo notable de estas grandes estructuras de la antigüedad están los acueductos de -

Roma y sus dependencias coloniales. Siendo el agua, un elemento - vital para el desarrollo de la vida del hombre, la Ingeniería ha - tratado de resolver el problema mediante la construcción de obras - apropiadas, que permitan aprovecharla en forma satisfactoria para - cubrir nuestras necesidades, de la manera más eficiente y económi - ca posible. Como es de suponerse el abastecimiento de agua se com - plica a medida que los pueblos evolucionan y las masas humanas cre - cen.

Definición. Un sistema de abastecimiento de agua pota - ble puede definirse como el conjunto de estructuras, equipos y ac - cesorios que permiten obtener, purificar, conducir, almacenar, dis - tribuir y aplicar directamente el agua a una población.

El agua que se introduce a una población, sirve para - satisfacer uno o varios de sus usos específicos, como son:

- a) Bebida y usos culinarios,
- b) Aseo y lavado,
- c) Sistemas de calefacción y aire acondicionado,
- d) Riego de parques y jardines,
- e) Limpieza de calles,
- f) Usos recreativos en albercas, lagos, etc.,
- g) Fuentes y obras de ornato,
- h) Procesos industriales,
- i) Combatir incendios,
- j) Remoción, por transporte, de los desperdicios
tanto domésticos como industriales.

Para que un abastecimiento pueda considerarse satisfac - torio, debe proporcionar el agua al usuario en cantidad suficiente, de calidad adecuada, con presión necesaria y de manera continua, - en su domicilio o demás sitios en que la requiera.

Partes constitutivas.

Las partes que definen un abastecimiento de agua potable, son las obras de:

- 1.- Captación,
- 2.- Conducción,
- 3.- Almacenamiento y regulación,
- 4.- Distribución,

a las que pueden adicionarse, en el caso de ser necesarias:

- 5.- Tratamiento (Potabilización),
- 6.- Bombeo.

Obras de captación

Como su nombre lo indica, las obras de captación son las que sirven para obtener el agua de la fuente respectiva. El estudio de las obras de captación se abordará desde tres puntos de vista dependiendo del tipo de agua:

a) Aguas meteóricas. El agua meteórica se emplea en pequeños abastecimientos en el medio rural o en abastecimientos particulares siempre y cuando llueva regularmente. En abastecimientos públicos de importancia no es lícito su empleo ya que no se tiene la seguridad de contar con ella en forma constante y en la cantidad necesaria.

La captación de estas aguas se hace sobre el techo de las casas o en áreas apropiadas para tal fin, instalando canaletas concurrentes a un determinado sitio en donde se construye un filtro de arena, carbón y grava, que descarga a una cisterna de capacidad conveniente.

Se aconseja poner una válvula a la bajada de las aguas con objeto de no captar las primeras lluvias que recogen todo el polvo acumulado en el techo o en el área de recolección y que al pasar por el filtro lo ensucian más rápidamente.

Antes de usar el aljibe o cisterna se debe desinfectar con una solución de hipoclorito de sodio; para utilizar el agua — también deberá clorarse, normalmente en una proporción de tres gramos de hipoclorito por cada metro cúbico de capacidad de la cisterna.

Los aljibes o cisternas son depósitos generalmente de mampostería que se construyen enterrados para conservar el agua — fresca, deben ser impermeables y estar bien ventilados, además deben protegerse de toda contaminación exterior mediante una tapa removible. Las dimensiones pueden ser cualesquiera dependiendo únicamente del terreno disponible y de la forma que sea más práctica de construir.

b) Aguas superficiales. Cuando se trata de lagos de — nivel aproximadamente constante o de cursos de agua con solo pequeñas variaciones de altura, siempre que la calidad del agua sea apta en la propia orilla, la captación consta de una cámara de concreto con una pantalla de malla en su frente que actúa como decantador y desde la cual parte la tubería de succión. (Fig 1).

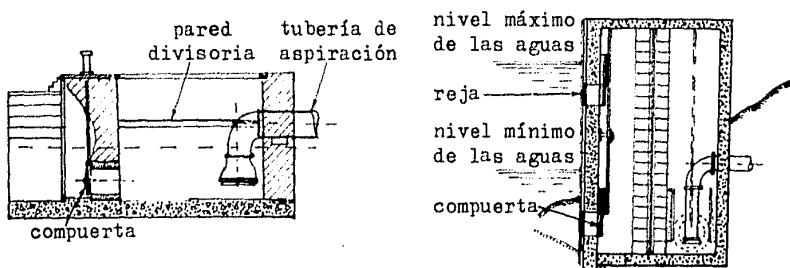
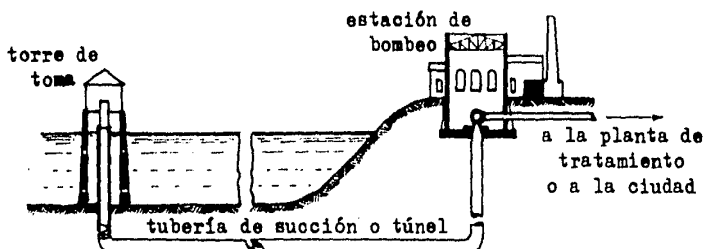


Fig. 1

En los casos en que para recoger la cantidad y calidad del agua requerida sea necesario alejarse a cierta distancia de la orilla, la toma debe realizarse mediante un cajón con rejillas para retener las basuras, todo ello ubicado bien adentro de la co—

riente. Una planta de bombas, situada en la orilla, impulsa el agua en la tubería de conducción, después de extraerla de la corriente, a partir de la toma mediante una tubería, un túnel o una combinación de estas dos soluciones.

Cuando la calidad del agua varía con la profundidad o bien cuando las fluctuaciones del nivel del agua son apreciables, se disponen torres de toma con compuertas a distintas alturas para ajustarse a esas características. (Fig. 2):



Ocurre a menudo que, si bien el caudal medio de una corriente de agua es suficiente, los que se registran en determinadas épocas, por lo variable del régimen resultan insuficientes. Es en estos casos en que se impone la construcción de obras que regularicen los caudales, es decir, que acumulen el agua en las épocas de abundancia para entregarla en épocas de estiaje; esto se consigue con la ayuda de una presa de embalse, la cual debe ofrecer dos propiedades fundamentales; ser estable e impermeable en un grado tal que impida pérdidas importantes.

Para la construcción de éstas comúnmente se emplean cinco clases de materiales que son: concreto, piedra, hierro, tierra y madera, de entre los cuales los más usados son la tierra y el concreto.

c) Aguas subterráneas. Las aguas subterráneas y freáticas son todas aquellas que se acumulan o circulan entre los po-

ros del subsuelo y afloran libremente por hendiduras naturales en forma de manantiales o que requieren para su extracción la apertura de vías artificiales como pozos, galerías, trincheras, etc.; — las aguas subterráneas son unas de las mejores y más comunes fuentes para el abastecimiento público de agua.

La captación de las aguas de manantial debe efectuarse de tal forma que el agua fluya a una cámara superficial con profundidad mínima de 2 m., la cual debe impermeabilizarse para que no se infiltre el agua sucia; además como medida de seguridad conviene construir una contracuneta, por lo regular a 7 u 8 m. arriba de la toma. El depósito ha de tener un aliviadero y un desagüe, la tubería de toma partirá tan cerca del fondo como sea posible para evitar la entrada de aire a la línea de conducción y a fin de evitar obstrucciones se protege con un colador.

El manantial debe aislarse de manera que no pueda contaminarse ni enturbiarse, es decir, se debe evitar el contacto con objetos, personas y otros medios de contaminación así como la entrada de animales, sin embargo la caja de captación debe ser de fácil acceso para su limpieza.

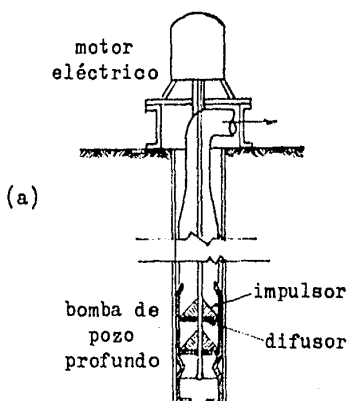
Si bien son muchas las ciudades que se surten de fuentes naturales de agua, las mismas deben desarrollarse de modo que se asegure la cantidad que reclaman los servicios públicos, lo cual se consigue recurriendo a la construcción de galerías subterráneas o filtrantes; éstas, en esencia, son túneles, zanjas o tuberías perforadas dispuestas en forma de interceptar las corrientes de agua. Con este sistema es posible captar cantidades muy apreciables de agua en forma relativamente simple. (Fig. 3).

Dado que los manantiales o fuentes naturales consisten en el afloramiento de ciertas cantidades de agua subterránea, muchas ciudades carecen de ellos, al menos en la medida de sus nece-

sidades, por ese motivo deben recurrir a captar y elevar dicha — agua mediante agujeros verticales, denominados pozos, perforados — hasta la capa de agua.



Fig. 3



Estos pozos pueden ser poco profundos o superficiales — y profundos, siendo los primeros aquellos que se alimentan de ca — pas situadas hasta unos 30 m. Cuando la perforación da salida al — contenido de una capa acuosa existente entre dos capas impermea — bles y el agua surge naturalmente por efecto de la presión que so — porta dicha capa, el pozo se llama artesiano.

Los pozos pueden practicarse mediante excavación e hin — cado pero generalmente se construyen con estructuras más sólidas: — se perforan de modo tal que su contorno queda forrado por una tube — ría de acero; su extremo inferior es de bronce y dispuesto de tal — manera que permite el paso del agua, impidiéndoselo a la grava y a la arena. Fig. 3 (a).

Para el buen funcionamiento de los pozos son necesaria — rios varios requisitos, siendo los principales: el recubrimiento — debe sobresalir unos 15 cm. arriba del terreno y a la vez tener la profundidad necesaria para evitar de modo efectivo la entrada de — agua superficial contaminada; la caseta de bombas debe quedar arri — ba del nivel del terreno, estar impermeabilizada y ventilada.

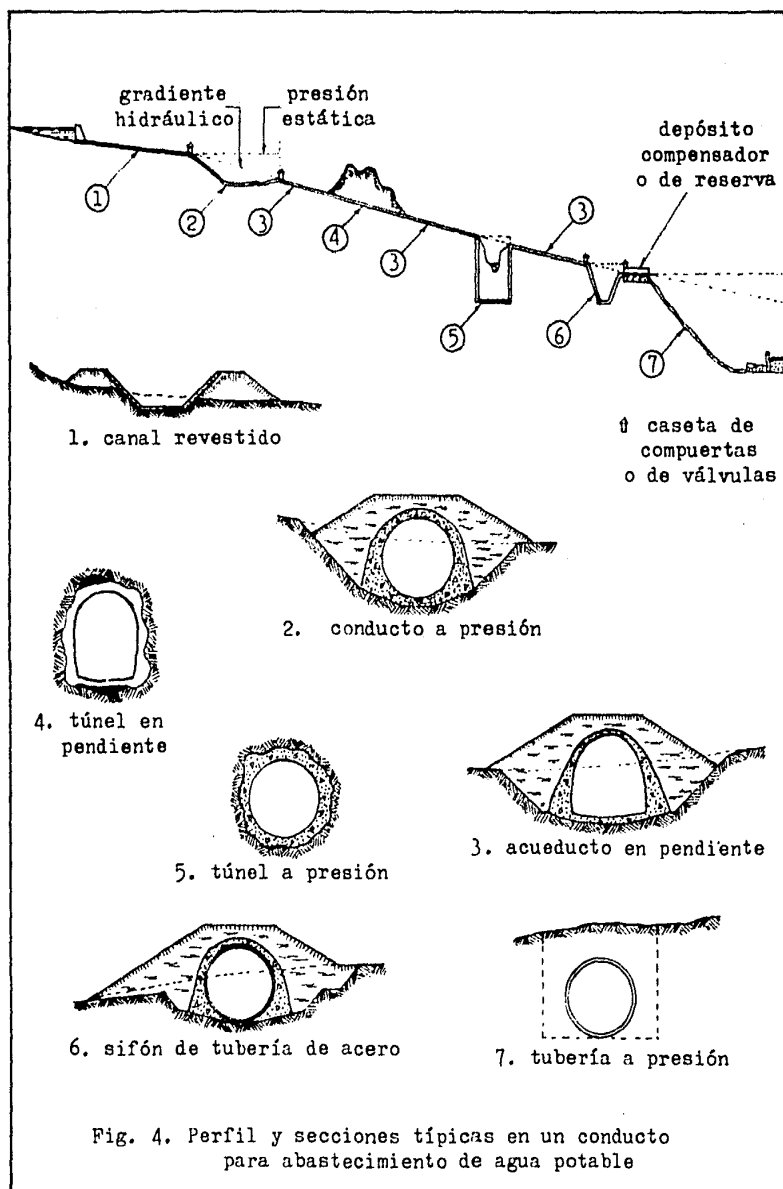
Obras de conducción.

Extraída el agua por uno cualquiera de los métodos descritos y si la fuente de provisión está situada lejos del centro - por abastecer, es necesario transportarla o conducirla a él ya sea por conductos de flujo libre (por gravedad), o por conductos a presión. En el primer caso pueden ser abiertos o cerrados, y se - tienden en pendientes que proporcionen suficiente caída para crear y mantener el flujo de agua; los conductos a presión siempre son - cerrados, pudiendo seguir la configuración del terreno. Los con- ductos más empleados y sus formas típicas se muestran en la figura No. 4.

Para localizar el conducto, se procede en forma simi- lar a la localización de un camino, debiendo tomar en cuenta que - la ruta más corta no siempre es la más económica. En conductos - por gravedad el gradiente se mantiene uniforme mediante cortes y - rellenos; los valles y ríos pueden salvarse empleando acueductos, - sin embargo los conductos a presión han substituido estas estructu- ras, ya que éstos pueden incorporarse en puentes o colocarse como- sifones invertidos.

Los accidentes topográficos como barrancos, cañadas, - etc., se salvan por estructuras conocidas como obras de arte, por- ejemplo; el puente canal en el caso de conductos por gravedad, o - el viaducto cuando soportan un conducto a presión. Las elevacio- nes, mediante el uso de sifones, túneles, cortes a cielo abierto o rodeándolas según convenga. Los cambios de dirección y de pendien- te deben ser suaves y tener el anclaje necesario para evitar la - tendencia al desvío.

De preferencia se usarán conductos cerrados, los cua- les deben protegerse contra las temperaturas extremas y contra los daños mecánicos ordinarios enterrándolos de 0.50 a 1.0 m., depen- diendo esta profundidad del peso del relleno el cual está limitado por las características estructurales del conducto.



Los conductos, dependiendo de su tipo, pueden ser de -madera, mampostería, metal o concreto y los materiales usados en -tuberías pueden ser fierro fundido, acero, concreto pre-esforzado-y asbesto-cemento: para su elección se debe tomar en cuenta la ca-pacidad inicial y su variación con el uso, la resistencia, la dura-bilidad, el costo inicial y de mantenimiento, etc..

Con objeto de aislar secciones determinadas del conduc-to para prueba, inspección, reparación o limpieza, así como para -asegurar su buen funcionamiento, son necesarios una serie de acce-sorios tales como: compuertas, válvulas (reductoras de presión, -de escape o ventosas, para drenar, interrumpir el flujo, etc.), re-gistros, cajas reductoras de presión, venturímetros, etc..

Obras de almacenamiento.

Las obras de conducción generalmente entregan el agua-a un depósito, situado en las inmediaciones de la población o en -algún lugar interior de la misma, en el cual se almacena el líqui-do. A estos depósitos se les llama de almacenamiento y de regula-ción o más propiamente de reserva y compensación respectivamente.

El depósito compensador tiene por objeto cambiar el ré-gimen constante de la llegada del agua o aportación, en el varia-ble de la demanda. Para determinar su capacidad se fija la alimen-tación, es decir, el tiempo durante el cual se suministra el volú-men total del día (8, 12, 16 y 24 horas), con referencia al gasto-medio horario así mismo se se establecen las demandas horarias pu-diendo de esta forma determinar fácilmente las diferencias entre -aportación y consumo. La capacidad de un depósito de esta natura-leza resulta siempre menor que la de un tanque de reserva.

Los tanques de reserva son depósitos que almacenan una determinada cantidad de agua con objeto de no interrumpir el servi-cio a la localidad en el caso de averías, reparaciones. limpieza,-

eto. La capacidad de éstos se limita al volumen necesario para su suministrar el agua en el día de máximo consumo.

Estos depósitos pueden estar enterrados, semi-enterrados, a nivel o elevados; sus dimensiones se determinan fijando una profundidad de dos o tres metros y las restantes de acuerdo a la capacidad, forma y número de cámaras, las cuales deben ser dos como mínimo. Pueden construirse mediante una losa de concreto en el fondo, con declives hacia dos o más lados y por muros de mampostería o de concreto, calculados para resistir el empuje interior y exterior si lo hay y para los casos de tanque vacío o con una o — más cámaras llenas. La cubierta puede ser una losa de concreto — apoyada perimetralmente o sobre trabes, que a su vez pueden estar apoyadas en columnas si la dimensión del tanque lo amerita. Deben tener acceso interior mediante registros en la cubierta y escalas en los muros, respiraderos y ventilas adecuadas protegidas con malla de alambre y dispositivos de control tanto para la alimentación como para la salida.

Obras de distribución.

Por ser el tema fundamental en el presente estudio de tesis, detallaré en capítulo aparte sus características, mencionando en éste solamente que las obras de distribución tienen por objeto la repartición del caudal necesario en todos y cada uno de los puntos de la población.

Análisis y Normas de calidad.

El agua que se encuentra en la naturaleza contiene a menudo impurezas, parte de las cuales es preciso eliminar para que sea potable, entendiéndose por agua potable simplemente aquella — que es buena para beber y cuya ingestión no causa efectos nocivos.

Entre las sustancias que se encuentran en combinación con el agua, existen algunas que se pueden considerar normales y —

beneficiosas cuando no sobrepasan ciertos límites, pero además — existen elementos nocivos al organismo cuya presencia es prohibitiva. Los cuerpos presentes en el agua son de naturaleza mineral y orgánica; su estado físico puede ser sólido, líquido o gaseoso.

Para conocer dichos cuerpos se procede por análisis y luego por relación, se extienden los resultados al volumen total; estas operaciones se efectúan en un laboratorio y son de diversa índole:

1. Determinaciones preliminares
2. Análisis físico
3. Análisis químico
4. Análisis biológico

A continuación se incluyen las normas de calidad vigentes en la República Mexicana, editadas por la Sria. de Salubridad y Asistencia Pública en conjunción con la Sria. de Recursos Hidráulicos.

1. Caracteres físicos. De preferencia, la turbiedad del agua no excederá del número 10 de la escala de sílice y su color del número 20 de la escala de platino-cobalto. El agua será inodora y de sabor agradable.

2. Caracteres químicos. Un pH de 6.0 a 8.0 para aguas naturales no tratadas. Para aguas tratadas o sometidas a un proceso químico, se aplicarán las normas especiales de la fracción 4.

Un contenido expresado en miligramos por litro o las comunmente denominadas "partes por millón" de los elementos, iones y sustancias expresadas en la fracción 5.

3. Caracteres bacteriológicos. El agua estará libre de gérmenes patógenos procedentes de contaminación fecal humana. Se considerará que el agua está libre de esos gérmenes, cuando la investigación bacteriológica de como resultado final:

- a) Menos de veinte organismos de los grupos coli y co-

liforme por litro de muestra, definiéndose como éstos todos los ba cilos o esporógenos, gram negativos, que fermenten el caldo lacto-sado con formación de gas.

b) Menos de doscientas colonias bacterianas por centímetro cúbico de muestra, en la placa de agar incubada a 37°C . por 24 horas.

c) Ausencia de colonias bacterianas licuantes de la ge latina, cromógenas o fétidas, en la siembra de 1 c.c. de muestra - en gelatina encubada a 20°C . por 48 horas.

4. Las aguas tratadas químicamente para clarificación- o ablandamiento, satisfacerán los requisitos siguientes:

a) La alcalinidad (fenolftaleína calculada como CaCO_3) será menor de 15 p.p.m., más 0.4 veces la alcalinidad total, con - un pH inferior a 10.6.

b) La alcalinidad de carbonatos normales será menor de 120 p.p.m., para lo cual la alcalinidad total en función del pH, - estará limitada según la escala siguiente:

Valor del pH	Alcalinidad total máxima expresada en CaCO_3
8.0 a 9.6	400
9.7	340
9.8	300
9.9	260
10.0	230
10.1	210
10.2	190
10.3	180
10.4	170
10.5 a 10.6	160

c) La alcalinidad total, no excederá a la dureza total en más de 35 miligramos por litro o partes por millón, ambas calcu ladas como CaCO_3 .

Potabilización.

El agua natural, tal como se obtiene de las distintas fuentes, en general no es potable, por lo que se procede a efectuar un tratamiento que puede consistir en una simple desinfección o en una serie de procesos para transformar su calidad; dicho tratamiento recibe el nombre de potabilización.

En el caso más desfavorable, como sería el agua de la parte baja de un río, la potabilización está constituida por los siguientes procesos sucesivos:

- a) Aeración
- b) Sedimentación simple
- c) Coagulación
- d) Floculación
- e) Sedimentación Secundaria
- f) Filtración
- g) Desinfección

Aeración. Después de hacer pasar el agua por cribas o rejillas, en donde quedan retenidas las partículas sólidas de tamaño relativamente grande, conviene sujetarlas a una aeración a fin de eliminar los gases nocivos o molestos y evitar o disminuir en gran parte la putrefacción de la materia orgánica. El oxígeno del aire tiende a oxidar el contenido de las aguas; a convertir en productos insolubles las sales minerales que van disueltas, favoreciendo así su separación.

Sedimentación simple. Mediante este proceso una buena parte de la materia sólida en suspensión se puede separar del agua. La teoría de la sedimentación se basa en el hecho de que una partícula más pesada que el agua se precipita cuando la velocidad de circulación del líquido se reduce a un determinado valor y obviamente, cuando dicha velocidad se anula.

Coagulación. Después de la sedimentación simple queda en las aguas partículas finamente divididas, otras en solución y - gran parte de la materia coloidal.

Para su separación es preciso reunir toda esta materia y hacerla descender, empleando materias llamadas coagulantes que - reaccionan con el agua formando flóculos, flecos o grumos, que son los que efectúan la acción de aglomerar la materia dispersa atrá - pándola en ellos y luego al descender, la sedimentan. Estos coagu - lantes son de diversas clases, por ejemplo el sulfato de aluminio, el sulfato férrico, etc.

La coagulación de las aguas requiere varias operacio - nes o procesos sucesivos. La dosificación del coagulante se hace - de acuerdo con la calidad del agua, cantidad, etc., después de do - sificado se aplica en forma sólida (polvo) o bien en forma líquida, vertiéndolo poco a poco a medida que el agua entra al depósito de - coagulación. En seguida se hace el mezclado del coagulante de ma - nera de dispersarlo en toda la masa del agua, para que su acción - sea uniforme y completa, disponiendo desviadores de corriente o - agitadores mecánicos.

Floculación. No es bien conocida la acción de los flo - culantes. Al formarse los grumos; éstos atraen a las partículas - finas o coloides por un proceso de adsorción, acciones eléctricas - o de alguna otra naturaleza.

El coágulo con su carga de partículas es pesado, pero - requiere tiempo para que se efectúe el proceso de aglomeración, - por lo cual se disponen compartimientos llamados de floculación.

Sedimentación secundaria. Floculada el agua se pasa a otro depósito para favorecer la sedimentación de los coágulos que - dando el agua clarificada a un grado máximo. La operación debe ha - cerse con cuidado a fin de no romper los flóculos.

Filtración. A continuación se somete el agua al proceso de filtración, el cual consiste en hacer pasar el líquido a través de filtros con objeto de que las impurezas remanentes y flóculos que se hayan arrastrado sean retenidas por el material filtrante. En esta etapa el agua es de una calidad física y química inmejorable. Los filtros pueden ser lentos o rápidos;

El filtro lento consiste en un manto de arena de espesor cercano a un metro o hasta 1.5 m, dispuesto sobre un lecho de grava de 15 a 20 cm. de espesor. En el filtro se verifican varios procesos: cernido (mínimo), adsorción, atracción eléctrica y acción biológica de microorganismos aerobios; éstos hacen que se adhieran en la superficie de los granos del arena todas las impurezas constituyendo en la superficie de los filtros una capa rica en bacterias purificadoras, que es la que efectúa el papel principal en la filtración. Con el tiempo se espesa esta capa e inhibe la acción del filtro, por lo que es necesario remover, lavar o cambiar la arena superficial, más o menos cada mes, suspendiendo el filtrado cada vez. La velocidad de filtración es muy lenta: uno a dos metros cúbicos de agua por metro cuadrado de superficie de filtro al día, por tanto se requieren grandes superficies. El agua se filtra normalmente sin coagulación previa.

