

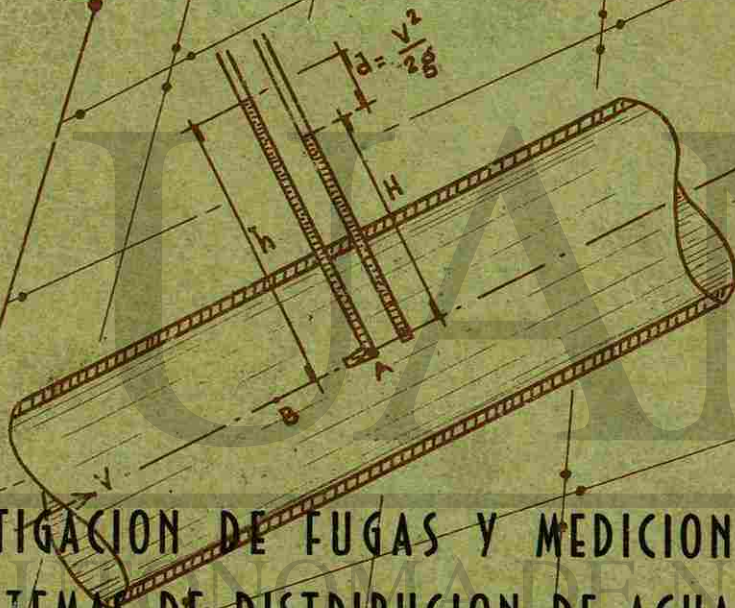


UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA DE GRADUADOS • INGENIERIA EN SALUD PUBLICA

APUNTES DEL CURSO INTENSIVO No. 3



INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION  
EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA

AGOSTO DE 1966

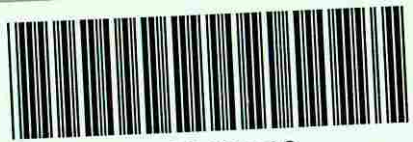
MONTERREY, MEXICO

TD495

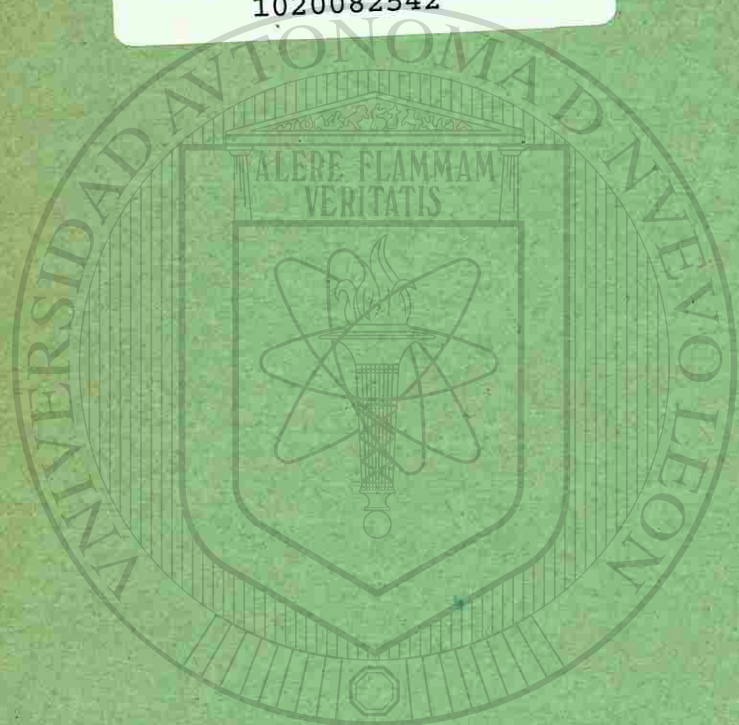
U5

628.177  
U582





1020082542



# UANI

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



NL  
Núm. Clas. 628.177  
Núm. Autor USA  
Núm. Asign. 059568  
Precedente 1  
Fecha Junio de 1968.  
Clasificado  
Catálogo



UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
ESCUELA DE GRADUADOS • INGENIERÍA EN SALUD PÚBLICA

APUNTES DEL CURSO INTENSIVO No. 3

U A N L

INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION  
EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FONDO UNIVERSITARIO

51264

059568

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"

Capilla Alfonsina  
Biblioteca Universitaria

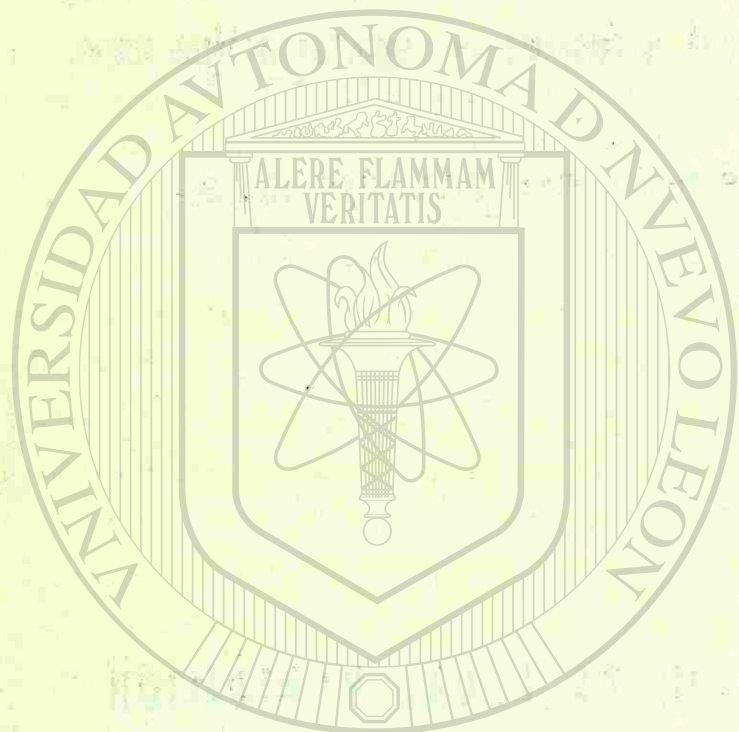
AGOSTO DE 1966

MONTERREY, MEXICO



TD 495

U5



FONDO UNIVERSITARIO

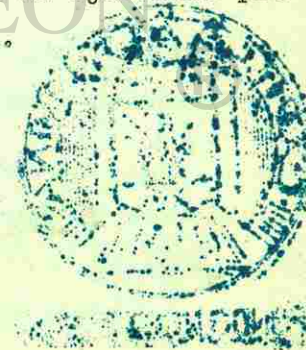
## P R O L O G O

Desde hace varios años la Universidad de Nuevo León -- promueve en forma entusiasta la realización de conferencias y cursos intensivos para adiestrar y actualizar personal que por sus labores no pueden asistir a cursos regulares.

En esta ocasión toca a la Escuela de Post-Graduados en Salud Pública de la Facultad de Ingeniería Civil, la organización de un curso destinado a mejorar la preparación práctica y académica de personal que realiza trabajos relacionados con los sistemas de distribución de agua.

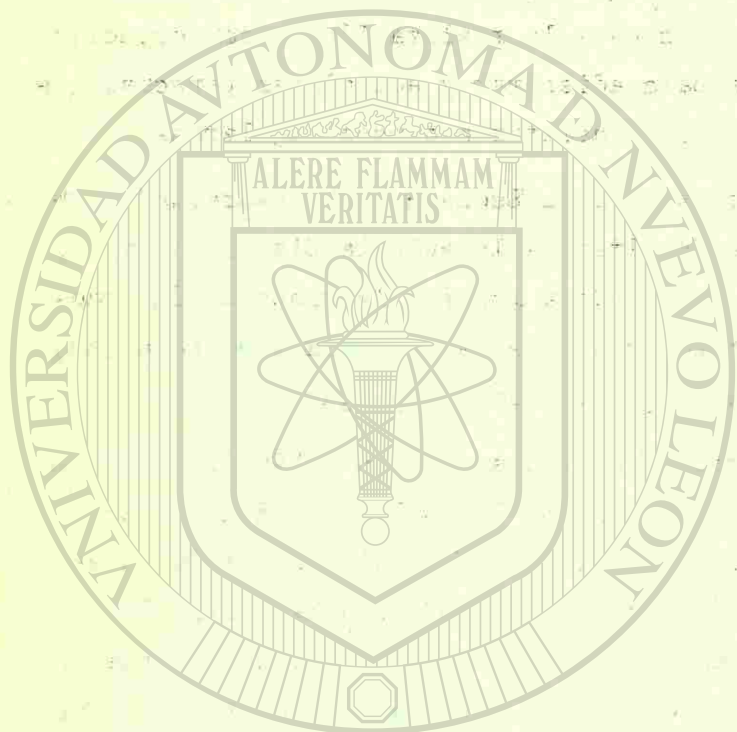
Este curso corto intensivo se tituló "INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA" el -- cual se pudo efectuar con el apoyo decidido de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, de la Oficina Sanitaria Panamericana (Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud) de los Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey y de nuestra Máxima Casa de Estudios.

Seguramente la experiencia obtenida por los asistentes a este curso será una gran herramienta en su ejercicio profesional o en el desempeño de sus labores.



3361





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

MANUAL DEL TERCER CURSO INTENSIVO  
SOBRE  
INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION  
EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA

PATROCINADO POR LAS INSTITUCIONES:

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON. FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL.  
SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS.  
OFICINA SANITARIA PANAMERICANA, OMS.  
SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY.

PERSONAL AUXILIAR:

La coordinación local de las actividades del curso estuvo -  
a cargo del Ing. Horacio González Santos, Jefe del Depto. -  
de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ingeniería Civil,  
UNL.

Las actividades de coordinación internacional fuerón desa--  
rrolladas por los Ingenieros Edmundo Izurieta e Ildeu Duar--  
te, de la Zona II de la Oficina Sanitaria Panamericana, OSP.

PERSONAL DOCENTE:

ING. EDUARDO MORFIN HIERRO: Oficina de Ayudantía Técnica de  
la Jefatura de Agua Potable y Alcantarillado. Secretaría de  
Recursos Hidráulicos.

ING. FRANCISCO INFANTE BECERRA: Departamento de Estudios de  
Campo de la Dirección de Estudios y Proyectos de Agua y Al-  
cantarillado. Secretaría de Recursos Hidráulicos.



ING. BERNARDO GOMEZ MORENO: Ingeniero-Consultor a corto plazo de la Oficina Sanitaria Panamericana, OSP. Funcionario de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, Colombia.

ING. ROQUE YAÑEZ MARTINEZ: Funcionario de los Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey.

ING. HECTOR ULISES LEAL FLORES: Profesor de la Facultad de Ingeniería Civil, UNL.

ING. ALEJANDRO RAMIREZ ALCAZAR: Profesor de la Facultad de Ingeniería Civil, UNL.

ING. HORACIO GONZALEZ SANTOS: Profesor de la Facultad de Ingeniería Civil, UNL.

EMPRESAS VISITADAS:

SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY.

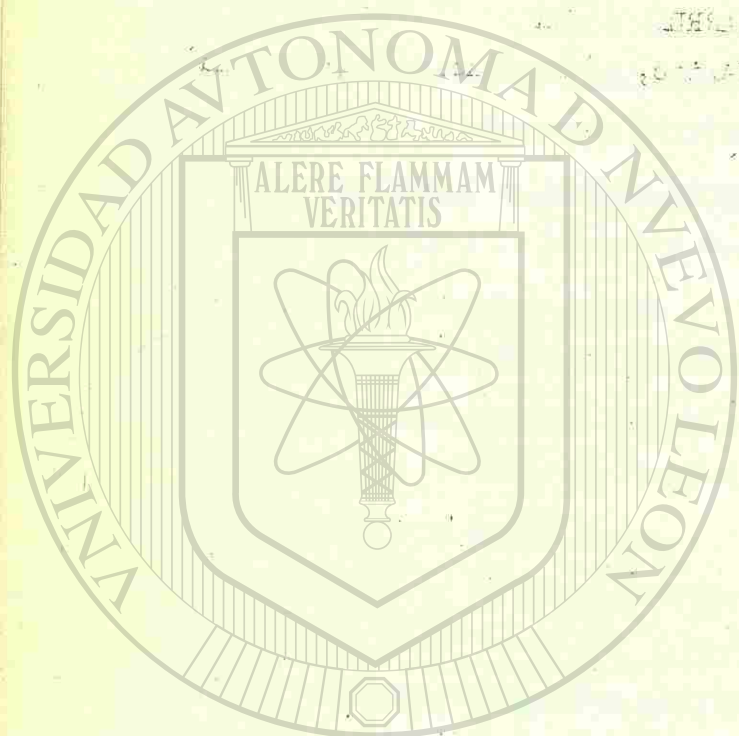
VALVULAS RUGO, S. A.

PARTICIPANTES

1. ING. ANTONIO ARROYO TELLO  
Secretaría de Recursos Hidráulicos (México, D. F.)
2. ING. RAMON ARROYO ESPARZA  
Junta Central de Agua y Saneamiento de Chihuahua.
3. ING. EFREN DOMINGUEZ TORRES  
Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Cd. Juárez -  
(Chihuahua).
4. ING. DAVID GARCIA CANSECO  
Cía. Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey.
5. ING. JAVIER GARCIA REYES  
Secretaría de Recursos Hidráulicos (México, D. F.)
6. SR. ARTEMIO GARZA LINARES  
Secretaría de Recursos Hidráulicos, CD. Victoria, --  
(Tamaulipas).
7. ING. CARLOS GAMBOA CASTRO  
Secretaría de Recursos Hidráulicos (Chihuahua).
8. ING. ROGELIO GOMEZ GARCIA  
Universidad de Chihuahua.
9. ING. RAMON INGUANZO MORALES  
Planta Potabilizadora de Reynosa (Tamaulipas)
10. SR. PEDRO M. LEAL ESPINOZA  
Hojalata y Lámina, S. A. (Monterrey).

11. ING. BENJAMIN LIMON RODRIGUEZ  
Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Nuevo León.
12. ING. RICARDO RUBEN LOPEZ ZUBILLAGA  
Secretaría de Recursos Hidráulicos (México, D. F.).
13. ING. WENCESLAO MALDONADO OSORNO  
Cfa. Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey.
14. ING. OSCAR MOREIRA FLORES  
Secretaría de Recursos Hidráulicos (México, D. F.)
15. MAYOR AGUSTIN REBATET FLORES  
Secretaría de Recursos Hidráulicos (México, D. F.)
16. ING. SALVADOR REYNA JUAREZ  
Secretaría de Recursos Hidráulicos, Chilpancingo (Guerrero).
17. ING. ABELARDO SALAZAR MARROQUIN  
Junta de Agua Potable y Alcantarillado  
de Allende, (Nuevo León).
18. ING. OVIDIO SALINAS VELA  
Celulosa y Derivados, S. A. (Monterrey).
19. SR. URBINO SINGLETERRY DEL FIERRO  
Junta de Agua y Drenaje de Matamoros, (Tamaulipas)
20. ING. JOSE VAZQUEZ CHAVEZ  
Altos Hornos de México, S. A. Monclova, (Coahuila)
21. ING. GERMAN VELAZQUEZ VILLEGAS  
Contratista (México, D. F.).
22. ING. ROBERTO VILLARREAL TOVAR  
Altos Hornos de México, S. A. Monclova, (Coahuila).





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TERCER CURSO INTENSIVO

INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN SISTEMAS  
DE DISTRIBUCION DE AGUA.

C O N T E N I D O

PROLOGO

INTRODUCCION

PERSONAL QUE INTERVINO EN LA ELABORACION DEL MANUAL DEL -  
CURSO.

PARTES QUE INTEGRAN UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Ing. Horacio González Santos

HIDRAULICA APLICADA

Ing. Héctor Ulises Leal Flores

ELEMENTOS Y PIEZAS ESPECIALES

Ing. David Fernández Camargo

OPERACION Y MANTENIMIENTO EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE-  
AGUA

Ing. Roque Yáñez Martínez

PITOMETRIA

Ing. Bernardo Gómez Moreno

INSTRUCTIVO PARA OBSERVACIONES PITOMETRICAS

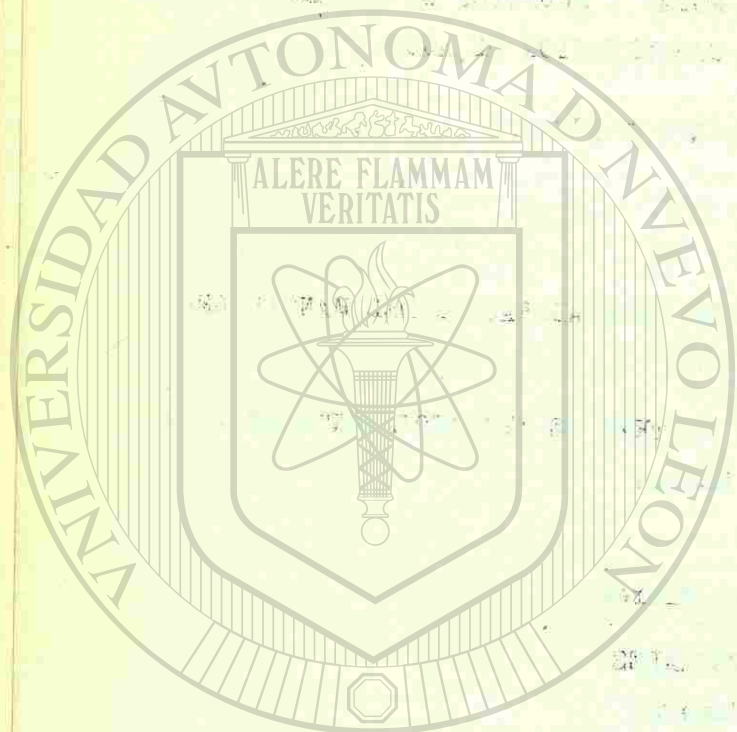
Ing. Francisco Infante Becerra

PRACTICAS SOBRE PITOMETRIA

Ing. Alejandro Ramírez Alcázar

MEDIDORES, SUS TIPOS, SELECCION, INSTALACION Y MANTENIMIENTO

Ing. Bernardo Gómez Moreno.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## INTRODUCCION

México crece demográfica y comercialmente a ritmo acelerado, no así en la construcción de sistemas de abastecimiento de agua. El proceso de industrialización y de urbanización ha originado un verdadero éxodo del campo a las ciudades -- por representar un mayor atractivo para los habitantes del medio rural, esperando disponer de un mejor nivel de vida; así como utilizar ventajas que ello presenta reflejándose -- en mayor bienestar social y económico. Este movimiento migratorio ha dado como resultado la sobrepoblación marginal en las ciudades que es difícil atender.

Se ha mencionado que el país cuenta con un potencial acuifero suficiente para sus necesidades, si bién es cierto, el agua escasea en ciertas regiones del territorio nacional, -- pero en la mayoría de los casos el problema es de costosas Obras Hidráulicas y no de imposibilidad física.

Las poblaciones urbanas son las que cuentan con suministro de agua desde hace varias décadas, algunas de ellas datan -- de principio del siglo. Estas poblaciones en constante desarrollo requiere de una mayor cantidad de agua para uso doméstico e industrial, requiriendo grandes esfuerzos para hacer llegar el agua a los consumidores.

Sin lugar a duda se ha prestado más atención a la captación, conducción y regularización del abasto, estas obras hidráulicas no menos importantes son de operación más sencilla. -- También se ha conseguido grandes logros en la potabilidad -- del agua. En cambio en lo que se refiere a la red de distri



bución que se encuentra generalmente oculta, presenta grandes dificultades en mantenerla en operación eficiente, acentuándose cuando las redes tienen muchos años de haberse -- instalado ó bien cuando conducen aguas agresivas.

En las redes de distribución de agua normalmente existen fugas que son tolerables hasta ciertos límites, se ha comprobado que las pérdidas de agua aumentan a medida que transcurre el tiempo llegando a representar en ocasiones cantidades considerables, pudiendo llegar a constituir un factor de importancia en la economía del sistema.

El control y la anulación de fugas, así como el conocimiento completo de las eficiencias en la distribución de agua -- son necesarios para programar cambios de tubería en los sistemas existentes y las ampliaciones tan necesarias para satisfacer el crecimiento de las poblaciones.

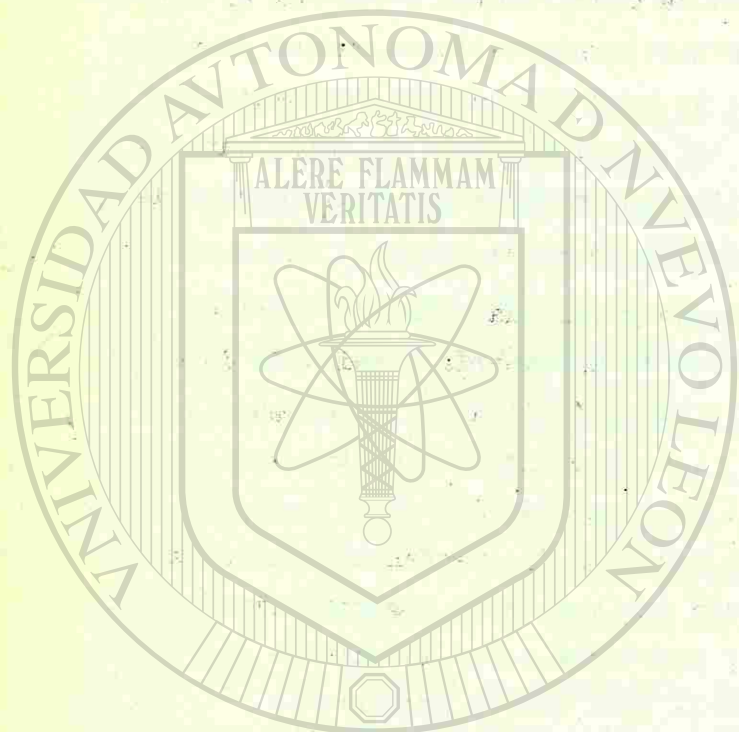
En las últimas décadas la pitometría ha adquirido importancia en los sistemas de abastecimiento y distribución de -- agua, ya que permite hacer un análisis completo y detallado del estado actual de la tubería, es posible determinar en -- la red la cantidad de agua que circula por los conductos -- así como, conocer los tramos de baja y alta presión, la localización de fugas, obstrucción, desperdicios y la eficiencia de medidores. Tomando en cuenta datos enumerados y considerando el crecimiento de la población y demanda futura, nos servirán para proyectar las mejoras y ampliaciones de -- la red.

Para tener un buen control de la distribución de agua se -- instalan medidores, que nos permite conocer los gastos que se introducen al sistema de distribución y conocer el consumo de los usuarios. Esto sirve para fijar cuotas proporcionales a los consumos de agua que permite recuperar las inversiones efectuadas así como; disponer de fondo suficientes para la operación, mantenimiento y ampliaciones de los sistemas de distribución de agua.

Para adiestrar a ingenieros y personal técnico auxiliar en los aspectos fundamentales de pitometría y medición de caudales en sistemas de distribución de agua, la Universidad de Nuevo León organizó el tercer curso intensivo sobre esta especialidad habiéndose impartido del 25 de julio al 5 de agosto de 1966. Cuyo material de enseñanza forma este -- manual, el cual se espera dar a conocer algunos principios y fundamentos teóricos y prácticos sobre la materia que podrá servir como referencia para cursos posteriores.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CURSO INTENSIVO SOBRE:  
INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN  
SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA

T E M A

PARTES QUE INTEGRAN UN SISTEMA  
DE DISTRIBUCION DE AGUA

ING. HORACIO GONZALEZ SANTOS

Profesor de Ingeniería Sanitaria, de la  
Facultad de Ingeniería Civil, UNL.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

JULIO 1966

MONTERREY, MEXICO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

PARTES QUE INTEGRAN UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA:

CONTENIDO.

I.- GENERALIDADES

II.- FUENTE DE ABASTECIMIENTO

Procedencia  
Cantidad  
Calidad  
Posibilidades

III.- OBRAS DE CAPTACION

De aguas atmosféricas  
De aguas superficiales  
De aguas subterráneas

IV.- POTABILIZACION

V.- LINEAS DE CONDUCCION

Tipos  
Capacidad  
Materiales  
Obras Hidráulicas accesorios  
Accesorios y válvulas

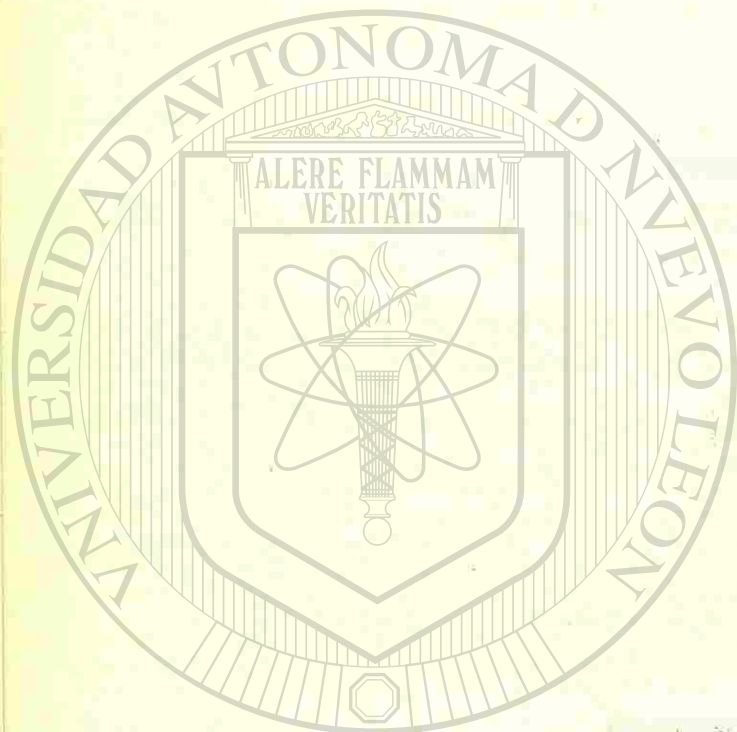
VI.- ALMACENAMIENTO Y REGULARIZACION

Generalidades  
Almacenamiento  
Regularización  
Tipos de depósitos

VII.- SISTEMA DE DISTRIBUCION

Partes que la integran  
Presiones en la red  
Válvulas y accesorios  
Período de diseño  
Sistemas de redes de distribución  
Instalaciones domiciliarias e hidratantes





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## INTRODUCCION.

El agua constituye una necesidad fundamental para la vida humana.

Es probado que en pocos días el hombre como todos los animales sin este elemento indispensable, perece. El planeta en su superficie está cubierto de agua en sus cuatro quintas partes formando los mares y océanos y solo una quinta parte es tierra emergida; de esta solo la séptima parte tiene las condiciones óptimas para el asiento de las poblaciones, así vemos que las dos terceras partes de la población terrestre se encuentran en ella concentrados.

El hombre primitivo se estableció donde era fácil procurarse el agua. Sin embargo, pronto hubo que excavar pozos y construyó depósitos para captar el agua cerca de las casas. Al parecer las primeras aldeas y poblaciones se sucitó el problema del abasto de agua, resuelto primero aisladamente y luego colectivamente por medio de acueductos que sirvieron para conducir aguas de fuentes lejanas, satisfaciendo el consumo de agua de las poblaciones en constante desarrollo.

El agua no tiene como único objeto saciar la sed: es necesaria para que las viviendas y edificios tengan valor, desde el punto de vista de la salud pública. En los planes de urbanización y de industrialización que hoy se generalizan en los países de América, han quedado a la



zaga los abastecimientos de agua, a pesar de ser fundamental para su desarrollo. Los funcionarios públicos, que en no pocas ocasiones son los que deciden sobre la búsqueda y las ampliaciones de los suministros de agua, se inclinan al medio rural, quizás solo por sentimentalismo o por la poca inversión que representa. Esta deliberada falta de atención para los núcleos de población urbanas, dá en consecuencia la carencia de agua.

Se supone equivocadamente que las colectividades urbanizadas están en condiciones de resolver sus problemas de abastecimiento de agua. Si nosotros hacemos un poco de historia, veremos que la labor de saneamiento, como la mejoría económica; ha avanzado de la ciudad hacia las áreas rurales. La población urbana representa en la actualidad el 52% y en los próximos años se irá incrementando cada vez más. Si los propósitos del progreso nacional requiere un desarrollo económico acelerado y una promoción en salud pública cada vez más eficaz para proteger un mayor número de vidas y darles bienestar, se requiere prestar más atención a los núcleos urbanos.