Los filtros rápidos están formados por mantos de arena graduada de 20 a 100 cm. de espesor total, colocados sobre un lecho de grava de 20 a 50 cm. de espesor: las capas de arena están dispuestas de manera que la dimensión de los granos aumenta con la profundidad. El agua pasa con una velocidad hasta de 120 m³ de agua por m² de superficie de filtro al día. El filtro se obtura rápidamente y hay que lavarlo cada 2 ó 3 horas. La acción de lavado es característica; se suspende la llegada del agua y por medio de un sistema de válvulas y tuberías se invierte el sentido de la corriente, es decir, el agua ya filtrada asciende a través del manto de arena limpiándola de sus adherencias, aflora en la superfi-

cie, en donde se elimina por medio de canaletas a modo de vertederos. La acción de lavado se suspende cuando el agua aparece limpia. Los filtros rápidos requieren áreas pequeñas y son los indicados para aguas cargadas de impurezas; el agua por filtrar necesita coagulación previa.

Desinfección. El aspecto más importante en el tratamiento, es la esterilización de los efluentes, ya que si bien son los sólidos los que causan olores, mal sabor y afectan a la vista, la causa de las enfermedades son las bacterias. Para destruirlas se acostumbra a esterilizar el agua con el agregado de cloro; esta operación se lleva a cabo por precaución, inclusive en los casos en que el tratamiento que sufren las aguas antes de su distribución haya reducido el contenido bacteriano por debajo de un límite considerado peligroso. La operación de cloración puede efectuarse agregando hipoclorito de calcio al agua, o bien por lo fácil de preparar la dosis y su manipuleo, cloro líquido, que se aplica con dosificadores especiales.

En el caso de aguas subterráneas, normalmente es necesario efectuar un tratamiento (ablandamiento) para quitarles la dureza o exceso de sales y óxidos, ya que, entre otros inconvenientes, corta el jabón y forma azolves e incrustaciones. Los procedimientos más usados para producir el ablandamiento del agua son: la ebullición, la adición de hidróxido de calcio y el de la zeolita.

Bombeo.

La condición ideal para un abastecimiento de agua, es que éste la suministre totalmente por gravedad. Sin embargo, generalmente es necesario elevar el agua por medio de bombas en una o en todas las partes del sistema, constituyendo esto último un sis-

tema integral de bombeo. Las bombas pueden ser necesarias para elevar el agua desde un lago, depósito o río, hasta una planta depuradora e impulsarla a través de la conducción hasta los depósitos elevados. Si la fuente de provisión es un pozo, se requerirá también elevarla mediante bombas hasta un depósito colector o bien inyectarla directamente en la red. En ésta, puede ser necesario el bombeo auxiliar en algunos puntos para conservar el valor de la presión necesaria.

Las estaciones de bombeo generalmente están equipadas con bombas centrífugas, impulsadas en la mayoría de los casos por motores eléctricos, ocasionalmente por turbinas de vapor o por motores de combustión interna. La selección de las unidades de bombeo requiere el conocimiento de la carga del sistema y de las características de las bombas.

III

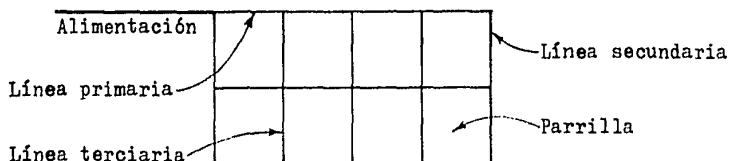
OBRAS DE DISTRIBUCIONDefinición.

Como se dijo, las obras de distribución son aquellas - que tienen por objeto la repartición del caudal necesario en todos y cada uno de los puntos de la población.

Exceptuando las tomas eventuales a lo largo de la conducción, puede decirse que las obras o sistema de distribución de un abastecimiento público de agua, comienza donde el conducto se une a la red de tuberías que se van a extender en toda la población a lo largo de las calles para dar servicio a las casas y edificios (habitantes); las tomas domiciliarias, que unen la instalación sanitaria con la red, constituyen propiamente la aplicación directa del servicio.

Líneas primarias y secundarias

El sistema de distribución está formado por tuberías - de diferentes categorías y diámetros según la función que tengan - dentro del sistema: las líneas primarias son aquellas de mayor importancia y de mayor área de influencia, es decir, aquellas que sirven a una gran zona, consecuentemente son las de mayor diámetro; a medida que disminuyen estos atributos las líneas vienen a ser secundarias, terciarias, etc.: las líneas generalmente forman circuitos y en el interior de los más pequeños se disponen tuberías de diámetro mínimo (75 a 150 mm., especificado según la población de que se trate) que reciben el nombre de tuberías de relleno o parri-
lla:



Tipos de red.

De acuerdo con el método de distribución, las redes se clasifican como sigue:

Sistema abierto. Este sistema de red es empleado comúnmente en poblaciones chicas que tienen un desarrollo muy largo; consiste fundamentalmente en una tubería de alimentación principal alojada longitudinalmente y centrada sobre la zona de mayor demanda, decreciendo el diámetro a medida que se aleja de la fuente. De la línea principal se derivan ramales secundarios de menor diámetro que a su vez se ramifican en otros más pequeños.

Tiene el inconveniente de que se presentan acumulaciones de sedimentos en los extremos muertos y además volúmenes de agua que no circula, debiéndose evitar mediante la instalación de una toma domiciliaria en ellos. Por otra parte, en el caso de que haya algún desperfecto sobre la línea principal puede privarse del servicio a la población en forma total o parcial dependiendo del lugar en que se haya producido. En su favor, se tiene la ventaja de usar un número menor de válvulas para el seccionamiento del sistema y en general es bastante económico.

Sistema cerrado. Este sistema, llamado también de circulación continua, es el más recomendable debido a su flexibilidad, en él cada punto de la zona abastecida puede recibir agua por dos lados y todos los ramales se comunican entre sí. En caso de rotura en la tubería, basta aislar el ramal que ha sufrido la avería, quedando el resto de la red alimentada por las tuberías enlazadas.

El trazo del ramal principal depende del punto de llegada de la tubería y del nivel de las calles que deben ser abastecidas. Como norma fundamental, los puntos de abastecimiento más -

difícil han de recibir el agua por el trayecto más corto posible y los ramales primarios han de situarse en las crestas del terreno - si es quebrado, de suerte que el agua fluya según la inclinación - del mismo. Notable influencia ejerce en el proyecto de la red primaria la situación del depósito y el carácter del mismo.

Presenta la ventaja con respecto al sistema anterior - de garantizar una circulación continua lo que evita estancamientos y compensa los gastos de los diversos sectores, en cambio el número de válvulas para el alivio de la red es mucho mayor, lo cual hace que esta solución sea un tanto más cara aún cuando más funcional.

Sistema de circunvalación. Es una variante del sistema cerrado en el cual se establece una tubería de cintura en el - centro de la población y a veces, otras cerca del contorno. las - cuales se calculan con diámetros sobrados generalmente constantes - o con pequeñas diferencias. El exceso de sección sobre la necesaria para el transporte del agua es arbitrario y se fija por sim - ples consideraciones de seguridad y para favorecer las presiones - en las zonas alejadas del punto de alimentación.

Emparrillado.

Dentro del sistema de emparrillado puede escogerse entre tuberías sencillas o dobles, como se muestra en la figura No.5

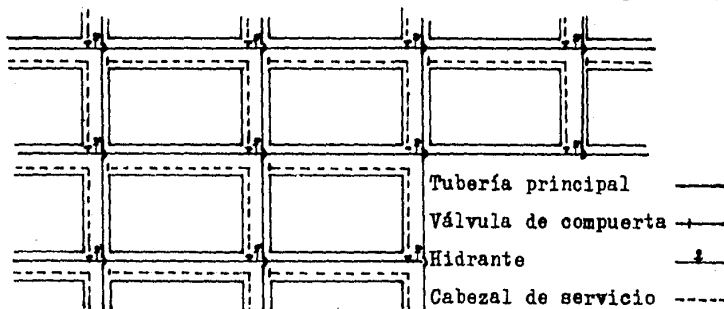


Fig. 5 Sistema de parrilla doble

Hidráulicamente, las ventajas del sistema doble sobre el sencillo son más o menos locales porque los cabezales no contribuyen al flujo fuera de su propia manzana. El hecho importante es que en un sistema doble, la falla de las tuberías no implica la inutilización de los hidrantes y no ocasiona puntos muertos en ellas.

Tipos de Sistemas. (Influencia de la topografía)

Generalmente conviene hacer una sola red, sin embargo en poblaciones grandes es casi necesario dividir el sistema en varias redes, a consecuencia de tener la alimentación de diversas procedencias y alturas. Cuando el terreno es completamente accidentado y la topografía del mismo originaría cargas excesivas en las partes bajas y escasas en las altas, con el objeto de reducir o aumentar las cargas y tener presiones aceptables en el sistema, las diferentes áreas de una comunidad, dependiendo de su elevación en relación con la fuente, pueden ser abastecidas mediante sistemas de distribución separados.

En efecto, las áreas que están muy elevadas para recibir el agua con presión adecuada del sistema principal o servicio-bajo, se incorporan generalmente en un sistema separado tanto en tuberías como en almacenamiento de servicio. Este servicio alto es alimentado normalmente mediante bombas que succionan el agua de el conducto principal y elevan su presión hasta la cantidad requerida. Puede haber también un área de elevación intermedia con su propio sistema. Los diferentes sistemas están comunmente interconectados, para uso en caso de emergencia, por conexiones con válvulas.

En las grandes ciudades la porción central congestionada o distrito de alto valor, se protege adecuadamente por un sistema independiente de tuberías e hidrantes capaces de proporcionar grandes volúmenes de agua a alta presión a fin de combatir incen-

dios. Este sistema normalmente toma el agua del abastecimiento público y eleva su presión mediante bombas en caso de alarma. Para usos de extrema emergencia, pueden establecerse conexiones debidamente protegidas, a una fuente de provisión independiente que no haya cumplido los requisitos para ser la del abastecimiento público.

Los grandes establecimientos industriales, donde una considerable inversión en plantas, equipos, materia prima y productos terminados, se concentran en un área limitada, tienen generalmente un sistema de alta presión para combatir incendios abastecido de fuentes privadas o conectados (previo permiso) a la red pública. El análisis hidráulico debe tomar en cuenta tanto la independencia como la interdependencia de los sistemas, mereciendo especial atención la aspiración del servicio alto a partir del servicio bajo.

Existe otro tipo de sistema que tiene por objeto la disminución del número de cruceros en la red y por tanto del número de juntas, piezas especiales y válvulas. Dicho sistema es el llamado biplanar y se logra haciendo cruzar las tuberías a distinto nivel, razón por la cual, al llegar a los cruceros imposibles de evitar, se requiere el empleo de piezas especiales y válvulas de diseño adecuado. El sistema biplanar se aplica con cierto éxito en las poblaciones chicas, pero en las mayores no es conveniente dado que la separación entre válvulas es muy grande obligando a aislar una gran zona en caso de reparaciones, inspección, limpieza etc..

Capacidad.

La capacidad del sistema debe ser tal que cubra los requerimientos para el uso doméstico, industrial y otros considerados normales, así también como para combatir incendios.

Generalmente la demanda por fuego no se añade porque -

sería raro que la demanda máxima coincidiera con una conflagración y porque los sistemas se diseñan para el futuro, debiendo pasar un período más o menos largo antes de que la capacidad de diseño sea alcanzada. La determinación de la capacidad de un sistema de distribución dentro de las diferentes áreas de una comunidad, se facilita enormemente si ésta ha sido zonificada de manera adecuada y existen reglamentos respecto al tipo y volumen de construcciones - por erigir.

Tipos de flujo.

El flujo dentro de las tuberías de distribución puede ser en una o en dos direcciones, siendo obvio que esto último incrementará la capacidad del sistema de distribución.

El flujo en dos direcciones dentro de las arterias — principales se hace posible conduciendo el agua a partir de bombas o a partir de un abastecimiento por gravedad o a partir de un depósito de servicio: 1) a los extremos opuestos del sistema de distribución o 2) a través del sistema de almacenamiento elevado en un depósito, tanque o torre-tanque situado hacia el extremo alejado - del área de mayor demanda. Fig. 6.

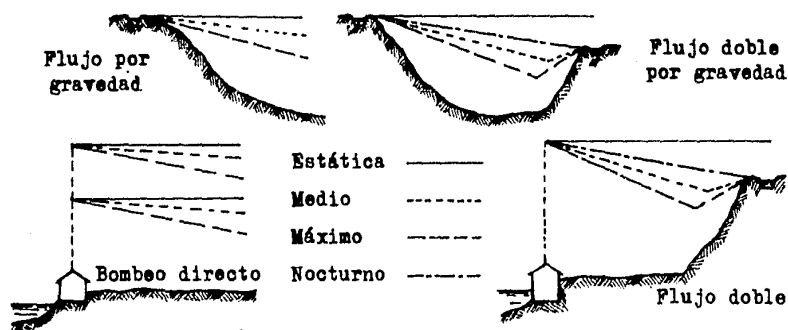


Fig. 6. Flujo en una y dos direcciones

En el diseño del sistema de distribución, aún cuando se considera que el agua circulará en la red en uno u otro sentido

o sea que el tramo queda alimentado por ambos extremos, al formarse los circuitos se supondrá un solo sentido de escurrimiento o — flujo, a partir del primer crucero en el cual el agua entregada — por la alimentación empieza a repartirse según la traza de la red establecida.

A partir de la alimentación o primer crucero antes mencionado, el gasto total Q , se divide en las ramas del circuito o — circuitos principales a medida que se aleja de la bifurcación inicial hasta llegar a un punto donde teóricamente no lleva gasto. — Este punto en el cual se unen las ramas del circuito se llama "punto de equilibrio".

Las tuberías principales llevarán desde su arranque toda el agua con que se va a alimentar una zona y a la vez que van entregando a las casas y demás edificios, va conduciendo el caudal de los tramos siguientes (servicio en ruta). Los últimos tramos del circuito solo repartirán el agua a las tomas domiciliarias correspondientes.

Velocidad.

En el caso de las tuberías de distribución se fijan — los siguientes límites: 0.60 a 2.0 m/seg (2 a 6.5 ft/seg) principalmente por evitar pérdidas de carga excesivas, sedimentación de las partículas (que a pesar de los procedimientos para anular su presencia, lleva el agua) y para evitar o disminuir las pérdidas — que se tendrían al extraer el agua a través de una derivación de — una tubería que llevara agua a gran velocidad. En menor grado los aspectos que intervienen para fijar dichos límites de velocidad — son las erosiones que provoca y el efecto del golpe de ariete ocasionado por el cierre brusco de las válvulas.

A continuación se presentan algunos valores para las — velocidades óptimas para evitar pérdidas de carga en distintos diá

metros de tuberías;

Velocidad óptima para evitar pérdidas de carga (m/seg)	Diámetro (mm)
0.53	76.2
0.58	101.6
0.67	152.4
0.77	203.2

Presión

La presión necesaria, llamada en ciertos casos manejabilidad, es la requerida para permitir al agua elevarse a la altura media predominante de los edificios o casas habitación.

Para demandas normales, la presión en el punto más desfavorable, debe ser de 15 metros, siendo más adecuada una presión de 30 metros; en poblaciones chicas se acepta un mínimo de 10 metros. La demanda por fuego exige presiones mucho mayores, las cuales varían de 45 a 90 o más metros de acuerdo al tipo de población.

La presión puede proporcionarse instalando los tanques de almacenamiento o de reserva en lugares altos respecto a la población, mediante tanques elevados o en caso de ser necesarias, mediante bombas.

La desventaja de la presión alta es que aumenta el gasto por fugas y desperdicios, variando aproximadamente en proporción a la raíz cuadrada de la presión; por otro lado, encarece el sistema ya que obliga al uso de tuberías más resistentes y por ende más costosas.

Componentes estructurales del sistema.

Los elementos básicos de un sistema de distribución — son las tuberías con sus piezas especiales, las válvulas y los hidrantes y la tomas domiciliarias.

Tuberías.

Generalmente la totalidad del sistema se forma a base de tuberías de hierro fundido, de asbesto-cemento y a veces de — plástico.

Las tuberías de hierro fundido han sido usadas durante siglos, algunas de las primeras están aún en uso, como las tendidas en Versalles, Francia en 1664. El material es altamente resistente a la corrosión y tiene otras ventajas deseables. El fundido puede ser vertical, horizontal o centrifugado, ya sea en moldes de arena o de metal; el vertical es más fuerte, pesado y costoso que el centrifugado, siendo éste el más empleado. Los diámetros comerciales varían de 10 a 150 cm. (4 a 60 in.); el espesor de 1 a 4.85 cm. (0.4 a 1.93 in.) y la longitud de 3.6 a 5.0 m. (12 a 16.5 ft.) La ventaja en el uso de longitudes mayores es el menor número de juntas y en consecuencia, la menor cantidad de fugas; sin embargo, las longitudes menores son más ligeras y fáciles de manejar.

Las tuberías de asbesto-cemento están compuestas de fibras de asbesto (amianto, fibra de origen mineral) y cemento Portland, combinados bajo presión en una estructura densa y homogénea en la cual una fuerte liga se efectúa entre el cemento y las fibras. Entre sus numerosas ventajas pueden incluirse: la más alta resistencia a las condiciones más corrosivas; la inmunidad a la — electrólisis, las adherencias, incrustaciones y tuberculizaciones; el peso ligero; la facilidad para el corte, manejo, perforado y obturado; la resistencia a las cargas externas (debidamente aplicadas); juntas flexibles, no requieren especial habilidad; no se necesitan juntas de expansión y su alto coeficiente de escurrimiento no reduce materialmente con la edad. Entre sus desventajas pueden nombrarse: su relativa baja resistencia a esfuerzos de flexión; es fácilmente perforable por las herramientas de excavación; la durabilidad del hule en las juntas es incierta bajo todas las condiciones

nes, siendo atacadas por los productos del petróleo; el material puede ser corroído por ácidos y sulfatos en el suelo y el hecho de que no conducen electricidad impide que puedan ser descongeladas eléctricamente. Se fabrican con diámetros interiores de 66 a 900 mm. (2.5 a 36 in.), para presiones internas de 2.5 a 14 K/cm² (3.5 a 200 psi.) y longitudes de 3.8, 4.8 y 5.0 m..

Juntas o uniones.

Básicamente pueden ser rígidas o flexibles. La mayoría de las juntas, excepto las maquinadas, requieren algún material que llene los espacios intermedios y asegure la hermeticidad; los materiales pueden ser retacados, calafateados o colados en ellas. Las características que deben reunir son la elasticidad, resistencia, durabilidad, adhesividad, manejabilidad, disponibilidad y economía. Los más empleados son el plomo, las mezclas de arena y sulfuros, el cemento, el hule, el cáñamo, el yute, la estopa alquitranada y otros más.

Las juntas usadas en tuberías de hierro fundido incluyen las de macho y campana, las mecánicas, las de bridas y las rosadas, pudiéndose emplear otros tipos bajo condiciones especiales; en la figura número 7 se muestran los distintos tipos.

La junta de macho y campana puede efectuarse rellenando el espacio con cáñamo hasta unos 5 cm. y completando con plomo derretido; no es necesario que las tuberías ajusten perfectamente para tener una junta rígida; se permite una ligera variación en el alineamiento de los tubos, pudiendo de esta manera tenderlos en curvas de gran radio; requiere cierta habilidad; existe tendencia a separarse bajo la tensión, aunque puede evitarse mediante tirantes embebidos en concreto.

Las juntas de bridas son ampliamente usadas ya que los pernos evitan la separación bajo esfuerzos de tensión; requieren -



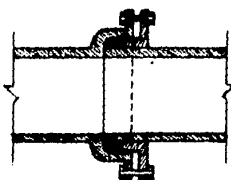
Junta de macho y campana



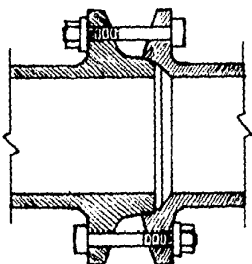
Junta mecánica



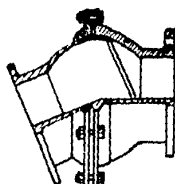
Junta roscada



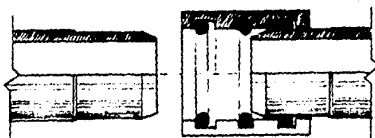
Junta de expansión



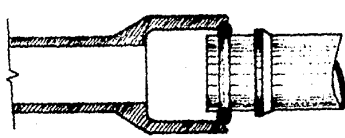
Junta tipo universal



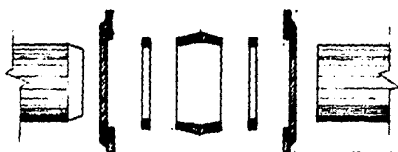
Junta flexible



Junta biflex



Junta uniflex



Junta Gibault

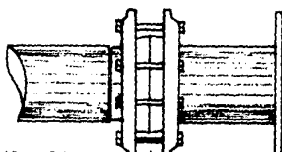


Fig. 7 Diferentes tipos de juntas para tuberías de hierro fundido y asbesto-cemento.

ajuste y alineamiento perfecto y son completamente rígidas.

Las juntas roscadas no son muy comunes y nunca se usan en tuberías de más de 30 cm. (12 in) de diámetro. Son relativamente costosas y no ofrecen mayores ventajas sobre las de brida.

Las juntas de expansión se usan en donde las tuberías están expuestas a diferencias de temperatura considerables. Las juntas flexibles en curvas y en la unión de tuberías de diferente material, como se verá más adelante.

Las juntas en tubería de asbesto-cemento pueden ser de macho y campana, a base de coples o empleando la junta Gibault (figura 7). Las dos primeras pueden ser rígidas o flexibles; en el primer caso se calafatean con estopa alquitranada y se llenan con plomo derretido el cual se retaca posteriormente para compensar el encogimiento y asegurar la hermeticidad, o se rellenan con compuestos a base de azufre, no requiriendo éstos el retacamiento posterior. Puede emplearse también mortero de cemento.

El tipo de junta flexible más representativo son las juntas biflex y uniflex (patentadas):

La junta biflex consiste en un cople de asbesto-cemento que lleva en su interior tres ranuras y en ellas alojadas, dos anillos laterales de hule negro y uno central de color; la diferencia de dureza entre uno y otros hace necesario distinguirlos y colocarlos en el sitio respectivo. La junta se forma de la siguiente manera: se colocan los anillos de hule en las ranuras del cople y se introducen a presión (ejerciendo palanca por medio de barras o empleando gatos) los extremos maquinados de los tubos, a los cuales, al igual que las gomas, se les aplicó previamente un lubricante especial.

La junta uniflex corresponde al tipo de macho y campana, con perfeccionamientos de diseño para facilidad de instalación y eficiencia de funcionamiento. Un anillo integral sirve de tope-

y retén de la goma evitando la expulsión por efecto de la presión-interna o su absorción en casos de depresiones causadas por descarga de la línea en conducciones con curvas verticales pronunciadas. Se instalan colocando el anillo de hule en la ranura de la espiga, acercando ésta al cople e introduciéndola a presión.

Las juntas Gibault están formadas por varios elementos: barrilete, bridas, anillos de hule y tornillos y son los elementos de unión entre las piezas de hierro fundido de los cruceros y los tubos de asbesto-cemento, como también de tubos entre sí. Las hay normales, para unir extremos de igual diámetro y de reducción para diámetros distintos. El barrilete está construido interiormente - en forma cóncava con objeto de facilitar las deflexiones; exteriormente sigue los mismos lineamientos, consiguiendo con el aumento - de sección, mayor resistencia a la presión interna y reducción del espesor de las gomas. Su diámetro debe ser de 2 a 4 mm. más grande que el de la tuberías, en medidas de 200 mm. (8 in) y de 6 a 10 mm. en los más grandes. Las bridas afectan forma anular, llevan - una serie de agujeros en número variable con el diámetro y en su - parte inferior un rebaje del grueso de la goma, para su alojamiento. El diámetro interior corresponde al del barrilete.

Se colocan de la siguiente manera: se traza una marca a una separación del extremo del tubo igual a la mitad del ancho - del barrilete, se introduce una brida y una goma; aquella con el - rebaje hacia la boca y ésta, hasta que su parte posterior coincida con la marca. En el extremo del otro tubo, o en la extremidad de hierro fundido, según el caso, se ponen las segundas brida y goma, así como el barrilete. Se aproximan las dos bocas a dejar una separación de 1 cm., se corre el barrilete a topar con la goma primeramente colocada, se lleva la última a coincidir con su otra ori-
lla y a continuación la brida. Por último se ponen y aprietan los tornillos, procurando hacerlo alternando los opuestos.