El hombre utiliza el agua como bebida o como integrante de alimentos; la requiere para el aseo personal: para el lavado de utensilios de cocina y ropa; la utiliza para alejar sus desechos y le permite disfrutar de mayor bienestar al utilizar este vital elemento para manufacturar numerosos productos industriales que le son necesarios. Es bien sabido la importancia que tiene el agua en las aglomeraciones

humanas para el riego de parques y jardines, el aseo y limpieza de las calles y su empleo no menos importante en la industria.

La lluvia alimenta todas las fuentes naturales de que dispone el hombre. El agua de lluvia es pura en su origen; al caer lleva consigo gases y partículas de polvo, escurre en la superficie terrestre formando arroyos y ríos que arrastran materia orgánica en descomposición, gérmenes patógenos, sales diversas y materia coloidal que se depositan finalmente sobre ríos, lagos, embalses y mares.

El agua de las lluvias puede infiltrarse en el suelo o grandes profundidades, filtrándola y purificándola de material suspendido y bacterias. Si el terreno es rico en minerales, disolverá cierta cantidad de sales por su acción solvente, alcanzando en ocasiones altas concentraciones que la hacen inadecuada para usos domésticos. Del agua infiltrada, una parte queda en la superficie de la tierra, evaporándose; otra es aprovechada por las raíces de las plantas que posteriormente, por el proceso de transpiración, pasa nuevamente a la atmósfera. La parte restante incrementa el caudal de las aguas fráticas y profundas.

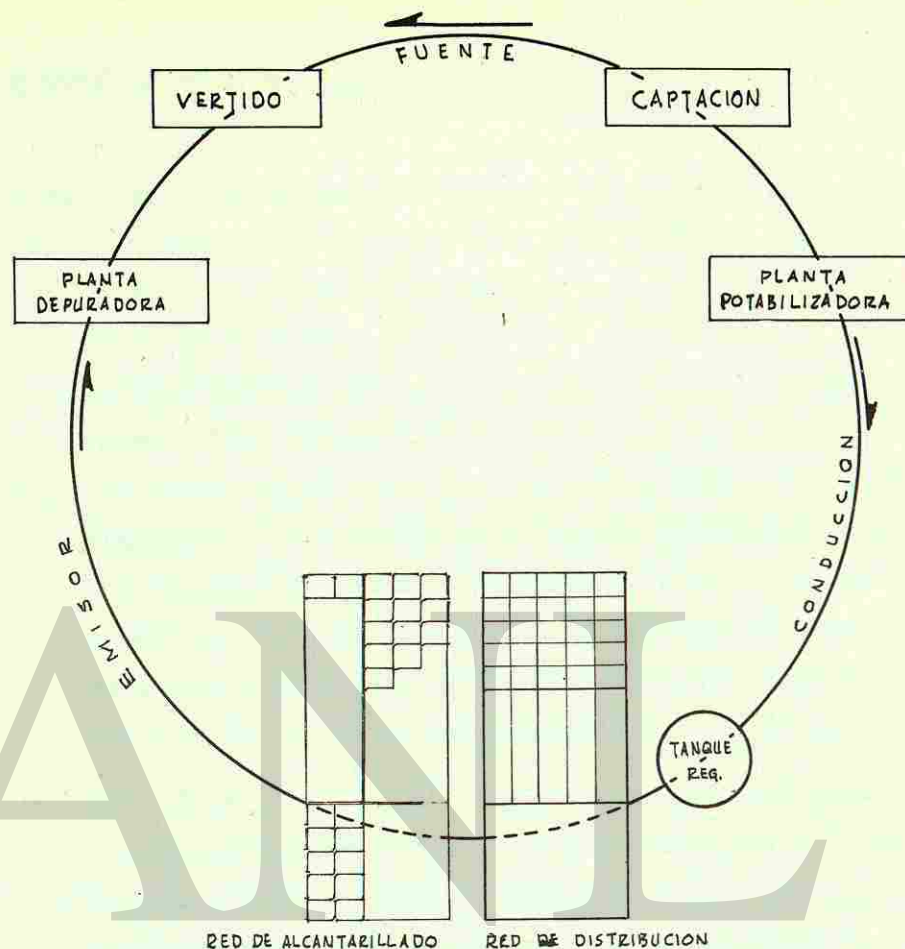
Conviene señalar, que el contar una población con abundante suministro de agua, será un lugar atractivo para vivir, permitiendo el crecimiento de empresas comerciales e industriales, así mismo permite el establecimiento de nuevas industrias, se incrementa las empresas de servicio; significando con ello más construcción, más empleos y una recaudación ma



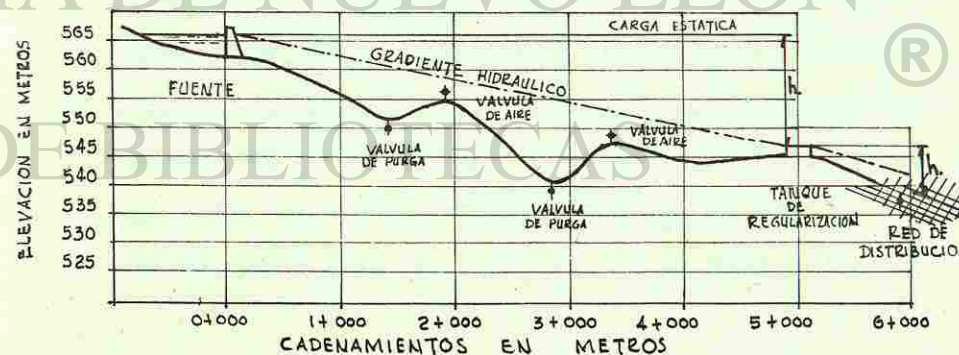
yor de impuestos que se aplican en mejorar y aumentar los servicios públicos.

El abastecimiento de agua para poblaciones debe corresponder a la demanda, cuya magnitud está determinada por las necesidades futuras de la población, aspecto muy difícil de predecir por lo imprevisible de las costumbres y la evolución de la técnica, influyendo notablemente otros factores tales como: la instalación de medidores, tarifas, extensión de las instalaciones de plomería, control de fugas y desperdicios en el sistema de distribución.

En forma muy general las partes que integran un abastecimiento de agua son: fuente de abastecimiento, captación, planta de tratamiento, conducción, almacenamiento y regularización y sistema de distribución. A continuación se describen muy brevemente cada uno de estos elementos. Ver lámina # 1

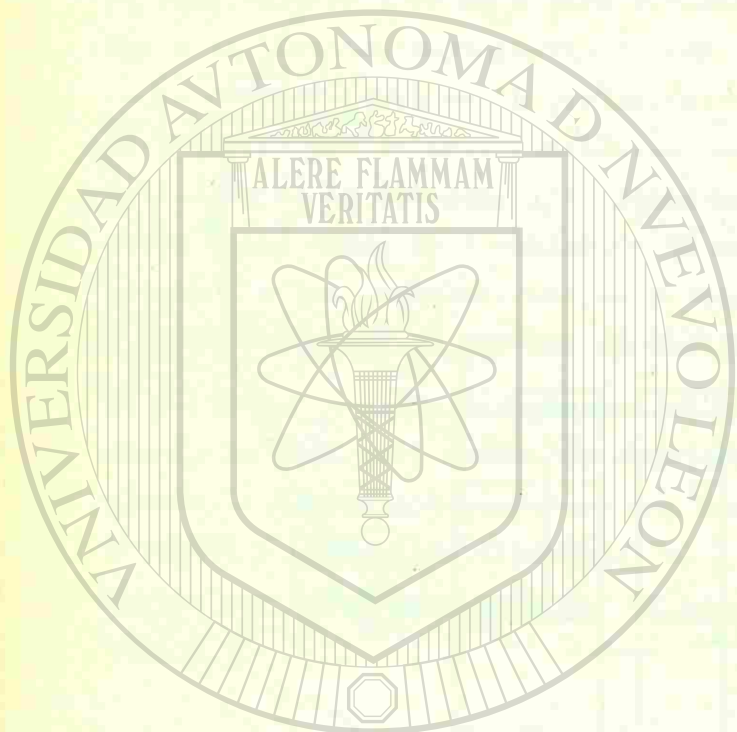


ABASTECIMIENTO DE AGUA Y DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES EN POBLACIONES



PERFIL DE UNA LINEA DE CONDUCCION DE AGUA





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## I.- FUENTE DE ABASTECIMIENTO

### 2.1 Procedencia.

Todas las fuentes naturales que dispone el hombre tienen el mismo origen la lluvia y la fusión de las nieves, clasificándose como sigue.

aguas meteóricas

aguas superficiales

aguas subterráneas

- a). Las aguas meteóricas son las producidas por lluvia granizo y nieve estas se colectan generalmente en los tejados de casas y edificios, almacenándose en depósitos superficiales o subterráneos. Solamente se emplean para abastecimientos domiciliarios en el medio rural y no es muy aceptada por insípida.
- b). Las aguas superficiales se dividen en corrientes - (ríos, canales y arroyos) y almacenamientos (lagos, presas y mares). Estas fuentes son las utilizadas para grandes abastecimientos por su abundancia, teniendo el inconveniente de estar contaminada y algunas ocasiones presentar turbidez, producir ciertos olores y sabores. Por lo general este tipo de fuente requiere tratamiento para su uso potable.
- c). Las aguas subterráneas podemos clasificarlas en -- freáticas y profundas, incluyendo en estas últimas, galerías de infiltración, túneles de captación y - aguas profundas. Estas fuentes no están contamina-



das pero presentan generalmente una asentuada mine-  
lización que es necesario remover.

## 2.2 Cantidad:

Como requisito primordial la fuente deberá producir el caudal suficiente para satisfacer la demanda de la población por lo menos en un período de 15 a 30 años. Es usual que se prefiera una agua de procedencia subterránea en especial en el medio rural, dado a que pequeños volúmenes siempre es posible conseguir. Pero cuando se trata de poblaciones urbanas que requiere grandes caudales no es posible recurrir a este tipo de fuentes, empleándose aguas superficiales, que desde luego es necesario someterlas a tratamiento.

## 2.3 Calidad.

El agua que se suministra a una población deben cumplir los requisitos de pureza y de contenido mineral. Antes de proyectar el abastecimiento, se tomarán muestras de agua en número suficiente para ser sujetas a estudio micro y macro biológicas, así como análisis físico-químicos. De los resultados obtenidos se recomendará su uso directo mediante el tratamiento mínimo de desinfección o bien efectuar un estudio económico de su estabilización que determina en última instancia su empleo.

En México deberá de cumplirse las normas de calidad establecidas por la Secretaría de Salubridad y Asistencia dada la importancia que representa donde el punto

de vista de la salud pública, se incluyen en un anexo.

## 4 Posibilidades.

Es común incurrir en errores al determinar la factibilidad de la utilización de la fuente, los aforos del caudal disponibles pueden efectuarse en condiciones no normales de funcionamiento. Cualquier desembolso económico adicional para determinar el caudal aprovechable no deberá escatimarse ya que ello representa seguridad en el suministro de agua.

Considérese que al caudal proyectado deben estar disponible en años secos con una cantidad de reserva.

Cuando es posible disponer de varias fuentes de abasto, la selección de la más adecuada dependerá de la evaluación de los factores determinantes como son: características geo-hidroológicas, topografía, caudal disponible, calidad sanitaria, características de diseño, costo y condiciones de operación y mantenimiento.

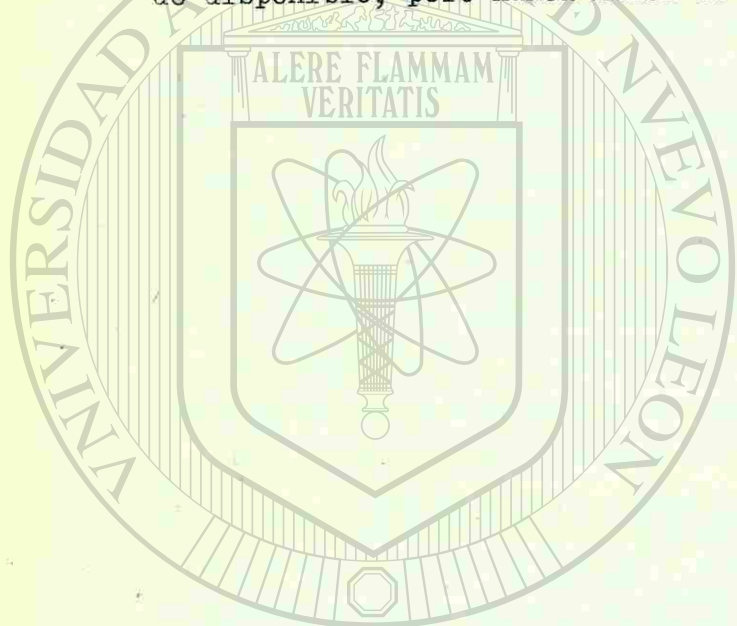
## 5 Capacidad.

Las fuentes deberán ser capaz de suministrar toda el agua necesaria para satisfacer las demandas domésticas, incendio e industrial, más un por ciento para emergencia. Los caudales se deberán determinar con la mayor precisión posible.

Cuando se disponga de una fuente de suministro subterráneo el nivel estático y la capacidad específica del pozo deberá ser conocido por un período no menor de 5 años y si está constituida por aguas superficiales la ca



pacidad mínima de almacenamiento deberá ser la necesaria para satisfacer la demanda por el período más largo de no precipitación, por ello se tendrá sumo cuidado en conocer el régimen hidráulico por el mayor período disponible, pero nunca menor de 5 años.



### III.- OBRAS DE CAPTACION

Es el dispositivo o estructura que permite extraer el agua de la fuente de abasto y la incorpora al sistema general a través de la línea de conducción. Estas obras podemos clasificarlas convencionalmente en:

- 1.-Captación de aguas atmosféricas
- 2.-Captación de aguas superficiales
- 3.-Captación de aguas subterráneas

#### 3.1 Captación de aguas atmosféricas.

La captación de esta clase de agua se hace generalmente utilizando los techos de casas y edificios. Otras ocasiones se construye superficies apropiadas usando materiales de coeficiente de escurrimiento alto. La captación se hace por medio de aljibes o cisternas que son depósitos construídos a nivel de tierra.

Para evitar la contaminación del agua almacenada deberá desecharse la primera agua captada, la cual ha sido utilizada para limpieza de la superficie de recolección. Para la extracción del agua, se recomienda utilizar bombas de operación manual o mecánicas.

#### 3.2 Captación de agua superficiales.

- a). Captación de manantiales. Las aguas procedentes de manantiales se captan por medio de cajas o tanques que pueden ser de mampostería o de concreto. Las características constructivas de estas captaciones están normadas por la protección sanitaria



del manantial como son: evitar la entrada de animales, ser de fácil acceso para su limpieza, tener las paredes impermeables y evitar el contacto del agua con objetos, personas y otros medios de contaminación.

b). Torres de captación. Se utilizan para extracciones de agua de presas, lagos y ríos profundos, que presentan amplias fluctuaciones en el nivel de agua y en la magnitud de las extracciones. Las torres de captación se clasifican según su funcionamiento, de interior seco y de interior ahogado, hasta el nivel de la fuente de abastecimiento, la estructura no está sujeta a flotación.

c). Captaciones sumergidas. Estas se construyen bajo el agua, no están sujetas a la acción de materiales flotantes y no obstruyen la navegación, son estructuras muy económicas. Presentando el riesgo de obstrucciones por azolves y no ser de fácil inspección.

d). Captaciones móviles. Se emplean en captación de corrientes que presentan severas variaciones en sus niveles superficiales o bien que las margenes no garantizan la estabilidad de la estructura. Los equipos de bombeo se instalan en plataformas móviles que podrán hizarce a voluntad.

e). Tubos y conductos. Estas instalaciones se alojan

generalmente en la cortina de presas derivadoras ó de almacenamiento, son de construcción sencilla y podrán ser reguladas utilizando válvulas ó compuertas.

f). Captaciones de rivera. Cuando se trata de captación en ríos se utilizan tomas indirectas que consiste en construir cajas, canales ó pozos, muy cerca de las márgenes que están conectados a la fuente por medio de tuberías o canales. De la toma indirecta se extrae el agua comunmente por bombeo.

### 3.3 Captación de agua subterráneas.

Los abastecimientos de agua por medio de pozos profundos y no profundos son el recurso más usado para poblados situados con el medio rural, incluyendo grandes centros urbanos como la ciudad de México, Monterrey, Torreón, Mérida y otras; que en nuestro país lo usan en forma exhaustiva.

La cantidad de agua disponible depende de las formaciones acuíferas del suelo, y de ello dependerá el tipo de captación. A continuación se citan los sistemas usados:

a). Pozos excavados. Son pozos poco profundos excavados generalmente en forma manual captándose el agua fréatica, muy cerca de la superficie del terreno. El agua se extrae por medio de bombeo recomendándose efectuar aforos cuidadosos para conocer



la disponibilidad del caudal. Estas obras requiere una cuidadosa protección sanitaria, a continuación se señalan algunos requisitos esenciales para obtener un suministro satisfactorio de agua potable: ubicación adecuada, ademe impermeable hasta un mínimo de 3 metros, elevación del brocal, tapa impermeable del pozo y registro de inspección.

b). Pozos incados. Consiste en el incado de un tubo llevando en el extremo un cedazo protegido de una punta de acero que es la que se utiliza para perforar el suelo. El tubo es introducido por medio de golpes. Este sistema se emplea cuando el nivel freático es alto y en suelos relativamente blandos. Una vez incado el tubo se coloca sobre él la bomba de succión para extraer el agua.

c). Pozos perforados. En abastecimientos, el perforado de pozos se hace utilizando máquinas de percusión y rotativas según la profundidad deseada. Solamente cuando se trata de pozos muy profundos se utiliza el sistema rotativo hidráulico, como lo constituye la captación de aguas subterráneas de la zona de Mina con profundidades de 1000 metros, fuente que se utiliza para abastecer la ciudad de Monterrey, N. L.

1.- Pozos artesianos.- Las aguas confinadas suelen surgir pudiendo no requerirse bombeo. Al iniciar su funcionamiento deberá acondicionarse dispositivos para contro-

lar el flujo. Tómese en cuenta que no es recomendable cerrar completamente estos pozos ya que la presión puede forzar la salida del agua en otras partes.

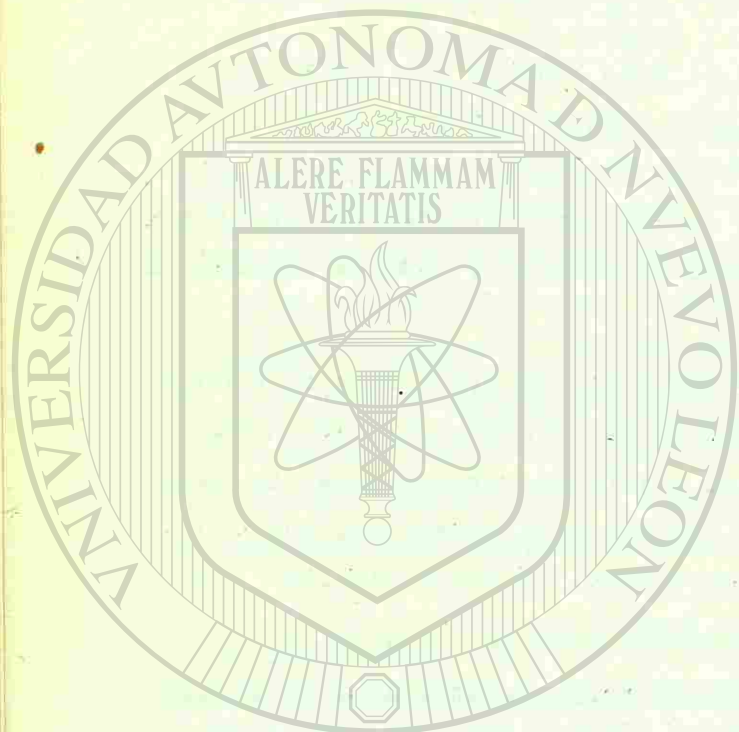
Deberá impedirse que el pozo trabaje sin limitaciones cuando no se necesite el agua ya que podrá ocasionar un agotamiento prematuro del acuífero. Cuando varios pozos penetran en el mismo estrato acuífero deberá llevarse un control muy estricto de cada uno, dada la influencia que tienen entre sí.

2.- Pozos profundos.- Siempre hay incertidumbre en escoger el lugar para realizar la perforación por desconocer los estratos del suelo y ante la imposibilidad de determinar previamente el caudal. Para poder realizar con más certeza esta primera fase, conviene utilizar los servicios de especialistas.

El período de vida de los pozos dependerá principalmente de la estabilidad y seguridad del manto acuífero, de la calidad y firmeza del ademe, del tipo de manantial y de la tendencia a obstruirse.

La extracción de agua se hace mediante bombeo. Cuando se trata de estratos granulares, el rendimiento es proporcional a la depresión del nivel del agua, de aquí la importancia de los aforos. Otras veces se cuenta con cierto número de pozos cercanos entre sí, recomendándose se operen uniformemente para reducir las obstrucciones al mínimo.





#### POTABILIZACIÓN:

Las principales fuentes de abastecimiento son generalmente ríos, embalses, lagunas y agua subterránea. Las primeras tres fuentes por ser superficiales tienen características muy variables afectadas por los períodos de lluvia y sequía, aumentando o disminuyendo el grado de contaminación y el contenido de material disuelto y suspendido. La presencia de ciertas bacterias dará origen a enfermedades; el contenido de material suspendido producirá, -- turbidez; la presencia de cierto tipo de algas, originará olores y sabores desagradables; si el contenido de sales minerales es alto se tendrá dificultad en su uso doméstico; la dureza y corrosividad tendrá efecto directo sobre las tuberías e instalaciones y algunos gases disueltos, pueden producir malos olores y ser corrosivos.

El carácter y grado de tratamiento, dependerá de la naturaleza del agua según su procedencia, haciéndose necesario efectuar muestreos para su análisis microbiológico y físico-químico. Considérese que cualesquiera que sea el tratamiento que se escoja, deberá producir agua que se pueda beber sin peligro de enfermarse, de sabor agradable y útil para los usos domésticos. Ver lámina # 2 (R)

Las aguas superficiales son en general las más contaminadas y podrán presentarse más o menos turbias. Para efectuar su purificación será necesario someterla a una coagulación, sedimentación, filtración y desinfección. Cuan



do se trata de aguas subterráneas que comunmente son — limpias se les podrá aplicar el tratamiento mínimo, desinfección. Ver lámina # 2

Otras veces se tendrá que utilizar procesos especiales de purificación para remoción de fierro, manganeso, — fluor, remoción de gases, ablandamiento y control de la corrosividad.

Las plantas potabilizadoras se clasifican normalmente — en dos grupos: en convencionales y patentados, el tipo de planta ha emplear estará determinado por los siguientes aspectos.

a). Capacidad:

Será aquella que proporcione suficiente agua tratada sin interrupción para el día del máximo consumo.

b). Seguridad:

Cualquiera que sea el diseño de la planta deberá — ser capaz de funcionar bajo las condiciones mas irregulares.

c). Calidad:

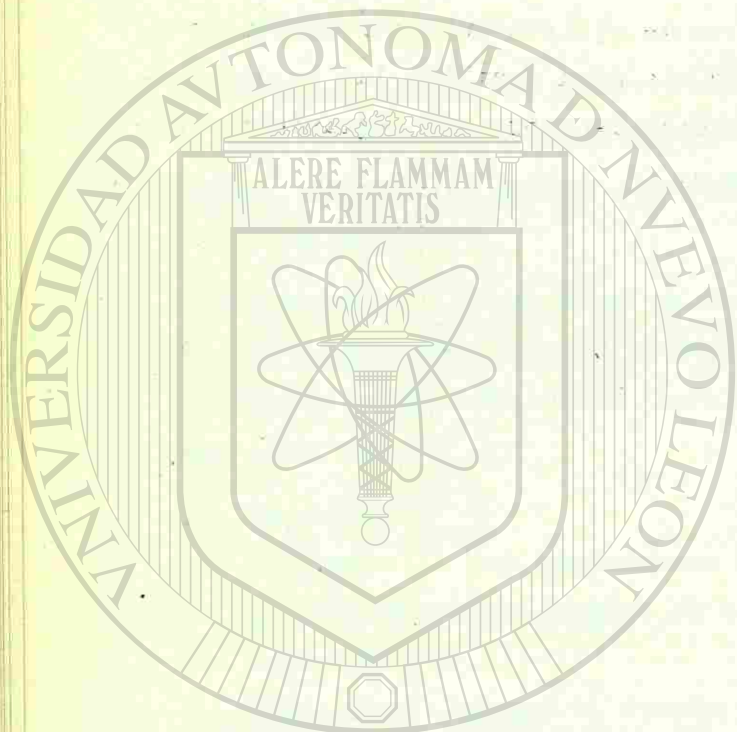
Todas las partes que integran la planta potabilizadora deberán estar diseñada de tal manera que proporcione un producto de calidad, de buen sabor y aspecto agradable.

d). Flexibilidad:

El equipo que se escoja deberá ser flexible y que — pueda ser operado por personal técnico común, aun—

que siempre bajo la vigilancia de personal técnico experimentado.

La mecanización y el empleo de equipos automotrices en la potabilización y distribución de agua facilita las tareas manuales, reduciendo el personal de operación lográndose mayor eficiencia a un menor costo.



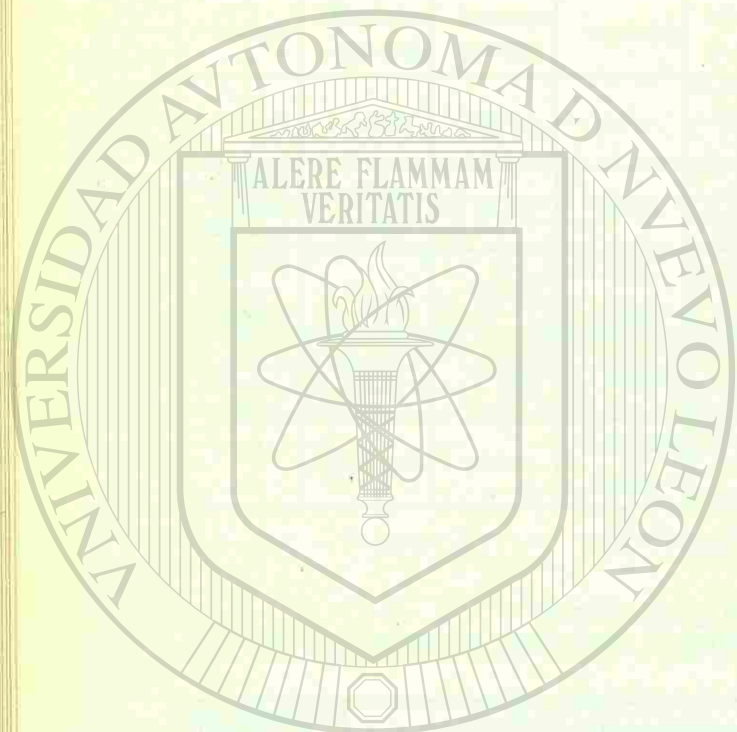
CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS NATURALES

PROCEDENCIA	CONTENIDO BACTERIANO	OXIGENO DISUELTO	TURBIDEZ	SOLIDOS TOTALES	CONTENIDO MINERAL	OTRAS
METEORICA	NULO INFIMO	ALTO	NULA	INFIMA	NULO	
SUPERFICIAL CORRIENTE	MUY ALTO	ALTO BAJO MEDIO	ALTA	ALTO	ALTO MEDIO	SABORES OLORES COLORES
SUPERFICIAL ALMACENADA	ALTO	BAJO	ALTA BAJA	ALTO	ALTO	SABORES OLORES COLORES
SUBTERRANEA FREATICA	BAJA NULO	NULO	BAJA	MEDIO	ALTO	
SUBTERRANEA PROFUNDA	NULO	NULO	MUY BAJA NULA	MEDIO	MUY ALTO	

POTABILIZACION.  
OBJETO DE LOS DIVERSOS PROCESOS DE TRATAMIENTO

MÉTODOS DE TRATAMIENTO	MATERIAL FLOTANTE	MATERIAL SUSPENDIDO	SUSTANCIAS DISUELTAS	CONTENIDO BACTERIANO	SABOR	OLOR	COLOR	DEFICIENCIA DE YODO FLUOR.	CONTENIDO DE SALES MINERALES
REJILLAS CRIBAS	○								
AERACION			○						
SEDIMENTACION CON O SIN COAGULANTES		○		○			○		
FILTRACION		○		○			○		
DESINFECCION				○					
TRATAMIENTO ESPECIFICO CON SUBS. QUIMICAS			○		○	○		○	
ABLANDAMIENTO					○				○
DESMINERALIZACION					○				○





#### **LINEAS DE CONDUCCION:**

Son conductos que se utilizan para transportar el agua - desde la fuente de abasto hasta los depósitos de almacenamiento ó regularización de los sistemas de distribución.

La conducción puede realizarse por gravedad o por línea de presión dependiendo del desnivel y accidente topográfico.

#### **Tipos**

Generalmente las líneas de conducción se clasifican desde el punto de vista técnico en dos tipos: trabajando - por gravedad y por bombeo.

a). A gravedad. Podrán proyectarse de conducción de presión cero utilizándose conductos abiertos (canales) ó cerrados (acueductos), estos se construyen siguiendo la pendiente del terreno obligando con ello un mayor desarrollo de la línea ó bien líneas de conducción a presión, constituidas principalmente por un sistema de tuberías.

b).- Por bombeo. Es frecuente que la captación se localice a una altura menor que la red de distribución, utilizándose equipos de bombeo para impulsar el agua, determinando el empleo de tuberías a presión.

c). Mixto. Dependiendo de las condiciones topográficas y geológicas de la región podrá emplearse un siste-



ma combinado de ambos sistemas.

## 5.2 Capacidad.

La capacidad de la línea de conducción deberá ser tal que pueda conducir cada 24 hrs. la cantidad de agua necesaria para cubrir la demanda de la población en el mismo período de tiempo, en el día del año cuyo consumo sea máximo. Otras veces la capacidad estará determinada por

- a). Que la línea conduzca el gasto necesario para cubrir la demanda máxima horaria, cuando la fuente sea capaz de proporcionarlo.
- b). Para conducir un gasto promedio de varias horas en el día de máximo consumo.
- c). Que tenga capacidad para la demanda media en el día de máximo consumo.
- d). O bien que tenga capacidad para la demanda media anual.

Para determinar la capacidad de la línea de conducción además de considerar las condiciones del gasto deberá tomarse en cuenta los siguientes factores:

Calidad de agua

Longitud de la línea

Características topográficas y geológicas de la zona

Cruces de Vías de comunicación y obras existentes

Costo de la obra de toma y línea de conducción

Costo del sistema de bombeo cuando se requiera

Costo de obras de arte y válvulas

Costo de operación y mantenimiento

## 5.3 Materiales:

- a). Para canales abiertos: tierra, barro, mampostería, ladrillo concreto, madera con chapa metálica y tierra con recubrimiento asfáltico.
- b). Para acueductos: mampostería, ladrillo y concreto con ó sin refuerzo.
- c). Para tuberías a presión: concreto reforzado (límite de presión  $3 \text{ kg/cm}^2$ ), fierro fundido ( $10 \text{ kg/cm}^2$ ), acero ( $30 \text{ kg/cm}^2$  ó más) y plástico ( $10 \text{ kg/cm}^2$ ).

## 5.4 Obras hidráulicas accesorias.

- a). Túneles a presión. Estas obras se proyectan para cruzar ríos, vías de ferrocarril y carreteras, a librar terrenos difíciles, para acortar la longitud del trazo, se emplean como obras de toma en grandes embalses y como alimentadores principales en sistemas de distribución de agua. Se construyen generalmente de forma circular usándose concreto reforzado, concreto con camisa de acero, según sea la presión de trabajo y la carga exterior a que está sometida.
- b). Sifones. Son conductos a presión, cuya construcción se requiere para unir dos porciones de canal cerrado, para salvar un obstáculo que quede sobre la línea del gradiente, depresiones del terreno y obs--



trucciones que interfieren en el trazo de la línea de conducción.

- c). Puentes canal. Son obras que se proyectan para salvar depresiones del terreno relativamente angostas, su diseño requiere hacer consideraciones muy especiales considerando el claro por salvar, características del conducto, geología del suelo, material a emplear y otros usos del puente.

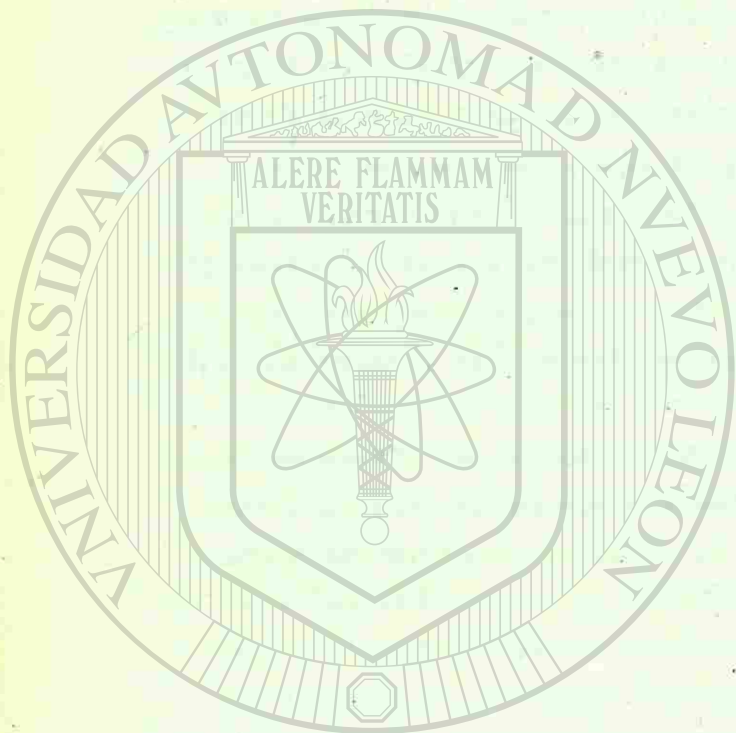
#### 5.5 Accesorios y válvulas.

- a). Válvulas aliviadoras de presión. Se utilizan para reducir la sobre elevación de la presión normal de trabajo en tuberías, generalmente producidas por el golpe de aiete.
- b). Válvulas reductoras de presión. Se emplean para reducir las presiones en ciertos puntos de la línea de conducción, evitando con ello el tener que usar tuberías que resista grandes presiones disminuyendo el costo de la obra.
- c). Cajas rompedoras de presión. Estas obras hidráulicas se utilizan para aliviar la presión y amortiguar el golpe de ariete producidos en la línea. Son de construcción muy variada empleándose generalmente concreto reforzado.
- d). Torres de oscilación. Utilizadas para regular la presión en las tuberías.
- e). Válvulas aliviadoras de aire. Estas válvulas permiten la entrada y salida de aire en la tubería, evi-

tando con ello obstrucciones y roturas, permitiendo un correcto funcionamiento de la línea.

- f). Registros. Todo conducto cerrado debería de proveerse de accesos para inspección, empleándose tapas a presión para tuberías que trabajan en esta forma, de chimenea cuando la línea trabaja como canal.
- g). Obras de demasias. Siendo la línea de conducción una obra hidráulica deberá protegerse con obras para excedentes para cuando se presenten emergencias, ya sea que se localizen fuera ó en lugares estratégicos de la línea.
- h). Caminos de acceso. Generalmente las líneas se construyen a lo largo de caminos existentes para facilitar su inspección de no existir tendrá que proyectarse.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## VI. ALMACENAMIENTO Y REGULARIZACION :

### 6.1 Generalidades:

Dentro de las partes fundamentales que integran un sistema de abastecimiento de agua, lo que se refiere al sistema de distribución representa frecuentemente más del 50% del costo total del abastecimiento. Para garantizar un eficiente servicio es necesario contar con depósitos de almacenamiento y regularización, cuya capacidad está influenciada por la clase de consumos de agua (doméstico, comercial, público industrial y protección contra incendio). En el planeamiento del sistema de distribución lo que se refiere a la localización de industrias o centros de gran consumo se prefiere sean abastecidos independientemente, esto es ventajoso ya que disminuye la capacidad de almacenamiento.

El abastecimiento de agua en poblaciones, el abasto debe ser suficiente para satisfacer las demandas en las 24 hrs. del día de máximo consumo, la mayoría de las veces se prefiere sean abastecidas de tanques de almacenamiento, los cuales deben contar con una reserva que podrá ser usada en una conflagración. Otras veces la capacidad será aquella que satisfaga las necesidades de la población cuando se tenga que suspender el servicio de abastecimiento por reparación de la línea de conducción ó por operación de mantenimiento. En resumen: el almacenamiento deberá satisfacer los siguientes factores:



1º Regularización del abasto y almacenamiento para una correcta operación, en especial para satisfacer las demandas máximas.

2º Reserva para satisfacer las demandas por incendio.

3º Reserva de emergencia.

Refiriéndonos a la demanda para protección contra incendio, el cual conviene reducirla si tomamos como base las recomendaciones para los Estados Unidos de América ya que las condiciones de México donde existen menos instalaciones de calefacción y donde se usan en general materiales no combustibles en la construcción de las casas y edificios, la incidencia de incendios es menor.

Es importante determinar el almacenamiento requerido de agua que nos asegure el correcto funcionamiento de la red, la cual tiene como finalidad: a) regular las demandas y en especial con la máxima horaria, b) una reserva para imprevistos como lo son la demanda por incendio, y un almacenaje para compensar las deficiencias cuando se presenten interrupciones de energía en los equipos de bombeo o cuando se efectúe mantenimiento y reparación de las líneas de alimentación.

#### 6.2 Almacenamiento:

Los tanques de almacenamiento son un elemento esencial en todo sistema de abastecimiento de agua en una población. El propósito fundamental de estos tanques es pro

veer una cantidad adecuada en las demandas máximas, observando el aspecto económico y de capacidad suficiente. De estos los tipos más importantes de almacenamiento -- pueden ser; aguas embalsadas, abastecimientos auxiliares por medio de tanques de almacenamiento a nivel de tierra en conjunción con estaciones de bombeo y tanques elevados en sistemas de distribución. Muchas comunidades y ciudades que se abastecen de aguas superficiales, estas son sometidas a tratamiento, construyéndose la mayoría de las veces almacenamientos para mantener el gasto necesario que demanda la población en toda hora y época del año.

La localización y construcción de estos depósitos, se requiere cierta experiencia en este campo, en especial cuando se trata de determinar la capacidad y la localización de embalses (presas) ya que esto implica los conocimientos del régimen hidráulico de la corriente, estudio de la precipitación, geología y topografía del terreno y movimientos de poblaciones, invasión de vías de comunicación y seguridad en cuanto a la calidad del agua.

En sistemas de abastecimiento de agua donde se bombea contra la red es necesario compensar las fluctuaciones de las demandas construyéndose depósitos de almacenamiento antes ó después de la planta de tratamiento. Estos depósitos en general se construyen de concreto reforzado sobre el suelo y bajo éste, la capacidad reco-



mendable es el equivalente a 4 ó 6 horas de abastecimiento. En cualquier forma deberá contar con capacidad que permita proporcionar suficiente agua para permitir un abastecimiento seguro en las 24 horas del día.

a) Almacenamiento a nivel de tierra: Cuando estos depósitos se construyen a nivel de tierra es esencial eliminar la posibilidad de infiltración, así como la contaminación, cuando se trata de almacenamiento de agua limpia. En el diseño de estos depósitos se utilizan comúnmente estructuras de concreto reforzado pretensado de forma circular o rectangular, estas estructuras se asemejan a un edificio integrado por piso, paredes columnas y techo. Salvo en ocasiones se construyen de lámina de acero.

Actualmente para la construcción de tanques de almacenamiento de gran capacidad se utiliza el concreto reforzado y concreto precomprimido las cuales han resultado a la fecha los más seguros y económicos, estos son de forma circular.

b) Almacenamientos elevados: Los almacenamientos elevados en sistemas de distribución son en general de dos tipos; tanques cilíndricos verticales y tanques elevados se construyen directamente sobre el suelo, en cambio los tanques elevados son soportados por una torre estos se construyen de concreto y de acero, muchas veces se prefiere el acero cuando estos tanques no son

definitivos o que se construyen a una considerable altura.

Cuando se construyen tanques verticales, solamente cierto volumen no es aprovechable quedando el volumen restante como almacenamiento o para darle estabilidad a la instalación, en cambio los tanques elevados su altura está dada por la presión requerida en la red de distribución éstos últimos se prefieren cuando son terrenos planos.

### 6.3 REGULARIZACION:

En los abastecimientos de agua, el caudal disponible y las demandas no coinciden durante las horas del día, en ocasiones la demanda es mayor que el abasto y otras veces el abasto es mayor al consumo. Es por ello que se necesita construir un depósito que asegure la compensación del abasto, de tal manera que almacene el sobrante en horas de poco consumo y suministre el agua disponible en las horas de máximo consumo, además cuando se cuenta con planta potabilizadora permite una operación constante a pesar de las variaciones de las demandas. Estos se construyen a nivel o elevados, variando su selección según la configuración topográfica del terreno, prefiriéndose aprovechar la mayoría de las veces alguna elevación natural de tal altura que nos proporcione presión suficiente en los puntos desfavorables del sistema de distribución; cuando el terreno en que se asienta la población es plana se proyectan tanques elevados; cuya



altura del fondo del tanque nos permita satisfacer los requerimientos de presión.

Estos tanques se clasifican según su posición con respecto a la red de distribución: de cabeza, centrales y de cola, y referente a su colocación en tanques a nivel de tierra y elevados. Muchas poblaciones rurales basta proyectar un sólo depósito, pero cuando éstas son extendidas longitudinalmente se proyectan tanques de equilibrio de capacidad menor y a una cota más baja que el colocado en el extremo para mantener la presión en la red a la hora de máxima demanda.

a) Determinación de la capacidad: Para determinar la capacidad total de los depósitos de regularización, se consideran los siguientes parámetros.

- a) volumen para regularización.
- b) reserva de incendio
- c) reserva de emergencia

a.1 Volúmen para regularización: Para determinar la capacidad del depósito para regularización se hace necesario disponer de las variaciones de demanda durante el día de máximo consumo y precisar si se cuenta con abasto uniforme o bien si varía, como es el caso cuando se depende de pozos. Para la determinación de la capacidad de estos depósitos se emplean varios métodos. En forma numérica utilizando las tablas de porcentaje de distribución horaria de la Secretaría de Recursos Hidráulicos para varios ti-

pos de población y un segundo método gráfico por medio de curvas integrales, basado en el principio de la CURVA MASA.

a.2 Reserva para incendio: Para conocer el volúmen por incendio se hace necesario conocer la duración del incendio de máximas consecuencias esperado y determinar las necesidades del agua, como en la mayoría de las poblaciones de México y de la América Latina, no se tiene experiencia en este campo se puede utilizar las demandas requeridas señaladas por la National Board of Fire Underwriters, USA. recomendando una duración del incendio de 10 horas en poblaciones de más de 2,500 habitantes y 5 horas para comunidades menores.

a.3 Reserva de emergencia: El volúmen por este concepto es difícil de determinar ya que depende principalmente de los riesgos interrupción del abasto del agua o bien del período necesario para efectuar reparaciones en las líneas de abastecimiento. Esta reserva adquiere gran importancia cuando se depende de una sola fuente de abastecimiento recomendándose una reserva de un 25% del almacenamiento total. Este valor podrá tener un valor cero, cuando se cuenta con varias fuentes de abastecimiento.

#### 4 Tipos de depósitos:

Los depósitos en los sistemas de distribución de agua se pueden clasificar según su posición en superficiales o



elevados, y de acuerdo con el material con que están —  
construídos, de acero, concreto y tierra.

A continuación se discutirán algunos tipos de tanques:

a) Tanques de mampostería y concreto reforzado:

Cuando se construyen estos depósitos de mampostería y concreto reforzado, los cuales pueden ser de forma circular o rectangular, se calcula semejante al de un edificio ya que estos están integrados por muros, columnas, vigas y cubierta. Un sistema muy usual es el empleo de losas conocidas con el nombre de flat-slab o de capiteles; en el cual se evitan las vigas en el techo que representa cierta economía al disminuir el número de ventilas. Otros sistemas muy económicos es cuando se emplean vigas y losas prefabricadas, que se ponen sobre columnas ahorrándose el costo de la cimbra y la mano de obra. Los muros exteriores así como el piso deberán ser impermeabilizados, ya que esto represente una mayor conservación de la estructura y el mantenimiento del agua almacenada, así, impide la posible contaminación del agua.

b) Tanques cilíndricos de concreto: Las paredes verticales de estos tanques, deben resistir el esfuerzo a tensión a que están sometidas, debido a la presión del líquido, además se considera un esfuerzo flexionante en cantiliver. La acción cantiliver es más pronunciada donde se une la pared vertical con el fondo del tanque. Este esfuerzo cantiliver puede

reducirse a su mínima expresión, cuando se prevee un sellado flexible entre el piso y la pared.

El piso puede ser construido independiente de la pared el cual puede expanderse o contraerse sin que se produzca su requebramiento. Este tipo de tanque se recomienda para almacenamiento de pequeños volúmenes (menos de  $50 \text{ m}^3$ ), prefiriéndose tanques de concreto precomprimidos que representan múltiples ventajas.

c) Tanques de concreto circulares precomprimidos: Estos depósitos consisten en una estructura básica de concreto, en cuyo derredor se enrollan alambres de alta resistencia bajo una tensión predeterminada ( $10,000 \text{ kgs/cm}^2$ ), que se logra por medio de una máquina bobinadora patentada. Al pretensar el alambre de acero, desarrolla una compresión que neutraliza los esfuerzos de tensión que producirá el líquido contenido en el tanque, es decir; que cuando el tanque está lleno de agua no produzca tensiones, si no descompresiones, en tal forma que el concreto siempre se encuentre comprimido. El concreto en esta forma puede llevarse con facilidad hasta una resistencia de  $600 \text{ kgs por cm}^2$ , por ello con esta nueva técnica es posible construir depósitos con ausencia de tracción en el concreto, evitando agrietamientos y filtraciones; entre otras ventajas será su mayor economía, durabilidad, de construcción rápida y un mínimo gasto de conservación, así como se asegura la impermeabilidad de la pared.



d) Tanques cilindros verticales (Stand Pipe): Estos tanques consisten en tubos cilíndricos que se colocan en posición vertical sobre el suelo. La altura de estos cilindros son varias veces su diámetro, ya que se ha establecido como norma que cuando la altura es igual o menor que el diámetro del cilindro, se clasifique como tanques horizontales. Estos tanques verticales son usualmente de forma circular, cuadrados, rectangulares y octagonales, estos últimos, cuando se construyen de mampostería o concreto, sobre estos tubos no se llega a producir tensiones, debido a la acción del viento cuando la resultante de las fuerzas verticales (cuando el tanque está vacío) el empuje horizontal debido a la acción del viento, pasa entre  $1/4$  y  $1/2$  del diámetro de la base. Los materiales más usados en la construcción de tanques verticales, es el acero y concreto reforzado, es probado que para depósitos de más de 12 mts. de alto conviene construirlos de acero, ya que tienen la ventaja de resistir grandes presiones, bajo costo inicial, seguridad de la estructura y facilidad para reparar fugas de agua. Desde luego se hace necesario aplicar regularmente pinturas y otros materiales para protegerlos de la corrosión.

e) Tanques elevados: La necesidad de mayor elevación en el nivel de agua, junto con requerimientos definidos de capacidad, ha desarrollado el tanque elevado, que es el más usado. El Ingeniero puede determinar independiente: la mejor localización posible, el volumen de almacenamiento necesario para satisfacer mejor las necesidades y la elevación apropiada a la cual el agua debe almace-

narse. Estos requerimientos pueden lograrse fácilmente por medio de un tanque elevado con la capacidad necesaria y llevado a un nivel determinado para que proporcione la presión de trabajo. Las fábricas o talleres que se dedican a la construcción de tanques, están especializados en algunas formas y de capacidades determinadas, los cuales tienen catálogos que se muestran a los clientes, tienen la ventaja de que cuentan con personal especializado y plantillas para formar los distintos elementos que integran los tanques, resultando en esta forma más económicos. Desde luego los fabricantes pueden construir cualquier tipo de tanque que muchas veces no son económicos, porque no se construyen en serie.

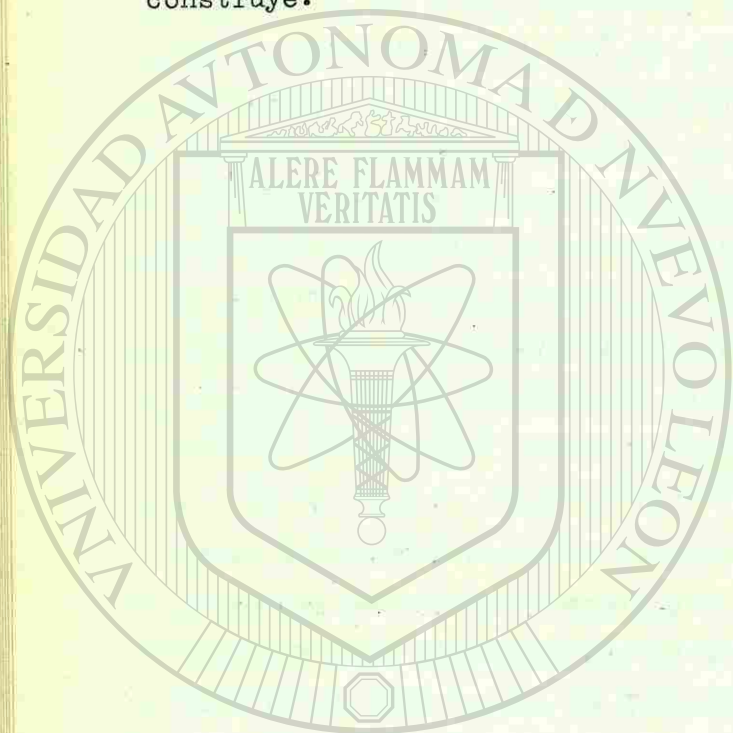
En la selección de los tanques elevados deben considerarse algunos factores muy importantes tales como: el servicio a que será destinado, la apariencia de la estructura las fluctuaciones de presión y el costo total de la instalación.

El tanque debe ser fuerte y apropiado para el servicio a que será destinado, ya sea para abastecimiento doméstico de agua, abastecimiento industrial o protección contra el fuego, sea cual fuere el uso deberá tener una reserva suficiente para complementar los almacenamientos necesarios para la población.

Para seleccionar la altura del depósito, para proveer una presión a través del sistema de distribución, es conveniente conocer las fluctuaciones de presión así como



el conocimiento de un bombeo económico y eficiente. El tanque debe armonizar con el paisaje del lugar donde se construye.



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## VII.- SISTEMA DE DISTRIBUCION.

El sistema de distribución está integrado por tuberías de distintos diámetros cuyo objeto principal es hacer llegar el agua a los usuarios en sus propios domicilios sin que pierda sus condiciones de potabilidad, cantidad suficiente y presión adecuada: para poblados de importancia y ciudades, la red deberá cubrir toda el área por servir, considerando además del consumo doméstico, las demandas comerciales, industriales y por incendio.

### 7.1 Partes que la integran.

- a) Tuberías de alimentación. Son conductos de gran diámetro que introducen el agua directamente a los sectores de la población, estas tuberías se enlazan transversalmente mediante tuberías de amplias dimensiones a intervalos de 1250 a 1600 mts. se equipan con válvulas de purga localizadas en los puntos bajos y válvulas de aire en los altos.
- b) Arterias de distribución. Son alimentadores secundarios conectados a las tuberías de alimentación, se disponen en separaciones no mayor de 900 mts. prefiriéndose distancias de 500 a 600 mts. Estas son las que forman los circuitos principales cerrados en tal forma que cubran de 20 a 30 Ha. permitiendo la circulación del agua en dos sentidos.
- c) Distribuidores secundarios. Estas tuberías forman malla y son las que abastecen los hidrantes para incendio y zonas residenciales de primera, empleándose



tuberías de 150 a 200 mm. (6" a 8") de diámetro, disponiendo tuberías de enlace a cada 200 mts.

d) Tuberías de relleno. Son tuberías de diámetros menores de 6", pudiendo colocarse de 3" a 4", según las normas que prevalezcan en las ciudades. Se colocan por todas las calles y ocasionalmente en ambas aceras cuando se trata de avenidas y calzadas. Lo anterior no invalida el empleo de tuberías de diámetros menores bajo circunstancias especiales.

7.2 Presiones en la red.

La presión en una red de distribución debe ser tal, que se disponga en la toma del usuario, de la energía suficiente para operar en forma satisfactoria las instalaciones de plomería.

La Secretaría de Recursos Hidráulicos ha fijado como norma la de mantener una presión mínima de 15 metros de columna de agua (1.5 kg/cm.) en la hora de máximo consumo.

La presión máxima no deberá sobrepasar los 70 metros de columna de agua, en virtud de que los aparatos domésticos y válvulas ordinarias no la soportarían.

Cargas residuales recomendables en redes de distribución.

Zona	Carga en metros de columna de agua
Hidrantes públicos	8 a 15
Jardines de área reducida	15 a 20

Edificios de un solo piso	15 a 20
Edificios de dos pisos	18 a 25
Edificios de tres pisos	25 a 30
Edificios hasta 10 pisos y zonas comerciales (les.	40 a 50
Areas industriales	15 a 60

3 Válvulas y accesorios.

a) Equipos de medición: Tanto de flujo como de presión se instalan en la red de distribución, son necesarias para conocer las condiciones diarias de operación.

b) Válvulas de seccionamiento: Estas se utilizan para aislar tramos de tubería o zonas cuando por necesidades del servicio se necesite efectuar trabajos de mantenimiento o de desperfectos.

c) Válvulas reductoras de presión. Cuando la población por servir acusa marcados desniveles topográficos se tiene problema con mantener una presión de trabajo uniforme, siendo conveniente instalar válvulas reductoras de presión que la limiten. La presión excesiva ocasiona mayores fugas, desperfectos en los aparatos de medición y mantenimiento más costoso.

d) Controles automáticos. Muchas ocasiones se instalan válvulas de grandes dimensiones a las cuales se les adaptan motores eléctricos y equipo automático para su operación. Este tipo de instalaciones se usan exclusivamente en grandes ciudades.



#### 7.4 Período de diseño.

Se ha establecido como período de diseño, el número de años durante los cuales el sistema proporciona un servicio satisfactorio. Este período generalmente corresponde al de una generación económicamente activa de 25 a 35 años; solo pocas ocasiones estas se proyectan para 50 años, no siendo conveniente porque la generación presente deberá costear todo el sistema en beneficio de la generación futura.

Desde luego cuando se planifica a largo plazo deberá programarse cuidadosamente las obras inmediatas y aquellas que podrán llevarse a efecto por etapas, en esta forma tendrá una mejor distribución los desembolsos de los consumidores.

Cuando se trata de pequeños abastecimientos el período de diseño es de 10 a 15 años dada la reducida capacidad económica de los pobladores. Planear la obra a un período mayor podría significar una carga económica no justificada.

#### 7.5 Sistemas de redes de distribución.

A continuación se señalan los distintos tipos de redes que se utilizan en los abastecimientos de agua.

a) Redes abiertas: En comunidades rurales y abastecimientos industriales se proyecta las redes de distribución por el procedimiento de redes abiertas. Este sistema presenta el inconveniente de que la zona, es alimentada por una sola tubería, cuando se

efectúan reparaciones o nuevas conexiones en la red, se hace necesario suspender el servicio.

b) Sistema cerrado manoplanar: En poblaciones de importancia y ciudades las arterias de distribución se unen entre sí para formar circuitos principales que son los que abastecen los sectores. No considerándose en el cálculo hidráulico de la red general las tuberías de relleno las cuales se calculan por separado. En sistema manoplanar se recomienda que las tuberías de relleno se instalen en cruz colocando dos válvulas como mínimo en el cruce, este procedimiento tiene la ventaja de poder aislar en un momento solamente dos tramos de calle, manteniendo el servicio en las demás partes de la red por ser alimentado en dos sentidos.

Otras veces no se colocan las válvulas en cada cruce sino que se instalan únicamente donde la tubería de relleno se conecta a la arteria de distribución como se muestra en la lámina # 3.

c) Sistema cerrado biplanar: Este sistema consiste en instalar las tuberías de relleno de tal manera que queden localizadas en dos planos a diferente nivel, es decir, las tuberías instaladas en un sector podrán ser instaladas en una cotá superior y la tubería en otro sentido en un plano inferior.

Estas tuberías son alimentadas por sus extremos conectados a la arteria de distribución, que son las que forman el circuito. La instalación en éstas condiciones se con-



trola por medio de dos válvulas una en cada extremo, en caso de ser necesario una reparación o una conexión importante quedará sin servicio de agua cierto número de calles que son alimentadas por dicha tubería, en cualquier forma este sistema presenta las siguientes ventajas:

1. Mayor rapidez y seguridad en la instalación de la tubería.
2. Reducción en el número de válvulas y piezas especiales de las tuberías de relleno. La Secretaría de Recursos Hidráulicos anota que se pueda reducir el costo por este concepto aprox. 25 %.
3. Mayor facilidad en la operación y mantenimiento de la red, por ser el número de válvulas un mínimo.
4. Facilita la localización de fugas y fraudes.
5. En el aspecto hidráulico las pérdidas por cambio de direcciones son más reducidas.