Piezas especiales.

Las conexiones de la tubería en las intersecciones, — o cruceros de la red, cambios de dirección, variaciones de diámetro, accesos a elementos de control, etc., se hacen por medio de piezas llamadas especiales, de hierro fundido, de bridas o de campana, en diversas variantes como se muestra en la figura 8.

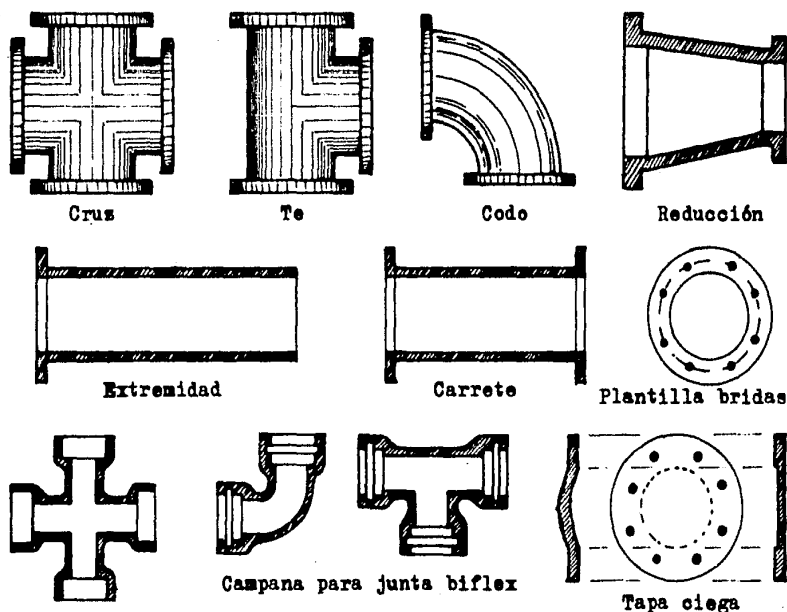


Fig. 8. Piezas especiales

Piezas de unión con bridas.

Son las de uso frecuente en el país. Pueden dividirse por lo que se refiere a su aplicación, en dos grupos: base y complementarias. Aquellas son las de forma especial como cruces, — tees, codos, etc. y éstas las que se suceden sin variación en todos los casos: extremidades y las juntas gibault descritas anteriormente. Las piezas base en todas sus bocas y las extremidades — en una, están provistas de bridas; con perforaciones en número y —

diámetro acorde al tamaño, para ser unidas con tornillos de dimensiones adecuadas. El crucero se forma con la pieza base; cras, te, codo, etc., con una o varias válvulas y con las extremidades, empaques de plomo o de plástico y juntas gibault en número igual al de las bocas complementadas con los tornillos y tuercas necesarias.

Cruces. Las constituye la intersección de dos tubos - del mismo o de diferente diámetro, denominándose en este caso de reducción. Se designan por la medida de los diámetros y así pueden ser por ejemplo: de 14 x 14, de 14 x 8, etc., la variación siempre es entre las ramas que se cruzan y nunca en una sola.

Tees. Están formadas por la penetración a 90° de un tubo dentro de otro, que pueden ser de igual o de diferente diámetro, constituyendo las últimas las de reducción, que siempre es en la rama penetrante. Se designan por las medidas de las bocas y así son por ejemplo de 6 x 6 x 4, de 6 x 6 x 6, etc..

Codos. Son desviaciones bajo diferentes ángulos, generalmente de 90° y submúltiplos, en relación a 1/2, 1/4 y 1/8.

Carretes. Son tramos de 25 y 50 cm. de largo con brida en ambos extremos, destinados a ampliar la longitud de las piezas.

Reducciones. Caso particular de los carretes, empleados en la unión de tuberías de diferente diámetro. Tienen brida en ambos extremos y su longitud varía de 15.24 a 91.44 cm. (6 a 36 in.) según los diámetros de las tuberías por unir. Para un mismo diámetro nominal en una brida el de la otra varía de 2.54 a 5.08 cm. (1 a 2 in.) desde 50.8 mm.

Tapas ciegas. Son discos de hierro fundido que se em-

plean para obturar provisional o definitivamente los extremos de la tubería o cualquiera de los de las anteriores piezas especiales su diámetro exterior es el de la brida a la cual se van a unir. En la parte central tienen un rebaje en forma circular, que forma el diámetro nominal de la tapa, siendo éste igual al del interior de la pieza a obturar; el rebaje aparece para tapas de diámetro nominal de 50.8 a 254 mm. (2 a 10 in.), para diámetros mayores, en la zona correspondiente al nominal, la tapa adopta una forma cóncava (fig. 8).

Empaques. Los empleados normalmente en estas piezas son de plomo y consisten en anillos de dicho material con diámetros interior y exterior iguales a los nominal y exterior de las bridas que van a sellar; tienen una serie de rebordes concéntricos para asegurar la hermeticidad. Su espesor varía de 2 a 5 mm. según el diámetro.

Piezas de campana.

En ellas, los extremos están terminados por campanas - en las que se recibe directamente el tubo, sin necesidad de piezas complementarias. No se fabrican en el país y por tanto, su uso está limitado a la posibilidad de importación. La unión con la tubería se hace calafateando la junta con estopa alquitranada y sellando con plomo o con compuestos a base de azufre.

Un caso especial son aquellas piezas de campana cuyo interior está terminado según las características y dimensiones de la junta biflex. Cada boca representa la mitad de un cople en la que la parte maquinada de los tubos enchufa directamente, mediante un anillo de hule normal. La ausencia de extremidades, de juntas-gibault, de empaques de plomo y de tornillos simplifica y facilita ampliamente la instalación y representa economía considerable en el precio de adquisición, en el transporte y en el manejo. Se fabrican troqueladas en lámina de acero y fundidas en bronce.

Válvulas.

Las válvulas se usan en las tuberías con objeto de aislar una determinada zona y poder efectuar reparaciones, limpieza, conexiones posteriores, etc., para controlar el flujo, regular presiones, dar salida o admitir aire y para otros propósitos; existiendo para cada uno de ellos, un tipo adecuado.

Las válvulas deben colocarse en todos los ramales de los conductos principales y entre las tuberías de alimentación e hidrantes; normalmente no más de tres en los cruceros y dos en las tees. Cuando se puede escoger, la válvula debe colocarse en las tuberías de menor diámetro y por su alto costo de utilización conviene que su número sea mínimo.

Válvulas de compuerta. Son las válvulas de control más usadas en las redes de distribución; poseen la ventaja sobre la mayoría de las válvulas empleadas con el mismo propósito, de combinar el relativo bajo costo y la pequeña resistencia al flujo cuando están completamente abiertas (fig. 9). Están hechas usualmente de hierro fundido con montajes de bronce y pueden conseguirse con extremos roscados, con bridas o de macho y campana. No pueden usarse con entera satisfacción en tuberías mayores de 400 mm. (16 in.) cuando las presiones son mayores de 7 K/c^2 (100 psi.) a menos que estén provistas de un desvío o comunicación lateral con objeto de reducir la fuerza necesaria para abrir o cerrar la válvula. Las válvulas pequeñas pueden accionarse desde la superficie mediante llaves, que se introducen a través de cajas cuya abertura está directamente sobre la válvula (fig. 9-a).

Las válvulas grandes, colocadas normalmente en registros o cámaras, pueden accionarse mediante volantes con sistemas de engranes (fig. 9-b) o hidráulicos si la presión lo amerita.

Válvulas de retención. Las válvulas de retención son-

empleadas para permitir el flujo en una sola dirección; el flujo en dirección inversa es detenido automáticamente por ellas. Tienen dispositivos, ya sea hidráulicos o mecánicos, para evitar el cierre brusco.

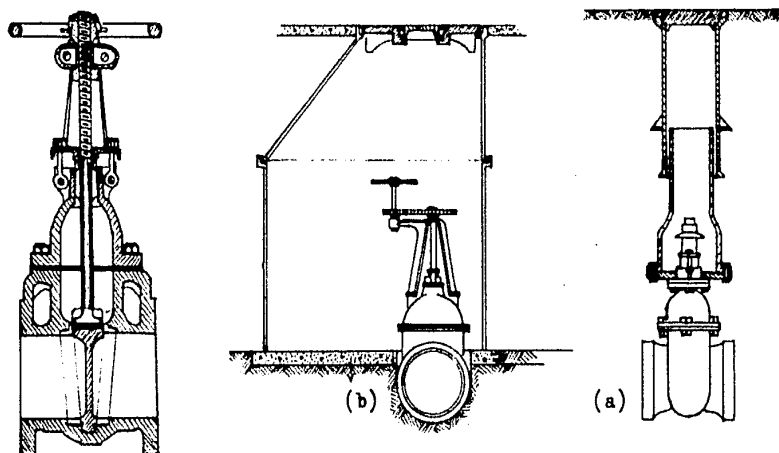


Fig. 9. Válvulas de compuerta

Válvulas de alivio. Son válvulas que permiten al aire escapar o entrar a una tubería, éstas últimas se emplean en la conducción a fin de evitar la formación de vacío cuando baja la presión. En el sistema de distribución solo se usan válvulas (ventosas) para permitir o extraer el aire que se va acumulando en la parte superior de las tuberías; se colocan en los puntos de la línea que forman curvas convexas hacia arriba y que tienen cambio de signo en la pendiente, se montan como si fueran inserciones ordinarias, debiéndose proteger con campanas para operación de válvulas, a fin de garantizar su funcionamiento.

Válvulas reguladoras de presión. Son usadas para entregar el agua de un servicio de alta presión a uno de baja pre—

sión. Cuando dejan escapar la presión excesiva, se llaman aliviasoras de presión.

Válvulas de desfogue. Son válvulas que permiten remover el agua y los sedimentos de las tuberías, se colocan en las partes más bajas de las líneas.

Las válvulas, que pueden ser accionadas manual, eléctrica, hidráulica o neumáticamente, deben cerrarse de manera gradual a fin de evitar el golpe de ariete o aumento de la presión interna debido a la reducción brusca de la velocidad del agua. El golpe de ariete es un factor importantísimo del cual no hay que desentenderse para la determinación de la clase de tubería por usar; existen diversas fórmulas para valuar la sobrepresión debida a él, siendo las principales:

$$h = \frac{145 \ v}{\sqrt{1 + Kd/Ee}}$$

en donde: h = sobrepresión máxima producida por el cierre de la válvula en metros de columna de agua.

v = velocidad inicial del agua en metros por segundo.

K = módulo de elasticidad del agua (20.67 K/c²).

E = módulo de elasticidad de las paredes del tubo (para asbesto-cemento $E=328$ K/c²).

d = diámetro interior del tubo en cm.

e = espesor de las paredes del tubo, en cm.

Una fórmula más sencilla es la de Michaud:

$$h = \frac{2 \ L \ V}{g \ T}$$

siendo: L = longitud de la tubería, en metros

V = velocidad inicial del agua, en metros por segundo

g = aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

T = tiempo que dura la operación de cierre, en seg.

La máxima sobrepresión ocurrirá cuando $T = 2L/A$; en-
que A es la velocidad de la onda de presión en metros por segundo-
(para el agua: $A = 1425$ m/s.) y que puede calcularse con la fórmu-
la siguiente:

$$A = \frac{1420}{1 + K_d/E e}$$

Para tiempo de cierre crítico, su valor máximo en tér-
minos generales equivale a una atmósfera por cada 10 centímetros -
de velocidad inicial de flujo.

En la red de distribución el gasto se ramifica y el -
efecto del golpe de ariete se amortigua en forma tal que la sobre-
presión por este concepto es relativamente pequeña, pudiendo tomar
la la tubería por estar generalmente un tanto sobrada en cuanto a-
la presión interna que puede absorber.

Atraques.

La presión dentro de las tuberías, desarrolla empujes-
en ciertos puntos de ellas que afectan su estabilidad e imposibili-
tan su funcionamiento, no solamente bajo las cargas extraordina-
rias de las pruebas sino aún en las normales de trabajo.

Para soportarlos, se construyen dispositivos llamados-
atraques o anclajes de carácter temporal o definitivo, aquellos ge-
neralmente de madera y éstos de concreto, mediante los cuales se -
transmiten al terreno de acuerdo con su resistencia, ampliando la-
base cuando sea necesario para obtener una reacción equivalente.

Se colocan en la misma dirección y en sentido opuesto-
al empuje, en todos los puntos en que se verifique la condición de
1. Punta muerta (extremo ciego, tees, válvulas de compuerta o de -
retención) 2. Cambio de dirección (deflexiones horizontales y ver-
ticales) 3. Variaciones de sección (reducciones en la línea, en -
las piezas especiales) y se apoyarán contra terreno firme. (Figlo)

El anclaje en declives sólo es necesario cuando hay posibilidad de que el relleno resbale cuesta abajo arrastrando a la tubería. Generalmente en rellenos de tierra buena y seca, apisonada en capas de 10 centímetros desde abajo, hasta la parte superior de la cepa no se hace necesario. Donde exista posibilidad de deslizamiento, se colocarán anclas empotradas en terreno firme, cada tercer tramo.

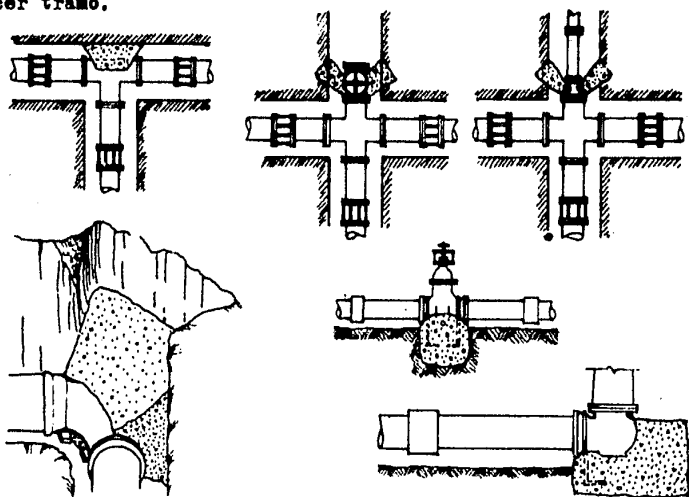


Fig. 10 Posiciones de atraques

En terrenos suaves y lodosos, se sostienen por medio de estacas clavadas en el piso o ligados a construcciones fijas situadas a los lados de la cepa. En las deflexiones verticales, se proporcionan con el peso suficiente para soportar por sí mismos el empuje; ya que el material de relleno puede carecer de adecuada compactación y por tanto, no tener conveniente resistencia. En las horizontales de poca magnitud, basta por lo general con la compactación por el lado exterior de la curva; mas si se hiciesen necesarios, deberán colocarse en los tubos, a 0.80 ó 1.0 metros de distancia de los extremos que concurren en la deflexión, pero no en el cople que debe quedar libre.

Los bloques de atraque se hacen por lo general de concreto y se colocan entre la conexión y la pared de la zanja. Es conveniente colarlos de manera que abarquen parte de la pared firme de la cepa ya que el material flojo no tiene resistencia.

La mezcla de concreto será de resistencia apropiada; - una mezcla típica consiste en una parte de cemento, dos de arena y cinco de grava, debiendo ser éstas últimas exentas de tierra y material orgánico.

En diámetros pequeños la construcción de los bloques - atraque horizontales, requiere la más simple de las formas. Se mezcla y cuela el concreto medianamente seco para facilitar la formación de un bloque piramidal con la base más ancha hacia la pared de la cepa. El concreto deberá quedar detrás de la campana de la conexión sin dejarse correr contra el cuerpo del tubo. (fig. 10). - Para la construcción de los bloques más grandes se hace necesario el empleo de formas, por los lados y encima, para dar el área requerida con el mínimo de concreto.

La presión o empuje que deben transmitir los atraques - se calcula como la composición del impulso F y la reacción R ejercidos sobre la superficie en cuestión.

El impulso es igual a la presión - námica y está dado por la expresión:

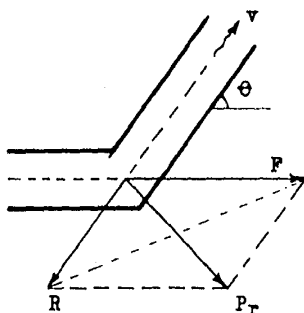
$$F = W \frac{v}{g}$$

por lo tanto:

$$P_r = 2 \sin \frac{\theta}{2} W \frac{v}{g}$$

cuya dirección queda determinada por la bisectriz del ángulo que forman la dirección del impulso y la dirección de la reacción.

En la expresión anterior:



P_r = presión dinámica resultante, en Kg.

θ = ángulo de la desviación

W = peso del agua, en Kg. ($W = wQ$)

v = velocidad del agua, en m/s. ($v = Q/A$)

g = aceleración de la gravedad, en m/s².

En la siguiente tabla se dan resistencias aproximadas de terrenos, para ser utilizadas en el cálculo de atraques cuando el espesor del relleno sobre el tubo excede a 60 centímetros,

Terreno	Carga de seguridad Kg/m ²
Lodo, turba (+)	0
Arcilla suave	2440
Arena	4880
Arena y grava	7320
Arena y grava cementadas con arcilla	9760
Pizarra	24400

(+) En lodo y terrenos flojos se reciben los atraques con estacas o varillas cruzadas a cimientos sólidos o removiendo el terreno flojo y reemplazándolo con materiales de resistencia su ficiente para soportar el empuje.

Hidrantes.

Con este nombre se conocen aquellas tomas de agua colocadas generalmente en las banquetas y conectadas a un sistema de alta presión, a fin de acoplar en ellas conexiones a un carro bomba o directamente mangueras para combatir incendios. Normalmente se planea cubrir con ellos áreas de aproximadamente 90 metros de radio; la presión mínima para el chorro del hidrante se fija en 35 metros, aumentando ésta de acuerdo a la importancia de la población o del distrito a que sirven.

Los hidrantes se hacen usualmente de hierro fundido — con superficies de bronce; poseen una válvula que se acciona desde el exterior y además en la conexión con el sistema de distribución, una válvula de compuerta; cuentan con un dispositivo para vaciar — el barril. Las cuerdas de las conexiones deben ser standard y estar protegidas mediante tapas fácilmente removibles. (Fig. 11)

La capacidad del hidrante varía de 1.9 a 3.8 m³/min. — (500 a 1000 gal/min.) y su dimensión se designa en términos de la abertura mínima del anillo de asiento de la válvula interior, debe ser cuando menos de 10, 12.5 y 15 cm. para dos, tres y cuatro chiflones de 7.5 cm. respectivamente.

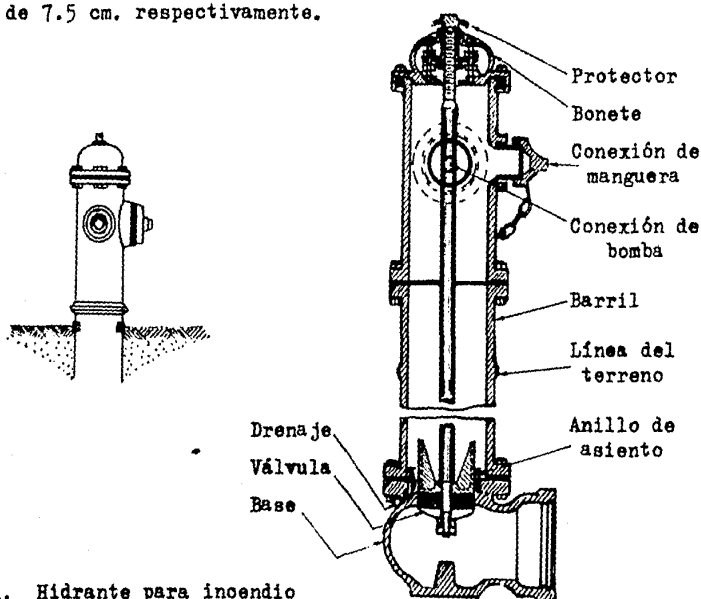


Fig. 11. Hidrante para incendio

Los hidrantes presentan un problema especial cuando se instalan en climas donde hiela. El hielo en el terreno causa una fuerte acción, hacia arriba que tiende a levantar el hidrante, imponiendo esfuerzos cortantes a la tubería que bajo condiciones se-

veras de temperatura pueden ser excesivos. Algunos fabricantes — dan forma cónica al cuerpo del hidrante a fin de que al helarse, — la tierra se desvíe a los lados y no tienda a levantarlo, pero tal disposición no es siempre efectiva.

Otra causa de esfuerzos anormales en los hidrantes es— debida al agua que se cuela por debajo de la base deslavando el te— rreno y dejándolo sin el apoyo debido. Una consideración más en — la instalación adecuada de ellos, es la apreciación de la fuerza — de volteo que se origina al usar las mangueras contra incendio de— tipo flexible. Dichas mangueras al funcionar causan esfuerzos de— flexión considerables en el tubo que va de la línea principal, al— hidrante.

Los problemas anteriores se reducen al mínimo con el — uso de cimientos de concreto del tipo que se muestra en la figura— 10. El cimiento se cuela alrededor de la base del hidrante des— pués de colocado en su posición. Con las varillas de anclaje embe— bidas en el concreto, como se ve en dicha figura, el bloque funcio— nará como: Atraque, retén o anclaje contra la expansión causada — por el hielo y como cimiento, que previene los deslaves originados por el agua de desperdicio descargada a través del drenaje del hi— drante.

Medidores.

Los medidores pueden ser del tipo desplazamiento y del tipo velocidad. Los primeros se usan para pequeños flujos, miden— su velocidad registrando el número de veces que se llena y vacía — un depósito de volumen conocido; los segundos miden la velocidad — del flujo que pasa a través de una sección de área conocida.

Los medidores más usados en los sistemas de distribu— ción son los de tipo desplazamiento, que pueden ser de disco reci— procante, rotatorio, oscilante o nutante, según el movimiento que— tenga dicho disco. Todos los medidores deben tener una malla y —

además ser auto-limpiantes, para impedir la acumulación de areniscas y otros detritus que atascan y desgastan las partes móviles. - En la selección de un medidor debe tomarse en cuenta: la precisión para medir y registrar tanto pequeños como grandes volúmenes, la capacidad con la mínima pérdida de carga, la durabilidad, robustez, facilidad de reparación, disponibilidad de piezas de repuesto y el precio. El tamaño del medidor está íntimamente relacionado con el diámetro de la tubería a la cual se va a colocar; existen tablas que dan los tamaños adecuados.

Tomas domiciliarias.

Tienen por objeto llevar el agua de la línea distribuidora al interior del predio (aplicación directa), varían en tamaño de acuerdo con las necesidades: desde diámetros pequeños para casas particulares, hasta grandes para usos industriales y de otros tipos.

Las tomas domiciliarias se hacen a base de tuberías de cobre, hierro galvanizado, plomo o de plástico. Comprenden: las llaves de inserción y de banqueta, la caja de banqueta, el cuadro y normalmente abrazaderas de hierro fundido o cobre con empaques de plomo o hule. Las llaves de inserción y de banqueta son de bronce y llevan en las bocas de conexión, tuercas de unión proporcionadas a la clase de tubo por emplear. La liga a los de cobre, plomo o plástico se hace mediante el abocardamiento del extremo, - que se comprime con la tuerca de unión; los de hierro galvanizado se unen por roscado.

La perforación en las tuberías de distribución, para alojar las llaves de inserción, se debe situar a 45° sobre el diámetro horizontal; se admiten hasta de 12.5 mm. (1/2 in.) en tubería de 76 mm. (3 in.), de 18.8 mm. (3/4 in.) en las de 100 y 150 mm. (4 y 6 in.) y de 25 mm. (1 in.) en las de diámetro mayor. Si se requieren más grandes, deben hacerse a base de varias pequeñas-

cuidando de espaciarlas a más de 30 centímetros y localizarlas alrededor del tubo sin que en ningún caso coincidan en la misma línea horizontal.

Para colocar la llave de inserción se pone la abrazadera con el empaque de hule o de plomo apretando debidamente los tornillos. Se perforan la abrazadera, empaque y tubo, se forma la rosca y de después de aplicar pintura o grafito en ella, se coloca la llave cuidando de que tome bien las cuerdas, apretando exclusivamente a mano. En el caso de tuberías de hierro fundido o de asbesto-cemento de formación laminar compactada, se puede prescindir de la abrazadera y efectuar la inserción directa, ya sea en seco o con la línea cargada empleando las máquinas Muller tipos B y J, especialmente diseñadas para uno u otro objeto. La máquina más comúnmente usada es la de tipo J, consiste en una silleta de hierro-fundido que se fija al tubo por un dispositivo de cadena; lleva hacia la parte superior una barra rectangular sobre la que corre un brazo, con un tornillo: guía y alimentador de la broca. Las máquinas del tipo B, que como se ha dicho están diseñadas para trabajar en líneas cargadas, constan de un recipiente vertical con dos cuerpos separados por una válvula de bisagra, accionada desde el exterior y de un tornillo portador de la herramienta de corte y roscado y posteriormente de la llave. Está provista de silletas de hule adecuadas a cada diámetro, sobre las que se coloca ligada al tubo con una cadena. Siempre que no se disponga de la máquina, herramienta o mano de obra especializada, las inserciones en tuberías de asbesto-cemento se deberán hacer mediante el uso de abrazaderas.