El cálculo hidráulico de la red cerrada para cualquiera de los dos sistemas manoplanar y biplanar, se emplea generalmente el método de Hardy Cross o sea de aproximaciones sucesivas, donde se computan las pérdidas de carga en un circuito cerrado. Un segundo método que no es comunmente empleado en México es el método del círculo que se calcula por áreas de influencia, determinado principalmente por el área servida de los hidrantes para incendio.

6 Instalaciones domiciliarias e hidrantes.

a) Toma domiciliarias: La toma domiciliaria constituye la instalación para entregar el agua al consumidor, éstas son tuberías de diámetro reducido y en general de tubería galvanizada, cobre y plástico. Como parte importante de la toma es la instalación del medidor, muy útil para tener un control de los consumos y planear las cotas sobre el consumo, haciendo en esta forma más efectiva su recuperación económica.

En el medio rural todavía no ha sido posible practicar el servicio medido, debido principalmente al alto costo de la toma domiciliaria y medidores.

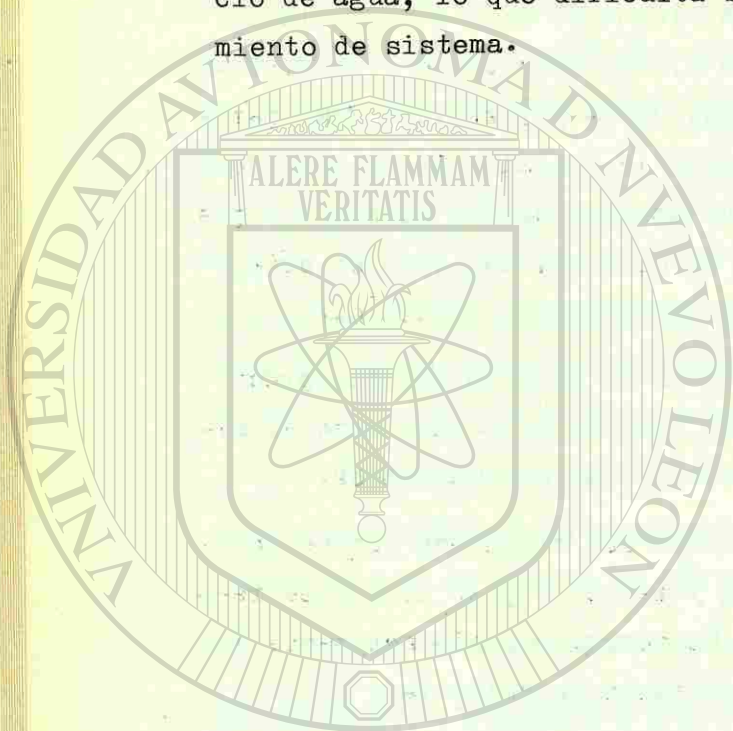
Referente a los medidores los tipos más usados son los de disco, turbina y magnético, en lo que se refiere a la ciudad de Monterrey son más aceptados los de turbina que son medidores de velocidad.

b) Hidrantes públicos: En todas aquellas poblaciones donde las casas se encuentren dispersas, se proyecta la instalación de hidrantes para toma pública en lugares estratégicos, donde los usuarios concurren para abastecerse de agua, estos deberán estar colocados a la menor distancia posible.

La instalación de hidrantes desde el punto de vista de la salud pública, presenta ciertas deficiencias porque siempre presenta un riesgo para la salud, por ello se recomienda que se vayan eliminando a la medi

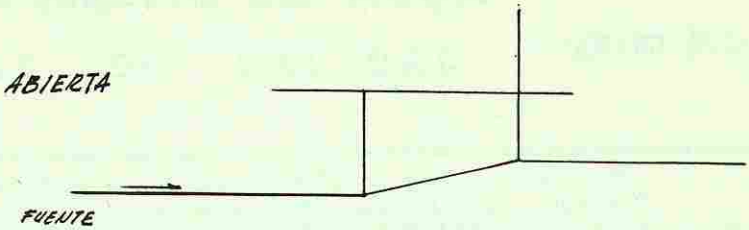


da que sea posible. La instalación de estos hidrantes presenta la dificultad de efectuar el cobro del servicio de agua, lo que dificulta su operación y mantenimiento de sistema.

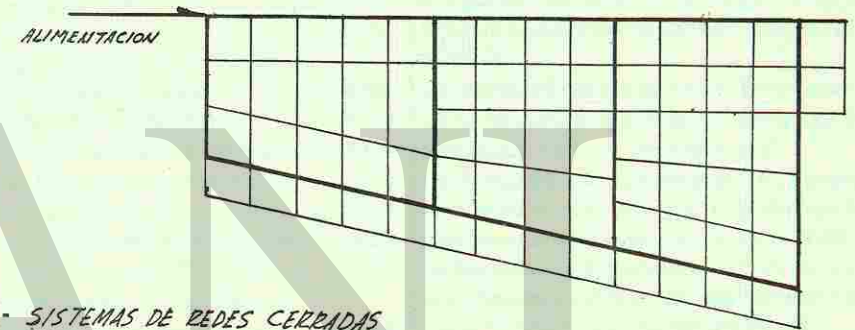


## SISTEMAS DE REDES

### A. RED ABIERTA



### B. RED CERRADA



### C. SISTEMAS DE REDES CERRADAS (ANÁLISIS DE CIRCUITOS)

#### C.1. SISTEMA MONOPLANAR ARREGLO MASIVO

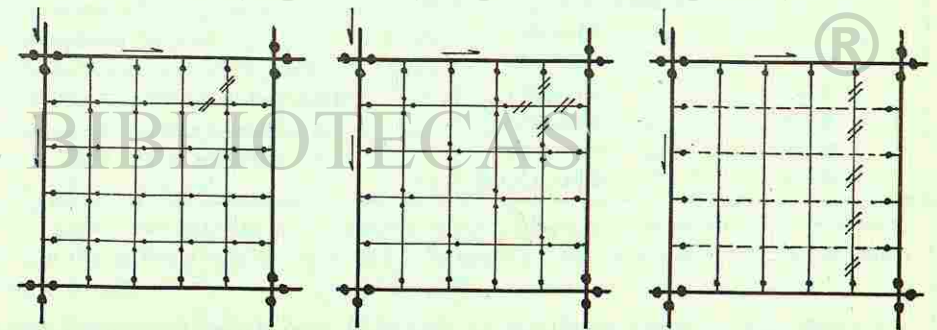
#### C.2. SISTEMA MONOPLANAR ARREGLO CONVENCIONAL

#### C.3. SISTEMA BIPLANAR ARREGLO ECONOMICO

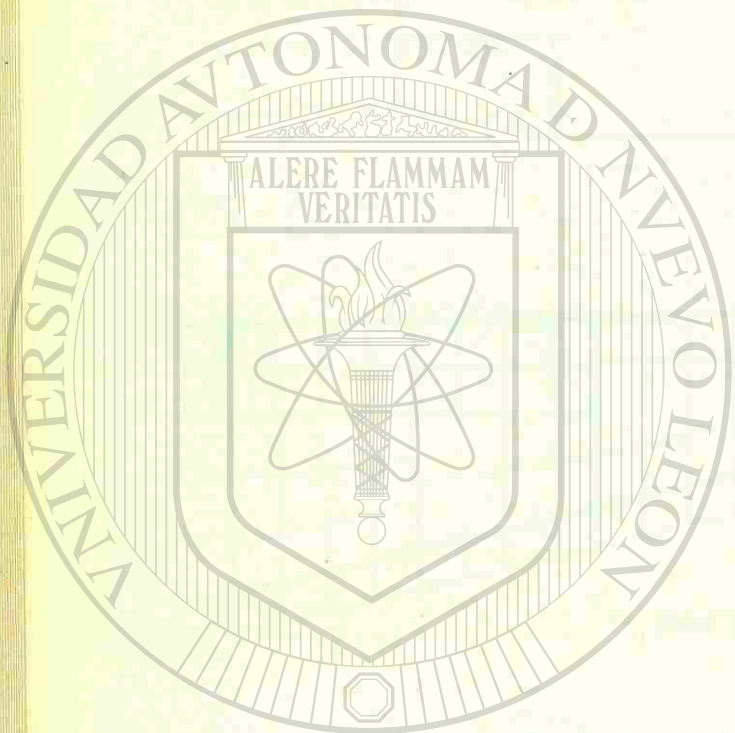
Núm. de cruces, tubs. de relleno 32  
Núm. de válvulas, tubs. de relleno 48  
Grado de aislamiento 2 calles

Núm. de cruces, tubs. de relleno 32  
Núm. de válvulas, tubs. de relleno 40  
Grado de aislamiento 4 calles

Núm. de cruces, tubs. de relleno 16  
Núm. de válvulas, tubs. de relleno 16  
Grado de aislamiento 5 calles







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL

# ABASTECIMIENTO DE AGUA NORMAS DE CALIDAD

ANEXO # 1

TABLA DE CARACTERES FISICOS, QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS  
QUE DEBE SATISFACER EL AGUA POTABLE PARA CONSUMO HUMANO \*

FISICOS: Turbiedad máxima: 10 (Escala de Sílice).- pH de 6.0 a 8.0.- Inodora.  
Sabor agradable.-Color máximo: 20 (Escala Platino-Cobalto)

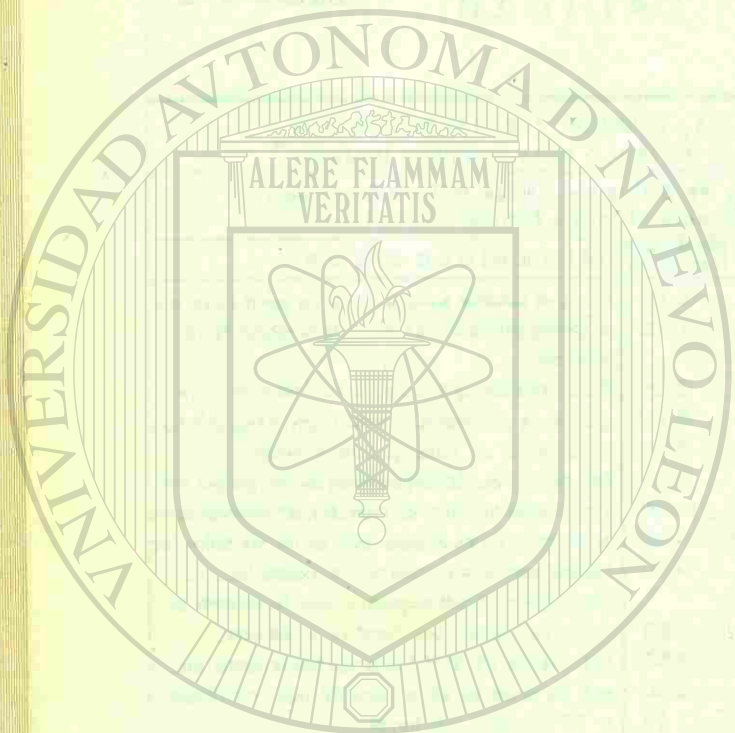
QUIMICOS:	MILIGRAMOS POR LITRO	BACTERIOLOGICOS:																
Nitrógeno (N) amoniacal, hasta.....	0.50	<p>El agua potable estará libre de gérmenes patógenos procedentes de contaminación fecal humana.</p> <p>Se considerará que una agua está libre de esos gérmenes patógenos cuando la investigación bacteriológica de como resultado final:</p> <p>(a).- Menos de (20) organismos de los grupos coli y coliforme por litro de muestra, definiéndose como organismos de los grupos coli y coliforme todos los bacilos aerobios ó anaerobios facultativos, no esporógenos, Gram negativos, que fermenten el caldo lactosado con formación de gas.</p> <p>(b).- Menos de (200) colonias bacterianas por m l. de muestra, en la placa de agar incubada a 37° C por 24 horas.</p> <p>(c).- Ausencia de colonias bacterianas licuantes de la gelatina, cromógenas o fétidas, en la siembra de un m l. de muestra en gelatina incubada a 20° C por 48 horas.</p>																
Nitrógeno (N) protéico, hasta.....	0.10																	
Nitrógeno (N) de nitritos (con análisis bacteriológico aceptable), hasta.....	0.05																	
Nitrógeno (N) de nitratos, hasta.....	5.00																	
Oxígeno (O) consumido en medio ácido, hasta.....	3.00																	
Sólidos totales, de preferencia hasta 500, pero tolerándose, hasta.....	1000																	
Alcalinidad total, expresada en CaCO <sub>3</sub> , hasta.....	400																	
Dureza total, expresada en CaCO <sub>3</sub> , hasta.....	300																	
Dureza permanente o de no-carbonatos, expresada en CaCO <sub>3</sub> , en aguas naturales, hasta.....	150																	
Cloruros expresados en Cl, hasta.....	250																	
Sulfatos, expresados en SO <sub>4</sub> , hasta.....	250																	
Magnesio, expresado en Mg, hasta.....	125																	
Zinc, expresado en Zn, hasta.....	15.00																	
Cobre, expresado en Cu, hasta.....	3.00																	
Fluoruros, expresados en F, hasta.....	1.50																	
Hierro y manganeso, expresados en Fe y Mn, hasta.....	0.30																	
Plomo, expresado en Pb, hasta.....	0.10																	
Arsénico, expresado en As, hasta.....	0.05																	
Selenio, expresado en Se, hasta.....	0.05																	
Cromo hexavalente, expresado en Cr, hasta.....	0.05																	
Compuestos fenólicos, expresados en fenol, hasta.....	0.001																	
Cloro libre, en aguas cloradas, no menos de.....	0.20																	
Cloro libre, en aguas sobre-cloradas, no menos de 0.20 ni más de.....	1.00																	
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>POBLACION SERVIDA</th> <th>NUMERO MINIMO DE PRUEBAS MENSUALES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,500 o menos</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>10,000 "</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>25,000 "</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>100,000 "</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>1,000,000 "</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>2,000,000 "</td> <td>390</td> </tr> <tr> <td>3,000,000 "</td> <td>450</td> </tr> </tbody> </table>	POBLACION SERVIDA	NUMERO MINIMO DE PRUEBAS MENSUALES	2,500 o menos	1	10,000 "	7	25,000 "	25	100,000 "	100	1,000,000 "	300	2,000,000 "	390	3,000,000 "	450
POBLACION SERVIDA	NUMERO MINIMO DE PRUEBAS MENSUALES																	
2,500 o menos	1																	
10,000 "	7																	
25,000 "	25																	
100,000 "	100																	
1,000,000 "	300																	
2,000,000 "	390																	
3,000,000 "	450																	

Los métodos que se usen para las investigaciones físicas, químicas y bacteriológicas anteriores, serán los que fije la Secretaría de Salubridad y Asistencia ó los que sugiera la Organización Mundial de la Salud.

\* Referencia: Reglamento Federal de la Dirección de Ingeniería Sanitaria sobre Obras de Provisión de Agua Potable.

c.m.s.





UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CURSO INTENSIVO SOBRE:  
INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN  
SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

T E M A

HIDRAULICA APLICADA

ING. HECTOR ULISES LEAL FLORES

Profesor de Hidráulica y Obras Hidráulicas  
de la Facultad de Ingeniería Civil, UNL.

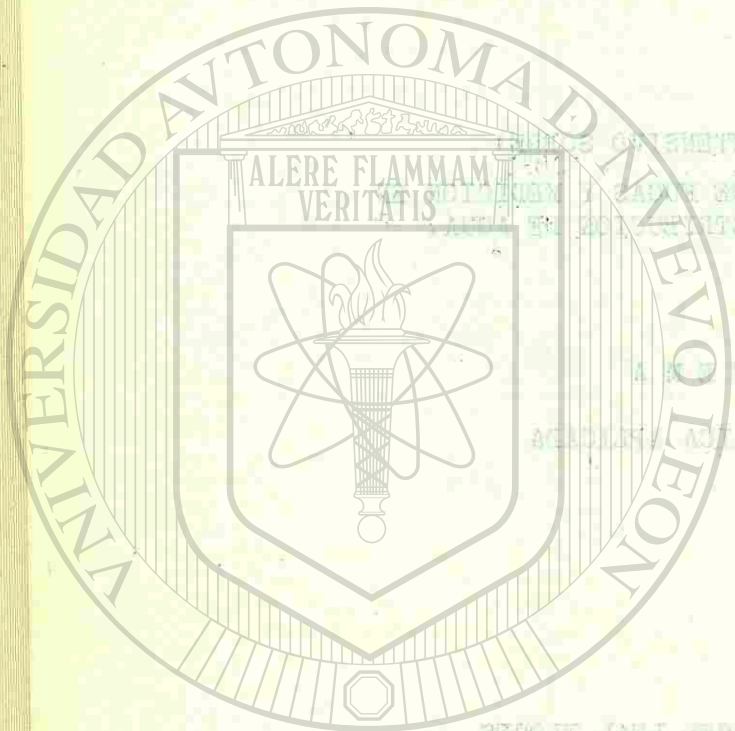
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

JULIO 1966

MONTERREY, MEXICO.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

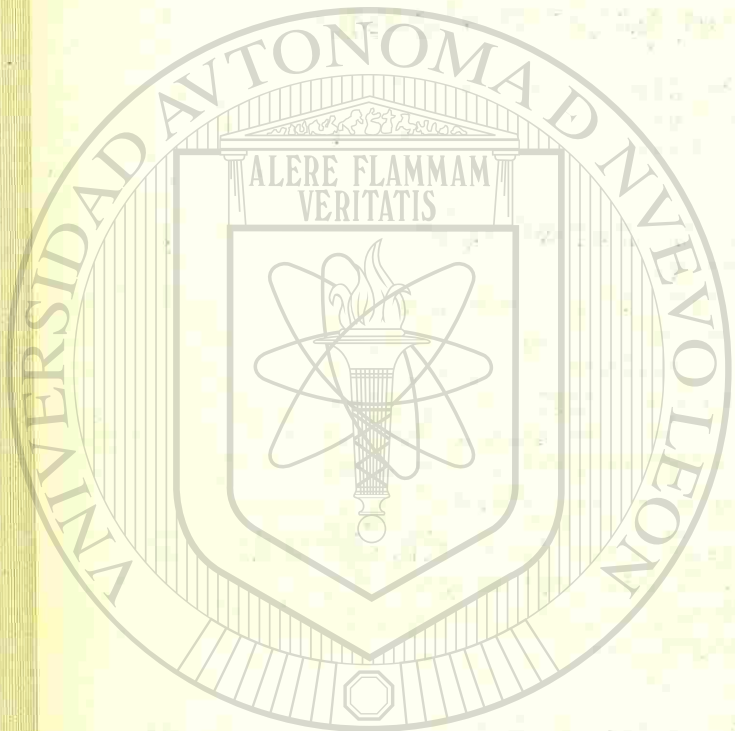
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCION.	
I.- NOTAS SOBRE PRINCIPIOS BASICOS DE HIDRAULICA	1
1.1 Hidráulica	
1.2 Ciencias Hidráulicas	
1.3 Mecánica de fluidos	
1.4 Sistemas de Unidades	
1.5 Definiciones	
II.- HIDROSTATICA.-PRINCIPIOS FUNDAMENTALES	7
2.1 Principio de Pascal	
2.2 Teorema general de la hidrostática	
2.3 Superficie libre de un líquido	
2.4 Transmisión de presiones	
2.5 Presión total en una superficie plana	
2.6 Centro de presión en una superficie plana	
2.7 Representación gráfica de las presiones	
2.8 Presiones en superficies curvas	
III.- DINAMICA DE LOS FLUIDOS.-PRINCIPIOS FUNDAMENTALES	21
3.1 Dinámica de los fluidos perfectos	
3.2 Ecuaciones de Euler	
3.3 La ecuación fundamental	
3.4 Ecuación de Bernoulli	
IV.- APLICACIONES DE LA ECUACION DE BERNOULLI	29
4.1 Placa de orificio	
4.2 Placa de orificio con descarga libre	
4.3 Placa de orificio en un tanque	
4.4 Venturímetro	
4.5 Tubo Pitot	
V.- TUBERIAS	39
5.1 Descripción	
5.2 Velocidades críticas en tuberías	
5.3 Análisis de velocidades	
5.4 Pérdidas de carga	
5.41 Pérdidas mayores	
5.42 Pérdidas menores	
5.43 Pérdidas de carga debidas a fricción	
5.5 Perímetro mojado y radio hidráulico	
5.6 Gradiente hidráulico y gradiente de energía	



- 5.7 Otras fórmulas para tuberías
  - 5.71 Fórmula de Manning
  - 5.72 Fórmula de Hazen-Williams



G R A F I C O S

No. de Gráfica	DESCRIPCION	Pag.
1	Nomograma de la fórmula de Manning, para "n" igual a 0.010	52
2	Nomograma de la fórmula de Hazen y Williams para "C" igual a 100	53

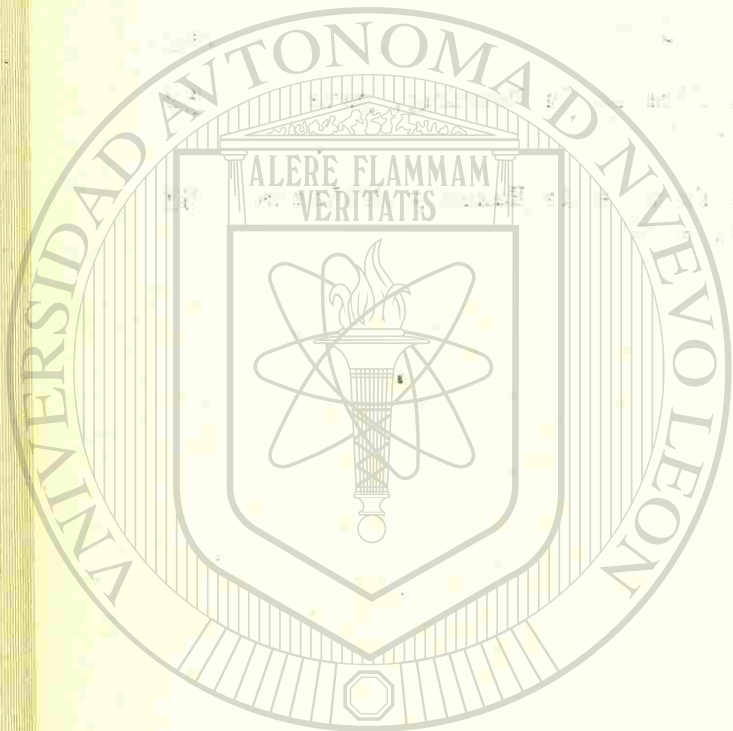
U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS







TABLAS

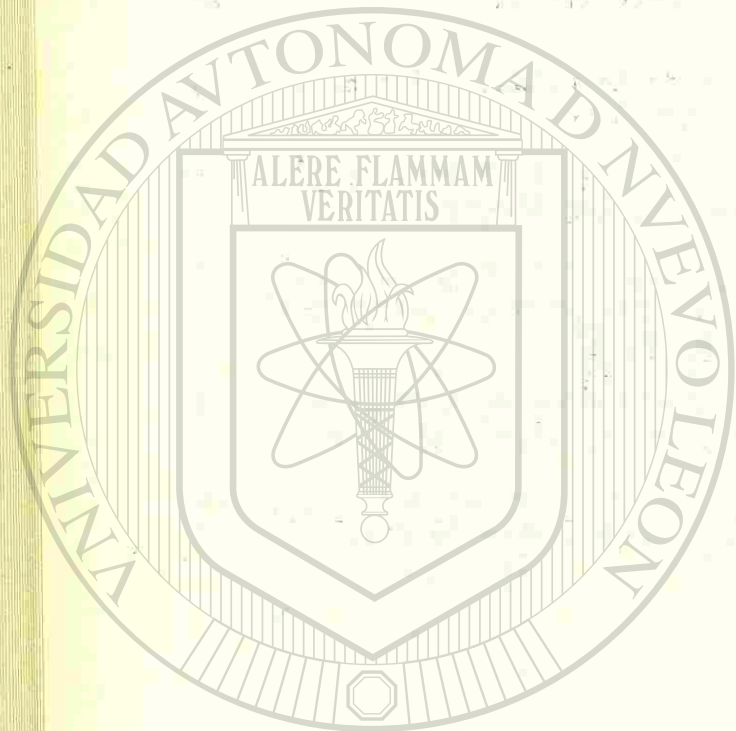
No. de Tabla	Inciso	DESCRIPCION	Pag
1	1.5	Densidades de materiales sólidos y cuerpos líquidos.	5
2	1.5	Densidad relativa del aceite medio, a diferentes temperaturas.	5
3	5.4	Valores del coeficiente $K_c$ , por contracción brusca, para aplicarse a la fórmula $h_c = K_c \frac{V^2}{2g}$	44
4	5.4	Longitud equivalente de tubo para -- pérdidas en accesorios y válvulas.	45
5	5.7	Fórmulas de Manning y Hazen-Williams; valores del coeficiente de fricción para diversos tipos de tubos.	51

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS







## HIDRAULICA APLICADA

### INTRODUCCION.

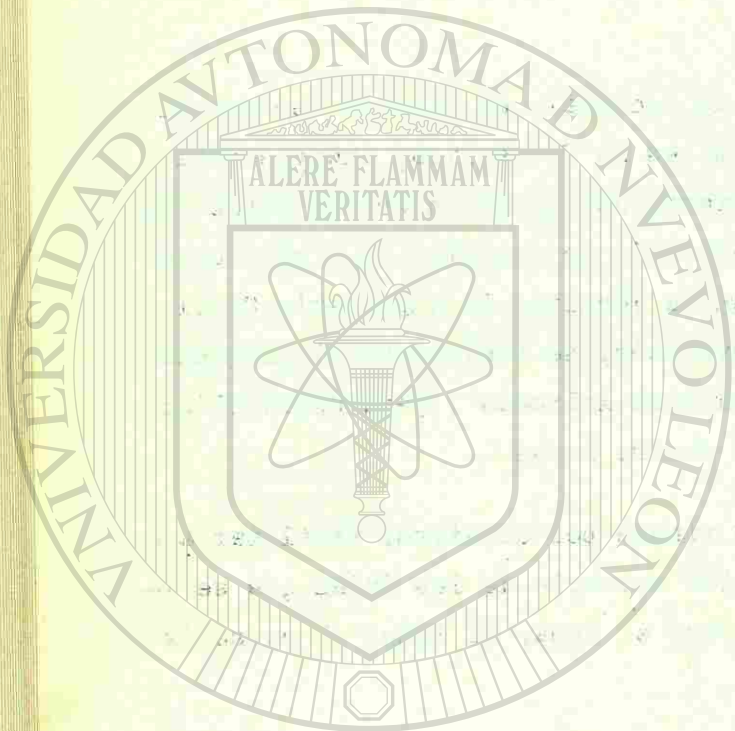
Con el fin de recordar, en plan de repaso, algunos conceptos fundamentales de Hidráulica, indispensables para el mejor aprovechamiento del curso intensivo sobre "Investigación de fugas y medición en sistemas de distribución de agua", a efectuarse en la Facultad de Ingeniería Civil - de la Universidad de Nuevo León, se incluyó en el programa respectivo el tema "Hidráulica Aplicada", para desarrollarse en un tiempo total de cuatro horas.

Estas notas tienen por objetivo, facilitar a los participantes la rápida solución de las dudas que se les pudieran presentar sobre el tema, al tomar el curso de referencia.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





## I.- NOTAS SOBRE PRINCIPIOS BASICOS DE HIDRAULICA.

1.1 HIDRAULICA.- Ciencia Técnica del Ingeniero que, apoyada sólidamente en la experimentación, trata de explicar los fenómenos que interesan al profesional, por las bases de la Mecánica.

1.2 CIENCIAS HIDRAULICAS.- La Hidromecánica estudia el movimiento del líquido perfecto y su equilibrio -- por medio de un proceso rigurosamente analítico. -- Sus ramas son, por consiguiente, la Hidrostática y la Hidrodinámica, parte de la Mecánica que se aplica a los líquidos.