Las llaves de inserción se conectan a las de banqueta por un tubo de longitud algo mayor que la distancia entre ellas a efecto de formar una gaza que absorba los movimientos e impida se ejerzan sobre la inserción. La unión de la llave de banqueta al cuadro se hace el mismo tubo empleado en la primera fase. Ocasionalmente se inicia desde allí la parte rígida utilizando tubo de -

Diseño del sistema.

La propiedad de un sistema de distribución está determinada por las presiones que existen en sus diversos puntos bajo condiciones de operación. Por un lado las presiones deben ser suficientes para servir a los consumidores y satisfacer la demanda por fuego y, por el otro, las presiones que son innecesariamente altas, son demasiado costosas. Como más de la mitad y a menudo de dos terceras a tres cuartas partes del costo del abastecimiento de agua recae en el sistema de distribución, es esencial que sea diseñado económicamente.

No existe un método directo de diseño que proporcione el diámetro de las tuberías en cada calle; éstos deben suponerse y el sistema debe investigarse para las condiciones de presión que resulten de los requerimientos de la demanda, cambiando los diámetros si es necesario, hasta que se tengan condiciones satisfactorias.

Los factores que causan pérdidas de carga o presión son dependientes entre sí, incluyéndose el diámetro de la tubería, la velocidad del flujo y la fricción. Usualmente solo se consideran las pérdidas por fricción, si se desea tomar en cuenta las pérdidas menores (cambios de dirección, válvulas, etc.), conviene incluir sus efectos añadiendo una longitud adicional de tubería equivalente. Las pérdidas por fricción aumentan con el tiempo debido a la corrosión y depósitos que ocurren, por lo tanto, es necesario diseñar el sistema para las condiciones que tendrá al final de su vida económica.

El procedimiento de diseño, cuyos aspectos y etapas intermedias se tratan con detalle en la Segunda Parte, es el siguiente:

1. Trazar en el mapa de la población en estudio la red constituida por uno o varios circuitos, los cuales deberán ele

girirse de acuerdo a la topografía, las demandas y la densidad de población.

2. Fijar la dotación, de acuerdo a las características de la población; calcular la población futura o de proyecto y determinar los gastos: total instantáneo, específico y particular de cada tramo.

3. Fijar los diámetros de las tuberías, tomando en cuenta que éstos disminuyen a medida que se alejan del punto de alimentación: deben elegirse de tal forma que las pérdidas de carga no sean excesivas, procurando uniformizarlos en tramos considerables. Como índice en la elección del diámetro se puede recurrir a la expresión aproximada de Dupuit:

$$d = K \sqrt{Q}$$

en la que: K = coeficiente que varía de 1.1 a 1.5

d = diámetro en metros

Q = gasto en metros cúbicos por segundo

También puede determinarse en forma directa mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$d = 2 \sqrt{Q / \pi V}$$

asignando a la velocidad un valor entre 0.90 y 1.20 metros por segundo.

4. Calcular las presiones en varios puntos del sistema (los métodos empleados para ello se verán en el artículo siguiente), bajo condiciones críticas.

5. Localizar las válvulas y seleccionar las piezas especiales necesarias para formar los cruceros.

Métodos de análisis.

Los más empleados son los siguientes:

Método de las secciones.

Es un método aproximado, simple en su concepto y aplicación, ampliamente útil en vista de que sus limitaciones son conocidas y permitidas. Se usa para tener una comprobación rápida de los sistemas de distribución; el procedimiento empleado es como sigue:

1. Cortar la red mediante una serie de líneas, no necesariamente rectas o regularmente espaciadas, pero escogidas de acuerdo a la variación de los diámetros de las tuberías y las características de los distritos. Una primera serie puede escogerse correctamente de tal manera que corte las tuberías en ángulos rectos respecto a la dirección general de flujo, por ejemplo, perpendicular a la línea trazada a partir del conducto abastecedor hacia el distrito de alto valor. Las series posteriores pueden orientarse en alguna otra dirección crítica; si hay más de un conducto — abastecedor, las secciones pueden curvarse para interceptar el flujo de cada uno.

2. Estimar el agua que debe suministrarse a las áreas más allá de cada cada sección. Las estimaciones se basan en el conocimiento de la densidad de población y de las características generales de la zona: residencial, comercial e industrial. Los requerimientos de las aguas comprenden la demanda coincidente, normal, o demanda doméstica y la demanda por fuego. Mientras que el uso doméstico decrece progresivamente de sección a sección, a medida que la población es dejada atrás, la demanda por fuego permanece constante hasta que el distrito de alto valor se ha pasado, entonces cae hasta la cifra aplicable al tipo de área encontrada.

3. Estimar la capacidad del sistema de distribución — en cada sección en el lado opuesto de las tuberías; para esto:

- a) tabular el número de tuberías de cada diámetro que se cortan. Contar solamente aquellas tuberías que entregan agua —

en la dirección general del flujo que se estudia.

b) Determinar el gradiente medio hidráulico disponible o resistencia por fricción. Esto depende de la presión que debe mantenerse en el sistema y de la velocidad permitida en las tuberías.

4. En base a dicho gradiente hidráulico, determinar la capacidad de las tuberías existentes y sumárlas para obtener la capacidad total.

5. Calcular la deficiencia o faltante como la diferencia entre la capacidad requerida y la existente.

6. También en base al gradiente hidráulico anterior, seleccionar las tuberías que deben añadirse al sistema con objeto de contrarrestar el faltante. La remoción de las tuberías pequeñas existentes para dar lugar a conductos mayores debe tomarse en cuenta.

7. Determinar el diámetro de tubería equivalente a los sistemas reforzados y calcular la velocidad del flujo a través del sistema. Las velocidades excesivas y el peligroso golpe de ariete que las acompaña, deben evitarse, bajando el gradiente hidráulico si es necesario.

8. Comprobar los requerimientos de presión.

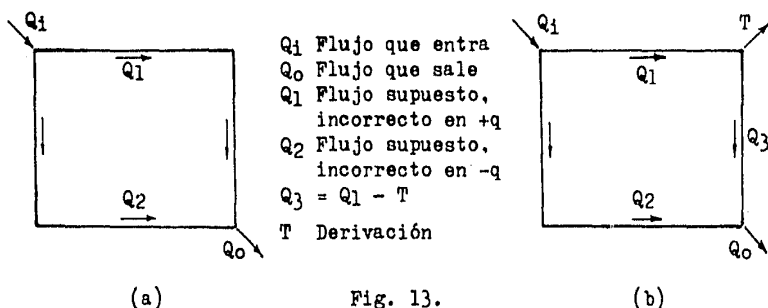
El método de las secciones es particularmente útil en el estudio de sistemas de distribución grandes y complicados, como una comprobación de otros métodos de análisis y como base de investigaciones subsecuentes por otros cálculos más exactos.

Método de Hardy Cross.

Este es un método de relajación mediante el cual se aplican correcciones sistemáticas a un grupo inicial de flujos supuestos o a uno de cargas supuestas, hasta balancear la red.

Compensación de cargas mediante la corrección de flujos supuestos,

La ecuación básica para la corrección de flujo en este método se deriva como sigue, de un estudio de las relaciones entre flujo y carga que deben obtenerse en una red simple de tuberías de longitud y diámetro conocidos y condiciones como las que se muestran en la figura:13(a):



El flujo de agua que entra Q_1 se divide entre las dos ramas de tal manera que el flujo que corre en el sentido de las manecillas de un reloj tiene un valor supuesto Q_1 y el que corre en sentido contrario un valor supuesto $Q_2 = Q_1 - Q_1$. El cálculo de la pérdida de carga en las dos ramas (Manning o Hazen y Williams) conducirá a una pérdida de carga H_1 debida al flujo Q_1 y una pérdida de carga H_2 debida al flujo Q_2 .

De acuerdo con una cualquiera de las fórmulas exponenciales comunmente usadas para el flujo de agua en tuberías, la pérdida de carga es $H = kQ^n$, en donde k es una constante para una tubería en particular y n es una constante para todas las tuberías. Si Q_1 y Q_2 han sido escogidos de tal manera que el sistema es hidráulicamente balanceado, $H_1 = k_1 Q_1^n$ debe ser igual a $H_2 = k_2 Q_2^n$, o sea: $H_1 - H_2 = 0$.

Si como es de esperarse, $H_1 - H_2 \neq 0$, los valores Q_1 y Q_2 inicialmente supuestos, son erróneos. Para Q_1 muy chico por una cantidad q , Q_2 debe ser muy grande por la misma cantidad q .

Haciendo las correcciones necesarias, los flujos verdaderos vienen a ser $Q_1' = (Q_1 + q)$ y $Q_2' = (Q_2 - q)$ y las pérdidas de carga asociadas vienen a ser H_1' y H_2' respectivamente, donde $H_1' - H_2' = 0$ porque las resistencias por fricción a través de ambas ramas es la misma. Se sigue que:

$$H_1' - H_2' = k_1 (Q_1 + q)^n - k_2 (Q_2 - q)^n = 0$$

Desarrollando los binomios:

$$k_1 (Q_1^n + nq Q_1^{n-1} + \dots) - k_2 (Q_2^n - nq Q_2^{n-1} + \dots) = 0$$

Si la primera estimación de distribución de flujo ha sido razonable, q será pequeña y los términos en el desarrollo — que incluyen potencias de q mayores de la unidad serán tan pequeñas que pueden despreciarse. Entonces podemos escribir:

$$k_1 Q_1^n + nk_1 q Q_1^{n-1} - k_2 Q_2^n + nk_2 q Q_2^{n-1} = 0$$

Pero $k_1 Q_1^n = H_1$ y $k_2 Q_2^n = H_2$; también $k_1 Q_1^{n-1} = k_1 Q_1^{n/Q_1} = H_1/Q_1$ y $k_2 Q_2^{n-1} = H_2/Q_2$. Con objeto de hacer las fórmulas algebraicamente consistentes, a Q_1 y Q_2 así como a H_1 y H_2 , se les dan signos positivo o negativo para el flujo en el sentido de las manecillas o en sentido contrario respectivamente. La substitución de las expresiones derivadas valúan la corrección de flujo necesaria, o más exactamente, la primera aproximación de la corrección de flujo:

$$q = - \frac{H_1 - H_2}{n (H_1/Q_1 + H_2/Q_2)}$$

Como el numerador del término del segundo miembro de — ésta ecuación representa la suma de las pérdidas de carga y su denominador es n veces la suma de las relaciones carga — flujo, — obtenemos como la ecuación básica para las correcciones de flujo — subsecuentes:

$$q = - \frac{\Sigma H}{n \Sigma H/Q}$$

en donde n es un coeficiente con valores 2.0 y 1.85 para Manning y Hazen y Williams respectivamente.

Se sigue de la derivación de la ecuación anterior que raramente una red es balanceada por una sola corrección. El número de correcciones que debe hacerse depende de la cercanía o exactitud de la primera suposición de distribución de flujos.

Si el flujo total a través de la red se cambia, la distribución de los flujos entre las tuberías individuales será cambiado en la misma proporción, debido a que los flujos de salida o derivación son también alterados en la misma relación.

Las pérdidas de carga que acompañan tales cambios varían como la 1.85 potencia (aprox. la 2a. potencia) de la relación del cambio.

Como se muestra en la figura 13(b), $Q_1 = Q_1 + Q_2$; si Q_1 se cambia a rQ_1 , donde r es la relación del flujo nuevo al viejo:

$$rQ_0 = rQ_1 + rQ_2 = r(Q_1 - T) + rQ_2, \quad o$$

$$rQ_0 = rQ_1 + rQ_2 - rT, \text{ como}$$

$$H_1 = k_1 Q_1^n \text{ y } H_1' = k_1 (rQ_1)^n,$$

$$H_1'/H_1 = r^n \quad (n = 1.85 \text{ ó } 2.0)$$

Compensación de flujos mediante la corrección de cargas supuestas.

Como señaló Hardy Cross, el método de balanceamiento de cargas es directamente aplicable cuando las cantidades de agua que entran y salen de la red son conocidas. cuando las cantidades son desconocidas y hay varias tomas, la distribución de flujo entre ellas puede determinarse por un método de balanceamiento de flujos. En éste, las cargas en las tomas y salidas deben ser conocidas. Las cargas en los cruceros y asociados, entre cruceros y las pérdidas por fricción son entonces supuestas, haciendo uso del

hecho de que la suma de los flujos en el crucero debe ser nula si los flujos hacia el crucero y hacia fuera de él se les dan signos opuestos.

Para cualquier tubería, la carga supuesta es $H = kQ^n$ y la carga corregida viene a ser:

$$H + h = k (Q + q)^n = k (Q^n + nqQ^{n-1} + \dots)$$

En donde h es la corrección de carga necesaria. Sustituyendo H por kQ^n , H/Q por kQ^{n-1} y despreciando los términos en el desarrollo que incluyen potencias de q mayores de la unidad, encontramos entonces las correcciones por carga y flujo:

$$h = nq (H/Q) \quad \text{y} \quad q = (h/n) (Q/H)$$

En cada crucero, excepto en los de entrada y salida en los cuales el flujo de y hacia el crucero es suministrado solamente por la salida o entrada respectivamente, la suma de los flujos corregidos debe ser cero, por ejemplo:

$$\sum (Q + q) = 0 \quad \text{o} \quad \sum Q = - \sum q$$

pero, como $\sum q = \frac{h}{n} \sum \frac{Q}{H}$ el flujo sin balancear viene a ser:

$$\sum Q = - \frac{h}{n} \sum \frac{Q}{H} \quad \text{y entonces:}$$

$$h = - \frac{n \sum Q}{\sum Q/H}$$

La aplicación sistemática de las ecuaciones obtenidas en los métodos anteriores permite la solución de redes complejas mediante el uso de un nomograma de la fórmula de Hazen-Williams o de Manning y por los simples procesos aritméticos de suma, resta, multiplicación y división.

Las correcciones q y h son solamente aproximadas; después de que han sido aplicadas una vez a los flujos supuestos, la red estará más cerca del balance. El proceso de corrección puede ser repetido tan a menudo como sea necesario para perfeccionar las operaciones de compensación. El trabajo involucrado es sencillo,-

pero se facilita grandemente mediante un plan satisfactorio de contabilidad tal como el usado para el desarrollo del proyecto motivo de esta Tesis.

A pesar de la simplicidad del sistema una red no puede resolverse convenientemente por métodos algebraicos, porque generalmente contienen componentes hidráulicos que interfieren, por ejemplo: curvas de paso o de arco o tubería que opera en más de un circuito y una serie de derivaciones que representan el agua usada a lo largo del eje de la tubería, flujos para fuego sacados a través de hidrantes, o suministros a circuitos vecinos.

No es necesario aplicar el método de Cross a una red - como un todo, se puede obtener gran información más simple y rápidamente si el método se usa para balancear porciones del sistema - que estén en progresión.

Método de las tuberías equivalentes.

Mediante éste método, un sistema complejo de tuberías es reemplazado por una sola línea de capacidad equivalente. El método no puede ser aplicado directamente a un sistema de tuberías - que contengan tuberías que operen en más de un circuito. Sin embargo, frecuentemente es posible, obtener una útil información mediante una esqueletización juiciosa del sistema, sobre la cantidad y presión de agua disponible en puntos importantes de la red. Al reducir el sistema a un esqueleto trabajable, el calculista puede guiarse por el hecho de que las siguientes tuberías contribuyen poco al flujo: Tuberías pequeñas, 152 mm (6") y menos en la mayoría de los sistemas y tan grandes como 203 ó 254 mm. (8 ó 10") en los sistemas más extensos; y tuberías en ángulo recto a la dirección - del flujo para las cuales no se establecen diferencias de presión apreciables entre sus uniones (cruceos) con el sistema. El método es útil para simplificar redes que van a ser analizadas por el método de Cross, ya que en la mayoría de ellas hay a menudo combi-

naciones de tuberías que pueden ser reemplazadas por tuberías hidráulicamente equivalentes; reduciendo el número de unidades que deben manejarse en el método de Hardy Cross.

Este método al igual que el de Cross, hace uso de dos axiomas hidráulicos: (1) la pérdida de carga debida al flujo de una cantidad dada de agua a través de tuberías en serie, es acumulativa; (2) las cantidades de agua que fluyen a través de tuberías en paralelo deben ser tales que la pérdida de carga a través de cada línea es la misma.

Sin importar cuales hayan sido las suposiciones originales para cantidad, diámetro y pérdida de carga, la tubería equivalente calculada siempre se comportará hidráulicamente de la misma manera que la red que reemplaza.

Otros métodos de análisis.

Hay varios métodos para el estudio de la hidráulica de redes, entre ellos debe mencionarse en particular el método gráfico de Freeman ampliado por Howland y el uso de analizadores eléctricos. Camp y Hazen construyeron el primer analizador eléctrico diseñado específicamente para el análisis de sistemas de distribución de agua. Mc Ilroy ha continuado este acercamiento al análisis de redes y ha desarrollado un analizador que es manufacturado comercialmente.

Pruebas del sistema.

El objeto de las pruebas es asegurarse de que la tubería fué correctamente manejada en todos los aspectos de embarque, traslado, almacenaje, colocación, relleno, etc., traducibles en buen estado, carencia de daños y consecuentemente en hermeticidad.

Para realizarlas es necesario que la instalación esté totalmente terminada: la tubería bien enchufada, checada la posición de las gomas con el escantillón, perfectamente recibida con-

el material y en la forma aconsejados, con los dispositivos de atraque en los extremos y en los cambios de dirección bien firmes y con el relleno sobre el tubo del espesor y compactación debidos.

En previsión de acumulación de errores, se aconseja hacer las pruebas a medida que la obra avanza, en tramos no mayores de 400 metros. El cierre del extremo se hace por medio de una extremidad de hierro fundido con tapa ciega, de una junta gibault — con comal o bien con una tapa hecha de un cople biflex que por poder usarse repetidamente, conviene preparar con la conexión para el llenado, o el desfogue o la colocación del manómetro.

Dados los grandes empujes que se originan durante las pruebas es necesario soportar los extremos en forma que las resistan. Se consigue mediante la construcción de obras temporales, generalmente de madera, con suficiente área de apoyo para transmitir los al terreno de acuerdo con su resistencia.

Equipo para pruebas. Consiste en una bomba de émbolo accionada a mano o con motor de combustión interna, provista de — válvulas de retención y con dispositivos para medir la presión y el gasto y puesto que no es necesaria sino para expulsar el aire dentro de la tubería, compensar las fugas o pérdidas de agua y proporcionar la presión necesaria, no es indispensable que sea de gran capacidad. Se utilizan generalmente del modelo que se ilustra, de fabricación nacional (fig. 14). El manómetro debe ser de capacidad apropiada a la prueba, graduado en Kg/cm^2 y con suficiente amplitud para apreciar fracciones de por lo menos una quinta parte o $0.200 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ y en cuanto al contador será de diámetro adecuado al gasto requerido y perfectamente revisado para que acuse medidas reales.

Cuando no se dispone de contador, se utiliza un recipiente en el que se pueda determinar fácilmente las dimensiones y por tanto calcular el agua inyectada.

Las válvulas de retención tienen por objeto evitar el regreso del agua y por tanto la apreciación de resultados falsos.-

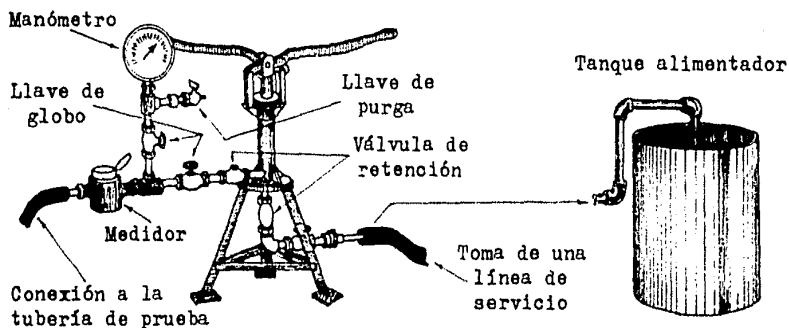


Fig. 14. Equipo para pruebas

La línea debe llenarse anticipadamente a las pruebas, con no menos de 24 horas para dar lugar a la absorción del agua — por el material. La introducción puede hacerse por las inserciones para los dispositivos de desfogue, por conexiones hechas expreso o por las preparadas en el cople si se ha improvisado el aconsejado con anterioridad. En todo caso se desalojará el aire del interior por las válvulas que se colocarán con ese objeto en las partes altas de las líneas quebradas o a intervalos regulares en aquellas sensiblemente a nivel, o emplear las exigidas por el funcionamiento de la línea.

Prueba de presión.

Tiene por objeto determinar si la línea soportará la carga normal de trabajo y dentro de un margen razonable, las sobrepresiones accidentales a que estará sujeta durante su funcionamiento, originadas principalmente por los golpes de ariete, por aire dentro del tubo, etc., aún cuando todos estos fenómenos deben prevenirse, con la colocación de dispositivos de alivio, de arranque-

y suspensión lenta del bombeo, de purga de aire, etc.

Los aparatos de medición se colocan en las partes bajas de la línea para apreciar la carga máxima puesto que de lo contrario la presión registrada sería menor.

Se aconseja hacerlas con 3.5 Kg/cm^2 (50 psi) arriba de la presión de trabajo con lo que queda asegurada ampliamente su resistencia; las pruebas en campo no tienen más objeto que localizar y apreciar los defectos de instalación y los posibles daños en el transporte. Excederlas con el aumento de presión no mejora las condiciones de funcionamiento y sí en cambio puede dar lugar a sobre-fatigas de los materiales constitutivos del sistema; tubería, piezas especiales, preparaciones de tomas domiciliarias y de dispositivos de prueba, de atraques, etc., con aparición de fallas incipientes, que pueden ser el principio de la falla definitiva bajo la acción del trabajo normal.

Por otra parte y supuesto que el área del atraque y el relleno se calculan en función de la presión y de la resistencia y peso del terreno y de que éstos no varían, el aumento en la presión requerirá ampliación de la sección o profundización de la ceba, respectivamente, en perjuicio de la economía de la obra, o de otro modo, se manifestará en desplazamientos horizontales y verticales que afectan totalmente la instalación.

A continuación se presenta una tabla con las presiones aconsejables para distintas clases de tubería de asbesto-cemento:

C l a s e de la tubería	P r e s i o n e s					
	de trabajo		de prueba			
			en fábrica		en obra	
	K/C ²	PSI	K/C ²	PSI	K/C ²	PSI
A-5	5	75	17.5	250	8.5	125
A-7	7	100	24.5	350	10.5	150
A-10	10	150	35.0	500	13.5	200
A-14	14	200	49.0	700	17.5	250

Prueba de Impermeabilidad.

Su objeto es comprobar la impermeabilidad de la instalación, comprendiendo las juntas y las conexiones. Se desarrolla bajo la aplicación de la misma carga y bajo iguales procedimientos procurando mantenerla tan constante como sea posible para evitar - falsas apreciaciones como pudiera suceder en el caso de que hubiera aire encerrado cuando una presión mayor las haría aparecer más grandes, dado que el aire se comprimiría y una menor, dado que el aire se expandiría.

Se entiende por fugas la cantidad de agua que es necesario introducir en la línea para mantener la presión de prueba o bien que habrá de inyectarse después de transcurrido el tiempo de ella, para volverla a la presión inicial.

En la siguiente tabla se indican las fugas permisibles para las diferentes presiones:

Presión de Prueba		Fugas permisibles en lt. por cm. de diámetro por Km. de tubería y por hora.
KGS/CM ²	LBS/PG ²	
10.5	150	3.875
8.5	125	3.542
7	100	3.166
5	75	2.708
3.5	50	2.250

Tanque de regulación.

Como se mencionó en el capítulo anterior, el caudal - disponible y el consumo solo coinciden de ordinario durante una - parte del día, en intervalos más breves, la alimentación y la demanda, no se corresponden. De ahí que en un punto adecuado de la red de distribución sea preciso construir un depósito que asegure la compensación durante el día, de manera que suministre el agua -

indispensable cuando el consumo lo exija y almacene lo sobrante en horas de poco consumo. Un depósito construido con dicho fin recibe el nombre de tanque de regulación, e hidráulicamente se considera como parte del sistema de distribución.

Para determinar la capacidad del depósito necesaria para la compensación, es preciso ante todo disponer de datos seguros acerca de la variación del consumo durante el día máximo y precisar si el caudal fluye continua y uniformemente durante el día o solo durante un cierto número de horas.