La Hidrodinámica se aparta rápidamente de la realidad física, al prescindir de las condiciones naturales del líquido, y los problemas que interesan -- en la práctica, son resueltos por ella en completo desacuerdo con la experiencia. Además, la aridez -- analítica y las dificultades matemáticas que se -- presentan, han dado nacimiento a la HIDRAULICA GENERAL, cuyo objeto es estudiar, por el análisis y la experimentación unidos, el equilibrio y movimiento de los líquidos, especialmente del agua.®

LA HIDRAULICA GENERAL simplifica las cuestiones, -- suponiendo la incompresibilidad y fluidez perfectas cuando son aceptables; pero toma en cuenta los frotamientos interiores cuando influyen prácticamente en los fenómenos. Se limita a las cuestiones sencillas y útiles al ingeniero y se caracteriza --



principalmente porque acude a la experimentación y se ca de ella los elementos necesarios para la solución de las cuestiones que el Análisis no puede todavía resolver, o resuelve difícilmente.

1.3 MECANICA DE FLUIDOS.- Es la rama de la Mecánica General que aplica los principios de esta ciencia a los fluidos. Estos principios son: la indestructibilidad de la materia, las leyes de Newton sobre el movimiento y conservación de la energía. La Mecánica de Fluidos debe darnos el comportamiento de los fluidos naturales en los diversos fenómenos que nos interesan, usando análisis matemático.

Debe explicar los hechos experimentales deduciendo reglas generales y con ellas predecir, por lo menos, una aproximación práctica, especialmente en los fenómenos de fluidos que ocurren en la fabricación de buques, aeroplanos, motores, turbinas, tuberías, etc. Las reglas de la Mecánica de Fluidos son fundamentales en la fabricación, calefacción, hidráulica, balística, oceanografía, meteorología (I).

Esta definición revela la diferencia entre la Mecánica de Fluidos, y la Hidráulica General: aquella es básicamente para Ingenieros Mecánicos, ésta para los Ingenieros Civiles.

No entran bajo el dominio de la Hidráulica General, las distintas Hidráulicas aplicadas a: regadío, máqui-

nas hidráulicas, obras marítimas, agua potable, alcantarillado, etc., que si bien en ella se apoyan, son en general un conjunto de conocimientos técnicos de construcción. (2)

1.4 SISTEMAS DE UNIDADES: En nuestro país, se emplea exclusivamente el sistema métrico decimal. En consecuencia, las unidades fundamentales son las de longitud (L), masa (M) y tiempo (T), expresadas en metros, kilogramos - masa y segundo (MKS), o en centímetros, gramos masa y segundo (cgs). En los países de habla inglesa, se utiliza generalmente el sistema inglés de unidades, en el que las unidades empleadas son: pie, libra, segundo. En estas notas, se empleará exclusivamente el sistema métrico decimal.

1.41 EL GASTO O CAUDAL, se expresa en metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ) o en litros por segundo (l/s). Algunas veces se expresa en litros por minuto (l/min.).

1.42 LOS VOLUMENES, se expresan en metros cúbicos o en litros

1.43 LAS PRESIONES, en kilogramos por metro cuadrado ( $kg/m^2$ ) o por centímetros cuadrados ( $kg/cm^2$ ).

1.44 Las unidades de FUERZA, se expresan en dinas (sistema - cgs), en gramos fuerza, o en kilogramos fuerza.

1.5 DEFINICIONES.

1.51 DENSIDAD: Para un material homogéneo, se define como su masa por unidad de volumen, también se le llama MASA ESPECÍFICA. Se expresa en gramos por centímetro cúbico o en



kgs./m<sup>3</sup>. (Tabla 1). La densidad varía poco, a menos que la presión aumente mucho.

1.52 DENSIDAD RELATIVA: Es la relación del peso unitario de un cuerpo, al peso unitario del agua a 4 grados centígrados (más exactamente a 3.98 grados centígrados). Por consecuencia, la densidad del agua a 4° C. es igual a la unidad. La densidad relativa no tiene dimensiones. Algunos la llaman GRAVEDAD ESPECIFICA.

1.53 PESO ESPECIFICO: Es el peso de la unidad de volumen de un cuerpo. También se le conoce como PESO UNITARIO. Se expresa en gramos peso/cm<sup>3</sup>. o en kilogramos peso/m<sup>3</sup>. En el sistema métrico, LA DENSIDAD Y EL PESO ESPECIFICO SON NUMERICAMENTE IGUALES.

1.54 MASA: Para un cuerpo dado, es la relación que existe entre una fuerza que se le aplique al cuerpo, sobre la aceleración que la fuerza le produce en la dirección en que se le aplica, según la relación:  $M = \frac{F}{A}$ . Como a mayor masa corresponde menor aceleración, o a mayor fuerza para producir la misma aceleración, la masa da una medida de la cantidad de materia contenida en el cuerpo de que se trate. La masa se mide en unidades de fuerza-tiempo<sup>2</sup>/longitud<sup>4</sup> (kgs-seg<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>). Algunos tratados llaman a la masa DENSIDAD DE MASA, o DENSIDAD (4) o DENSIDAD RELATIVA AL SISTEMA TECNICO (5), lo cual se presta a confusiones.

TABLA # 1  
DENSIDADES

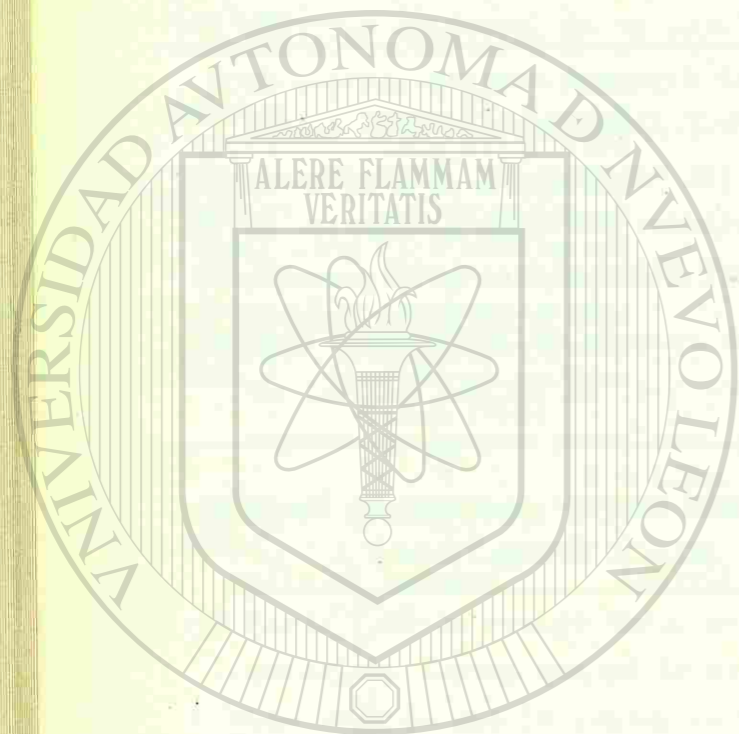
MATERIAL	DENSIDAD (gr./cm <sup>3</sup> ).	CUERPO LIQUIDO	DENSIDAD (gr./cm <sup>3</sup> .)
Aluminio	2.7	Agua a 4 g.c.	1.00
Bronce	8.6	Agua a 18 g.c.	0.99862
Cobre	8.9	Eter a 18 g.c.	0.717
Oro	19.3	Alcohol a 18 g.c.	0.7911
Hielo	0.92	Benzol a 15 g.c.	0.884
Fierro	7.8	Cloroformo a 15 g.c.	1.499
Plomo	11.3	Glicerina a 15 g.c.	1.260
Platino	21.4	Aceite de oliva 16g.c.	0.915
Plata	10.5	Mercurio a 0 g.c.	13.596
Acero	7.8	Sulfuro de carbono (a 15 g.c.)	1.270

TABLA # 2  
DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE MEDIO, A DIFERENTES TEMPERATURAS.

Temp. en Grados Centígrados	Densidad Relativa
4.54	0.865
10	.861
15.5	.858
21.1	.854
26.6	.851
32.2	.847
37.7	.843
43.3	.840

- (1).--Engineering App. of Fluid Mechanics. Honsaker and Rigmore, (1947).
- (2).-- Hidráulica.-- Fco. Javier Domínguez S. (1959).
- (3).-- University Physics.--Sears. (1955). Pág. 210.
- (4).-- Hydrodynamics in Theory and App.--James M. Robertson - (1965) Pág. 5.
- (5).-- Mecánica de Fluidos.--Streeter (1963) Pág. 10





## II.- HIDROSTATICA

### Principios fundamentales.

2.1 PRINCIPIO DE PASCAL.- Este principio establece que: en un líquido en equilibrio, las presiones unitarias ejercidas sobre un punto dentro del propio líquido, no importa su orientación, son de la misma (igual) intensidad.

Las presiones son en realidad fuerzas, que se pueden aplicar en un punto, o en cualquier punto contenido en un plano que en todo caso, debe ser normal a la dirección de la fuerza.

Cuando se aplica una fuerza en un plano, y éste no forma noventa grados con la dirección de la fuerza mencionada, se pueden determinar dos componentes de ella, una normal al plano, y otra tangencial. Cuando existe una liga entre el cuerpo que trasmite la carga, y el cuerpo que la recibe, las fuerzas tangenciales transmiten su efecto a este último (fig.1)

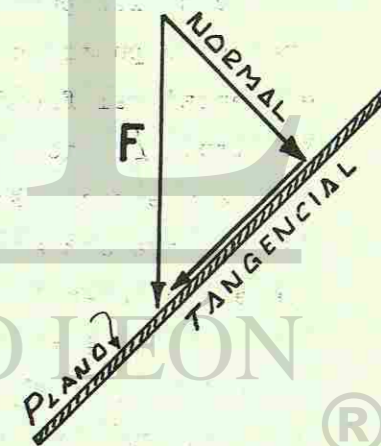


Fig. 1.

Si se tiene un líquido en contacto con un cuerpo sólido, puede haber una forma de unión entre ambos cuerpos. Pero si a travez del líquido se pretende transmitir al --



cuerpo sólido una carga tangencial a uno de sus planos, líquido necesitaría desarrollar un esfuerzo cortante. En un líquido en reposo, el esfuerzo cortante tiene valor cero, por lo cual las cargas tangenciales no pueden transmitirse a los planos de un cuerpo sólido en contacto con él.

De lo dicho se deduce que las presiones solo pueden actuar sobre planos normales a su dirección.

## 2.2 TEOREMA GENERAL DE LA HIDROSTÁTICA.

Mediante el teorema general de la hidrostática, se determina el valor de la presión hidrostática en cualquier punto de un fluido homogéneo en reposo, o entre dos puntos separados por una diferencia de profundidad (h), como los puntos 1 y 2 de la fig 2. Considerando que estos puntos están en los extremos de un prisma elemental del fluido, de sección transversal  $dA$  y longitud  $L$  se pueden dibujar los ejes coordenados que se muestran. Este prisma está en reposo, pues las

fuerzas que actúan sobre él están en equilibrio, siendo estas fuerzas las presiones del fluido en los lados y en los extremos del prisma, así como la fuerza de gravedad.

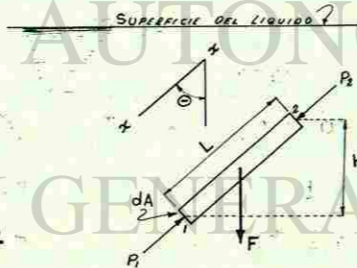


Figura 2.

Las presiones unitarias en los puntos 1 y 2, son  $p_1$  y  $p_2$ , respectivamente; el peso unitario del líquido es  $w$ , y el ángulo que forma el prisma con la vertical es  $\theta$ .

Tomando en cuenta lo dicho anteriormente, se puede establecer la siguiente ecuación:

$$\sum F_{x,x} = p_1 dA - p_2 dA - wL dA \cos \theta = 0$$

como:

$$\cos \theta \cdot L = h$$

Se concluye que:

$$p_1 - p_2 = wh \quad (1)$$

Esto significa que para un líquido en reposo, la diferencia de la presión hidrostática entre dos puntos separados por una diferencia de profundidad, es numéricamente igual al producto del peso específico del fluido, por la diferencia de profundidad.

Si en el prisma mencionado arriba, le damos las dimensiones  $dA$  por  $dA$  y  $dp$  por  $L$ ;  $p_1$  por  $P_1$  y  $p_2 = p_1 - dp$  por  $P_2$  (fig 3) podemos establecer la siguiente ecuación:

$$p_1 dA - (p_1 - dp) dA - m dA dl \cos \theta = 0$$

que simplificada y reagrupada queda de la siguiente manera:

$$dp = m \cos \theta dl$$

Integrándola hasta completar un prisma de altura finita, las presiones en las bases extremas tendrán el valor de:

$$p_1 - p_2 = \int_2^1 m \cos \theta dl \quad (2)$$

cuando  $m = \text{constante}$ .



Ecuación que dice que la variación de la presión entre dos puntos de un fluido en reposo es igual al trabajo que efectúan a lo largo del camino que los une, las fuerzas exteriores, por unidad de volumen.

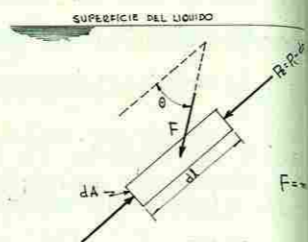


Figura 3

La ecuación se puede escribir también:

$$\frac{1}{m} \frac{dP}{dl} = a \cos \theta$$

Elijiendo un sistema de ejes rectangulares en que  $dx, dy, dz$  sean las proyecciones de  $dl$ , y llamando  $X, Y, Z$ , a las componentes de la aceleración resultante de las fuerzas exteriores, respecto a los tres ejes elegidos, se tienen las ecuaciones generales de la Hidrostática, debidas a Euler

$$\frac{1}{m} \frac{\partial P}{\partial x} = X; \quad \frac{1}{m} \frac{\partial P}{\partial y} = Y; \quad \frac{1}{m} \frac{\partial P}{\partial z} = Z$$

Multiplicadas estas tres ecuaciones por  $dx, dy, dz$  respectivamente, sumándolas y tomando en cuenta que el primer miembro es el diferencial total de  $\frac{1}{m} P$ , se tiene:

$$\frac{1}{m} dP = X dx + Y dy + Z dz$$

En donde el primer miembro es integrable cuando  $m$  es independiente de  $p$  (líquidos incompresibles).

Si tomamos los ejes coordenados rectangulares  $X$  e  $Y$  en un plano horizontal, y el de las  $Z$  vertical, y consideramos el fluido está sometido a su propio peso solamente,  $X$  e  $Y$  valdrán cero, y  $Z$  será igual a la aceleración de la gravedad, y la ecuación queda:

dad, y la ecuación queda:

$$\frac{1}{m} dP = Z dz; \quad \therefore dP = m Z dz$$

pero  $Z = -g = \text{aceleración gravedad}$

$$\therefore dP = -m g dz$$

$$\therefore P_2 - P_1 = -m g (z_2 - z_1); \quad \text{donde } m g = w \text{ y } (z_2 - z_1) = h$$

luego:

$$P_2 - P_1 = -w h$$

(6)

2.3 SUPERFICIE LIBRE DE UN LIQUIDO.- Se considera superficie libre de un líquido a la que no está sujeta a cargas. En la práctica, se considera en estas condiciones cuando solo actúa sobre ella la presión atmosférica. Debido a que no existen fricciones en los líquidos en reposo, la superficie libre es horizontal.

2.4 TRANSMISION DE PRESIONES.- Escribiendo la ecuación (1) en la forma:

$$P_1 = P_2 + w h$$

(7)

Se puede observar que la presión en un punto cualquiera de un líquido (por ejem. el punto 1 de la fig. 2), es igual a la presión en cualquier otro punto del mismo líquido (punto 2), más la presión producida por una columna de líquido cuya altura  $h$ , es igual a la diferencia de elevaciones entre los dos puntos. También se deduce que la presión aplicada en cualquier punto de un líquido en reposo, se transmite con su mismo valor numérico a cualquier otro punto en la misma



ma masa de líquido (Principio de Pascal). En este principio se basa la construcción de los gatos hidráulicos, por medio de los cuales se pueden levantar grandes pesos por la aplicación de pequeñas fuerzas.

Cuando el punto 2, de la ecuación (7), se encuentra en la superficie libre del líquido, el valor de  $P_2$  tiene valor teniéndose

$$P_1 = wh$$

Lo que significa que las presiones en cualquier punto de líquido son directamente proporcionales a la profundidad con respecto a su superficie libre, así como que las presiones en cualquier plano horizontal que pase por la masa del líquido, son iguales.

Si despejamos  $h$  en la ecuación anterior, tenemos:

$$h = \frac{P}{w}$$

Lo que significa que una columna de líquido, de altura  $h$  produce una presión  $p$ , en su base, cuando su peso unitario es  $w$ . El término  $w$ , se le designa con el nombre de  $C_h$  y se expresa generalmente en metros del líquido cuyo peso específico o unitario es  $w$  (kgs./m<sup>3</sup>).

Cuando las presiones se expresan en kgs/cm<sup>2</sup>. y se desea tener la carga en metros, se toma como peso unitario el una columna del líquido con base de un centímetro cuadrado y altura de un metro ( $w$  en kgs./cm<sup>2</sup>-mto.)

Ejemplo: presión: 1.3 kgs/cm<sup>2</sup>.  $w$  del agua: 0.1 kgs./cm<sup>2</sup>.

$$h = \frac{P}{w} = \frac{1.3}{0.1} = 13$$

metros de agua. (columna).

En estos principios se basa la construcción de los PIEZÓMETROS Y los MANÓMETROS.

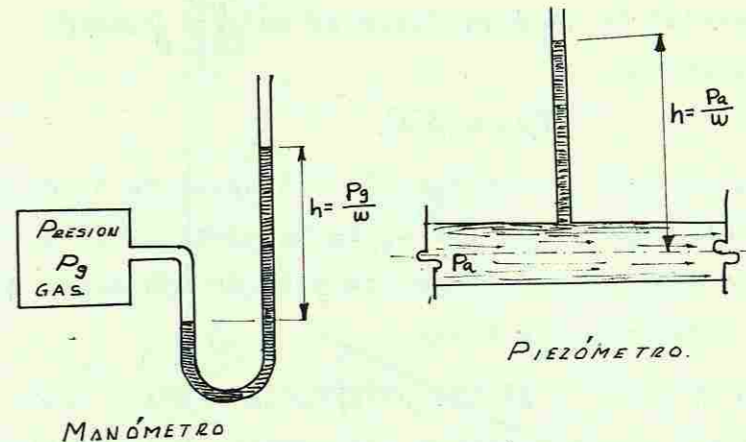


Figura 4.

2.5 PRESION TOTAL EN UNA SUPERFICIE PLANA.- En la figura 5 se muestra proyectada sobre dos planos verticales normales, una superficie plana AB, que está sujeta a una presión estática de un líquido con superficie libre. - la superficie AB, hace un ángulo  $\theta$  con la horizontal, y al extenderla hacia arriba, intersecta a la superficie libre del líquido en la línea S-S, indicada con el punto S en la proyección.

Empleando la nomenclatura indicada en la figura, si tomamos una area diferencial  $dA = x dy$  en que la presión se puede considerar constante, la presión unitaria en el area que está a una profundidad  $h$ , debida al líquido con peso específico  $w$ , será:  $p = wh = wy \sin \theta$  y la presión total en el area será:  $dp = w y \sin \theta dA$  y la presión total en el plano AB será:

$$P = w \sin \theta \int_B^A y dA = w \sin \theta A \bar{y}$$



donde  $\bar{y}$ , es la distancia desde la línea S-S, al centro de gravedad de A. Puesto que la profundidad del centro de gravedad de la superficie AB es  $h = \bar{y} \operatorname{sen} \theta$  se deduce que:

$$P = whA$$

Esto significa que la presión hidrostática total en cualquier superficie plana, es igual al producto del área de esa superficie por la presión unitaria  $wh$  en su centro de gravedad.

2.6 CENTRO DE PRESION EN UNA SUPERFICIE PLANA.- Cualquier superficie plana sujeta a una presión hidrostática, está sujeta a la acción de un número infinito de fuerzas paralelas cuyas magnitudes varían con la profundidad, a partir de la superficie libre del líquido, y que se aplican en sus correspondientes áreas infinitesimales. Si la presión hidrostática total en cualquier superficie, se aplicara en su centro de presiones, se produciría el mismo efecto, desde el punto de vista de equilibrio mecánico, que el debido a las presiones unitarias mencionadas.

La localización de una línea horizontal que contenga el centro de presiones de la superficie plana sujeta a la presión hidrostática, se puede determinar tomando momentos de las fuerzas unitarias que actúan sobre el plano, con respecto a cualquier eje horizontal.

Si se toma la línea S-S de la fig. 5 del inciso ante-

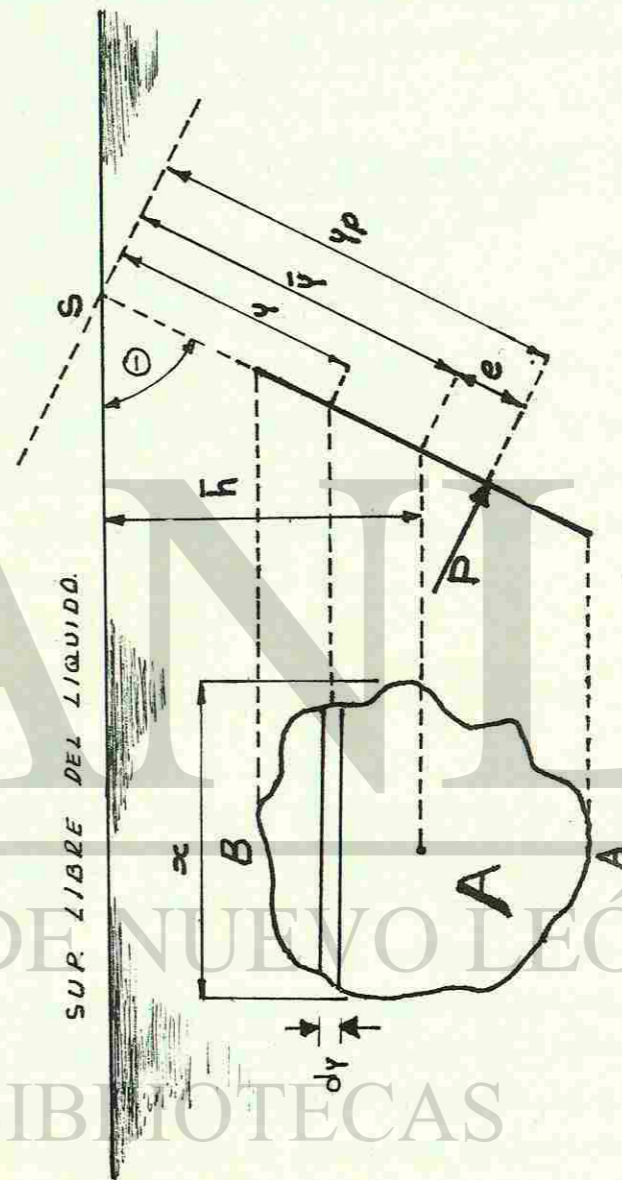
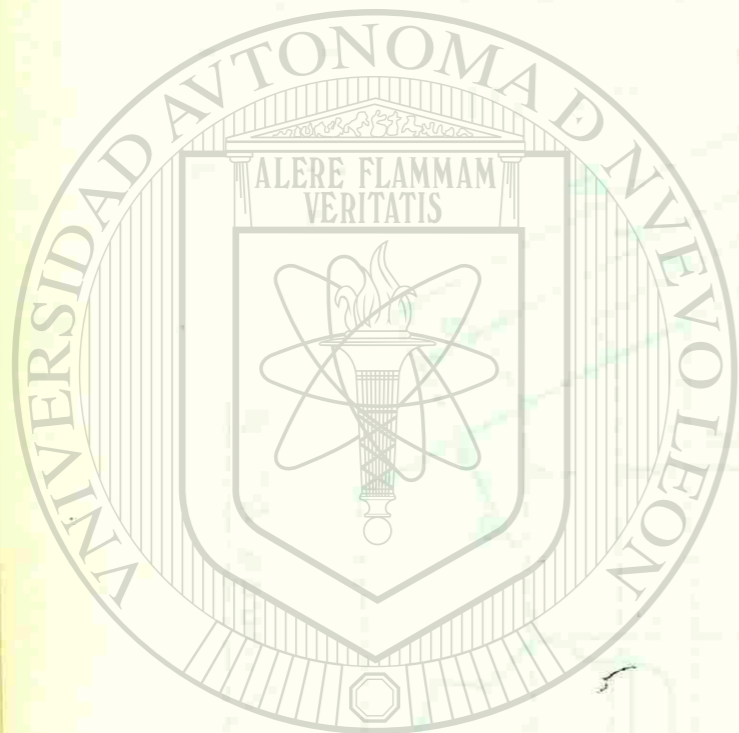


FIGURA N° 5





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

rior como eje de momentos de la superficie AB, y señalando por  $y_p$  la distancia desde el centro de presiones hasta el eje de momentos, se obtiene la siguiente relación.

$$P \cdot y_p = \int y dp$$

$$\therefore y_p = \frac{\int y dp}{P} = \frac{\int y \cdot w \cdot y \cdot \sin \theta \, dA}{w \cdot \sin \theta \int y \, dA}$$

$$y_p = \frac{w \cdot \sin \theta \int y^2 dA}{w \cdot \sin \theta \int y \, dA} = \frac{\int y^2 dA}{\int y \, dA} \quad (10)$$

como  $\int y^2 dA$  es el momento de inercia  $I_s$ , de la superficie AB, con respecto al eje S-S, y  $\int y \, dA$  es el momento estático  $S_s$ , de la misma superficie con respecto al mismo eje, se tiene:

$$y_p = \frac{I_s}{S_s} \quad (11)$$

Desarrollando la ecuación anterior se obtiene:

$$e = y_p - \bar{y} = \frac{I_g}{S_s} \quad (12)$$

en la que  $I_g$ , es el momento de inercia de la superficie AB, con respecto a su centro de gravedad, y el valor  $e$ , conocido como la excentricidad, es la distancia comprendida entre la línea horizontal que contiene al centro de presiones y la línea horizontal que contiene al centro de gravedad de la superficie plana de que se trate. La profundidad del centro de presiones puede ser igual o mayor que la profundidad a que se encuentra el centro de gravedad de la superficie plana.



La excentricidad es cero, cuando la superficie plana está en posición horizontal, o cuando estando en otra posición, se encuentra a profundidad infinita, y finalmente, cuando un plano se encuentra sujeto a presión por ambos lados, iguales o diferentes, de un líquido con el mismo peso específico, siempre que se trate de la resultante de la acción del líquido en los dos lados.

2.7 REPRESENTACION GRAFICA DE LAS PRESIONES.- En las superficies planas de forma rectangular, la determinación del empuje por unidad de longitud y la localización del centro de presión, puede hacerse en forma sencilla por medio de la gráfica o diagrama de presiones.

Como la presión es directamente proporcional a la profundidad, a partir de la superficie libre de un líquido el diagrama de presiones tiene la forma de un triángulo (fig. 6), en el que la altura es igual a la profundidad  $h$ , y la base, igual al producto de  $wh$ .

Como el diagrama es un sistema de fuerzas aplicadas sobre el plano vertical  $ab$ , la resultante

del sistema coincidirá con el centro de gravedad del triángulo, en cuando a su línea de acción, y su magnitud será igual al área del triángulo, de donde:

$$P = wh \frac{h}{2} = \frac{wh^2}{2}; \text{ también: } y_p = \frac{2h}{3} \quad (13)$$

(estos valores son para una longitud unitaria perpendicular

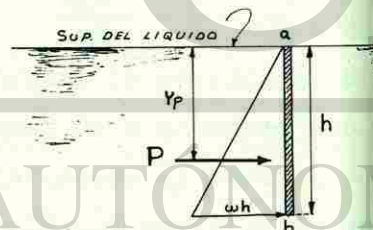


Figura 6.

cular a la figura). Cuando el plano de que se trate, no coincida en una de sus aristas con la superficie libre del líquido, y esté a cierta profundidad, el diagrama de presiones tendrá la forma de un trapecio, figura de la que es fácil determinar su área y localizar su centro de gravedad.

Un desarrollo semejante se sigue cuando el plano se encuentre en otra posición cualquiera, diferente de la vertical.

2.8 PRESIONES EN SUPERFICIES CURVAS.- Con mucha frecuencia, es más conveniente tratar con las componentes vertical y horizontal de una presión total que actúa sobre superficie, en lugar de hacerlo directamente con la resultante de la presión.

Esto es particularmente

cierto, cuando se refiere a superficies curvas, ya que en este caso es generalmente difícil encontrar tanto su magnitud, como la localización de su punto de aplicación.