Para fijar el régimen de demandas se requiere determinar a partir de mediciones pasadas del flujo, la extracción durante cada hora del día y de la noche para los días de máximo, medio y mínimo consumo. Obtener las extracciones acumulativas y verterlos datos en una gráfica (alimentación y demanda contra tiempo) en donde a la vez se ha representado la alimentación correspondiente.

También es posible fijar el régimen a partir de datos de las demandas horarias de algunas poblaciones similares a la de proyecto y asimilarlos a la población en estudio, sin embargo en nuestro medio es un tanto difícil lograrlo debido a la carencia de datos estadísticos de este tipo.

Siendo realmente complejo el estudio de las oscilaciones en la demanda de agua durante las diferentes horas del día y por tanto difícil de predecir con precisión, se ha tratado de resolver el problema en forma aproximada de acuerdo con valores asignados para la demanda horaria fijados por distintas instituciones, por ejemplo los del Banco Nacional Hipotecario.

En ellos se expresan las demandas en las diferentes horas del día como porcentaje del consumo medio del día máximo y se tienen las diferencias entre ellas y la capacidad (en porcentaje) del equipo de bombeo. La suma, en valor absoluto de los máximos valores (positivo y negativo) de las diferencias acumuladas, multiplicada por el gasto de bombeo, proporciona la capacidad del tan-

que de regulación. El análisis se efectúa para 24, 20, 16, 12 y 8 - horas de bombeo para capacidades de dicho equipo de 100, 120, 150, 200 y 300% respectivamente; obteniéndose una serie de soluciones - de las cuales debe escogerse, como en todos los problemas de ingeniería, aquella que proporcione la combinación más económica.

Al elegir el punto de ubicación del depósito, es preciso atender a la red de distribución procurando obtener la máxima - uniformidad de presiones en la zona abastecida; ésto se logra situando el depósito en el baricentro de la misma, aunque las circunstancias locales impiden, las más de las veces, cumplir exactamente este requisito.

Cuando no existen elevaciones apropiadas en o en las - cercanías de la población, se recurre al empleo de tanques elevados, cuya altura depende de las cargas necesarias en los diferentes puntos de la red. El número de unidades aconsejables es dos; cuando se usa uno, hay que diseñarlo con dos compartimentos con el objeto de efectuar fácilmente la limpieza.

SEGUNDA PARTE

I

CONSIDERACIONES GENERALES

El Estado de Tabasco se localiza en la región sureste de la República Mexicana, entre los $17^{\circ}15'$ y $18^{\circ}40'$ de latitud norte y los $90^{\circ}59'$ y $94^{\circ}06'$ de longitud oeste del Meridiano de Greenwich.

Los límites de la entidad son: al norte, el Golfo de México; al norte y noroeste, el Estado de Campeche; al este y sureste la República de Guatemala; al sur, el Estado de Chiapas y al oeste y suroeste, el de Veracruz.

Su suelo se compone casi en su totalidad de llanuras - formadas por el acarreo de ríos, principalmente de arena y arcilla y se extienden desde el norte de las montañas Chiapanecas hasta el Golfo de México. Las rocas que aparecen en la superficie corresponden al plioceno, excepto en algunas partes del sur de Macuspana, entre el río del mismo nombre y las montañas septentrionales de Chiapas, en donde se presentan rocas calizas y areniscas que forman numerosos cerros de poca elevación.

A través de 110 km., se extiende el litoral de Tabasco que presenta una inclinación de noreste a suroeste. En este litoral se encuentran las barras de algunos ríos, entre las que se distinguen, las del río San Pedro y San Pablo, ramal del caudaloso Usumacinta y la boca-barra de Alvaro Obregón, perteneciente al río Grijalva. la cual presenta dos canales que facilitan la navegación fluvial entre Puerto Alvaro Obregón y la Ciudad de Villahermosa.

El sistema hidrográfico de Tabasco se forma básicamente por los ríos Grijalva y Usumacinta y puede decirse que esta red

fluvial es de las más amplias y completas de la República y de las mejor aprovechadas con fines agrícolas y de comunicación.

Las lluvias que nutren al Usumacinta, al Grijalva y al Tancochapa o Tonálá, son muy abundantes. Por otra parte, la amplia distribución de las vías fluviales y las lluvias torrenciales que caen en la mayor parte del año, convierten las llanuras en lagunas de poca importancia, pero de gran extensión. Cuando las lluvias son escasas, se forman en ellas peligrosas zonas pantanosas.

El clima de la entidad es cálido, ligeramente modificado en las zonas altas. Según la clasificación de De Martonne corresponde al ecuatorial (semejante al Guineo) y según C.W. Thornthwaite, se identifica con el lluvioso tropical y de lluvia adecuada en todas las estaciones.

Políticamente la entidad Tabasqueña está dividida en 17 municipios: Balancán, Cárdenas, Centla, Centro, Comalcalco, Cunduacán, Emiliano Zapata, Huimanguillo, Jalapa, Jalpa, Jonuta, Macuspana, Paraíso, Nacajuca, Tacotalpa, Teapa y Tenosique.

Ciudad de Villahermosa.

En el Municipio de Centro, a 10 metros sobre el nivel del mar y en los $17^{\circ}59'15''$ de latitud norte y $92^{\circ}55'00''$ de longitud oeste, se encuentra la Ciudad de Villahermosa, cabecera de tal municipio y capital del Estado de Tabasco.

Está situada en la margen izquierda del río Grijalva, en una planicie pantanosa desprovista de promontorios de consideración.

Las poblaciones más importantes que se encuentran cerca son: Al sur, Teapa, a una distancia de 60 Km., al oeste la población de Cárdenas a 50 Km., el puerto de Frontera se encuentra al Norte distante 72 Km., y al sureste a 54 Km.. Macuspana.

Fundación.

Fué fundada por los Españoles en el año de 1598, con el nombre de Villa Felipe II; conociéndosele después como San Juan Bautista. Por decreto del Congreso Constitucional del Estado Libre y Soberano de Tabasco, siendo Presidente Don Narciso Santamaria, se le dió el nombre de Villahermosa y como era el lugar de residencia de las autoridades, se le consideró Capital del Estado.

Evolución de la Ciudad.

El aislamiento de esta región con el resto de la República, aunado con el desbordamiento de los ríos de la zona, ha sido un factor muy importante que justifica el estancamiento económico de la misma; los fuertes vientos que en numerosas ocasiones han derribado las plantaciones de plátano, han contribuido para que — hasta hace apenas una década y media haya permanecido al margen — del adelanto general del país.

Aspecto de la Ciudad.

Es un espectáculo común los barcos, cargados con plátano y otros productos de la región, que surcan las aguas del Golfo. Cada suburbio ofrece una hermosa vista de verdadero ambiente tropical, enmarcado por un macizo de vegetación exuberante punteada por abigarradas flores de formas extrañas.

Sus calles están pavimentadas y la distribución de las mismas es irregular, en la actualidad ha sufrido una transformación notable debido a la construcción de parques y fuentes de ornato como el parque García y la fuente de los niños traviesos, así mismo la construcción de grandes avenidas y boulevares iluminados con luz mercurial, contrastando ésto con su interesante Catedral — que data del año 1614.

Vías de comunicación.

Carreteras. En el Estado solo existen dos completamente pavimentadas, la que une a Villahermosa con la población de Teapa y la carretera Circuito del Golfo que la une con la Capital de la República, estando terminados los puentes de los ríos Coatzacoalcos, Tonalá, Samaria y Nuevo Mezcalapa. Cuenta además con caminos revestidos que la comunican con las poblaciones de: Frontera Comcalco, Huimanguillo, Cárdenas y Macuspana, siendo transitables en todo tiempo.

Vías férreas. La única línea de comunicación férrea con que cuenta el Estado es la del Ferrocarril del Sureste, el cual proporciona un impulso al desarrollo económico y social de sus habitantes; pasa a 60 Km. de la ciudad de Villahermosa: 55 Km. a la población de Teapa y 5 Km. a la Estación Morelia.

Rutas Aéreas. Villahermosa está comunicada con la Capital de la República mediante los vuelos diarios que efectúa la Cia. Mexicana de Aviación, haciendo escala en Minatitlán y Veracruz; teniendo también vuelos a Ciudad del Carmen, Mérida y Chetumal. La Cia. Tabasqueña de Aviación, comunica todo el Estado y poblaciones circunvecinas.

Vías fluviales. Embarcaciones que no desplazan más de 40 toneladas mueven pasaje y carga entre Villahermosa y el puerto de Frontera. Todos los poblados que están en las riberas del río Grijalva y sus afluentes son comunicados por medio de lanchas rápidas.

Actividades económicas.

Villahermosa, puerto fluvial de gran actividad, es el centro comercial más importante de la entidad. El comercio se puede considerar como el principal renglón de su economía, siguiéndole

le en importancia la ganadería y la agricultura; sus principales productos son el cacao, el plátano, la copra y el corazo.

Enfermedades.

Hasta hace menos de diez años la enfermedad que hacía mayores estragos en la población era el paludismo siguiéndole en importancia la gastroenteritis y la colitis en conjunción con las enfermedades de la primera infancia.

Con las medidas tomadas por el Gobierno Federal desde 1952 en su campaña de erradicación de la malaria han disminuido grandemente, pudiendo decirse que el paludismo casi no existe; además con el mejoramiento de la calidad del agua que se entrega a los habitantes, las enfermedades de origen hídrico han disminuido.

Clima.

Al igual que el resto de la entidad, el clima de Villa hermosa es cálido.

Número de habitantes.

De acuerdo al octavo censo efectuado en 1960 por la Dirección General de Estadística, dependiente de la Sria. de Industria y Comercio, la población de la ciudad de Villahermosa es de 52,262 habitantes; siendo 27,184 mujeres y 25,078 hombres.

Servicios.

La ciudad cuenta con servicios de agua potable, alcantarillado, correos, telégrafo, express, teléfono y radio; además con servicio de energía eléctrica y de limpia.

Historia del Abastecimiento de Agua Potable. En el año de 1895 el Sr. Romano (italiano) consiguió del Ayuntamiento una concesión para explotar un Sistema de Abastecimiento de Agua -

en esta ciudad y fué tendida una línea de distribución en calles centrales de la misma. Se montó un equipo consistente en un motor de vapor que utilizaba carbón vegetal y leña como combustible y accionaba una bomba horizontal de tres pistones, la cual bombeaba el agua del río Grijalva hacia un tanque de mampostería situado en una pequeña elevación (donde en la actualidad se encuentra el Panteón Municipal) a partir del cual el agua se distribuía por gravedad. En el año de 1908 se ampliaron los edificios y se instalaron dos motores marca Otto, de gas pobre y de 150 HP. con los cuales se proporcionaba energía eléctrica a la ciudad además del servicio de agua; en el mismo año se instalaron dos bombas marca Wilpert de 4000 lt/min., accionadas por motores eléctricos de 60 HP.-

Las instalaciones antes descritas pasaron a manos del Municipio del Centro en el año de 1916 y la única modificación que sufrió el sistema fué que se suprimió el tanque de almacenamiento, bombeándose directamente a la red.

En el año de 1939 el Ayuntamiento entregó las instalaciones de este sistema a una Cooperativa formada por los mismos trabajadores, manejándolas hasta el año de 1945, fecha en que pasaron a manos de la Comisión Federal de Electricidad, la cual controló el servicio hasta el mes de noviembre de 1948 en que fueron entregadas todas las instalaciones a la Secretaría de Recursos Hidráulicos. Dicha Secretaría, como se verá en el tercer capítulo, substituyó en 1959 todas esas instalaciones por un moderno Sistema de Abastecimiento.

Alcantarillado. Las aguas negras de la ciudad son descargadas aguas abajo y sobre la margen izquierda del río Grijalva. Debido a la poca elevación con respecto al río, es necesario bombearlas durante los meses de mayo a enero. Existen cuatro estaciones de bombeo: una de aguas negras (cárcamo N-E), dos de aguas negras y pluviales (cárcamos Central y de la Pólvora) y una de aguas

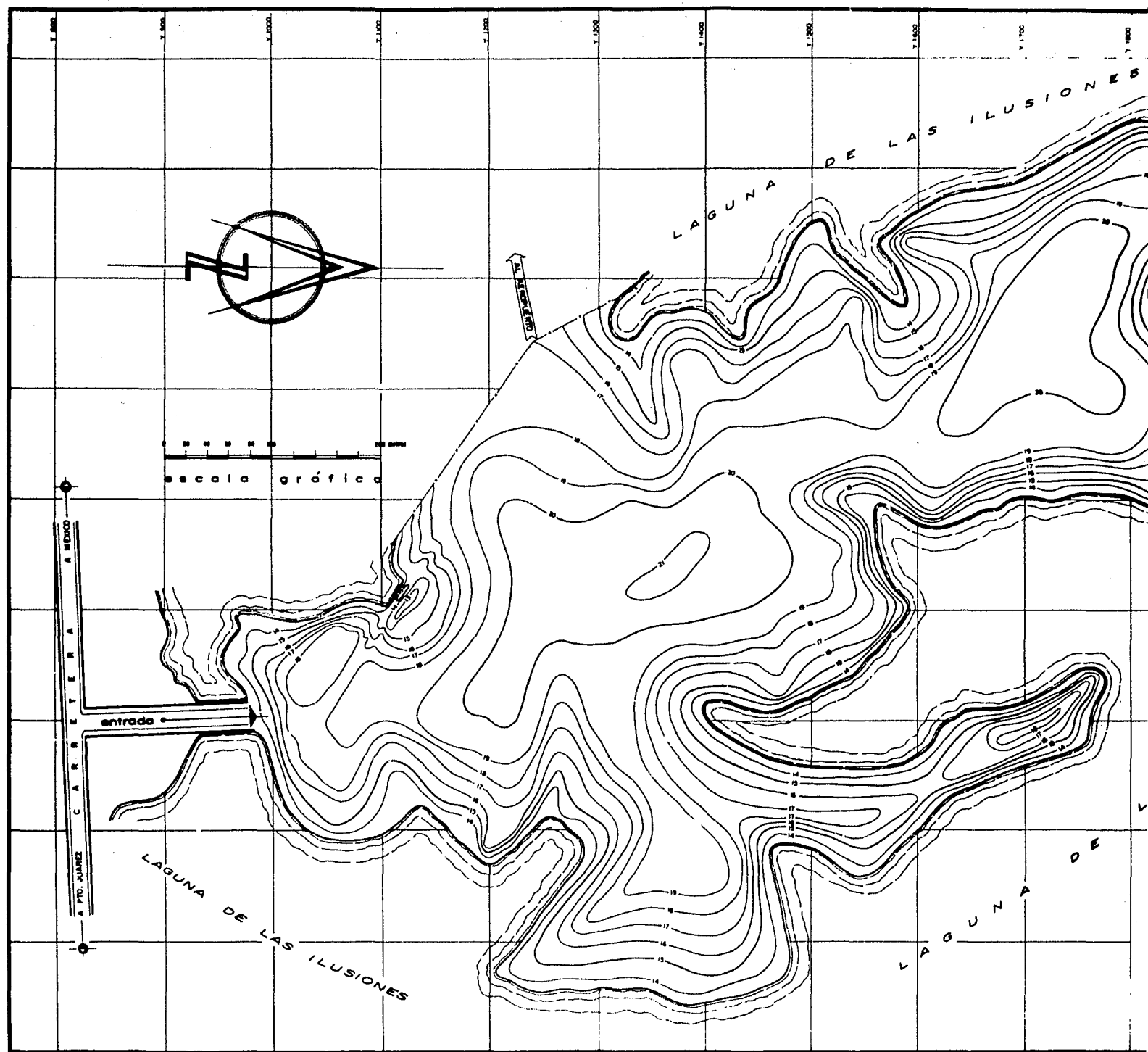
pluviales (cárcamo del Negro). Todas estas estaciones fueron cons-
truidas, montadas y están siendo operadas por la Secretaría de Re-
cursos Hidráulicos.

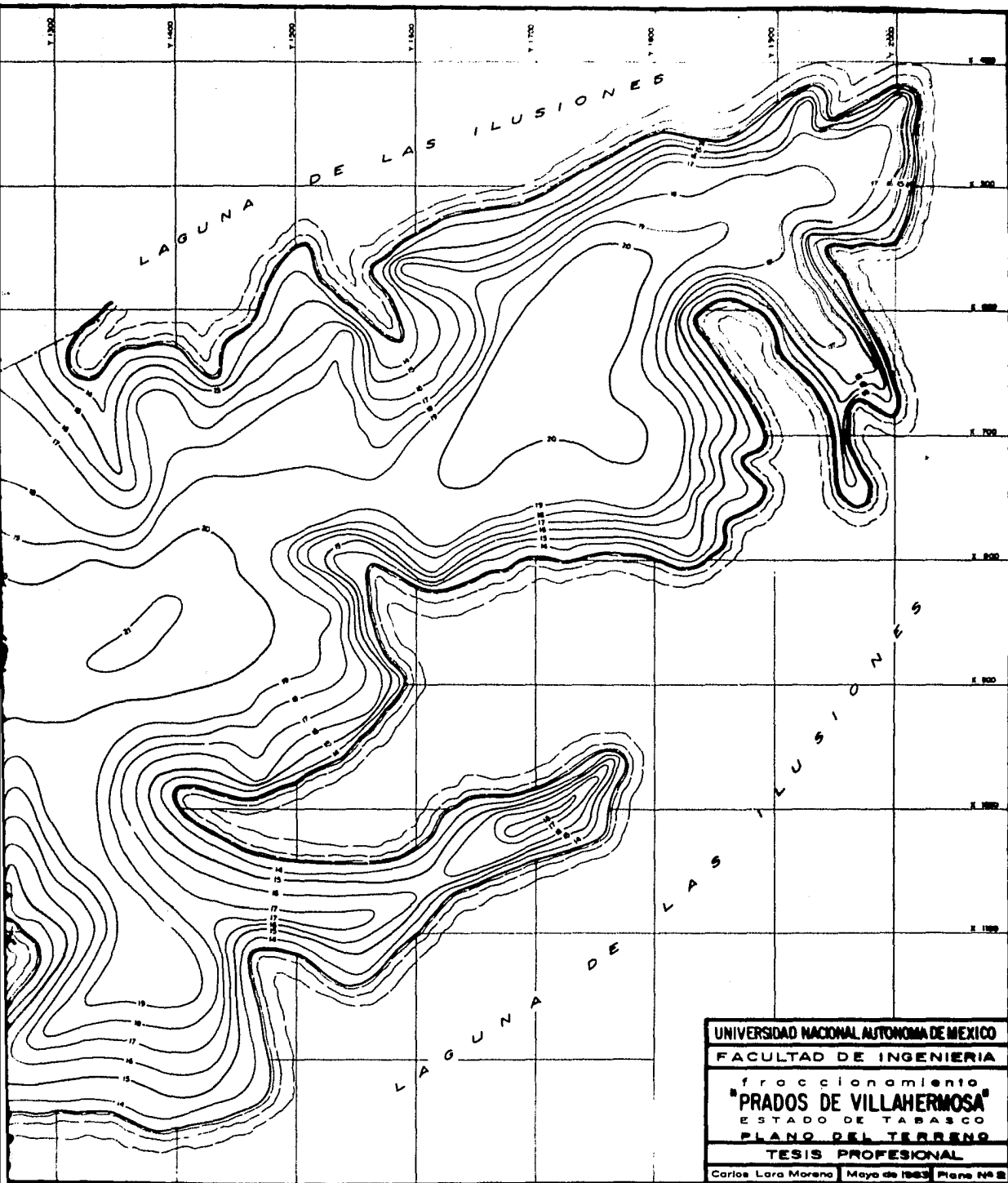
Fraccionamiento "Prados de Villahermosa".

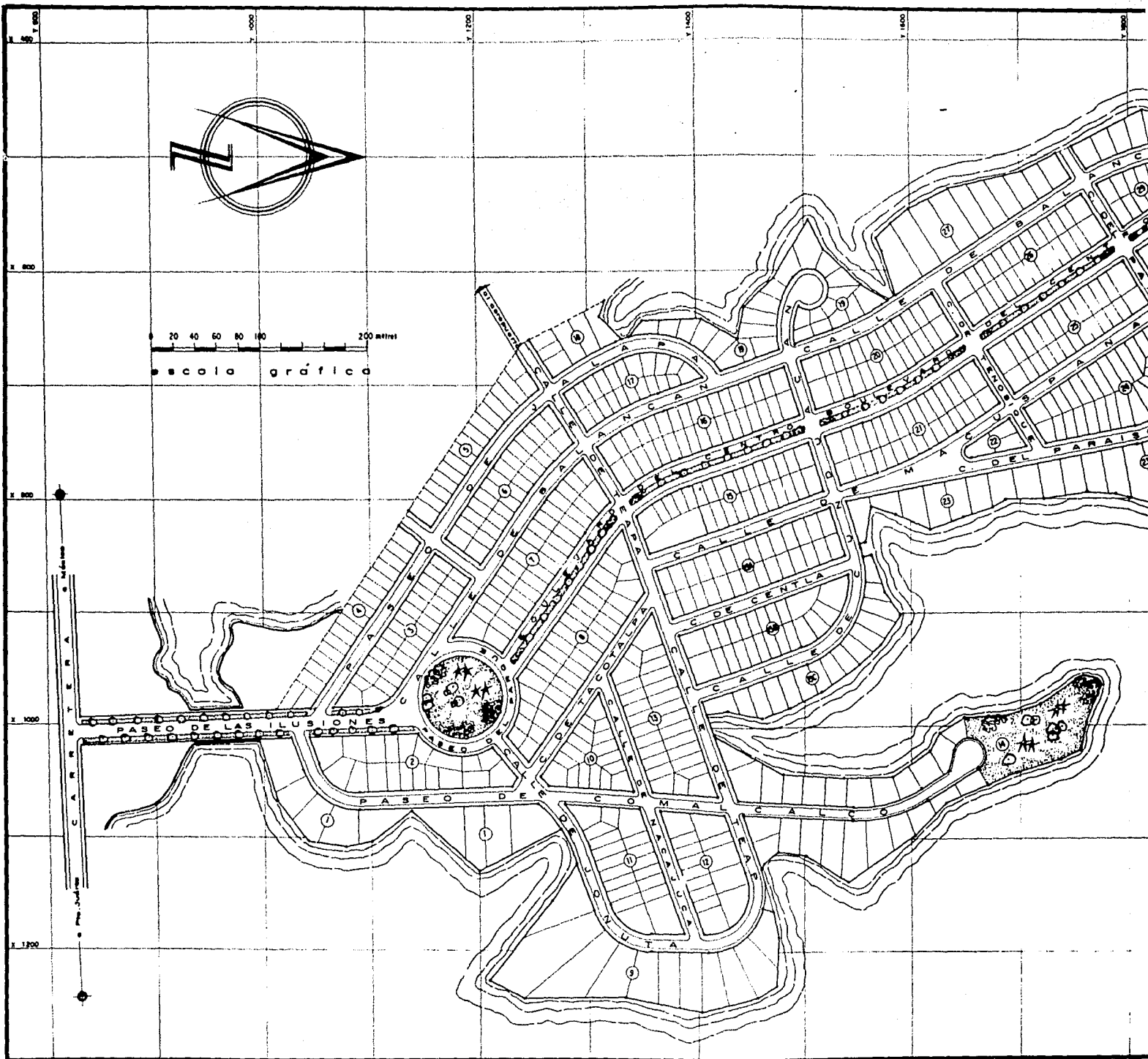
Al noroeste de la ciudad de Villahermosa y limitado en
gran parte por dos brazos de la Laguna de las Ilusiones, se cons-
truye el Fraccionamiento al cual se le nombró "Prados de Villaher-
mosa".

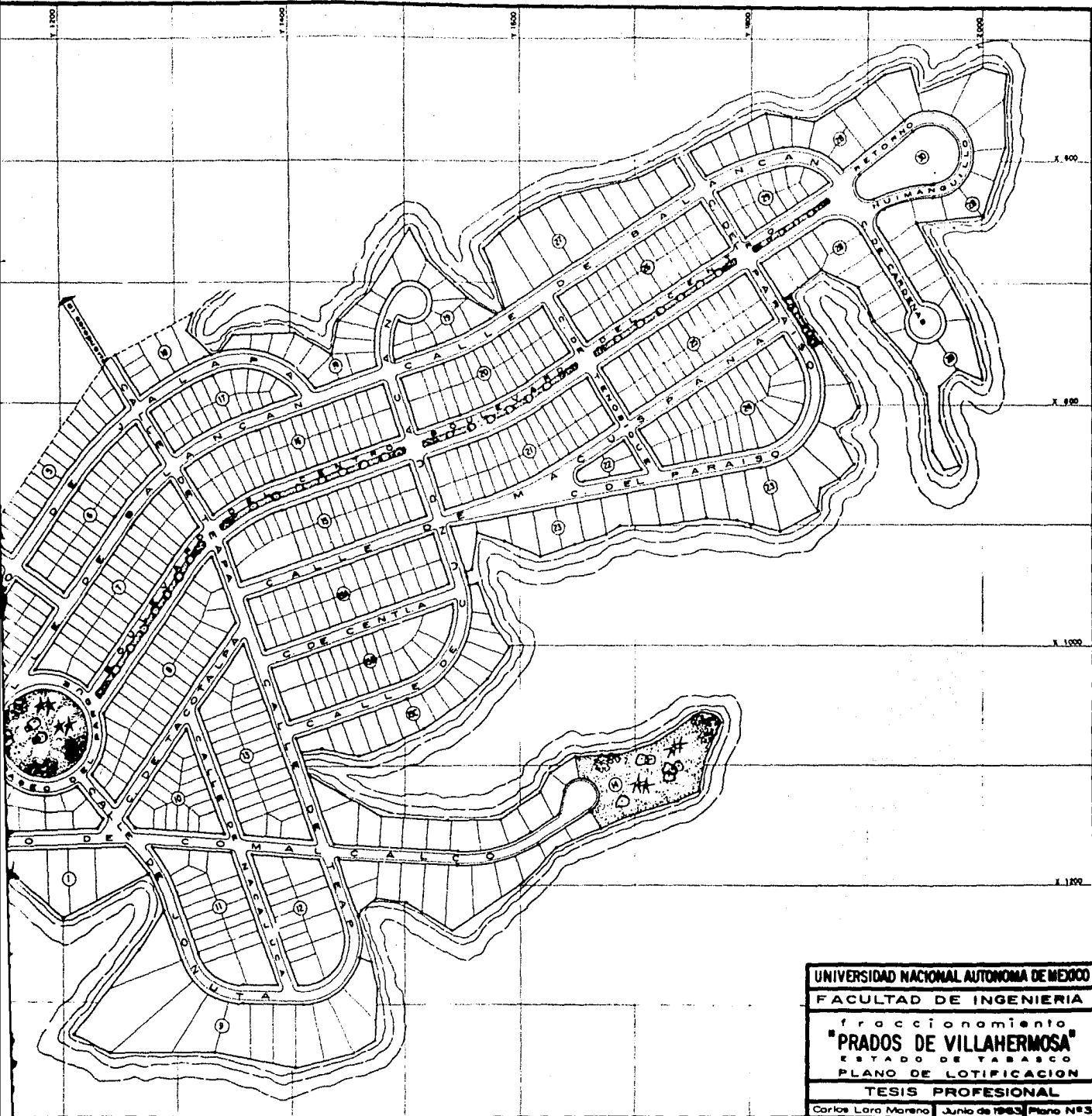
Su extensión es de 42 hectáreas y su categoría será re-
sidencial. La localización, topografía y lotificación del Fraccio-
namiento se marcan respectivamente en planos números 1, 2 y 3.











UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

fraccionamiento

"PRADOS DE VILLAHERMOSA"

ESTADO DE TABASCO

PLANO DE LOTIFICACION

TESIS PROFESIONAL

Carlos Lara Moreno Junio de 1963 Plano N° 3

II

ESTUDIOS

Proyecto.

La condición de economía y tiempo mínimo de ejecución en toda obra, obliga a una organización adecuada cuya magnitud es función directa de la naturaleza, tamaño y clase de la obra. Por organización de una obra debemos entender la selección material y humana que facilita su ejecución pronta y económica. Toda obra necesita la formulación o redacción previa de un proyecto, cuya elaboración requiere generalmente las siguientes etapas:

Estudios previos. Tienen por objeto el estudio ligero de la posible construcción de la obra y de las exigencias del programa. Para ello se requiere: una exposición de los servicios o finalidad que se persigue o ha de llenar la obra, sin olvidar las normas y reglamentos dictados por el Estado; la recolección del máximo de datos que permitan conocer los problemas que se pueden presentar, la forma de resolverlos, así también los necesarios para estimar el costo aproximado de la obra.

Los estudios previos, expuestos en forma clara, sintética y sin detalle, sirven para fijar ideas que pueden ser objeto de ulterior estudio, comparación o acoplamiento.

Anteproyecto. En éste, se fijan las diversas ideas — discutidas de acuerdo con las conveniencias y exigencias de la — obra; se hace el estudio económico global de las diferentes soluciones estructurales, se llevan a cabo los estudios de campo que sean precisos y se afinan los datos considerados anteriormente superfluos, se efectúa la comparación con obras semejantes sin olvi-

dar los gastos de conservación y mantenimiento, ni los ingresos — que producirán las obras. Es decir, se estudian las diversas alternativas para establecer los lineamientos básicos de las obras y la decisión definitiva de llevarlas a cabo.

Proyecto definitivo. En esta etapa ya estará determinado el tipo de obra y sus características; se procede al cálculo detallado de las estructuras que correspondan, se hacen las indicaciones pertinentes con respecto a métodos de construcción, especificaciones, etc. y se efectúa el presupuesto o costo probable.

El conjunto de cálculos y apreciaciones, presentados — en forma de planos, especificaciones, programas, memorias, etc., — necesarios para la realización de las obras, constituye el proyecto de dicha obra.

Período económico.

La vida o período económico de una obra, es el número de años durante los cuales dicha obra presta un servicio eficiente considerándose a su término que el capital invertido inicialmente, los intereses correspondientes, los gastos de mantenimiento y operación, quedan cubiertos por los servicios prestados.

El período económico generalmente fluctúa entre 15 y — 30 años y está normado por varios factores, siendo los principales los siguientes:

- a) La vida útil de las estructuras y equipos
- b) La facilidad o dificultad de ampliaciones
- c) El crecimiento anticipado de la población
- d) El tipo de interés que se pague
- e) El cambio del poder adquisitivo de la moneda durante el período de amortización
- f) La operación inicial del sistema, cuando éste no trabaja a la capacidad total.

Dotación.

La determinación de las necesidades presentes y futuras de una población, se hace en base a lo que se llama dotación, la cual puede definirse como la cantidad de agua asignada por habitante y por día medio anual. La dotación puede considerarse integrada por los siguientes consumos:

1. Doméstico y comercial
2. Público
3. Industrial
4. Pérdidas y desperdicios

Las cantidades de agua que reclaman los distintos usos de una ciudad son sin duda alguna variables, dependiendo de diferentes factores, como entre otros, el carácter de la ciudad, el tipo de la empresa a que se destina, etc.. Solo estas circunstancias hacen comprender que todo estudio de esta índole reclama que se consideren con gran detenimiento estos aspectos del problema.

Como se menciona en la primera parte, las ciudades modernas destinan una cantidad de agua considerable a escuelas y — otros edificios públicos, como también a los parques y fuentes, — limpieza de calles, cloacas, desagües de aguas servidas, servicios contra incendios, etc.. La importancia de este consumo varía en forma apreciable entre las ciudades, y según existan o no medidores, ya que éstos, al gravar en distintas formas el consumo, dan lugar a una economía apreciable.

Por grande que sea el cuidado que se tome en la construcción y en las operaciones propias de un sistema público de distribución de agua, existe una cantidad considerable de pérdidas imposibles de evitar, que deben tenerse en cuenta. El máximo de estas pérdidas puede aumentar por causas anormales, como son los defectos en las uniones de los tramos de tubería y el derroche por falta de cuidado. En resumen, los diversos factores que afectan la dotación son los siguientes:

- a) Número de habitantes
- b) Localización, influyendo: cultura, costumbres, nivel de vida, etc.
- c) Clima. Influye en el consumo debido a baños, lavado de ropa, acondicionamiento de aire, refrigeración y riego.
- d) Costo del agua
- e) Existencia de alcantarillado. Tiende a aumentar la dotación por el uso de muebles sanitarios.
- f) Empleo de medidores
- g) Presión del sistema. Influye en pérdidas y desperdicios.
- h) Cantidad de agua disponible.

Cabe mencionar la opinión del Sr. Ing. Luis Alvarez D. que como resultado de estudios de la dotación en diferentes poblaciones de la República Mexicana, estima está formada por los siguientes consumos parciales:

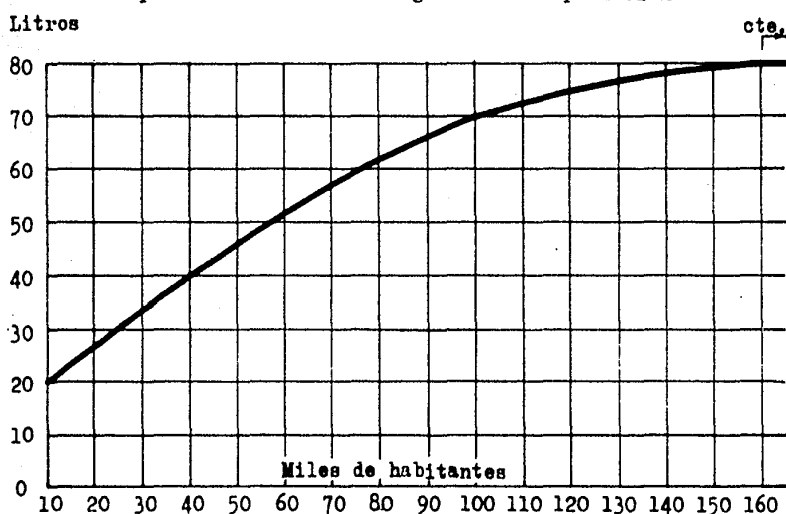
1. Doméstico, comercial y público	60 lt.
2. Industrial normal	30 lt.
3. Industrial especial	30 a 50 lt.
4. Incendio	40 lt.
5. Influencia del clima:	
Clima tropical	80 lt.
Clima seco caliente	50 lt.
Clima templado	25 lt.
Clima frío (no se considera)	
6. Influencia de la población:	

Este consumo se considerará a partir de las poblaciones de 10,000 habitantes, tomándose por este concepto los valores de la gráfica.

7. Desperdicios y fugas:

A la suma de los consumos anteriores, se le aplicará el 40% de aumento por desperdicios y fugas.

Cantidad de agua adicional a incluir en la dotación por influencia de la magnitud de la población



La tabla siguiente, como ejemplo de las propuestas por distintos autores, reúne la variación de la dotación de acuerdo al número de habitantes:

Número de habitantes		Dotación en lt./hab./día.		
		Mínima	Normal	Amplia
Menor	de 5,000	60	100	150
	5,000 a 15,000	100	150	200
	15,000 a 50,000	150	200	250
	50,000 a 200,000	200	250	300
Mayor	de 200,000	Determinése para cada caso		

Los requerimientos de agua en una ciudad no son constantes durante el año ni aún siquiera durante el día, pudiendo tenerse variación estacional, mensual, diaria y horaria. Para el proyecto de un abastecimiento de agua potable interesa en particular la variación diaria y la variación horaria.

De acuerdo con el clima el coeficiente de variación — diaria toma los siguientes valores:

Climas uniformes	C = 1.20
Climas variables pero no extremosos	C = 1.35
Climas extremosos	C = 1.50
Climas muy extremosos	C = 1.75

quedando definido como el cociente entre el máximo consumo diario y el promedio del consumo diario.

La variación horaria puede considerarse como el 150% — del consumo medio del día de máximo consumo.

De esta forma, podremos determinar los gastos correspondientes, para así calcular el rendimiento necesario aprovechable de la fuente de abastecimiento, la conducción, el tanque de regulación y almacenamiento y las obras de distribución, así como el equipo de bombeo y las instalaciones de tratamiento si fuesen necesarios. Las expresiones utilizables son las siguientes:

$$\text{Gasto medio} = \frac{\text{número de habitantes} \times \text{dotación}}{86,400}$$

$$\text{Gasto max. diario} = \text{gasto medio} \times \text{coef. variación diaria}$$

$$\text{Gasto max. horario} = \text{gasto max. diario} \times \text{coef. variación diaria}$$

De acuerdo a lo anterior, la estimación de la cantidad

de agua quedará definida o supeditada en su caso, por el rendimiento de la fuente de abastecimiento, el cual puede ser mayor, igual o menor que las necesidades de la población; en los dos primeros casos no existe problema alguno, pero si es menor se acude a la contribución de otra fuente o bien se restringe la dotación, hasta igualar el rendimiento con el gasto de extracción; esto último no es conveniente.

La otra alternativa es cuando el consumo rige la determinación de la cantidad de agua, en este caso se supone que la fuente da un gasto mayor del requerido, por lo que hay que hacer las obras de toma correspondientes para captar únicamente lo necesario para el buen funcionamiento del sistema, disponiendo facilidades para el caso de que se tenga que ampliar.

Población futura.

Como se ha visto, el número de habitantes juega un papel importante en la determinación de la dotación; el número que debe tomarse es el que se supone habrá al término de la vida económica de la obra. La determinación de la población futura durante el período económico para el cual se proyecta una obra, es un problema complejo ya que se basa en estudios económicos y sociales futuros. Para obtener el crecimiento de una población es necesario basarse en los censos existentes y tratar de obtener una ley con la cual creció y suponemos seguirá creciendo. Existen varios métodos para ello:

Método aritmético. Considera que el crecimiento de la población sigue la ley de una progresión aritmética, es decir, que el aumento de habitantes en un intervalo de tiempo es constante. El método consiste en tomar las diferencias llamadas incrementos aritméticos, entre las cifras censales conocidas, sumarlas y dividir la suma entre el número de períodos censales correspondientes.

El promedio obtenido se aplica sucesivamente a la última población conocida, tomando las cifras resultantes como poblaciones futuras

Método geométrico. Este método considera que el crecimiento de la población varía según la ley de una progresión geométrica: en general es aplicable a poblaciones jóvenes y de crecimiento acelerado, teniendo sin embargo el mismo defecto que el aritmético de hacer crecer la población indefinidamente.

Consiste en lo siguiente: los incrementos aritméticos producidos cada diez años se relacionan a la población que los origina con objeto de obtener el por ciento cada 10 años; dichos porcentajes relativos se suman y se obtiene el promedio, el cual se aplica sucesivamente a partir de la última población conocida obteniéndose así el número de habitantes buscados.

Lo que se hace en realidad es aplicar la fórmula del capital compuesto:

$$P_f = P_a (1 + x)^n$$

siendo: P_f , la población al final de un decenio
 P_a , el número de habitantes al principio del mismo
 n , período unitario de diez años
 x , crecimiento decenal

Fórmula de Folwell. Se ha pretendido establecer fórmulas de carácter general que aplicadas en cualquier lugar proporcionen los datos de población futura, una de estas fórmulas es la conocida con el nombre de fórmula de Folwell:

$$Y = A + Bx^C$$

en que: Y , es la población de un censo
 A y B , son coeficientes deducidos de los censos de la-

- población de que se trata.
- x, número de censos conocidos antes del considerado
- C, exponente también deducido de los mismos datos.

Método de comparación. El método consiste en lo siguiente: se buscan tres o más poblaciones semejantes a la población en estudio, en situación, climatología, etc., digamos las poblaciones A, B y C cuyos censos indican que se presentaron en algunos periodos del pasado semejanzas entre sí y a su vez con las condiciones actuales de la localidad E en estudio.

Se localizan los años en que cada una de las poblaciones tuvo un número de habitantes que difiera poco del alcanzado en el último censo por la población E; establecida la semejanza, si la localidad A en un determinado año presentó características muy semejantes a las que ahora registra la ciudad en estudio, es probable que ésta en los años futuros "adquiera" un crecimiento similar al que se verificó en A a partir de la fecha citada y como iguales consideraciones se hacen con respecto a B y a C se concluye que el aumento buscado podría ser el intermedio de A, B y C.

Método de extensión gráfica. Consiste sencillamente en situar en una gráfica los datos censales existentes de la población que se considere y unir los puntos representativos mediante una curva la cual se prolonga "a ojo" hasta el año que interese.

Los métodos expuesto anteriormente son meramente aproximados, pues el crecimiento de una población depende de muchos factores como pueden ser la industrialización, las situaciones políticas, las guerras, las epidemias, etc..

III PROYECTO

Como se verá más adelante, la captación del Sistema de Abastecimiento de Agua para el Fraccionamiento consiste en la conexión a la red pública existente en la ciudad, por lo tanto, pasa ré a describir el Sistema de Abastecimiento de Agua de la ciudad - de Villahermosa:

Es del tipo de bombeo integral y fué calculado en base a los siguientes datos:

Población de proyecto	52,000 habitantes
Dotación	350 lt/hab/día
Coeficientes de variación	1.2 y 1.5
Gasto medio	210.65 lt/seg.
Gasto máximo diario	252.78 lt/seg.
Gasto máximo horario	379.17 lt/seg.

Captación.

La estación de bombeo de captación toma el agua directamente del río Grijalva. Por razones de construcción, el cárcamo de bombeo se tuvo que localizar 120 m. tierra adentro, comunicando se con el río por medio de un canal trapecial revestido de mampostería.

El cárcamo de bombeo está dividido en dos uridades: el cárcamo húmedo, el cual cuenta con tres compuertas protegidas conrejilla de solera y malla de alambre de acero, en los niveles 4.85 7.50 y 9.50 m., de modo que la variación de los niveles del río - (6.80 y 13.00 m) no afecte la entrada; y el cárcamo seco en donde se encuentran instaladas cinco bombas centrífugas verticales, del tipo inatascables, movidas por medio de motores eléctricos vertica les también, del tipo "jaula de ardilla", de flecha salida de 50 - HP, 1750 rpm. y que operan con corriente alterna de 60 ciclos, 3 -

fases y 220 volts proporcionada por la sub-estación eléctrica que a la vez alumbró interior y exteriormente a toda la estación y da energía para los aparatos de control automático.

Conducción.

La línea de conducción que comunica el cárcamo de bombeo y la planta potabilizadora distante 835 m, es de tubería de asbesto-cemento de 400 mm. (16") de diámetro y con tramos unidos a base de juntas gibault. Toda la tubería está protegida por un bordo de tierra con revestimiento y carpeta de asfalto que sirve como camino de acceso al cárcamo de captación.

Planta de tratamiento.

El controlador general de gasto se encuentra ubicado en la sala de equipo hidroneumático, es un regulador de gasto de agua cruda de acción directa, de tipo Venturi, 400 mm. (16") de diámetro y capacidad de 10,000 y 25,000 m³/día mínima y máxima respectivamente. Es accionado por un flotador ubicado en los tanques sedimentadores, de acuerdo con el nivel que hay en los mismos.

El agua cruda procedente del río pasa a los precipitadores por el controlador y un canal de mezcla de substancias químicas. Si el nivel en los tanques precipitadores aumenta, el gasto de entrada disminuye y viceversa, siendo dosificadas las substancias químicas proporcionalmente al gasto.

En el edificio de filtros, entre la sala de dosificado res y los tanques precipitadores, se encuentra la cámara de mezcla (canal con chicanas) en donde el agua recibe la dosis de coagulantes y es mezclada convenientemente antes de entrar a los tanques precipitadores. Estos son dos cámaras de forma rectangular de — 15.85 por 9.33 m. y con 4.58 m. de profundidad; tienen una capacidad útil de 125 lt/seg; a lo largo de ellos van colocadas las canaletas de distribución, en el centro va la pantalla y en el fondo —

las tolvas que permiten la acumulación y extracción de los lodos precipitados. Cuentan cada uno con dos vertedores de demasías y con agitadores lentos.

El depósito de coagulantes se encuentra arriba de la sala de dosificación, los coagulantes (cal y aluminio) se descar— gan a través de tolvas hacia la cámara donde se dosifican automáti— camente y se vierten en la cámara de disolución para el servicio.—

Los cinco filtros que se proyectaron en la planta son— del tipo rápido; están constituidos por capas ascendentes de arena fina, arena gruesa y grava de 1/8 a 3.0" dispuestas en estructuras de concreto. Cada filtro está dividido en dos alas por el canal — colector y distribuidor. La gelatina que se forma en la capa su— perficial del arena, se rompe por medio de molinetes que circulan— paralelo a la superficie del arena (separados 2.5 cm) y se elimina con el agua de relavado que en sentido inverso al de filtración, — hace circular un tanque elevado a 18.50 m. y abastecido por dos — bombas.

Los aparatos cloradores que funcionan en la planta son marca Wallace y Tiernan, tipo solución de vacío y con capacidad de 60 Kg/día.; son tres y están conectados por tuberías de plástico — en los siguientes lugares: precloración, se efectúa en canal de — mezcla donde el agua recibe la dosis de coagulantes; cloración, se lleva a cabo en canal de aguas filtradas; post-cloración, tiene lu— gar en la cámara de alta presión y se efectúa en la tubería de des— carga de dicha cámara.

Almacenamiento.

El tanque de almacenamiento está dividido en dos cáma— ras independientes, con una capacidad total de 2,700 m³. Tanto la entrada como la salida está controlada por dos válvulas de compu— ta de 500 mm. (20") de diámetro, alojadas en cajas de operación de válvulas. El piso, muros, techo y columnas son de concreto y sus—

dimensiones son de 25.00 por 38.75 m. con nivel máximo de agua de 22.40 metros.

Regulación.

El agua del tanque de almacenamiento está regulada por un controlador que opera automáticamente las cuatro bombas instaladas en la cámara de alta presión, conectándolas alternadamente después de cada ciclo para igualar su desgaste y proporcionar los gastos necesarios dentro de los límites requeridos de 3.06 y 2.98 Kg/cm^2 de presión máxima y mínima respectivamente.

Bombeo.

La estación de bombeo de alta presión es el lugar destinado a alojar el equipo de bombas necesario para enviar a la ciudad el agua con presión y en cantidad suficiente y surtir de la misma a las instalaciones de la planta.

La descarga a la red de distribución se efectúa mediante cuatro bombas. De la tubería de 500 mm. (20") que sale de la cámara de alta presión se encuentra conectado un medidor Venturi de salida, con el mismo diámetro y con capacidad mínima y máxima de 4,000 y 25,000 $\text{m}^3/\text{día}$ respectivamente; está equipado con registrador de cloro residual a fin de determinar la dosis necesaria para que en la red se tenga el cloro residual requerido.

Distribución.

La red original está constituida por siete circuitos, el diámetro de las tuberías varía de 500 a 75 mm. (20 a 3"). Ha sufrido una serie de modificaciones y ampliaciones, siendo una de ellas la que abastece a las colonias Burocrática y 15 de Mayo. En esta zona se permitió conectar la tubería de alimentación de la red del Fraccionamiento, a un ramal de 250 mm. (10") de diámetro comprendido entre los cruceros 88 y 89.

Formulación de datos.

Población de proyecto. En este caso no se pueden emplear los métodos vistos para el cálculo de la población futura o de proyecto, ya que éstos se basan en los censos anteriores de la población en particular.

Para el Fraccionamiento se procedió de la siguiente manera: de acuerdo al plano de lotificación (plano No. 3) el número total de predios es de 694, ahora bien, suponiendo que por lote se tendrá un promedio de seis habitantes, la población de proyecto será:

$$P = 694 \times 6 = 4164 \text{ habitantes}$$

Dotación. Tomando en cuenta el clima caluroso de la región y la categoría residencial del fraccionamiento, se ha estimado para efectos de cálculo, una dotación igual a:

$$D = 300 \text{ lt/hab/día}$$

Gastos. De acuerdo a las expresiones vistas en el primer capítulo de esta segunda parte, el gasto medio es:

$$Q_{\text{medio}} = \frac{PD}{86400} = \frac{4164 \times 300}{86400} = 14.45 \text{ lt/seg.}$$

Aceptando los siguientes valores para los coeficientes de variación:

$$\text{Coeficiente de variación diaria} \quad K_1 = 1.2$$

$$\text{Coeficiente de variación horaria} \quad K_2 = 1.5$$

se tiene que:

$$Q_{\text{max. diario}} = Q_{\text{medio}} \times K_1 = 14.45 \times 1.2 = 17.35 \text{ lt/s.}$$

$$Q_{\text{max. horario}} = Q_{\text{max diario}} \times K_2 = 17.35 \times 1.5$$

$$Q_{\text{max. horario}} = 26.00 \text{ lt/seg.}$$

Proyecto.

El abastecimiento de agua para el Fraccionamiento se -

hará a partir de la red existente en la ciudad a través de una derivación que se efectuará de una línea troncal de 250 mm (10") de diámetro. Esta derivación hará las funciones de línea alimentadora de la red del fraccionamiento.

En tal virtud, no se hizo necesario la construcción de un tanque de regulación y por lo tanto el cálculo se limitará a dicha línea y a la red de distribución.

Línea alimentadora. El gasto que debe conducir es de 26 lt/seg, su diámetro será entonces:

$$D = 1.2 \sqrt{Q} = 1.2 \sqrt{0.026} = 0.194 \text{ m}$$

$$D = 203.2 \text{ mm. (8")}$$

por ser el diámetro comercial inmediato superior.