Si consideramos el líquido contenido en la fig. 7, y se desea determinar la presión total en la superficie  $AB$ , con profundidad  $L$ , el problema se puede resolver si sacamos en cuerpo libre la porción  $ABF$ , y tomando

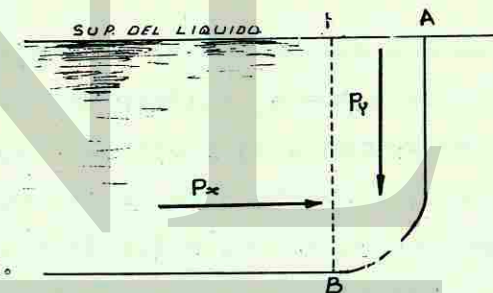


Figura 7.



una profundidad unitaria (en sentido normal al plano en que está dibujada la figura).

Las únicas fuerzas que actúan horizontalmente, son las componentes horizontales de las presiones normales que actúan a lo largo de la superficie AB, y las presiones normales sobre el plano FB, que es la proyección de la superficie AB sobre un plano vertical. La suma de estas fuerzas deben ser iguales en magnitud, por lo cual puede establecerse que "la componente, a lo largo de cualquier eje horizontal, de la fuerza total de la presión hidrostática aplicada sobre cualquier superficie, es igual a la presión total ejercida sobre la proyección de esa superficie sobre un plano vertical que sea normal al eje horizontal escogido".

De manera semejante, se encuentra que la fuerza vertical actuante sobre el volumen del líquido ABF, es solamente la fuerza debida a la gravedad, representada por el peso del líquido, y que la suma de las componentes verticales de las presiones ejercidas sobre la superficie AB, deben ser iguales en magnitud; o sea que "la componente vertical de la presión hidrostática ejercida sobre una superficie cualquiera, es igual en magnitud al peso del volumen de líquido comprendido entre los planos o ejes verticales que limitan a la superficie considerada". Si el líquido se encuentra bajo la superficie, la presión actúa hacia arriba, y la magnitud de la componente vertical es igual numéricamente al peso del líquido virtual que se extendería verticalmente desde la superficie al nivel real o imaginario del líquido.

La localización de la componente vertical, en ambos casos, es a través del centroide del volumen de líquido mencionado.



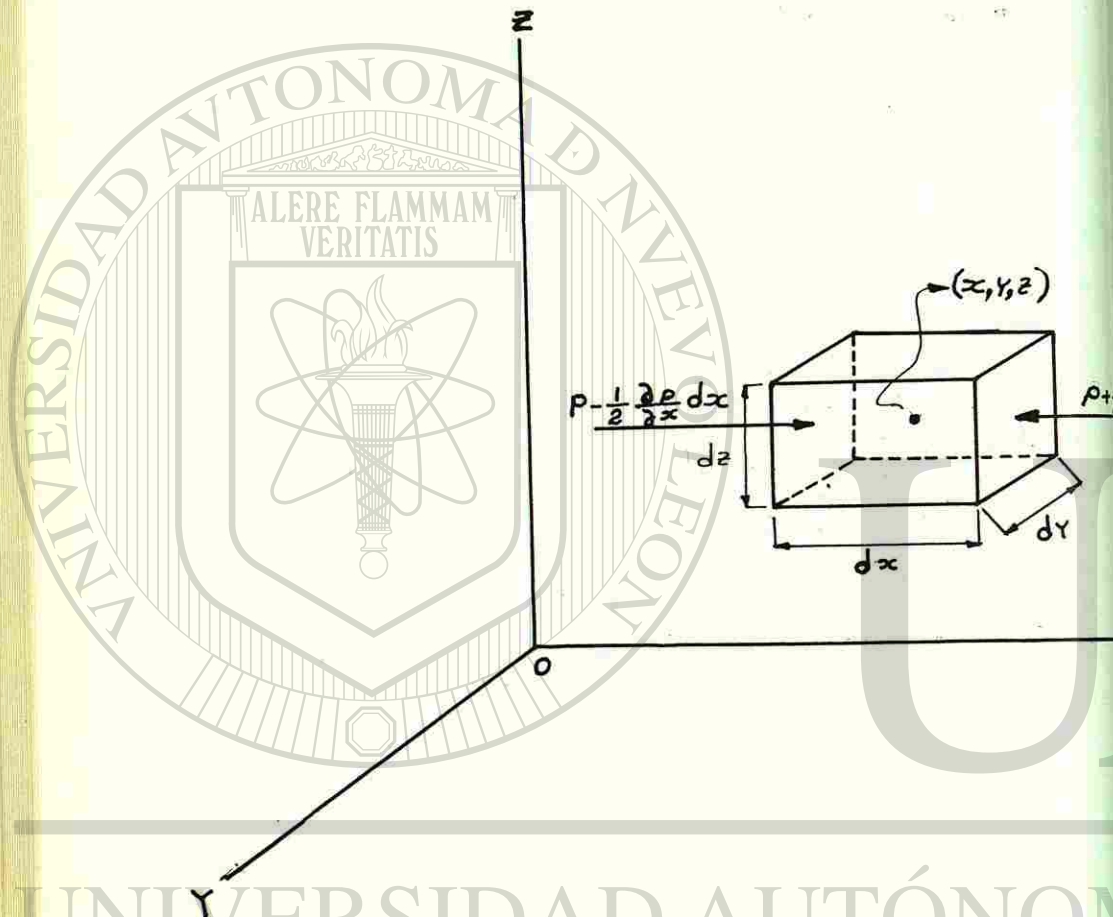


Figura 8.

### III.- DINAMICA DE LOS FLUIDOS. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES.

3.1 DINAMICA DE LOS FLUIDOS PERFECTOS.- Cuando una partícula de líquido en movimiento, tiene en determinado momento (tiempo inicial), una velocidad, una masa específica, y está sujeto a una presión, se requiere generalmente determinar ¿cuáles serán su velocidad, su masa específica y a qué presión estará sujeta cuando después de haber transcurrido cierto tiempo se encuentre en otro punto final, distinto del inicial. Esta determinación se puede obtener a partir de las ecuaciones de la Hidrodinámica, debidas a Euler.

#### 3.2 ECUACIONES DE EULER.

Considerando una partícula o elemento de líquido perfecto, definido por un paralelepípedo con aristas  $dx, dy, dz$ , infinitamente pequeñas, localizado bajo un sistema de coordenadas ortogonales, y sujeto a la acción de fuerzas externas (fig. 8).

Si  $x, y, z$ , son las coordenadas del punto considerado;  $u, v, w$ , las proyecciones sobre los ejes, de la velocidad que posee la partícula, al pasar por el punto considerado, en el instante  $t$ .  $X, Y, Z$ , las proyecciones de la aceleración resultante de las fuerzas exteriores, por unidad de masa, sobre los ejes  $x, y, o z$ .  $p$ , la presión en el punto en el instante  $t$ , -



que es independiente de la orientación del plano sobre el cual se considera actuando

la masa específica

$u', v', w'$ , las componentes de la aceleración efectiva de la partícula a su paso por el punto fijo considerado.

la presión en el centro de gravedad del paralelepípedo, en caras antagónicas.

Aplicando la segunda ley de Newton, tenemos para el eje de las equis:

$$\left(\rho \cdot \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial x} dx\right) dy dz - \left(\rho + \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial x} dx\right) dy dz + m dx dy dz X = m dx dy dz u'$$

que, desarrollando, da:

$$-\frac{\partial p}{\partial x} dx dy dz + m dx dy dz X = m dx dy dz u'$$

y simplificando, queda:

$$-\frac{\partial p}{\partial x} dx + m dx X = m dx u'$$

de donde:

$$X - \frac{1}{m} \frac{\partial p}{\partial x} = u' \quad (14)$$

De la misma manera, podemos obtener las ecuaciones correspondientes a los ejes y, y z, obteniendo las

ECUACIONES DE EULER:

$$X - \frac{1}{m} \frac{\partial p}{\partial x} = u' \quad \text{o} \quad \frac{1}{m} \frac{\partial p}{\partial x} = X - u' \quad (14)$$

$$Y - \frac{1}{m} \frac{\partial p}{\partial y} = v' \quad \text{o} \quad \frac{1}{m} \frac{\partial p}{\partial y} = Y - v' \quad (15)$$

$$Z - \frac{1}{m} \frac{\partial p}{\partial z} = w' \quad \text{o} \quad \frac{1}{m} \frac{\partial p}{\partial z} = Z - w' \quad (16)$$

Las componentes  $u, v, w$ , de la velocidad, varían en el tiempo  $dt$  en  $du, dv, dw$ , siendo por tanto las diferenciales totales de la velocidad respecto a las variables  $x, y, z, t$ . Así, respecto al eje de las  $x$ , la variación de la velocidad será:

$$du = \frac{\partial u}{\partial t} dt + \frac{\partial u}{\partial x} dx + \frac{\partial u}{\partial y} dy + \frac{\partial u}{\partial z} dz \quad (17)$$

y la aceleración efectiva de la partícula a su paso por el punto fijo, por unidad de tiempo será:

$$u' = \frac{du}{dt} = \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial u}{\partial y} \frac{dy}{dt} + \frac{\partial u}{\partial z} \frac{dz}{dt} = \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \quad (18)$$

De la misma manera, se obtienen las aceleraciones efectivas de la partícula con respecto a los ejes  $z, y$ , pudiéndose también expresar las ECUACIONES DE EULER, en la siguiente forma:

$$X - \frac{1}{m} \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \quad (19)$$

$$Y - \frac{1}{m} \frac{\partial p}{\partial y} = \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \quad (20)$$

$$Z - \frac{1}{m} \frac{\partial p}{\partial z} = \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \quad (21)$$



### 3.3 LA ECUACION FUNDAMENTAL.

En la ecuación (18), se tiene que: (22)

$$u = \frac{dx}{dt}; v = \frac{dy}{dt}; w = \frac{dz}{dt}; \text{ donde: } dx = u dt; dy = v dt; dz = w dt$$

que son las proyecciones sobre los ejes coordenados de un elemento de trayectoria  $dl$ .

Multiplicando ambos miembros de las ecuaciones (14, 15 y 16,) por los últimos valores de las ecuaciones (22) y sumando los productos obtenidos, se tiene:

$$\left(\frac{1}{m} \frac{\partial p}{\partial x}\right) dx = (X - u') dx \dots \dots \dots$$

de donde:

$$\frac{1}{m} \left(\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz\right) = (X - u') dx + (Y - v') dy + (Z - w') dz$$

$$= X dx + Y dy + Z dz - u' dx - v' dy - w' dz \quad (23)$$

como la presión  $p$ , es función de  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , y  $t$ , se tiene:

$$dp = \frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz + \frac{\partial p}{\partial t} dt$$

también, de la (18) :

$$u' = \frac{du}{dt} = \frac{dx}{dx} \cdot \frac{du}{dt} = \frac{dx}{dt} \cdot \frac{du}{dx} = u \frac{du}{dx}$$

La ecuación (23) queda:

$$\frac{1}{m} \left(dp - \frac{\partial p}{\partial t} dt\right) = X dx + Y dy + Z dz - u \frac{du}{dx} dx - v \frac{dv}{dy} dy - w \frac{dw}{dz} dz$$

$$= X dx + Y dy + Z dz - (u du + v dv + w dw)$$

La suma de los siguientes vectores es:

$$u du + v dv + w dw = V \cdot dV$$

de donde se tiene la ECUACION FUNDAMENTAL:

$$\frac{1}{m} \left(dp - \frac{\partial p}{\partial t} dt\right) = X dx + Y dy + Z dz - V \cdot dV \quad (24)$$

En esta ecuación fundamental, las diferenciales  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$ , no son independientes, puesto que son las proyecciones sobre los ejes coordenados de un elemento de trayectoria (22), por lo cual esta ecuación podrá integrarse solamente entre dos puntos de la misma trayectoria.

En el caso de las ecuaciones de Euler (14, 15, 16, 19, 20 y 21,), la integración puede efectuarse entre dos puntos cualesquiera de la masa de fluido en movimiento.

### 3.4 ECUACION DE BERNOULLI.

Si en el caso de la ecuación fundamental, se hacen las siguientes consideraciones:

Que la presión no varía en función del tiempo  $t$ ,

Que el líquido es incompresible, y por consiguiente la masa  $m$ , no es función de  $p$ .

Que por ser el líquido incompresible, la variación de la velocidad en un punto cualquiera es nula, o sea, que:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

Y que en consecuencia, hay continuidad en el flujo del líquido.



Que la única fuerza exterior que actúa sobre el líquido es la fuerza de la gravedad, por lo que si escogemos como aceleración debida a esta fuerza, el valor de  $Z$  sobre el eje correspondiente, y en consecuencia, los valores  $X$  y  $Y$  son 0.

De acuerdo con las consideraciones anteriores, la ecuación (24) nos queda:

$$\frac{1}{m}(dp - 0) = 0 + 0 + Zdz - V \cdot dV$$

$$\therefore \frac{1}{m} dp = Zdz - V \cdot dV$$

$$\therefore \frac{1}{m} dp - Zdz + V \cdot dV = 0$$

Si la aceleración debida a la fuerza de gravedad la denotamos por  $-g$  (puesto que su sentido es contrario al de  $Z$ ), tenemos:

$$\frac{1}{m} dp + g dz + V \cdot dV = 0$$

Dividiendo entre  $g$  e integrando, se tiene:

$$\frac{P}{mg} + Z + \frac{V^2}{2g} = K; \text{ donde } K = \text{constante} \quad (25)$$

que es la ECUACION DE BERNOULLI.

Como la ecuación de Bernoulli se ha deducido a partir de la ecuación fundamental, su integración únicamente se puede efectuar a lo largo de una línea de corriente.

Cada uno de los términos de la ecuación, tiene dimensión de energía por unidad de peso, es decir, kilogramos-metro por kilogramos-peso, o más simplemente, metros del líquido

de que se trate.

Los términos de la ecuación de Bernoulli se pueden interpretar como formas de energía, en forma de metros del líquido, o cargas. Así,  $\frac{P}{mg}$  es la carga por presión,  $Z$ , la carga por posición o energía potencial, y  $\frac{V^2}{2g}$ , la carga por velocidad, o energía cinética.

La ecuación de Bernoulli establece que la suma de las energías cinéticas, potencial y de presión, por unidad de peso, permanece constante a lo largo de una línea de corriente.

Como el flujo de un líquido a lo largo de un canal abierto o de un conducto cerrado, la velocidad de las distintas líneas de corriente son diferentes, al aplicar la ecuación de Bernoulli a una vena líquida o tubo de flujo, es necesario tomar como energía cinética, el promedio de las energías cinéticas de las distintas líneas de corriente, o en todo caso, tomar como carga por velocidad, la que corresponde a la velocidad media, modificada por un factor de corrección.

Experimentos realizados por Bazin y otros investigadores, indican que para agua con flujo turbulento en un tubo directo, el factor de corrección tiene un valor medio de 1.06 (entre 1.01 y 1.10), En cambio, para flujo laminar, el factor tiene un valor de 2.

Al aplicar la ecuación de la energía a dos puntos de una línea de corriente, se encuentra que la suma de las tres formas de energía en ambos puntos, son iguales, no impor-



tando que los distintos términos de cada miembro de la ecuación, tengan valores diferentes. Sin embargo, como los fluidos reales en movimiento, debido a su viscosidad, desarrollan fuertes tensiones de cortadura (esfuerzos cortantes), que convierten la energía mecánica en energía térmica que en muchas aplicaciones no vuelve a convertirse nuevamente en energía mecánica, esta transformación de energía debe estimarse como una pérdida. En consecuencia, para fluidos reales, al segundo miembro de la ecuación de Bernoulli se le deberá añadir un término adicional que corresponda a la pérdida mencionada y que tuvo lugar al desplazarse el líquido desde el punto inicial hasta el final considerado.

La naturaleza de las pérdidas varía con las aplicaciones, necesitándose generalmente evaluarlas en forma experimental.

Cuando entre los dos puntos en que se aplica la ecuación de la energía, se añade energía al fluido (con una bomba, por ejemplo.), esta energía se incluye como un término más del primer miembro de la ecuación de Bernoulli.

#### IV.- APLICACIONES DE LA ECUACION DE BERNOULLI.

4.1 PLACA DE ORIFICIO.- Cuando se intercala una placa con orificio, en una tubería que transporta un gas to constante, es posible determinar este gasto aplicando el teorema de Bernoulli.

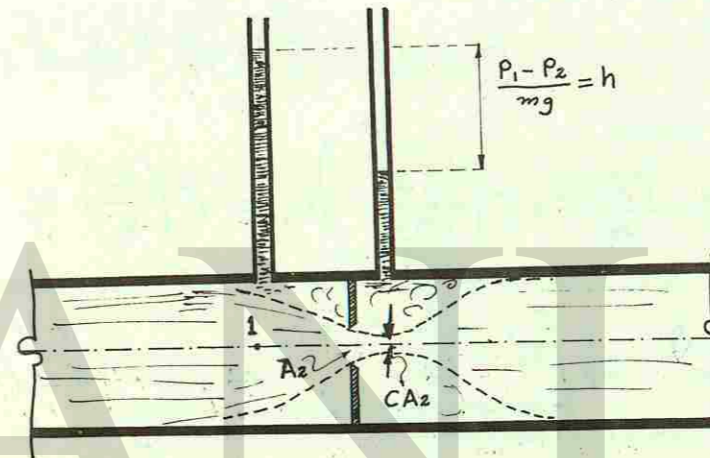


Figura 9.

En la figura 9, se muestra una placa de orificio, de sección transversal  $A_2$ , en donde la vena líquida, después de contraerse, tiene una sección neta de  $CA_2$ , donde  $C$  es un coeficiente que depende de las características del orificio.

Aplicando la ecuación de la energía entre los puntos 1 y 2, se tiene:

$$\frac{P_1}{mg} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{mg} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$



Pero como  $Z_1$ , y  $Z_2$  son iguales, reagrupando los términos y simplificando se tiene:

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}; \text{ ó (de la ec. 1): } \frac{P_1 - P_2}{\rho} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} \quad (2)$$

Aplicando la ecuación de la continuidad entre los puntos 1 y 2, se tiene:

$$Q = A_1 V_1 = C A_2 V_2 \text{ donde } Q = \text{gasto}$$

De donde:

$$V_1 = \frac{C A_2 V_2}{A_1} = C \left( \frac{\frac{\pi d_2^2}{4}}{\frac{\pi d_1^2}{4}} \right) V_2 = C \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^2 V_2$$

Y substituyendo en la ecuación (26), se tiene:

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho} = \frac{1}{2} \left[ V_2^2 - C^2 \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^4 V_2^2 \right] = \frac{V_2^2}{2} \left[ 1 - C^2 \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^4 \right]$$

De donde, despejando la velocidad  $V_2$ , se tiene:

$$V_2 = \sqrt{\frac{2g \frac{P_1 - P_2}{\rho}}{1 - C^2 \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^4}} \quad (2)$$

Aplicando nuevamente la ecuación de la continuidad, se obtiene finalmente para el gasto:

$$Q = A_1 V_1 = C A_2 V_2 = C A_2 \sqrt{\frac{2g \frac{P_1 - P_2}{\rho}}{1 - C^2 \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^4}} \quad (2)$$

4.2 PLACA DE ORIFICIO CON DESCARGA LIBRE.- Cuando después de instalar la placa de orificio, el tubo no se continúa y en consecuencia el agua descarga libremente (figura 10), la presión en el punto 2, es cero, y en consecuencia, la ecuación para determinar el gasto queda:

$$Q = C A \sqrt{\frac{2g \frac{P_1}{\rho}}{1 - C^2 \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^4}} \quad (29)$$

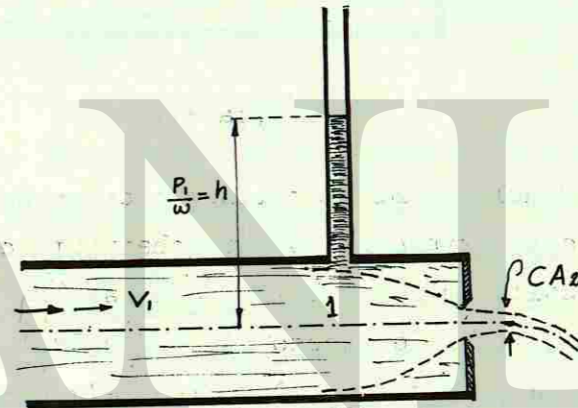


Figura 10

4.3 PLACA DE ORIFICIO EN UN TANQUE.- Cuando un fluido descarga libremente de un tanque, a través de un orificio, (Fig. 11), como la sección en el punto 1, es muy grande con respecto a la sección contraída en el punto 2, el término

$$C^2 \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^4$$

es prácticamente cero, y la ecuación queda, para calcular el gasto:

$$Q = C A_2 \sqrt{2g \frac{P_1}{\rho}} \quad (30)$$

(Teorema de Torricelli).



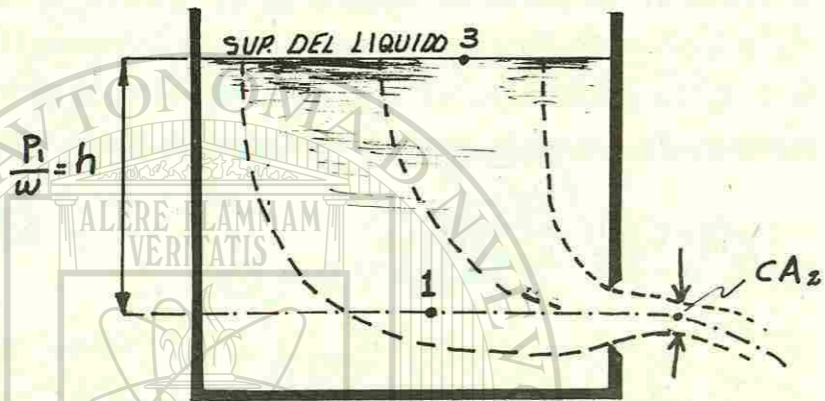


Figura 11.

4.4 VENTURIMETRO.- El venturímetro es un dispositivo (Fig. 12), consistente en un estrechamiento o garganta que se instala en una tubería, diseñado en forma tal, tanto en su zona de acceso como en la de salida, que se evita la formación de turbulencia y se asegura una variación uniforme de las trayectorias de las líneas de corriente.

Como por no haber contracción menor a la sección de la garganta, la ecuación de la continuidad para este caso es:

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2$$

donde  $Q = \text{gasto.}$

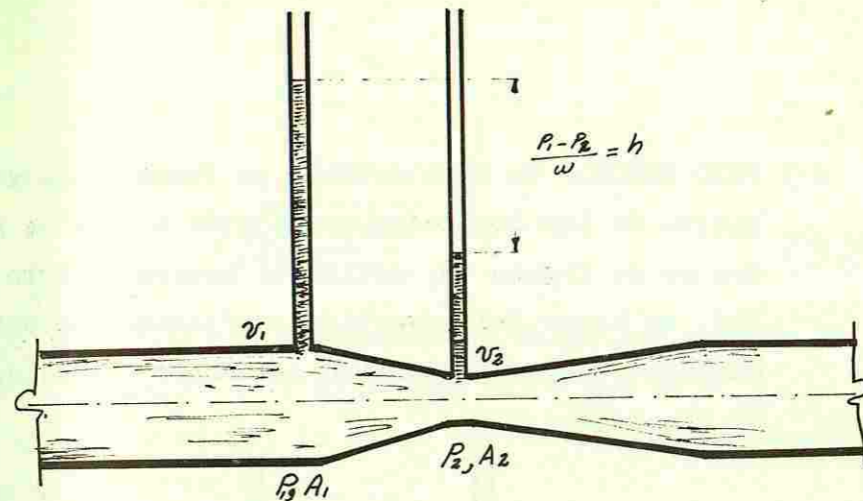


Figura 12.

Al desarrollar la fórmula de la velocidad (27), en este caso queda:

$$V_2 = \sqrt{\frac{2g \frac{P_1 - P_2}{w}}{1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4}}$$

Como al pasar el fluido por el venturi, existen ciertas pérdidas debidas principalmente al cambio de sección de la vena líquida y a pérdidas por fricción, el gasto real es menor que el correspondiente al que se obtiene al aplicar directamente la ecuación de la continuidad, en que la discrepancia es generalmente menor del 2%.

Para corregir esta diferencia, se aplica un coeficiente de venturi  $C_v$ , y obtener de esta manera el gasto real:

$$Q = A_1 V_1 = C_v A_2 V_2 = C_v A_2 \sqrt{\frac{2g \frac{P_1 - P_2}{w}}{1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4}} \quad (31)$$



4.5 TUBO PITOT.- Un tubo doblado en forma de L, y abierto de los dos lados, semejante al que se muestra en la figura 13, recibe el nombre de tubo Pitot, en honor del investigador francés que usó primeramente este dispositivo para medir velocidades en líquidos.

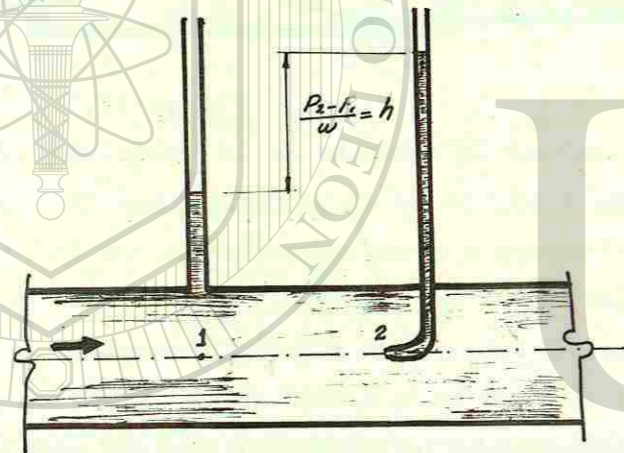


Figura 13.

Debido a la carga por velocidad, el fluido empuja a la columna contenida dentro del tubo a una altura mayor que en el punto 1, hasta quedar en equilibrio, mientras el flujo no cambie de velocidad. Aplicando la ecuación de la energía a la línea de flujo que pasa por el orificio del tubo Pitot, se tiene:  $\frac{P_1}{w} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{w}$

De donde, despejando la velocidad, se tiene:

$$V_1 = \sqrt{2g \frac{P_2 - P_1}{w}} \quad (32)$$

De ahí se deduce que el aumento de carga por presión en el punto 2, es igual a la carga por velocidad en el punto 1, o lo que es lo mismo, la carga por velocidad se transformó en carga por presión.

En la figura 14, se muestran unos tubos Pitot sumergidos en un canal abierto,

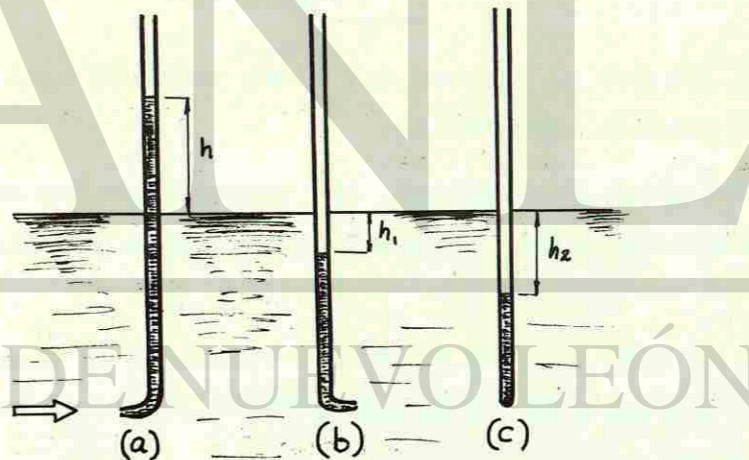


Figura 14



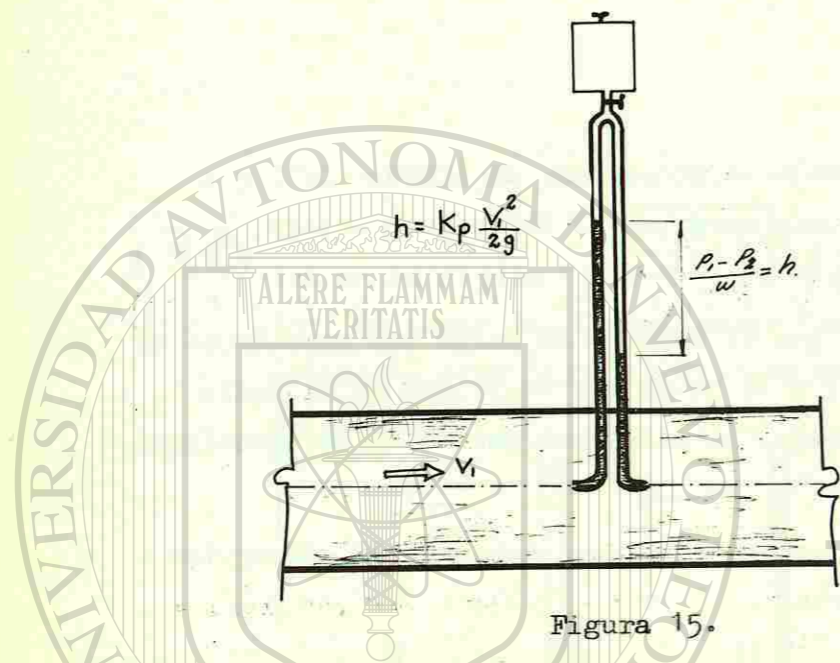


Figura 15.

en los que el extremo del brazo vertical está expuesto a la presión atmosférica.

A la misma profundidad, los tres tienen una abertura que permite el libre paso del fluido hacia el interior del tubo.

En el caso (a), la carga por velocidad  $V_1$ , se transforma íntegramente en carga por presión, indicada por  $h$  en la figura.

En el caso (b), la abertura del tubo queda hacia aguas abajo, produciéndose una depresión en el nivel interior del tubo, cuya magnitud está indicada con  $h_1$ .

En el caso (c) en que la abertura queda a  $90^\circ$  con la dirección del flujo, la depresión que se observa está indicada

por la letra  $h_2$

Experimentos realizados por Darcy, mostraron que  $h_1$ , equivale aproximadamente a  $0.43 \frac{V_1^2}{2g}$ , y que  $h_2$  equivale aproximadamente a  $0.60 \frac{V_1^2}{2g}$

Con el fin de facilitar las lecturas, se han ideado combinaciones de tubos Pitot, unidos en distintas formas, tal como el que se muestra en la figura 15, que permiten tomar una lectura diferencial, la que es función de la carga por velocidad:

$$\frac{P_2 - P_1}{w} = K_p \frac{V_1^2}{2g} \quad (33)$$

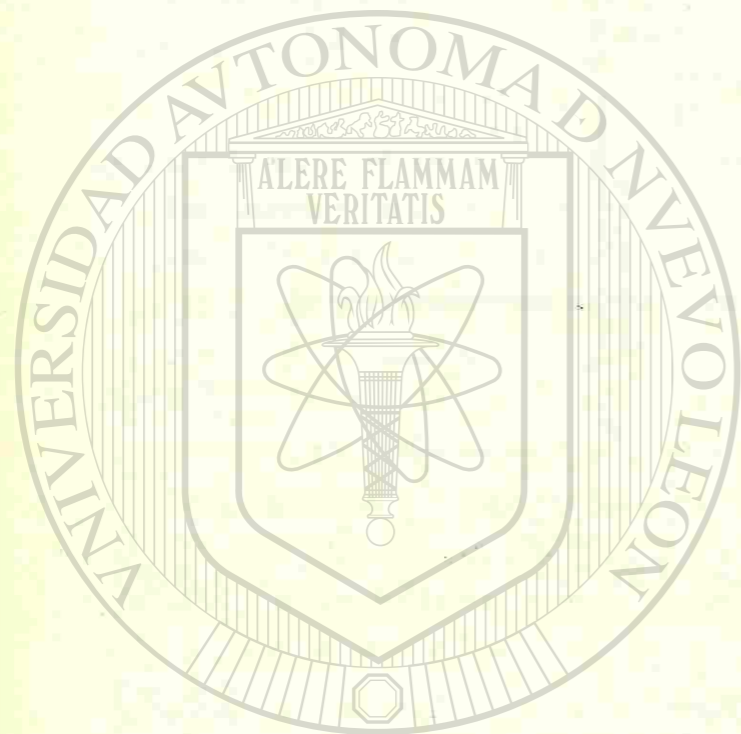
De donde, la velocidad medida por el tubo es:

$$V_1 = C_p \sqrt{\frac{P_2 - P_1}{w}} \quad (34)$$

donde:

$$C_p = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \quad (35)$$





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## V.- TUBERIAS.

5.1 DESCRIPCION.- En hidráulica, se define como tubo a un conducto cerrado de sección circular, que fluye lleno, y generalmente a presión. Cuando el conducto va parcialmente lleno se considera como un canal --abierto.

Puesto que las pérdidas por fricción en general ---son independientes de la presión, se aplican las --mismas leyes, tanto al flujo en tubos como en canales abiertos, y las fórmulas tienen generalmente la misma forma general.

5.2 VELOCIDADES CRITICAS EN TUBERIAS.- De acuerdo con --investigaciones realizadas originalmente por Rey---nolds, el flujo en un tubo puede ser laminar o turbulento, según que la relación de las magnitudes: diámetro x velocidad x masa/ viscosidad del líquido, (conocida como número de Reynolds), sea menor de ---2,100 o mayor de 3,000, valores que se toman como --promedio, a pesar de que en algunos casos pueden --excederse considerablemente bajo condiciones espe--ciales de experimentación.

El número de Reynolds es adimensional, por lo que --su valor es independiente del sistema de unida--des empleado. A la relación: viscosidad/ masa, se --le llama Viscosidad Cinemática  $\nu$ , por lo que --el número de Reynolds se le puede expresar así:



$$N_R = \frac{DVP}{\mu} = \frac{DV}{\gamma}$$

Donde:

D	Diámetro	(metros)
V	Velocidad	(metros por seg.)
P	Masa	(kgs.-seg. <sup>2</sup> /mts.)
μ	Viscosidad	(kgs.-seg./mts.)
γ	Viscosidad cinemática	(mts. <sup>2</sup> /seg.)

Cuando la velocidad de flujo en una tubería, es de una magnitud que el número de Reynolds se acerca a los valores mencionados anteriormente, se le llama velocidad crítica o velocidad límite.

5.3 ANALISIS DE VELOCIDADES.- En flujo laminar, aunque las partículas de líquido se mueven longitudinalmente, ocupan sucesivamente la misma posición transversal relativa, es decir, las líneas de corriente son paralelas pero cerca del eje del tubo, las partículas avanzan a mayor velocidad, afectando, en un corte longitudinal, la forma de una parábola de velocidades, o en todo caso, un paraboloides de revolución, en donde la velocidad media es igual a la mitad de la velocidad máxima. En cambio, en el flujo turbulento, desentendiéndose del flujo irregular de las líneas de corriente, la velocidad longitudinal de cada partícula es aproximadamente la misma.

Y aún cuando hay componentes transversales de velocidad, son solamente las componentes longitudinales las que tienen efecto en producir el movimiento del líquido considerado como un todo. Al hablar de velocidades, en consecuencia, se refieren siempre a las componentes en la dirección de flujo.

La distribución transversal (es sección) de las velocidades longitudinales, se ha encontrado que es proporcional a cierta potencia del número de Reynolds. La velocidad es prácticamente cero junto a las paredes del tubo, creciendo rápidamente hacia el centro, por una corta distancia, pero en la vena central, como resultado del intercambio de cantidad de movimiento, las velocidades de las partículas tienden a igualarse. A medida que el número de Reynolds crece, la distribución de velocidades es más uniforme. De acuerdo con algunas pruebas, la relación de velocidad media / velocidad máxima, varía de acuerdo con el número de Reynolds en la siguiente forma:

Núm de Reynolds.	V.med./V.máx.
1,700 o menos	0.50
2,000	0.55
3,000	0.71
5,000	0.76
10,000	0.78
30,000	0.80
100,000	0.81



Puesto que en la práctica, el número de Reynolds para flujo en tuberías, normalmente tiene un valor superior a 10,000, se puede establecer que en general la velocidad media es de aproximadamente el 80% de la velocidad máxima. El círculo de velocidad media tiene un radio aproximadamente  $3D/8$ . Respecto a la determinación de la velocidad que se debe tomar para determinar la carga por velocidad, véase el inciso 3.4 de estas notas.

5.4 PERDIDAS DE CARGA.- Para el cálculo de las pérdidas de carga en tuberías, pueden presentarse dos casos:

- a) Que se conozcan las energías totales entre los dos puntos de la tubería a considerar.
- b) Que se conozcan el gasto y las características de la tubería a usar.

En el caso a), se puede resolver utilizando el teorema de Bernoulli, según se indica en el inciso 3.4 de estas notas, necesitándose en todo caso calcular la velocidad, para lo cual se puede uno valer de los dispositivos descritos en los incisos 4.1, 4.2, 4.4 o 4.5, sin olvidar para este último, lo explicado en el inciso 5.3.

En el caso b), es necesario determinar previamente las pérdidas de carga totales entre los dos puntos considerados, las que según se ha explicado, significan pérdidas de energía que se expresan generalmente en metros kilogramos por kilogramo de fluido, o más simplemente

en metros de fluido de que se trate (véase inciso 2.4).

Las pérdidas de energía se deben principalmente a:

- 1o.- Fricciones en las tuberías de diámetro y rugosidad uniforme, a lo largo de tramos rectos. - Se les llama PERDIDAS MAYORES O PRINCIPALES.
- 2o.- A cambios de velocidad o de dirección de flujo, y se les distingue como PERDIDAS MENORES O SECUNDARIAS.

5.41 PERDIDAS MAYORES.- Significa una pérdida de carga,  $h_f$ , que se supone ocurre a tasa uniforme a lo largo del tubo mientras su sección y características permanezcan constantes, y se les conoce como PERDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN.

5.42 PERDIDAS MENORES.- Se deben a:

- a) Contracción de la sección, debida a una reducción de la sección transversal de la vena de agua, con un correspondiente aumento de la velocidad. La reducción puede ser gradual o brusca, siendo un caso especial de contracción brusca la descarga de un tanque en un tubo. La pérdida de carga por contracción se expresa por:  $h_e$
- b) Pérdida de carga por aumento de secciones,  $h_e$ , con la correspondiente disminución de la velocidad.
- c) Pérdidas de carga por obstrucciones,  $h_g$ , tales como compuertas o válvulas que producen un cambio de



la sección transversal o de la dirección de flujo en el tubo, con el efecto de un brusco aumento o disminución de velocidad seguida de un retorno más o menos gradual a la velocidad original.

d) Pérdida de carga debida a codos o curvaturas del tubo,  $h_b$ , y que se suman a las pérdidas por fricción en el mismo tramo.

Se ha encontrado experimentalmente, que las pérdidas de carga menores varían aproximadamente con el cuadrado de la velocidad, de manera que se pueden expresar aplicando un coeficiente a la carga por velocidad, que es además variable con la velocidad misma, por lo que para cada caso se elabora una tabla de coeficientes. De esta manera, es fácil incluir las pérdidas menores cuando se aplica el teorema de Bernoulli.

TABLA # 3

VALORES DEL COEFICIENTE  $K_c$ , POR CONTRACCIÓN BRUSCA PARA APLICARSE A LA FORMULA  $h_c = K_c \frac{v^2}{2g}$

Velocidad en el tubo, $V$ , en mts/seg.	Relación de diám. menor a mayor, en el tubo.									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.6	.49	.49	.48	.45	.42	.38	.28	.18	.07	
1.5	.48	.48	.47	.44	.41	.37	.28	.18	.09	
3.0	.47	.46	.45	.43	.40	.36	.28	.18	.10	
6.0	.44	.43	.42	.40	.37	.33	.27	.19	.11	
12.0	.38	.36	.35	.33	.31	.29	.25	.20	.13	

En cambio, cuando se desea determinar la pérdida de energía

cuando se conoce el gasto y las características del tubo, según se indicó en el inciso 5.4, es más conveniente convertir las pérdidas menores en términos de la longitud de un tubo equivalente (Tabla # 4).

TABLA # 4

LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBO PARA PERDIDAS EN ACCESORIOS Y VALVULAS (para tubería de fierro galvanizado)

ACCESORIO	DIAMETRO (pulgadas)			
	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
Codo de 90°	0.60 mts.	0.75 mts.	0.90 mts.	1.50 mts.
Codo de 45°	0.35	0.45	0.55	0.90
Te de 90°	0.90	1.20	1.50	2.00
Válvula de compuerta (abierta)	0.10	0.15	0.20	0.30
" cerrada 1/2	3.00	4.00	5.00	8.00
Válvula de globo	4.50	6.00	7.70	13.60
Válvula de ángulo	2.40	3.60	4.50	6.70

5.43 PERDIDAS DE CARGA DEBIDAS A FRICCIÓN.-- Las pérdidas de carga por fricción  $h_f$  para un líquido que fluye por un tubo recto de diámetro interior  $D$ , y con velocidad  $V$ , cuando su longitud es  $L$ , están sujetas a leyes generales obtenidas por observación y experimentación y que pueden establecerse así:

1a.-- La pérdida por fricción en un flujo turbulento aumenta generalmente con la aspereza del tubo -- (en el flujo laminar, la pérdida por fricción es independiente de la aspereza del tubo).

2a.-- La pérdida por fricción es directamente proporcional al área de la superficie mojada  $\pi DL$



3a.- La pérdida por fricción varía inversamente con alguna potencia del diámetro del tubo:  $\frac{1}{D^x}$

4a.- La pérdida por fricción varía con alguna potencia de la velocidad:  $V^n$

5a.- La pérdida por fricción varía con alguna potencia de la relación de viscosidad/masa del fluido, o sea:  $(\frac{\mu}{\rho})^r$

Combinando estos factores, se puede escribir la ecuación para pérdida de carga por fricción para un fluido:

$$h_f = K' \cdot \pi D L \cdot \frac{1}{D^x} \cdot V^n \cdot \left(\frac{\mu}{\rho}\right)^r \quad (37)$$

en donde  $K'$  es un coeficiente de aspereza y factor de proporcionalidad.

Como a temperaturas normales en la naturaleza, y en el uso común de líquidos, la variación de la viscosidad y la masa del líquido es insignificante, puesto que también la velocidad varía dentro de rangos muy limitados, envolviéndolo en un solo factor  $K$ , el producto de  $K' \times \pi \times \left(\frac{\mu}{\rho}\right)^r$ , substituyendo el exponente  $x$  por  $m+1$ , se tiene:

$$h_f = K \frac{L}{D^{m+1}} \cdot V^n \quad (38)$$

En donde los valores de  $K$ ,  $m$  y  $n$ , se tienen que determinar previamente para poder aplicar la ecuación para la solución de problemas de flujo.

Chezy estableció que la pérdida de carga para el flujo de agua en conductos varía aproximadamente con el cuadrado

de la velocidad. Posteriormente Darcy, Weisbach y otros investigadores, dar un valor de 2 para la  $n$ , 1 para la  $m$ , y además, por conveniencia, dividir la fórmula entre  $2g$ , para que quedara en función de la carga por velocidad, teniéndose:

$$h_f = (K \cdot 2g) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} = f \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (39)$$

siendo con la última expresión, la fórmula de Darcy-Weisbach, en donde  $f$  es un factor numérico,  $L/D$  es una relación de longitudes y  $h_f$  y  $\frac{V^2}{2g}$  se expresan en unidades de longitud.

En virtud de que la pérdida de carga por fricción, no es una función exacta del cuadrado de la velocidad, ni del diámetro a la primera potencia, el valor de  $f$  debe reflejar esta discrepancia, al igual que las variaciones de la masa y de la viscosidad, y en consecuencia, del número de Reynolds. Para el caso, se han desarrollado distintas fórmulas y diagramas, entre los que el Diagrama de Moody es uno de los más prácticos.

5.5 PERÍMETRO MOJADO Y RADIO HIDRAULICO-- Se llama perímetro mojado a la línea de intersección de la superficie mojada de un conducto con una sección transversal. ®

El radio hidráulico de un conducto, es la relación entre el área de una sección transversal y su correspondiente perímetro mojado. Para conductos circulares, ya sea que vayan llenos o a media sección, tiene un valor

$$de: R = \frac{D}{4} \quad (40)$$



5.6 GRADIENTE HIDRAULICO Y GRADIENTE DE ENERGIA.- La pérdida de carga en un tubo recto se muestra gráficamente en la figura 16, en donde están marcadas dos líneas rectas que representan el gradiente hidráulico y el gradiente de energía.

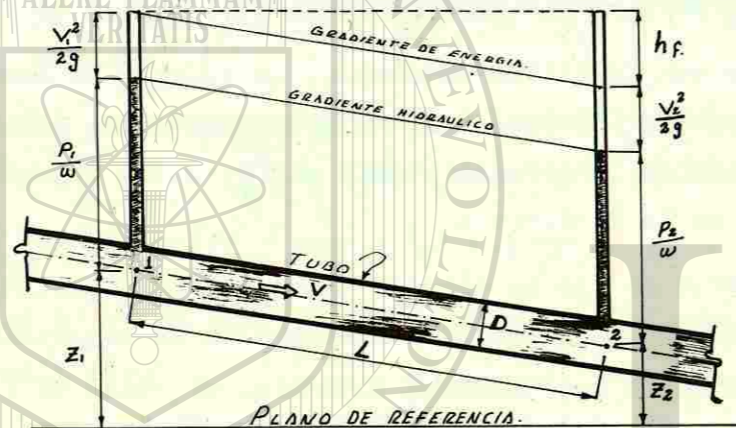


Figura No. 16

El gradiente hidráulico se define como el lugar geométrico de las elevaciones a las cuales el líquido llega en piezómetros colocados sucesivamente en el tubo, y en la representación gráfica, con respecto a un plano, de la suma de las energías por posición y por presión que el líquido posee en todas las secciones del tubo.

El gradiente de energía está sobre el gradiente hidráulico a una distancia igual a la carga por velocidad en cada sección, y es una representación gráfica, con respecto a cualquier plano, de la energía o carga total que el líquido posee.

5.7 OTRAS FORMULAS PARA TUBERIAS.- Si en la fórmula de Darcy-Weisbach (39), substituimos el valor de  $D$ , por  $4R$  (40), y la relación  $hf/L$  por  $S$ , que de acuerdo con la figura # 16, es el valor de la pendiente del gradiente de energía, expresada en metros por metro de tubo, y además despejamos la velocidad, reagrupando en una constante el producto de los valores fijos, se tiene:

$$V = C\sqrt{RS} \quad (41)$$

conocida como FORMULA DE CHEZY, en la que el coeficiente  $C$  es función de las mismas variables que el coeficiente  $f$  de la fórmula de Darcy-Weisbach. En consecuencia, se requieren gráficas o tablas de valores empíricos para determinar el valor de  $C$ .

5.71 FORMULA DE MANNING.- Otra fórmula derivada de la anterior, y usada originalmente para canales abiertos, pero que actualmente se usa mucho también para tuberías, es la fórmula de Manning, en la cual se han modificado, de acuerdo con estudios experimentales, los valores exponenciales de la fórmula de Chezy. Se expresa en la siguiente forma:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (42) \text{®}$$

en la que la velocidad y el radio hidráulico, están expresados en metros, y el valor de  $n$  se obtiene de tablas elaboradas en función de las características del tubo a emplearse. (Tabla # 5).



5.72 FORMULA DE HAZEN-WILLIAMS.-La fórmula de Hazen-Williams se ha usado extensamente para diseñar abastecimiento de agua en los Estados Unidos. Derivada también de la fórmula de Chezy, al igual que la de Manning, su expresión es:

$$V = 0.85 C \cdot R^{0.63} \cdot S^{0.54}$$

o, en función del gasto:

$$Q = 0.2785 \cdot C \cdot D^{2.63} \cdot S^{0.54}$$

en donde la velocidad, el diámetro y el radio hidráulico están expresados en metros, y el gasto, en metros cúbicos por segundo. Como en el caso de la fórmula de Manning, el valor de C, se obtiene por medio de la Tabla # 5.

TABLA # 5.  
FORMULAS DE MANNING Y HAZEN-WILLIAMS.  
VALORES DEL COEFICIENTE DE  
FRICCIÓN PARA DIVERSOS TIPOS DE TUBOS.

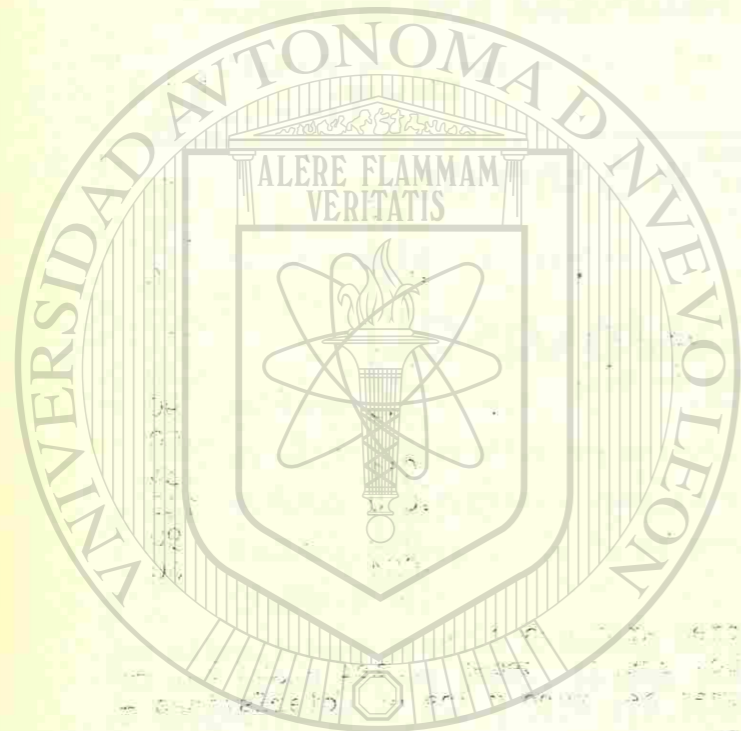
Tipo de tubo	Manning. "n"	H & W "C"
Plástico, cobre, vidrio	.009	145
Asbesto cemento	.010	140
Aluminio	.012	120
Fierro fundido (nuevo)	.011	130
Fierro fundido (usado)	.013	100
Acero galvanizado (a 10 años de uso)	.013	100
Acero soldado (a 10 años de uso)	.012	120
Concreto áspero	.015	90
Concreto común	.013	100
Concreto liso	.011	130
Concreto muy liso	.010	140
Barro vitrificado	.015	90
Lámina corrugada	.024	60

Nota:.- Los valores anotados se usan generalmente en el diseño, aunque pueden variar según las condiciones del tubo y las características del agua.

El uso de las fórmulas de Manning o de Hazen-Williams, se simplifica considerablemente si se elaboran ábacos o nomogramas. Para el objeto, se incluyen al final de estas notas un nomograma de la fórmula de Manning, para "n" .010 y otro para la de Hazen-Williams con "C" igual a 100.

Con el auxilio de estos nomogramas, se pueden encontrar fácilmente los valores de otros coeficientes, encontrando los valores equivalentes en diámetros o en longitud, ya que existe una proporcionalidad entre las pérdidas y los coeficientes de las fórmulas para velocidades de flujo normales.

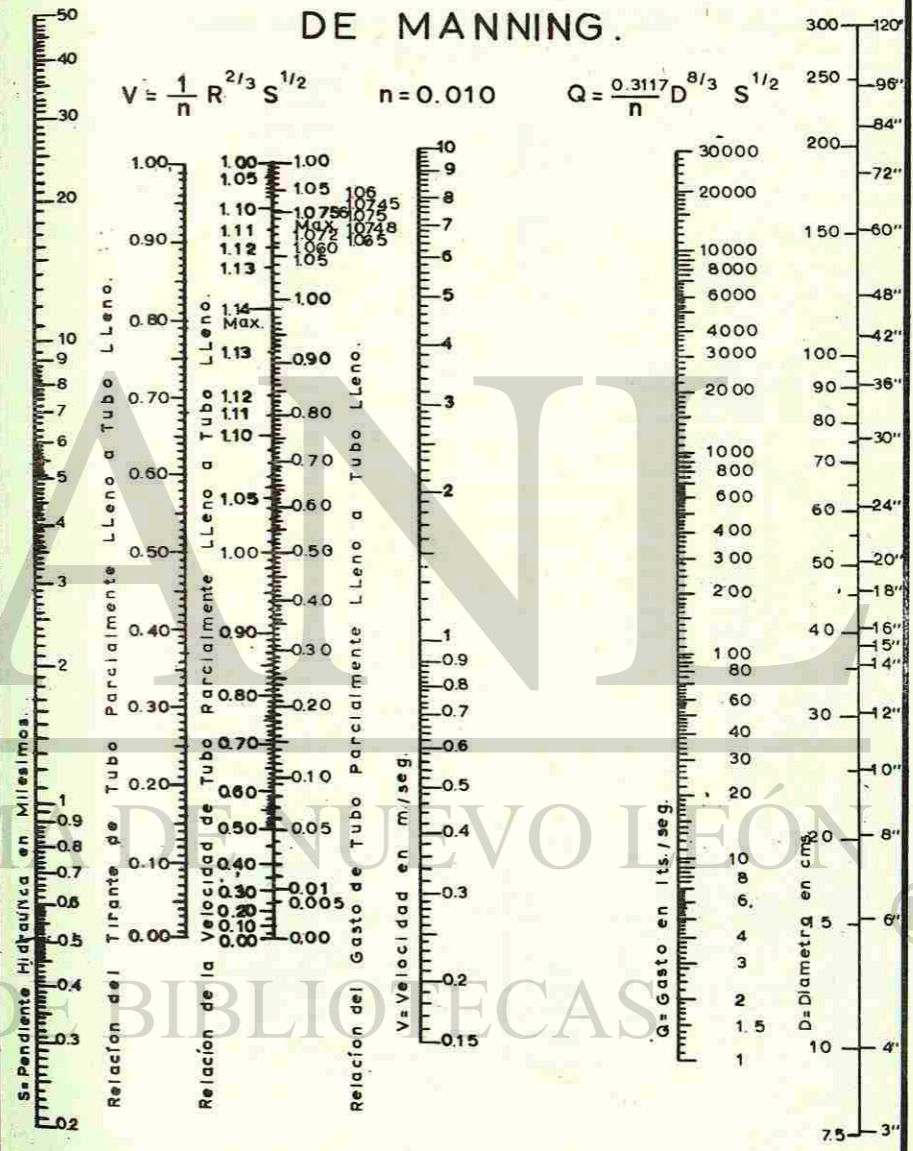




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

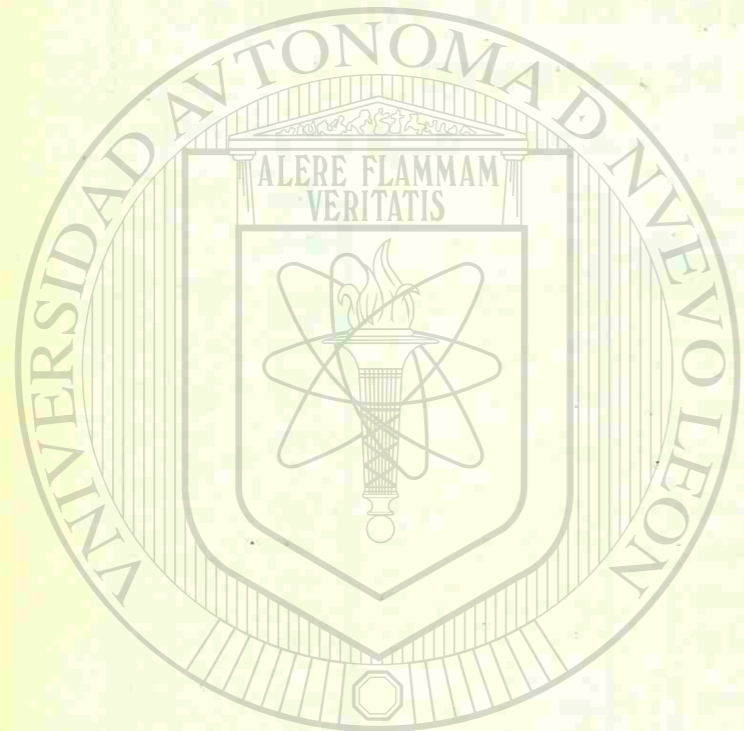
### NOMOGRAMA DE LA FORMULA DE MANNING.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad n = 0.010 \quad Q = \frac{0.3117}{n} D^{8/3} S^{1/2}$$



Dibujó:  
f. tirado saldivar.