Ahora, la distancia entre el punto de conexión y la entrada al fraccionamiento es de 560 m, que sumados a los 227 m. que existen entre dicha entrada y el primer crucero de la red (cruce No. 2) hacen un total de 787 m, redondeando a 800 m con lo cual quedan perfectamente absorbidas las pérdidas por la válvula y el codo que llevará, se tiene que la pérdida de carga empleando el nomograma de la fórmula de Hazen y Williams es:

$$H = 3.00 \text{ m}$$

Red de distribución. La red de distribución se calculó empleando el método de Hardy Cross para la compensación de los gastos y la fórmula de Hazen y Williams para el cálculo de las pérdidas de carga. Las etapas del proceso son las siguientes:

1. Trazo de la red y elección de circuitos. La red que se planea construir es la llamada red de circuitos por las enormes ventajas que ofrece en comparación con las redes abiertas.

Sobre el plano del fraccionamiento se efectuó dicho —

trazo localizándose dos circuitos, que dado el tamaño de la red se consideran suficientes para una buena distribución del agua. El primer circuito, propiamente el principal, corre a lo largo del Paseo de las Ilusiones, calles de Balancán, Cunduacán y Paseo de Comalcalco; o sea los cruceros números 2-3-4-5-19-21-23-24-25-26-27-14-13-11-2. El segundo circuito tiene un tramo común con el primero por la calle de Cunduacán, sigue por la calle de Balancán y por el Boulevard del Centro; es decir cruceros números 23-24-25-32-35-36-23 (ver planos 3 y 4).

2. Escurrimientos. Sobre el plano de cálculo en que se iniciaron los trabajos, se va suponiendo una distribución de escurrimiento en toda la red. Esta distribución se basa en el hecho de que se puede establecer sin mucho error que el agua es alimentada por las líneas principales o troncales de los circuitos según áreas de influencia, es decir, que más o menos las zonas son cubiertas proporcionalmente a las distancias a los cruceros de las líneas troncales. El sentido de escurrimiento puede seguir la topografía del terreno y es elegido a criterio.

3. Gasto específico. Para determinar el gasto específico o unitario se considera que las demandas varían proporcionalmente a la longitud de tubería, aunque en realidad esto no sucede, ya que habrá zonas de máxima demanda y en cambio habrá otras donde la demanda sea mínima. El gasto específico queda determinado por la siguiente relación:

$$q = \frac{Q}{L} = \frac{\text{gasto máximo horario}}{\text{long. total de tubería}}$$

En el problema la longitud total de la tubería de la red resultó ser: $L = 7380$ m., por lo tanto:

$$q = \frac{26}{7380} = 0.00352 \text{ lt/seg/m.l.}$$

4. Gastos particulares. El gasto particular de cada tramo se determina como el producto de la longitud del tramo por el gasto específico.

5. Punto de equilibrio. Se fija un punto de equilibrio en cada uno de los circuitos, elegido de tal forma, que considerando el flujo del agua del punto de alimentación al de equilibrio, cualquiera que sea el sentido escogido de escurrimiento, se llegue con la misma carga. En la mayoría de los casos el punto de equilibrio queda más o menos en el lugar opuesto al de alimentación.

En el problema se eligió como punto de equilibrio piezométrico para el circuito I, el crucero número 25 y para el circuito II, el crucero número 36.

6. Gastos acumulados. En cada una de las derivaciones de los circuitos principales se fijan los gastos que se consideren surtidos por ellas y en cada uno de los tramos de tales circuitos se determinan los gastos acumulados a partir del punto de equilibrio hacia la alimentación. Por convención el sentido del flujo se considera positivo si el agua escurre según el sentido en que se mueven las manecillas de un reloj y negativo si es en sentido contrario.

7. Elección de diámetros. Se fijan los diámetros correspondientes tomando en cuenta que éstos disminuyen a medida que se alejan del punto de alimentación; sin embargo, deben elegirse de tal forma que las pérdidas de carga no sean excesivas, procurando uniformizarlos en tramos considerables. Se recuerda que como índice en la elección del diámetro de la tubería se cuenta con la expresión aproximada^v de Dupuit o que se pueden determinar en forma directa suponiendo la velocidad; las fórmulas son respectivamente:

$$D = k \sqrt{Q} \quad \text{y} \quad D = 2 \sqrt{Q/v}$$

en donde:

D = diámetro de la tubería, en metros

k = coeficiente que varía de 1.1 a 1.5

Q = gasto, en $\text{m}^3/\text{seg.}$

v = velocidad del agua (0.90 a 1.20 m/seg)

En el problema se eligieron los siguientes diámetros: - 152.4 mm (6") para el primer circuito, igual diámetro para el segundo a excepción del tramo 23-36 que es de 101.6 mm (4") y para las tuberías de relleno, 76.2 mm (3").

8. Pérdidas de carga. Elegidos los diámetros, se procede a calcular las pérdidas de carga en cada uno de los tramos de los circuitos, utilizando por ejemplo, la fórmula de Manning o la de Hazen y Williams, que resueltas por medio de nomogramas son de fácil aplicación. Las pérdidas de carga quedan afectadas por el mismo signo del gasto del tramo.

$$\text{Hazen y Williams: } Q = \frac{0.2785 C H^{0.54} D^{2.63}}{L^{0.54}}$$

$$\text{Manning: } H = 10.3 n^2 \frac{L Q^2}{D^{16/3}}$$

en las que:

H = pérdida de carga, en metros

Q = gasto, en $\text{lt}/\text{seg.}$

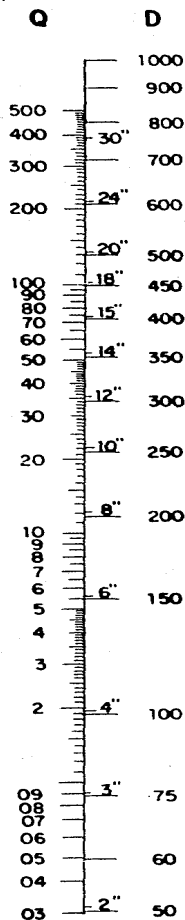
L = longitud del tramo, en metros

D = diámetro, en milímetros

C = constante para diferentes clases de tubo

n = coeficiente de rugosidad

En el problema se empleó, para calcular las pérdidas -



NOMOGRAMA DE LA FORMULA DE HAZEN Y WILLIAMS

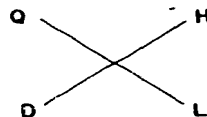
Fórmulas :

$$Q = \frac{0.02785 \cdot C \cdot H^{0.54} \cdot D^{2.63}}{L^{0.54}}$$

$$S = \frac{H}{L}$$

CONDICION : C = 120

Clave :

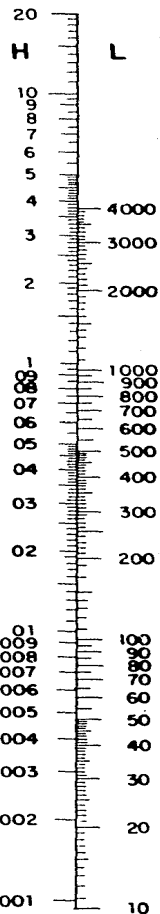


Q = Gasto en lts./ seg.

D = Diámetro en m.m.

H = Pérdida de carga en m.

L = Longitud en m.



TESIS PROFESIONAL
CARLOS LARA MORENO

de carga en los tramos, la fórmula de Hazen y Williams resuelta -- por el nomograma que se adjunta.

9. Suma de pérdidas. Determinadas las pérdidas se acumulan con sus respectivos signos, obteniéndose la pérdida total en cada una de las ramas de los circuitos; $+\Sigma H$ y $-\Sigma H$. Como la suma de las pérdidas en ambas ramas debe ser igual al llegar al punto de equilibrio elegido, cosa que generalmente no sucede, es necesario compensar los gastos hasta lograrlo.

10. Compensación de gastos. Se calcula para cada tramo la pérdida de carga entre el gasto que pasa por él (H/Q), se obtiene la suma total de estos cocientes ($\Sigma H/Q$) sin importar el signo.

Se obtiene la corrección de los gastos mediante la fórmula de Hardy Cross:

$$\Delta Q = - \frac{\Sigma H}{n \Sigma H/Q}$$

siendo:

- ΔQ = corrección al gasto por tramo
- ΣH = suma de pérdidas de carga en el circuito
- n = constante (1.85 para Hazen y 2.0 para Manning)
- $\Sigma H/Q$ = suma de cocientes de la pérdida de carga entre el gasto respectivo de cada tramo

Como la ΣH tendrá su signo, la corrección resultante estará afectada del signo contrario. Para cada tramo se hará la suma algebraica de su gasto y la corrección encontrada. Cuando se tienen tramos comunes a dos circuitos intervienen las correcciones correspondientes: la del circuito analizado con su signo y la del circuito común, con signo contrario al propio; considerándose como corrección definitiva la suma algebraica de ambas. Como comprobación las correcciones calculadas y los gastos en los tramos comunes a dos circuitos deben resultar iguales en valor absoluto.

Con los gastos corregidos, se calculan nuevamente las pérdidas de carga y si la suma de las mismas no resultan iguales para ambas ramas de cada circuito, se efectúa una nueva compensación. Es conveniente hacer notar que no es necesario lograr el cierre hasta que la suma de pérdidas sean numéricamente iguales — pues existe cierta tolerancia al respecto, admitiéndose como valor de cierre aceptable una diferencia de cuarenta centímetros; sin embargo se acostumbra hacer una compensación lineal repartiendo la — diferencia proporcionalmente a la pérdida de carga en los diferentes tramos de los circuitos, obligando con ello al cierre sin variar los gastos pues éstos quedan sensiblemente iguales.

En el problema, aún cuando la primera diferencia entre las sumas de pérdidas en las ramas de los circuitos era aceptable, se efectuaron dos compensaciones a fin de tener una mejor distribución de gastos; en la última, el primer circuito quedó completamente compensado y solo fué necesario efectuar la distribución lineal en el segundo circuito.

11. Cotas piezométricas. La cota piezométrica representa la suma de la carga disponible (expresada en m. de columna de agua) más la cota del terreno del crucero en particular. Para obtener la cota piezométrica del primer crucero, se toma como base la cota de la plantilla del tanque regulador, que sería el caso — más desfavorable y a ella se le resta la pérdida de carga de la tubería de alimentación. La cota del segundo, sería: la cota del — primero más la suma algebraica de la pérdida de carga (con signo contrario al propio) del tramo en cuestión. Así sucesivamente para los demás cruceros.

En el problema, para obtener la cota piezométrica del primer crucero de la red (crucero 2) se procedió de la siguiente —

forma: en el punto de conexión (crucero 1A) se tienen como presión mínima manométrica 2.3 Kg/cm^2 , por lo tanto y restando los 0.3 Kg/cm^2 que se pierden en la tubería de alimentación, el primer crucero tiene una carga disponible de 2.0 Kg/cm^2 o sean 20.0 m. de columna de agua, entonces sumando la cota del terreno en dicho crucero, la cota piezométrica resulta ser de 38.00 m.

12. Carga disponible. La carga disponible se obtiene restando de la cota piezométrica la cota del terreno en cada uno de los crueros de los circuitos.

En el problema, los valores de carga disponible obtenidos, son bastante aceptables pues su promedio oscila entre 19 m. -

13. Cruceros. Habiendo hecho el ajuste del funcionamiento hidráulico de la red y conocidos los diámetros de las tuberías principales y de relleno, se procede a hacer el proyecto de las uniones de las mismas por medio de piezas especiales, es decir se hace el proyecto de los crueros de la red. La red de distribución comprende además las tomas domiciliarias, válvulas, medidores etc.

A continuación se incluyen la tabla en donde las etapas y operaciones antes descritas se hacen de manera ordenada, el plano en donde se resumen los datos obtenidos (plano No. 4) y la lista de piezas especiales que deberán emplearse.

CALCULO DEL FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO DE LA RED DE DISTRIBUCION
PARA EL FRACCIONAMIENTO "PRADOS DE VILLAHERMOSA"
METODO DE HARDY CROSS, FORMULA DE HAZEN Y WILLIAMS.

Cir- cuito	Tramo	Long. (m)	Ø (in)	Q (lt/seg)	H (m)	$\frac{H}{Q}$	ΔQ_1	Q (lt/seg)	H (m)	$\frac{H}{Q}$	ΔQ_2	Q (lt/seg)
I	2-3	9	6	+13.20	+0.04	0.00303	+0.7	+13.90	+0.05	0.00360	-0.1	+13.80
I	3-4	78	6	+12.47	+0.33	0.02550	+0.7	+13.17	+0.36	0.02740	-0.1	+13.07
I	4-5	94	6	+11.45	+0.33	0.02880	+0.7	+12.15	+0.37	0.03040	-0.1	+12.05
I	5-19	207	6	+10.37	+0.60	0.05800	+0.7	+11.07	+0.66	0.05960	-0.1	+10.97
I	19-21	140	6	+ 8.19	+0.27	0.03300	+0.7	+ 8.89	+0.31	0.03490	-0.1	+ 8.79
I	21-23	66	6	+ 7.00	+0.10	0.01430	+0.7	+ 7.70	+0.12	0.01560	-0.1	+ 7.60
I-II	23-24	49	6	+ 4.40	+0.03	0.00682	+0.7 +0.5	+ 5.60	+0.05	0.00894	-0.1 0.00	+ 5.50
I-II	24-25	21	6	+ 2.73	+0.01	0.00366	+0.7 +0.5	+ 3.93	+0.01	0.00254	-0.1 0.00	+ 3.83
	25				+1.71				+1.93			
I	2-11	255	6	-12.77	-1.11	0.00862	+0.7	-12.07	-1.00	0.00830	-0.1	-12.17
I	11-13	159	6	-10.29	-0.46	0.06610	+0.7	- 9.59	-0.40	0.04170	-0.1	- 9.69
I	13-14	104	6	- 8.05	-0.18	0.02240	+0.7	- 7.35	-0.16	0.02180	-0.1	- 7.45
I	14-27	217	6	- 6.89	-0.29	0.04210	+0.7	- 6.19	-0.24	0.03880	-0.1	-6.29
I	27-26	62	6	- 5.34	-0.05	0.00936	+0.7	- 4.64	-0.04	0.00864	-0.1	- 4.74
I	26-25	49	6	- 2.83	-0.01	0.00354	+0.7	- 2.13	-0.01	0.00470	-0.1	- 2.23
	25				-2.10	0.32523			-1.85	0.30692		
$\Delta Q_1 = - \frac{\Delta H}{1.85 (\sum H/Q)} = - \frac{1.71-2.10}{1.85 \times 0.32523} = + 0.65 \approx + 0.7$												
$\Delta Q_2 = - \frac{0.08}{1.85 \times 0.30692} = - 0.14 \approx$												
II-I	23-24	49	6	- 4.40	-0.03	0.00682	-0.5 -0.7	- 5.60	-0.05	0.00894	0.0 +0.1	- 5.50
II-I	24-25	21	6	- 2.73	-0.01	0.00366	-0.5 -0.7	- 3.93	-0.01	0.00254	0.0 +0.1	- 3.83
II	25-32	328	6	- 4.55	-0.21	0.04620	-0.5	- 5.05	-0.25	0.04950	0.0	- 5.05
II	32-35	101	6	- 1.89	-0.01	0.00530	-0.5	- 2.39	-0.02	0.00837	0.0	- 2.39
II	35-36	21	6	- 0.81	-0.00	0.00000	-0.5	- 1.31	-0.00	0.00000	0.0	- 1.31
	36				-0.26				-0.33			
II	23-36	433	4	+ 2.27	+0.50	0.22000	-0.5	+ 1.77	+0.34	0.19800	0.0	+ 1.77
	36				+0.50	0.28198			+0.34	0.26735		

$$\Delta Q_1 = - \frac{-0.26 + 0.50}{1.85 \times 0.28198} = - \frac{0.24}{0.52} = -0.462 \approx - 0.5$$

$$\Delta Q_2 = - \frac{0.01}{1.85 \times 0.26735} = -$$

CALCULO DEL FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO DE LA RED DE DISTRIBUCION
PARA EL FRACCIONAMIENTO "PRATOS DE VILLAHERMOSA"
METODO DE HARDY CROSS, FORMULA DE HAZEN Y WILLIAMS.

H Q	ΔQ_1	Q (lt/seg)	H (m)	H Q	ΔQ_2	Q (lt/seg)	H (m)	COTAS-(metros)			Cru ce- ro.
								Piezomé- trica.	Terre no.	carga disp. (m)	
0.00303	+0.7	+13.90	+0.05	0.00360	-0.1	+13.80	+0.05	38.00	18.00	20.00	2
0.02550	+0.7	+13.17	+0.36	0.02740	-0.1	+13.07	+0.35	37.95	18.10	19.85	3
0.02880	+0.7	+12.15	+0.37	0.03040	-0.1	+12.05	+0.36	37.60	18.90	18.70	4
0.05800	+0.7	+11.07	+0.66	0.05960	-0.1	+10.97	+0.65	37.24	18.60	18.64	5
0.03300	+0.7	+ 8.89	+0.31	0.03490	-0.1	+ 8.79	+0.30	36.59	17.80	18.79	19
0.01430	+0.7	+ 7.70	+0.12	0.01560	-0.1	+ 7.60	+0.11	36.29	17.00	19.29	21
0.00682	+0.7 +0.5	+ 5.60	+0.05	0.00894	-0.1 0.00	+ 5.50	+0.04	36.18	18.00	18.18	23
0.00366	+0.7 +0.5	+ 3.93	+0.01	0.00254	-0.1 0.00	+ 3.83	+0.01	36.14	18.90	17.24	24
			+1.93				+1.87	36.13			
0.00862	+0.7	-12.07	-1.00	0.00830	-0.1	-12.17	-1.00	37.00	15.60	21.40	11
0.06610	+0.7	- 9.59	-0.40	0.04170	-0.1	- 9.69	-0.41	36.59	16.00	20.59	13
0.02240	+0.7	- 7.35	-0.16	0.02180	-0.1	- 7.45	-0.16	36.43	15.90	20.53	14
0.04210	+0.7	- 6.19	-0.24	0.03880	-0.1	-6.29	-0.25	36.18	15.00	21.18	27
0.00936	+0.7	- 4.64	-0.04	0.00864	-0.1	- 4.74	-0.04	36.14	14.10	22.04	26
0.00354	+0.7	- 2.13	-0.01	0.00470	-0.1	- 2.23	-0.01	36.13	19.20	16.93	25
0.32523			-1.85	0.30692			-1.87				

$$\frac{-2.10}{0.32523} = + 0.65 \approx + 0.7$$

$$\Delta Q_2 = - \frac{0.08}{1.85 \times 0.30692} = - 0.14 \approx - 0.1$$

3	0.00682	-0.5 -0.7	- 5.60	-0.05	0.00894	0.0 +0.1	- 5.50	-0.04	36.18	18.00	18.18	23
1	0.00366	-0.5 -0.7	- 3.93	-0.01	0.00254	0.0 +0.1	- 3.83	-0.01	36.14	18.90	17.24	24
1	0.04620	-0.5	- 5.05	-0.25	0.04950	0.0	- 5.05	-0.27	36.13	19.20	16.93	25
1	0.00530	-0.5	- 2.39	-0.02	0.00837	0.0	- 2.39	-0.02	35.86	18.90	16.96	32
0	0.00000	-0.5	- 1.31	-0.00	0.00000	0.0	- 1.31	-0.00	35.84	18.30	17.54	35
				-0.33				-0.34				
0	0.22000	-0.5	+ 1.77	+0.34	0.19800	0.0	+ 1.77	+0.34	35.84	18.40	17.44	36
0	0.28198			+0.34	0.26735			+0.34				

$$= -0.462 \approx - 0.5$$

$$\Delta Q_2 = - \frac{0.01}{1.85 \times 0.26735} = - 0.02 \approx 0$$

[illegible]

CANTIDADES DE OBRA

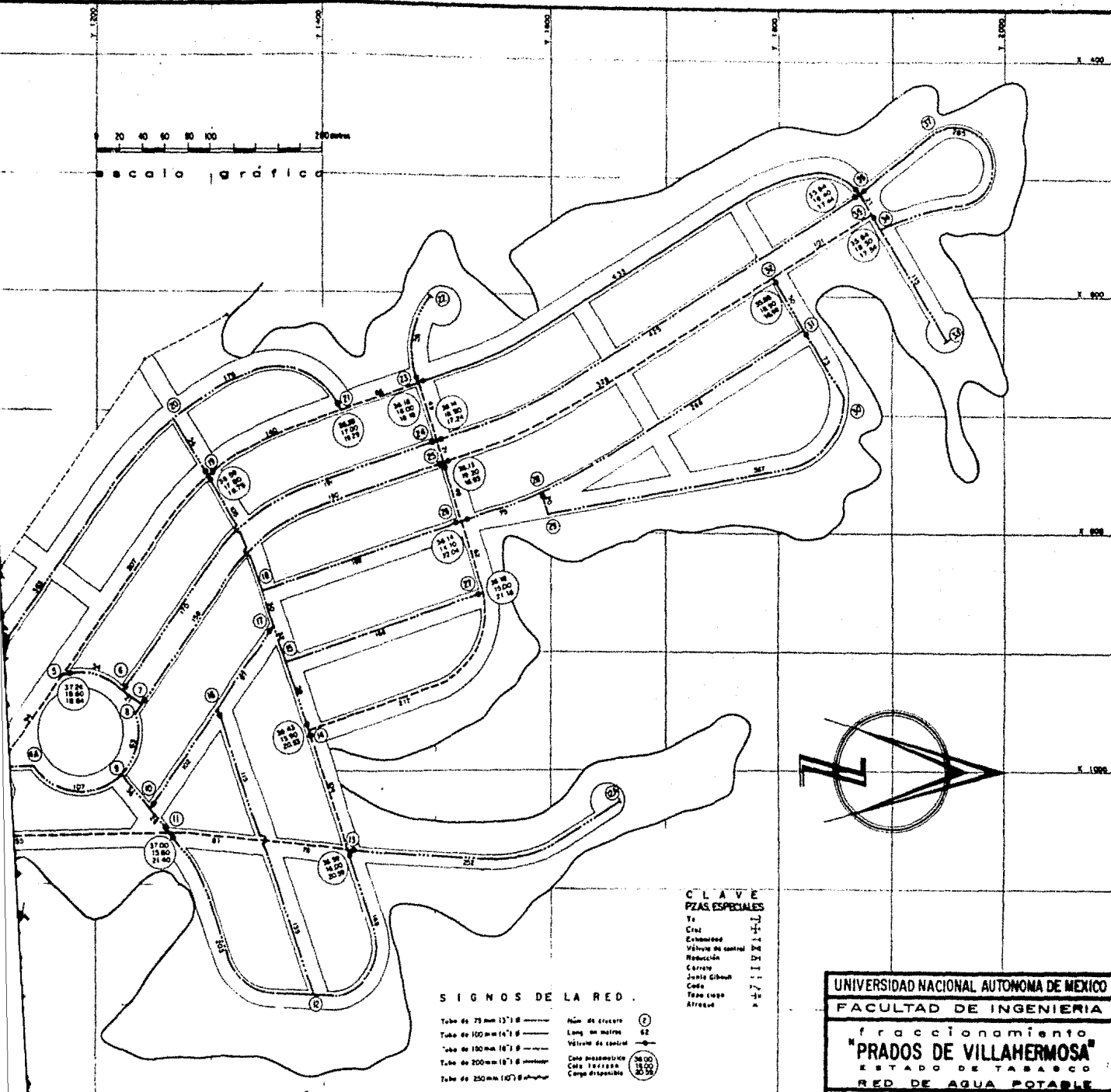
TUBO DE AC. A-7 DE 200 mm (8")	777 m
TUBO DE AC. A-7 DE 150 mm (6")	1960 m
TUBO DE AC. A-7 DE 100 mm (4")	433 m
TUBO DE AC. A-7 DE 75 mm (3")	4987 m

S I G N O S D E L A R E D .

Tubo de 75 mm (3") Ø	Num. de trussos	2
Tubo de 100 mm (4") Ø	Long. em metros	62
Tubo de 150 mm (6") Ø	Válvula de control	
Tubo de 200 mm (8") Ø	Cabo pneumático	36 00
Tubo de 250 mm (10") Ø	Cabo ferrado	18 00
	Carga disponível	30 00

0 20 40 60 80 100 200 metros

Escala gráfica



SIGNOS DE LA RED.

Tubo de 75 mm (3") Ø	Núm. de croquis	62
Tubo de 100 mm (4") Ø	Long. en metros	62
Tubo de 150 mm (6") Ø	Válvula de control	62
Tubo de 200 mm (8") Ø	Codo pasamuro	62
Tubo de 250 mm (10") Ø	Codo Tercera	62
	Carga disponible	62

CLAVE PZAS ESPECIALES

Ta	+
Cruz	+
Exhumación	+
Válvula de control	+
Reducción	+
Carretera	+
Junta Cilindr.	+
Codo	+
Tubo ciego	+
Através	+

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

fraccionamiento
"PRADOS DE VILLAHERMOSA"
ESTADO DE TABASCO
RED DE AGUA POTABLE

TESIS PROFESIONAL

Corina Lara Moreno Junio de 1983 Plano N° 4

Lista de Piezas Especiales

		Pza
Válvula compuerta de: -	200 mm. (8") $\emptyset$	1
	150 mm. (6") $\emptyset$	6
	100 mm. (4") $\emptyset$	2
	75 mm. (3") $\emptyset$	29
Cruz de: _____	150 x 150 mm. (6 x 6") $\emptyset$	3
	150 x 75 mm. (6 x 3") $\emptyset$	5
Te de: _____	250 x 200 mm. (10 x 8") $\emptyset$	1
	200 x 150 mm. (8 x 6") $\emptyset$	1
	150 x 150 mm. (6 x 6") $\emptyset$	3
	150 x 75 mm. (6 x 3") $\emptyset$	5
	75 x 75 mm. (3 x 3") $\emptyset$	13
Codo de: _____	90° - 200 mm. (8") $\emptyset$	1
	90° - 75 mm. (3") $\emptyset$	1
	45° - 150 mm. (6") $\emptyset$	1
	45° - 75 mm. (3") $\emptyset$	8
	22°30' - 75 mm. (3") $\emptyset$	4
Reducción de: _____	200 x 150 mm. (8 x 6") $\emptyset$	1
	150 x 100 mm. (6 x 4") $\emptyset$	2
	150 x 75 mm. (6 x 3") $\emptyset$	7
Extremidad de: _____	250 mm. (10") $\emptyset$	2
	200 mm. (8") $\emptyset$	4
	150 mm. (6") $\emptyset$	34
	100 mm. (4") $\emptyset$	2
	75 mm. (3") $\emptyset$	72
Junta gibault de: _____	250 mm. (10") $\emptyset$	2
	200 mm. (8") $\emptyset$	4
	150 mm. (6") $\emptyset$	34
	100 mm. (4") $\emptyset$	2
	75 mm. (3") $\emptyset$	72
Tapa ciega de: _____	75 mm. (3") $\emptyset$	3
Empaque de plomo de: _____	250 mm. (10") $\emptyset$	2
	200 mm. (8") $\emptyset$	6
	150 mm. (6") $\emptyset$	50
	100 mm. (4") $\emptyset$	4
	75 mm. (3") $\emptyset$	109
Tornillos de: _____	22.2 x 95.3 mm. (7/8 x 3-3/4") $\emptyset$	24
	19.1 x 88.9 mm. (3/4 x 3-1/2") $\emptyset$	48
	19.1 x 82.6 mm. (3/4 x 3-1/4") $\emptyset$	400
	15.9 x 76.2 mm. (5/8 x 3") $\emptyset$	32
	15.9 x 63.2 mm. (5/8 x 2-1/2") $\emptyset$	436

Nota: Todas las piezas especiales son de hierro fundido, con brida.

Presupuesto.

Con las cantidades de obra y materiales obtenidos a partir del proyecto, se está en posibilidad de conocer el presupuesto o costo probable de la obra; siendo para ello necesario hacer un análisis de los costos de todos y cada uno de los conceptos que intervienen.

El costo directo de la obra está formado por los materiales, mano de obra y equipo. En los materiales se considera el valor de adquisición, transporte, carga y descarga, almacenamiento mermas y desperdicios. En la mano de obra se incluyen salaricos, prestaciones, transporte en caso de ser necesario e indemnizaciones. En el equipo se consideran la amortización, transporte, instalación, reparaciones menores y consumos.

El costo indirecto de la obra son todos aquellos gastos que se efectúan en ella y que no pueden aplicarse clara y precisamente a una unidad de obra determinada, sino que se prorratan entre el número de conceptos especificados; se incluyen la administración de campo y la general. Normalmente este costo se considera como un porcentaje del costo directo.

Los imprevistos son aquellos gastos que podrían llegar a presentarse en la ejecución del trabajo, dependen entre otros factores, del tipo de construcción, de la situación económica de la región, del sitio, tiempo de duración de la obra, condiciones climatológicas y el costo de la mano de obra. Se considera que se aplica al costo directo.

La utilidad es la cantidad de dinero o ganancia a que tiene derecho el ejecutor del trabajo. Para valorizarla se puede determinar la cantidad de dinero que se va a mover en la obra y aplicarle un cierto coeficiente de lo que cuesta tenerlo inutilizado. Depende básicamente de la necesidad de trabajo, se reduce de acuerdo a la competencia y aumenta de acuerdo a la demanda. Se considera normalmente también como un porcentaje del costo directo.

Part.	C o n c e p t o	Cant.	Unidad	P.Unit.	Importe
<u>1. Tubería de alimentación</u>					
<u> Materiales</u>					
1-1	Tubería de AC. clase A-7 de - 200 mm. (8") de diámetro.....	787	Mts.	\$ 57.75	\$45,449.00
1-2	Extremidades de Fo.Fo. c/b, - de 250 mm. (10") de diámetro. de 200 mm. (8") de diámetro.	2 4	Pza. Pza.	190.00 129.00	380.00 516.00
1-3	Codo de 90° de Fo.Fo. c/b, de 200 mm. (8") de diámetro.....	1	Pza.	156.00	156.00
1-4	Válvula de compuerta, de 200- mm. (8") de diámetro	1	Pza	1870.00	1,870.00
1-5	Empaques de plomo de 250 mm.. " " 200 mm..	2 6	Pza. Pza.	11.80 10.20	23.60 61.20
1-6	Juntas Gibault de 250 mm..... " 200 mm.....	2 4	Pza. Pza	87.40 70.50	174.80 282.00
1-7	Te de Fo.Fo. c/b 250 x 200 mm	1	Pza.	350.00	350.00
					<u>\$49,262.60</u>
<u> Mano de Obra</u>					
1-8	Excavación de zanjas en mate- rial clase I y II hasta 1.25m	614	M ³	6.00	3,684.00
1-9	Relleno apisonado de zanjas - con material producto de la - excavación	614	M ³	3.00	1,842.00
1-10	Suministro, instalación y jun- teo de tubería de AC. clase - A-7, de 200 mm. (8") diámetro	787	Mts.	1.00	787.00
1-11	Suministro e instalación de - piezas especiales y válvulas.	1301.75	Kg.	1.00	1,301.75
1-12	Pruebas de la tubería a 10.5- K/c ² de presión interna	0.787	Km.	200.00	157.40
					<u>\$ 7,772.15</u>
<u>2. Red de Distribución</u>					
<u> Materiales</u>					
2-1	Tubería de AC. clase A-7, de:				
	150 mm. (6") de diámetro	1960	Mts.	39.60	77,616.00
	100 mm. (4") de diámetro	433	Mts.	27.55	11,929.15
	75 mm. (3") de diámetro	4987	Mts.	23.00	114,701.00
2-2	Válvulas de compuerta c/b, de				
	150 mm. (6")	6	Pza.	895.12	5,370.72
	100 mm. (4")	2	Pza.	528.00	1,056.00
	75 mm. (3")	29	Pza.	409.20	11,866.80

Part.	Concepto	Cant.	Unidad	P.Unit.	Importe
2-3	Cruz de Fo.Fo. c/b, de:				
	150 x 150 mm. (6" x 6")	3	Pza.	195.50	586.50
	150 x 75 mm. (6 x 4")	5	Pza.	175.50	875.00
2-4	Te de Fo.Fo. c/b, de:				
	200 x 150 mm. (8 x 6")	1	Pza.	337.00	337.00
	150 x 150 mm. (6 x 6")	3	Pza.	165.00	495.00
	150 x 75 mm. (6 x 3")	5	Pza.	150.50	752.50
	75 x 75 mm. (3 x 3")	13	Pza.	56.80	738.40
2-5	Codo de Fo.Fo. c/b, de:				
	90° - 75 mm. (3")	1	Pza.	39.00	39.00
	45° - 150 mm (6")	1	Pza.	93.00	93.00
	45° - 75 mm (3")	8	Pza.	38.00	304.00
	22°30' 75 mm (3")	4	Pza.	38.00	152.00
2-6	Reducción de Fo.Fo. c/b, de:				
	200 x 150 mm (8 x 6")	1	Pza.	129.00	129.00
	150 x 100 mm (6 x 4")	2	Pza.	64.50	129.00
	150 x 75 mm (6 x 3")	7	Pza.	64.00	448.00
2-7	Extremidades de Fo.Fo. c/b de				
	150 mm. (6") de diámetro	34	Pza.	92.00	3,128.00
	100 mm. (4") de diámetro	2	Pza.	65.00	130.00
	75 mm. (3") de diámetro	72	Pza.	35.50	2,556.00
2-8	Juntas Gibault de 150 mm (6")	34	Pza.	46.50	1,581.50
	" " 100 mm (4")	2	Pza.	27.50	55.00
	" " 75 mm (3")	72	Pza.	18.80	1,353.60
2-9	Tapa ciega de Fo.Fo. de 75 mm	3	Pza.	12.25	36 75
2-10	Empaques de plomo de 150 mm..	50	Pza.	7.00	350.00
	" " 100 mm..	4	Pza.	4.75	19.00
	" " 75 mm..	109	Pza.	3.25	354.25
					\$236,882.17
	<u>Mano de Obra</u>				
2-11	Excavación de zanjas en material clase I y II hasta 1.25m	4430	M ³	6.00	26,580.00
2-12	Relleno apisonado de zanjas - con material producto de la - excavación	4430	M ³	3.00	13,290.00
2-13	Suministro, instalación y <u>junteo</u> de tubería de AC. clase - A-7, de 150, 100 y 75 mm. ϕ	7380	Mt	1.00	7,380.00
2-14	Suministro e instalación de - piezas especiales y válvulas.	5813.63	Kg.	1.00	5,813.63
2-15	Atraques de concreto simple	2.2	M ³	190.00	418.00

Part.	C o n c e p t o	Cant.	Unidad	P.Unit.	Importe
2-16	Cajas tipo para operación de válvulas (material, mano de obra y accesorios)	23	Pza.	400.00	9,200.00
2-17	Pruebas de la tubería a 10.5-Kg/cm ² de presión interna ...	7.38	Km.	200.00	1,476.00
2-18	Tomas domiciliarias de 12.5 - mm. (1/2") de diámetro y su instalación	694	Pza.	240.00	166,560.00
					<u>\$230,717.63</u>

Resumen:

Tubería de alimentación	\$ 49,262.60	\$ 7,772.15	\$ 57,034.75
Red de Distribución	236,882.17	230,717.63	467,599.80
Suma			<u>\$524,630.55</u>
Administración e imprevistos (10%)			<u>52,463.05</u>
Importe total del presupuesto			<u>\$577,093.60</u> *****

Datos Generales:

Costo del servicio por metro lineal de tubería	\$ 78.23
Costo del servicio por hectárea	\$ 13,885.00
Costo del servicio por habitante	\$ 138.80

Nota.- Suministro; costo del transporte del material hasta la obra.

Especificaciones de construcción.

1. Materiales. En la construcción del Sistema de Abastecimiento se emplearán los siguientes materiales:

Tubería de asbesto-cemento, clase A-7.

Piezas especiales de hierro fundido, con bridas.

Válvulas de compuerta

Cajas de operación de válvulas de mampostería.

Atraques de concreto simple (1:2:5)

Las curvas horizontales y verticales se formarán a base de tramos cortos unidos mediante coples (junta biflex); la longitud de dichos tramos variará de acuerdo al radio de la curva, pero en ningún caso será menor de un metro.

2. Localización de la tubería. La localización general, alineamiento, elevaciones y niveles de trabajo, serán marcadas en el campo mediante estacas, siguiendo las posiciones marcadas en el plano respectivo de la red (sobre el arroyo y a 80 cm de separación de la guarnición de la banqueta). Cuando la excavación esté cercana a la profundidad definitiva (inciso 3) se colocarán más o menos a cada 15 metros, cuñas, puentes de madera, niveletas, etc., con objeto de fijar el alineamiento y pendiente del fondo de la excavación y de las tuberías; en todos los casos, las cuñas, niveletas, etc., se conservarán en su posición correcta.

3. Excavación. La excavación de las zanjas se efectuará a pico y pala. En tramos rectos, la profundidad será la resultante de considerar 90 cm. de relleno mínimo sobre el lecho alto del tubo y el ancho que se obtenga de agregar 50 cm. al diámetro exterior. En tramos en curva vertical hacia arriba y en curva horizontal, se deberá profundizar en el primer caso dos diámetros —

más y en el segundo, aumentar el ancho a 1.5 veces el del tramo — recto, para permitir la colocación de la tubería alineada y después ser deflexionada según los requerimientos del plano.

Si por necesidades de maniobra o condiciones del terre no es indispensable darle mayor amplitud, ábrase de la medida reco mendada hasta una altura igual al diámetro exterior del tubo aumen tado en 5 cm. y enséchese de ese punto hacia arriba.

En los cruzamientos a desnivel (tramos 12-16 y 18-19), la excavación de las tuberías de nivel inferior (las orientadas de este a oeste; 76.2 mm ϕ) tendrá una profundidad de 100 cm. más la suma de los diámetros exteriores de ambas tuberías, la distancia libre entre ellas será de 10 cm.

El acabado del fondo de la excavación será tal que per mita que el barril de la tubería se apoye en toda su longitud. An tes de bajar las tuberías deberán excavar-se, cuidadosamente a mano cavidades o conchas para alojar las campanas o coples y facilitar el junteo e inspección; sus dimensiones serán: ancho, el de la zan ja, longitud, tres veces la de la campana o cople y profundidad, — tal que deje 5 cm. libres entre el lecho inferior de ellos y el — fondo de la concha.

Si se encuentra material inestable, se removerá y reem plazará por una plantilla apisonada en capas húmedas de 15 cm. de espesor, formada con pedacería de tabique rojo común o de tezontle; deberá tener la parte central redondeada y permitir también que el barril de la tubería se apoye en toda su longitud, no llevará capa de mortero de cemento y en ningún caso su espesor será menor de 10 centímetros.

El producto de la excavación deberá seleccionarse, depositando aparte el más suave para aprovecharlo en el relleno inicial. El material deberá acumularse en el lado opuesto al de las vías de accesibilidad, dejando un pasillo entre éste y la zanja de 70 cm., libre de obstáculos.

La apertura de zanjás no deberá ir muy adelantada respecto al tendido de la tubería. La exposición del terreno cortado a la intemperie lo seca, produce rajaduras y derrumbes y en otras ocasiones las inunda con la consiguiente necesidad de reparación y acondicionamiento.

4. Relleno. Una vez tendidas las tuberías y estando debidamente probadas (incisos 8 y 10), se procede al relleno de la zanja empleando el producto de la excavación. La primera parte se hará con tierra libre de piedras y deberá ser cuidadosamente colocado y compactado abajo, a ambos lados y arriba de las tuberías en capas de 10 cm., hasta 30 cm. arriba del lomo de las mismas; a partir de esa profundidad se completará el relleno con capas de 20 cm cuidadosamente humedecidas y apisonadas. En todos los casos se emplearán pisoneros de mano.

5. Inspección de materiales. Al recibir las tuberías, válvulas y piezas especiales y durante la descarga de las mismas - se inspeccionarán, junto con los empaques de las juntas, para cerciorarse de que el material no recibió daños durante su transporte; las piezas dañadas se deberán reponer, a cargo de la persona responsable (empresa de transporte o la especificada en el contrato). En caso de tener que almacenar las tuberías, se hará en forma de pilas de 2 m. de altura máxima, cuatrapeando las campanas y los extremos lisos y cubriéndolas con mantas o láminas de cartón - para evitar que reciban los rayos del sol que las dañan.

6. Limpieza de tubería y accesorios. Inmediatamente - antes de la instalación de los tubos y de sus accesorios se limpiarán perfectamente de la tierra, exceso de pintura, aceite, grasa, polvo o cualquier otro material que se encuentre en el interior o en las partes exteriores de los extremos del tubo en que se inser-

tarán las juntas. Procediendo igual se seguirá en cada una de las partes de ellas, cualesquiera que sea su tipo.

7. Cruceros. Previamente al tendido de un tramo de tubería se instalarán completos los cruceros de los extremos de dicho tramo, poniendo tapas ciegas en los extremos que no se conecten. En las bridas de las piezas especiales se conectará una junta o campana de tubo según el caso. Los cruceros se colocarán — siempre horizontales y con los vástagos de las válvulas perfectamente verticales; estarán formados con cruces, codos, etc. y demás piezas especiales según se marca en el plano número 4.

8. Tendido de tubería. El bajado a la cepa de los tubos de diámetros pequeños (hasta 152.4 mm ϕ , clase A-7), se hará a mano mediante cuadrillas de dos hombres. El bajado a mano solo se efectuará en cepas con profundidad máxima de 1.50 m, cuyas paredes sean firmes y a plomo y sin peligro de derrumbe; que permitan en la orilla, las maniobras de manejo y soporte del tubo y considerando que éste debe estar al alcance de la cuadrilla de tendido.

A profundidades mayores o en cepas flojas o tratándose de tubos de diámetro mayor, éstos se bajarán por medio de cables — con cuadrillas de dos, cuatro o más hombres de acuerdo al peso del tubo. Se utilizarán por lo menos dos cables, arrollados con dos vueltas a 80 cm. de separación del extremo. Durante el descenso, se moverá el tubo longitudinalmente para que al descansar en los apoyos, quede a la distancia apropiada para el anclaje a lo que — contribuirá la cuadrilla de tendido empujando o jalando el tubo a medida que desciende. No se retirarán los cables sino hasta terminado el acoplamiento, para permitir la ayuda en el alineamiento y situación final del tramo instalado.

Tan pronto como la tubería sea bajada al fondo de la zanja, se procederá a alinearla con la debida pendiente, a compro-

bar que toda su longitud esté apoyada y a instalar las juntas correspondientes de manera que el eje de los tubos por unir quede de acuerdo con el alineamiento que corresponde a cada tubo. Al terminar una jornada de trabajo deberán taparse los extremos abiertos de las tuberías cuya instalación no esté terminada. Completado el junteo de la tubería, se anclará ésta provisionalmente en su mitad central con un relleno de tierra.

9. Tomas domiciliarias. La instalación de tomas domiciliarias se hará de acuerdo al plano tipo, a medida que se instalen las tuberías de la red y se probarán junto con ésta. Las inserciones deberán efectuarse en la abrazadera, en el empaque de la misma y en la pared del tubo.

10. Pruebas. Todos los accesorios de hierro fundido que no tengan piezas móviles, se sujetarán a pruebas individuales de presión hidrostática de 10 Kg/cm², previamente a su instalación. Quedan incluidas las piezas de hierro fundido de las tomas domiciliarias. Las válvulas y los accesorios que tengan piezas móviles, incluyendo las de las tomas domiciliarias, se sujetarán antes de su instalación a pruebas de presión hidrostática de 14 Kg/cm².

La prueba de presión hidrostática se hará hasta después de que transcurran siete días de haberse colocado el último atraque. La tubería se llenará con agua lentamente, con 24 hrs. de anticipación y antes de aplicar la presión se purgará de aire, haciendo inserciones de válvulas de aire en la parte más alta de las tuberías, las cuales se cerrarán en el momento de hacer la prueba y una vez terminada ésta se reemplazarán con tapones macho.

La prueba será continua durante dos horas; se revisará en cada tubo las juntas, válvulas y piezas especiales y en caso de encontrarse defectuosas se repondrán. Esta prueba se hará primero para las tuberías de cada tramo entre crucero y crucero y poste —

riormente para cada circuito, manteniendo una presión manométrica- constante de 10.5 Kg/cm^2 ; se efectuará con las válvulas abiertas y se pondrán tapas ciegas en los extremos de la tubería probada; se-repetirá con las válvulas cerradas para comprobar su correcta ins-talación. Durante las pruebas de presión hidrostática se revisa- rán todas las juntas y se medirá el volúmen total de agua que se -fugue en el tramo probado. La longitud del tramo será variable, -pero no menor de la existente entre crucero y crucero.

La prueba de presión hidrostática y la revisión de fu-gas, se efectuará en presencia y a satisfacción del Ingeniero asig-nado para tal fin. De cada tramo probado y revisado se dará cons-tancia, con copia para la Secretaría de Recursos Hidráulicos, deta-llando pormenorizadamente el tramo y lo ocurrido durante la prueba

Financiamiento.

La realización de las obras correspondientes a un Abas-tecimiento de Agua Potable, se logra con el auxilio de las fuerzas activas constituidas tanto por el Gobierno en sus ramas Municipal, Estatal o Federal, como los particulares, ya sea como personas fí-sicas o como asociaciones benéficas o lucrativas.

Las formas usuales en que se logra el financiamiento -necesario para la ejecución, operación, administración y conserva-ción de un Sistema de Agua Potable, son las siguientes:

I. Por iniciativa y capital privados, mediante conce-sión otorgada por la Autoridad Municipal.

II. Por instituciones semi-oficiales, quienes pueden -obtener la cooperación de:

- a) Autoridad Municipal
- b) Autoridad Estatal

c) Particulares

III. Por la Autoridad Municipal o Estatal, por sí o en cooperación de:

- a) Los municipios en su caso
- b) Los Gobiernos estatales en su caso
- c) Los particulares

IV. Por el Gobierno Federal, por sí o en cooperación - de:

- a) Municipios
- b) Estados o territorios de la unión
- c) Instituciones crediticias
- d) Particulares en forma individual o colectiva
- e) La Dirección de Cooperación Interamericana de Salu-

bridad Pública.

De acuerdo con la "Ley de Cooperación para Dotación de Agua Potable a los Municipios" publicada en el "Diario Oficial" de la Federación el 29 de diciembre de 1956, el Gobierno Federal cooperará con las autoridades locales en la realización de las obras de agua potable mediante inversiones no recuperables equivalentes a la mitad de su costo en las localidades con no menos de 30,000 habitantes y a un tercio en las de 30,000 habitantes o más.

Los municipios que deseen acogerse a los beneficios — que establece el artículo anterior, deberán solicitarlo a la Secretaría de Recursos Hidráulicos manifestando su disposición para aportar la parte que les corresponda.

Esta aportación podrá hacerse indistintamente por uno o varios de los siguientes medios:

1. Con trabajo

2. Con entregas en efectivo de acuerdo con el programa de inversiones que requiera la ejecución de las obras, provenientes de su presupuesto o de aportaciones no recuperables del Gobierno de la Entidad a que pertenezca el Municipio.

3. Mediante créditos o donativos que se obtengan de —
Instituciones privadas o de particulares.

Cuando la obra reclame inversiones recuperables del Gobierno Federal o créditos del Banco Nacional Hipotecario Urbano y de Obras Públicas, la Secretaría de Recursos Hidráulicos coordinará su acción con dicho banco.

Será condición indispensable para obtener la cooperación del Gobierno Federal la de que, una vez construídas las obras puedan ser sostenidas en cuanto su correcta operación, mantenimiento y mejoramiento, mediante el pago por otra parte de los usuarios de la cuota por servicio; además, en los casos de obras costeadas con aportaciones obtenidas mediante crédito, la porción de costo a cargo de los recursos locales, deberá recuperarse mediante las cuotas que se señalen a los usuarios, las cuales tendrán la amplitud necesaria para garantizar la amortización o recuperación una vez cubiertos los gastos de mantenimiento, administración, operación y mejoramiento de las obras.

Mientras esté pendiente la recuperación de los créditos o las inversiones complementarias que con carácter de recuperables haya hecho el Gobierno Federal, la administración y dirección técnica de los servicios quedará a cargo de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, directamente o en la forma que la propia Secretaría determine, pero siempre con la intervención de un Representante del Municipio de que se trate. Cuando las recuperaciones hayan sido obtenidas, la administración de las obras deberá ser entregada a las Autoridades locales o a los organismos que para el efecto se designen.

El financiamiento de las obras de Agua Potable para el Fraccionamiento "Prados de Villahermosa", será exclusivamente capital privado.

Bibliografía.

Obras y Servicios Públicos del Estado de Tabasco.
Banco Nacional Hipotecario y de Obras Públicas, S.A.

Datos generales y censos de población de Tabasco.
Dirección General de Estadística, S.I.C.

Water Supply and Waste Water Disposal.
Gordon M. Fair & John C. Geyer.

Hidráulica.
S. Trueba Coronel

Apuntes de Ingeniería Sanitaria.
Ing. Anastasio Guzmán M.

Apuntes de Obras Hidráulicas.
Ing. José Luis Sánchez B.

Apuntes 3er. Curso Construcción.
Ing. Pedro Llano M.