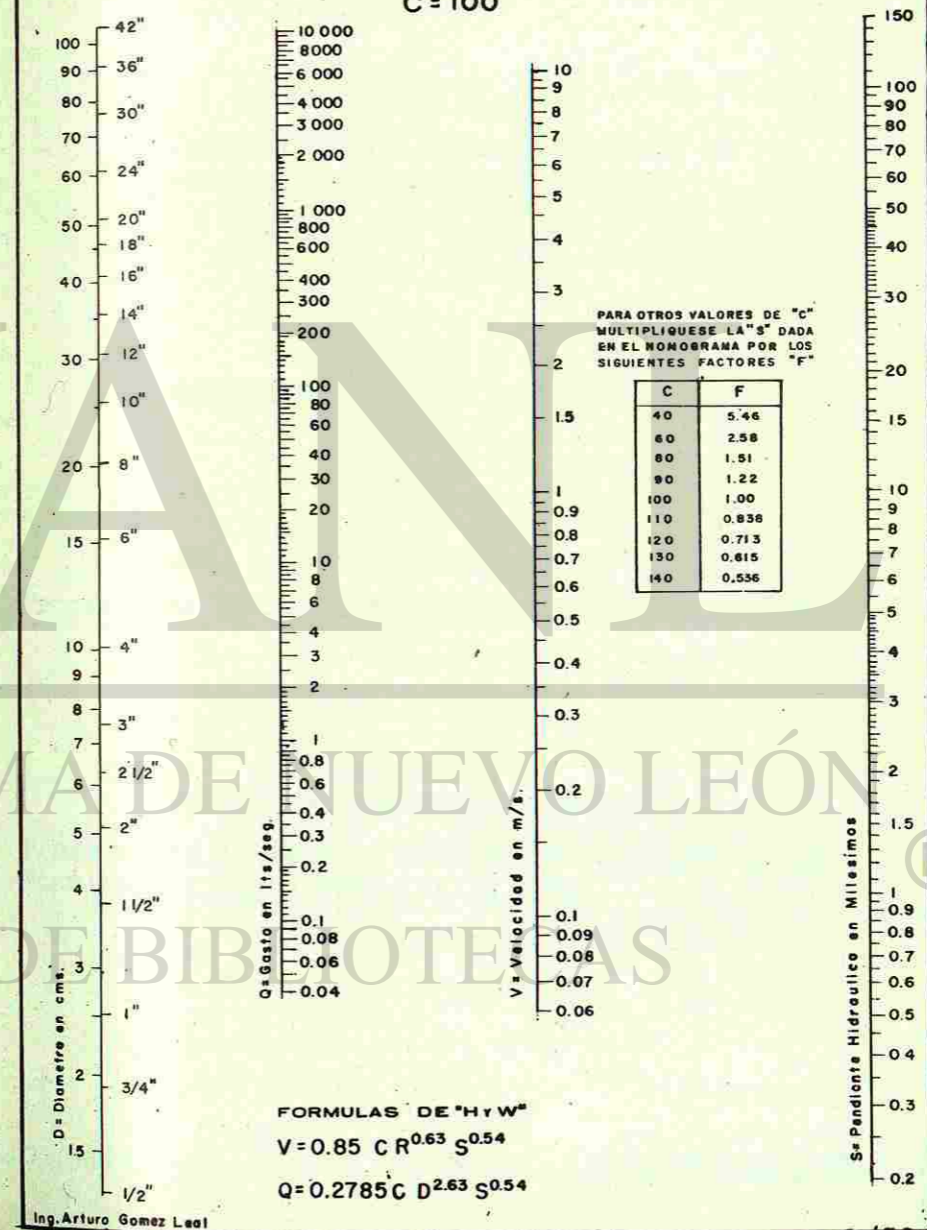




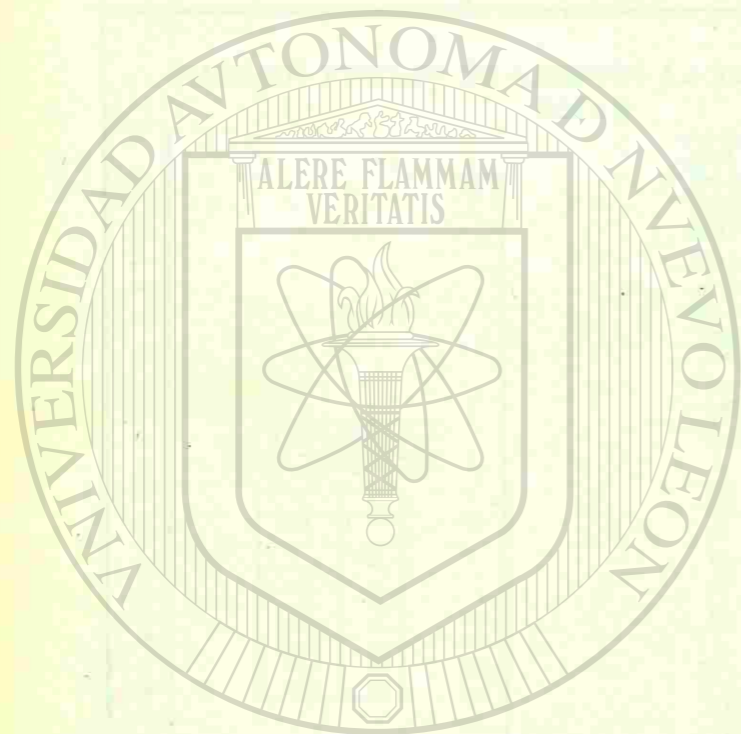
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

NOMOGRAMA DE LA FORMULA DE HAZEN Y WILLIAMS  
C = 100







UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CURSO INTENSIVO SOBRE:  
INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN  
SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

T E M A  
ELEMENTOS Y PIEZAS ESPECIALES

ING. DAVID FERNANDEZ CAMARGO  
Profesor de la Facultad de Ingeniería Civil, UNL.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

PRESTADO POR:  
ING. HECTOR ULISES LEAL FLORES

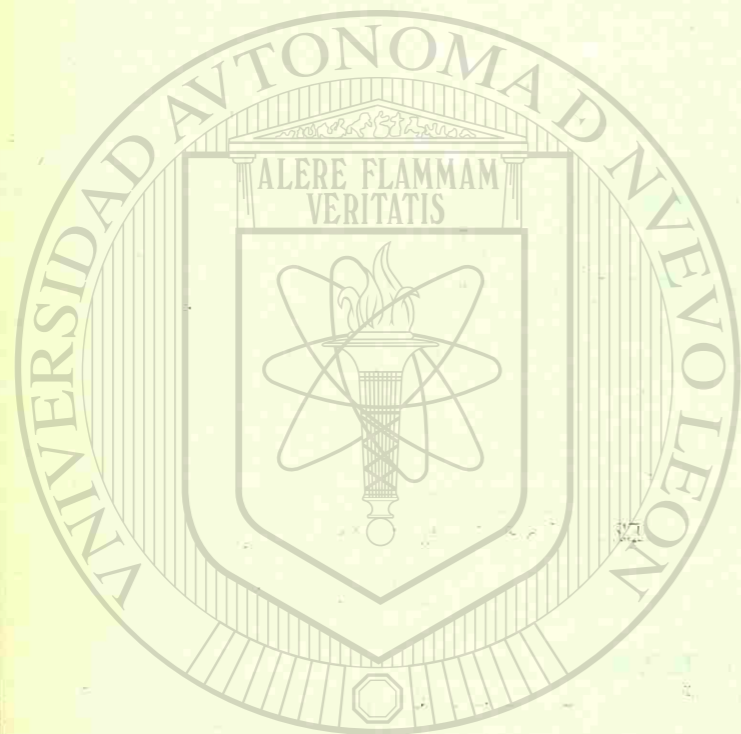
Profesor de Hidráulica y Obras Hidráulicas de la  
Facultad de Ingeniería Civil, UNL. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

JULIO 1966

MONTERREY, MÉXICO





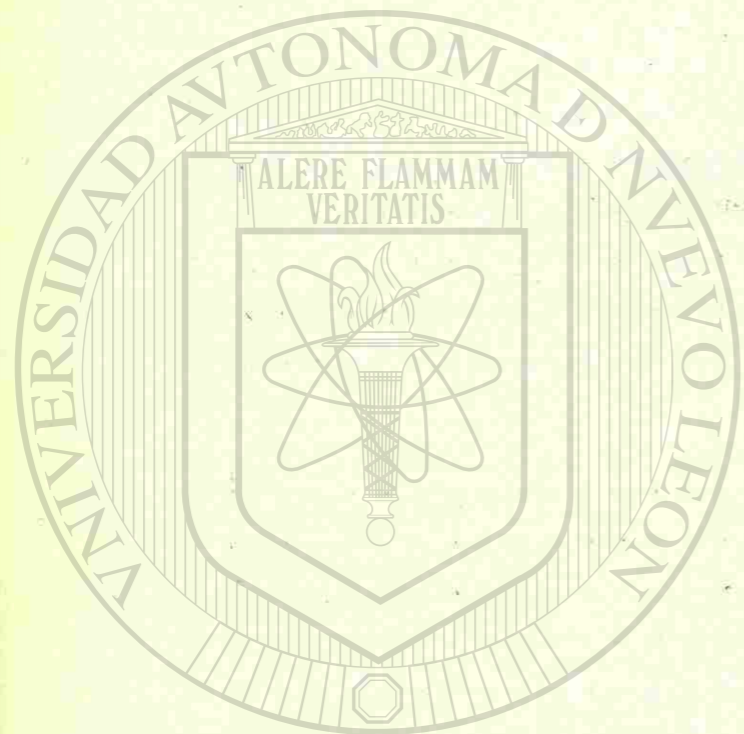
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## C O N T E N I D O

	Pag.
TUBERIAS.	
Generalidades . . . . .	1
Tubería fierro fundido . . . . .	1
Tubería de acero . . . . .	3
Tubería de asbesto-cemento . . . . .	4
Deflexiones . . . . .	9
Juntas . . . . .	9
Piezas de conexiones . . . . .	10
VALVULAS.	
Válvula de compuerta . . . . .	16
Válvula de globo . . . . .	17
Válvula de retención . . . . .	19
Válvula de equilibrados . . . . .	19
Válvula de aire . . . . .	19
Reguladores de presión . . . . .	20
Válvula de chek . . . . .	21
<hr/>	
OPERACION Y MANTENIMIENTO DE REDES.	
La red de distribución . . . . .	23
Piezas especiales . . . . .	25
Reparaciones . . . . .	26
Limpieza de las conducciones de agua . . . . .	28
Pérdidas en las redes de distribución . . . . .	29





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## TUBERIAS

GENERALIDADES. Los conductos cerrados, bajo presión, denominados generalmente tuberías, utilizados para conducir y distribuir el agua a los sitios mismos de consumo, son manufacturados con diversos materiales y distintos tipos de juntas, dependiendo de las presiones internas y externas a que han de estar sometidas, de las condiciones mismas del agua y de su localización, sobre o bajo el terreno natural. Describiremos enseguida esos diferentes tipos de tuberías y las juntas utilizadas para su instalación.

Hasta el presente, la tubería de fierro fundido ha sido la más utilizada para la conducción de agua. Es un material resistente a la acción del tiempo bajo la doble fuerza de la naturaleza y el agua.

Resiste bien la corrosión y más aún cuando es protegido con baños o películas de protección especial, como materiales bituminosos y pinturas anticorrosivas. Su durabilidad depende en realidad del medio en la cual esté expuesto. Sin embargo, se ha acordado darle una duración de 30 años; algunos investigadores han afirmado que puede durar en uno 100 años. La duración de treinta años es prestando un buen servicio, sin que su capacidad de transporte se reduzca más allá del 70%.

Por ésta última razón se diseña generalmente utilizando un valor de  $C=100$ , para prever los efectos de tuberculización, que como sabemos, reduce el valor de  $C$  apreciablemente. Cuando las aguas se transportan poseen características corrosivas y no se apliquen tratamientos correctivos, se acostumbra



darle a la tubería una protección más eficiente, tal como la cementación, en la cual se aplica cemento con una proporción de 1:3 en la cara interna del tubo, mediante un proceso de centrifugación; el espesor de esta capa varía con los diámetros de los tubos.

En general un espesor de 1/16 "a 3/16 "ha sido usado, variándolo de acuerdo con los diámetros nominales. Estos tubos presentan una superficie más lisa que les dá mayor capacidad de transporte. Un valor de  $C=130$  es usado frecuentemente para el cálculo de la pérdida de agua por fricción.

El espesor es suficiente para proporcionar una gran seguridad contra la corrosión, contra fallas durante el transporte, contra las presiones de aire y las cargas a soportar en las zanjas, la normalización de las dimensiones, la ejecución de las juntas, con mano de obra más barata que en el caso de las tuberías de acero; el roscado y la ejecución de las tomas de agua para los ramales de servicio, más rápida

que en las tuberías de acero, su duración, buenas condiciones de trabajo si se revisten y conservan debidamente.

Las desventajas que puede tener esta tubería son: su costo, su peso, las altas tarifas de transporte; la formación de tubérculos en caso de aguas blandas y coloreadas que pueden reducir su capacidad de transporte hasta un 70% como se dijo anteriormente, la posibilidad de electrólisis y la corrosión externa en un terreno ácido.

Las roturas de esta clase de tuberías constituyen una proporción muy reducida en relación a la cantidad total de tuberías

colocados. Las causas más comunes son; apoyo desigual (una piedra u otro objeto indeformable, debajo de una parte del tubo), carga externa excesiva, debido al relleno de la zanja y grietas producidas durante el transporte o la colocación en la obra.

#### TUBERIAS DE ACERO.

Este tipo de tubería se recomienda en los casos de conducción de agua a elevadas presiones y para velocidades hasta de 5 a 6 m/s para lograr diámetros menores y por lo tanto mayor economía.

También se emplean, en pequeños tramos, en combinación con tuberías de otros materiales cuando se trata de soportar cargas y esfuerzos interiores y exteriores más elevados, que éstas no pueden soportar.

Los tubos están formados por placas de acero remachadas o soldadas, prefiriéndose actualmente este último sistema.

La unión entre tubos se efectúa a tope con soldadura o usando bridas. La brida consiste en un anillo con caja perimetral, soldado o atornillado en los extremos del tubo, cuyo diámetro interior es igual al diámetro exterior. La caja contiene perforaciones que se hacen coincidir con las perforaciones de la brida del tubo siguiente para fijarse con tornillos. Entre las bridas se colocan empaques de hule o de plomo para evitar las fugas.

La durabilidad de estas tuberías se estima entre 25 y 50 años.



De acuerdo con su edad, varían los coeficientes de fricción, recomendándose en la fórmula de Hazen-Willam 135 para la nueva y 100 para sus últimas etapas.

Esta tubería resulta más barata de construcción, para grandes secciones, que la tubería de fierro fundido y puede instalarse más rápidamente. Es de mayor seguridad que el fierro fundido puesto que falla principalmente por corrosión mientras que la tubería de fierro fundido falla en un punto débil ocasionando mayores daños a las propiedades contiguas. En cambio, una tubería de acero está sujeta a flotar y sufrir colapso en determinadas circunstancias que no afectarían a una tubería de fierro fundido.

En evitación de tales accidentes deben emplearse los accesorios adecuados. Una tubería de acero puede ser probada en tiempo de frío, mientras que sería inadecuado ensayar una tubería de fierro fundido a causa de la posibilidad de ruptura. La tubería de acero presenta menor resistencia a las acciones electrolíticas y a la corrosión del terreno, que la de fierro fundido.

#### TUBERIAS DE ASBESTOCEMENTO.

Ultimamente ha habido la tendencia a usar tuberías de asbestocemento, en vista de una serie de ventajas, entre ellas:

a) Mayor coeficiente C (se recomienda usar a un valor de 130) poseyendo para condiciones semejantes mayor capacidad

b) Material prácticamente inerte, adecuado para transportar aguas corrosivas;

c) Colocación más económica, fácil manipulación y ejecución de juntas;

d) Buen ángulo de deflexión en las juntas, que les permite resistir mejor los asentamientos irregulares del fondo de las zanjas.

e) Las juntas denominadas "simplex" y "ring-tite" son completamente estancas.

f) La última de las dos permite unir los tubos en zanjas anegadas.

Por otra parte, presentan la desventaja de acusar un mayor porcentaje de ruptura durante su transporte y colocación; sin embargo, se ha encontrado que es necesario prever un 7% de longitud extra cuando se usa asbesto cemento, contra un 5% cuando se usa fierro fundido, por compensación de rupturas. Algunos investigadores alegan que se han encontrado tuberías con reblandecimiento de las paredes exteriores, pero hasta el presente no puede establecerse nada definitivo sobre el particular.

El tubo de asbesto-cemento es más ligero que el tubo de fierro fundido, pesando el de asbesto-cemento, de clase 150, del 60 al 85% del peso del tubo de fierro fundido de clase y tamaño correspondiente. El material no es buen conductor de la electricidad y no está expuesto a la corrosión, pero puede recoger óxidos de fierro y manganeso, de aguas



fuertemente cargadas de fierro y manganeso. El material puede cortarse con una sierra y otras herramientas de bajar la madera. El agujerado y roscado para los servicios de la casa se efectúan fácilmente y las conexiones están relativamente exentas de fugas excesivas. Es aconsejable recubrir con alquitrán los tubos de asbesto-cemento para retardar el lixiviado de la cal libre del cemento.

Las tuberías de fierro fundido son manufacturados con diferentes tipos de juntas, dependiendo del uso a que se destinan.

a) Juntas de espiga y campana. Precalafateadas y para ejecución posteriormente de plomo y yute.

Las juntas precalafateadas se utiliza generalmente para diámetros entre 2" y 12" y presentan la ventaja de poder instalarse bajo el agua; la cuña a diferencia del yute, que siendo materia vegetal va desapareciendo con el tiempo. Por otra parte se simplifica la confección de la junta, ya que no se requiere derretir el plomo en el sitio.

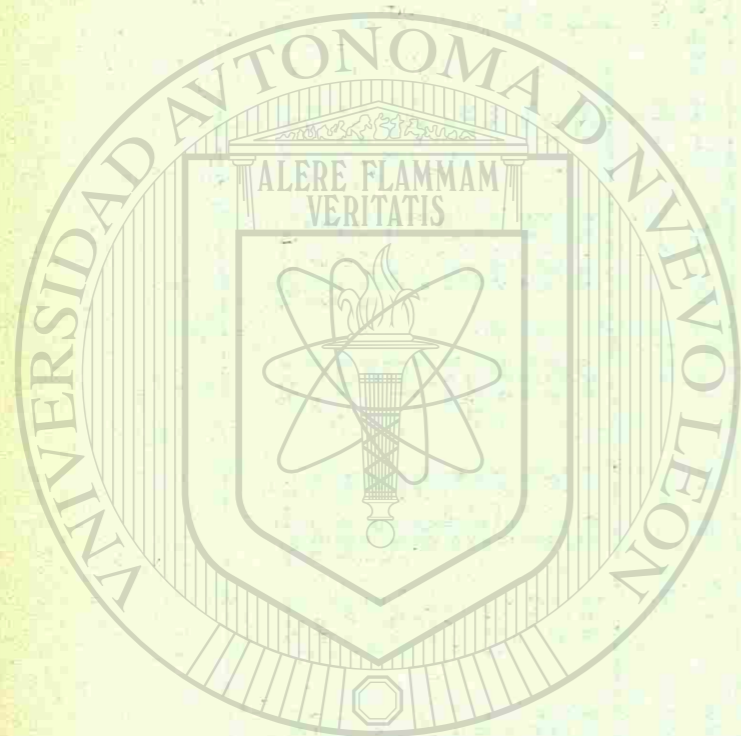
La junta de plomo espiga-campana utiliza un yute como base y luego un tapón de plomo o "mineralite", que tiende a hacer impermeable la junta. Antes de proceder a confeccionar la junta se debe limpiar bien la campana y la espiga, eliminándoles las materias extrañas que pueda tener sobre todo aceites y grasas. Antes de meter el extremo liso o espiga en la campana, la primera hebra de yute debe ser colocada alrededor del extremo liso y mantenida en su sitio. Esta hebra debe entrar a la campana junto

TABLA No 1

FUGAS MAXIMAS PERMISIBLES EN LITROS/KILOMETRO SEGUN NORMAS A.W.W.A. PARA TUBERIAS DE ASBESTO-CEMENTO

Diám cms.	10.54 kg/cm <sup>2</sup>		8.78 kg/cm <sup>2</sup>		7.03 kg/cm <sup>2</sup>		5.27 kg/cm <sup>2</sup>		3.52 kg/cm <sup>2</sup>	
	24h.	1h.	24h.	1h.	24h.	1h.	24h.	1h.	24h.	1h.
6.0	559	23.29	511	21.29	456	19.00	391	16.29	322	13.42
7.5	706	29.42	645	26.87	576	24.00	494	20.58	407	16.96
10.0	941	39.21	860	35.83	769	32.04	659	27.46	543	22.62
15.0	1411	58.79	1290	53.75	1153	48.04	988	41.17	814	33.92
20.0	1881	78.37	1720	71.67	1537	64.04	1317	54.87	1086	45.25
25.0	2352	98.00	2150	89.58	1922	80.08	1647	68.62	1357	56.54
30.0	2823	117.62	2580	107.60	2306	96.08	1976	82.33	1629	67.87
35.0	3293	137.21	3010	125.42	2690	112.08	2305	96.04	1900	79.17
40.0	3763	156.79	3440	143.33	3075	128.82	2634	109.75	2172	90.50
45.0	4234	176.42	3872	161.25	3459	144.12	2964	123.50	2443	101.79
50.0	4704	196.00	4300	179.17	3843	160.12	3293	137.21	2714	113.08
60.0	5645	235.21	5160	215.00	4612	192.17	3952	164.67	3252	135.73





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

con el extremo liso o espiga y servirá para centrar la espiga en la campana. Luego se cortarán hebras de yute un poco más largas que la circunferencia del tubo, de manera -- que sus extremos queden montados. Cada hebra será metida -- dentro de la campana por medio de los fierros calafateadores de estopa y con la ayuda de martillos. Debe usarse suficiente yute en cada unión para que llene la campana hasta una distancia no menor de 5 centímetros del extremo --- abierto de la campana. Luego se vacía el plomo o material de junta hasta que llene todo el espacio vacío, cuando sea necesario hacer el vaciado en dos o mas porciones, debe -- hacerse la operación de manera que no haya prácticamente -- ningún espacio de tiempo entre el primero y los subsiguientes vaciados. Una vez que la junta se ha enfriado se procede a calafatear la unión usando varios tamaños de calafates.

A continuación se tiene una tabla de las cantidades de yute alquitranado y de plomo que deberá tener cada junta con un espesor de 2"



TABLA No 2

CANTIDADES DE YUTE ALQUITRANADO Y DE PLOMO

Diámetro nominal del tubo		Yute alquitranado	Plomo
Pulg.	Cms.	Kgs/junta	Kgs/junta
3	7.6	0.082	2.77
4	10.2	0.095	3.40
6	15.2	0.141	4.55
8	20.3	0.200	6.00
10	25.4	0.240	7.25
12	30.5	0.277	8.61
14	35.6	0.367	9.96
16	40.6	0.426	13.60
18	45.7	0.484	15.32
20	50.8	0.566	16.78
24	61.0	0.680	19.95

DEFLEXIONES. Las juntas de espiga-campana permiten ciertas deflexiones para cambios de dirección horizontal o vertical. Cuando los cambios rebasan esos límites las juntas resultan imperfectas, permitiendo la mayoría de las veces filtraciones inaceptables.

TABLA No 3

DEFLEXIONES MAXIMAS PARA TUBERIAS DE F.F. CENTRIFIGADO

Diámetro nominal Pulg.	Deflexión máxima en cada junta en grados
3	4°20'
4	4°00'
6	3°21'
8	2°49'
10	2°23'
12	1°58'
14	1°41'
16	1°27'
18	1°15'
20	1°08'
24	1°00'

NOTA. Deflexiones mayores deben efectuarse con áridos.

b) JUNTAS MECANICAS. Estas juntas estan formadas esencialmente por una espiga o tubo recto que encaja en una campana con orificios que reciben pernos de agarre; éstos a su vez-



atraviesan un aro que aprisiona una arandela de goma que hace estanca la junta. Estas juntas son más sencillas de confeccionar que las de espiga-campana, permiten buenas flexiones, son más estancas y permiten la expansión y contracción de la línea sin proveer filtraciones.

c) JUNTA ROSCADA. Para pequeños diámetros de hierro fundido se acostumbra efectuar los empalmes con espigas de rosca macho y campanas de rosca hembra, estos tubos son fáciles de instalar y son muy usados en pequeños abastecimientos de agua.

d) JUNTAS DE BRIDA. Estas juntas se confeccionan a base de dos anillos perforados que se acoplan o vienen fijos en el terminal del tubo y a través de los cuales se pasan pernos que se ajustan y unen así los tubos. Una arandela o empacadora colocada entre los dos anillos permite hacer estanca la unión.

Estas juntas son muy utilizadas en donde se requiere además de rigidez una unión 100% estanca.

#### PIEZAS DE CONEXIONES.

Para la mejor operación de los sistemas de abastecimiento y para ejecutar el enlace de las tuberías matrices, de servicio y domiciliarias, es necesario utilizar piezas que conecten estas tuberías, permitiendo los cambios de dirección y diámetro; la independencia de sectores limitados del sistema para efectos de reparación, se logran también con la ayuda de válvulas de paso.

Adicionalmente los hidrantes o bocas de incendio, los me-

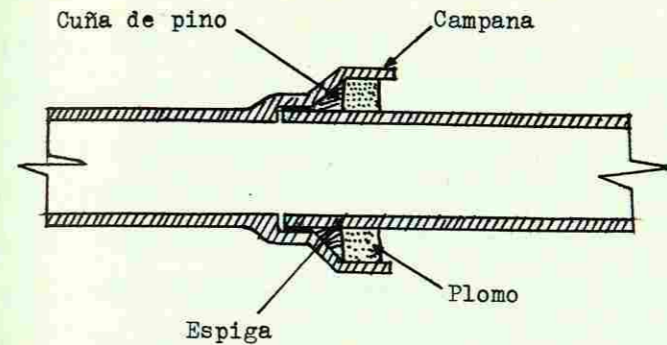


Fig. 1 Junta de espiga y campana

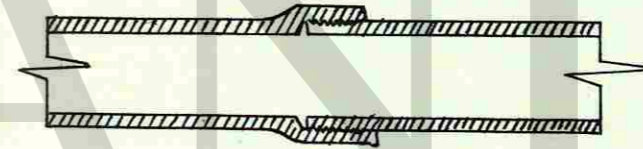


Fig. 2 Junta roscada

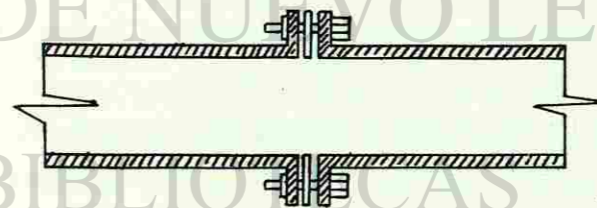
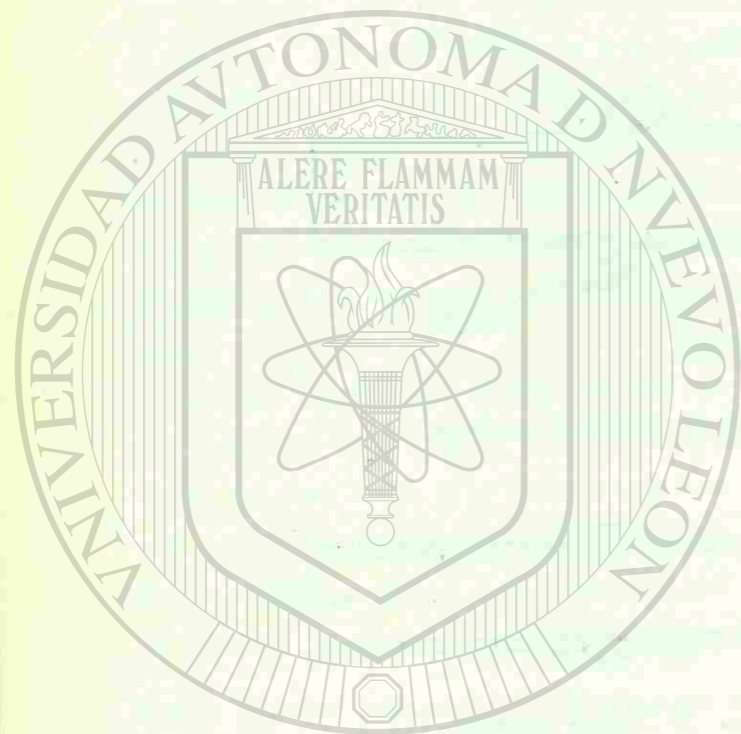


Fig. 3 Junta de bridas





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

dores en tomas domiciliarias, las llaves de drenaje y ventosas, las fuentes públicas, etc., complementan el funcionamiento y servicio efectivo del sistema.

A continuación se mencionan algunas de las piezas especiales para conexiones más usadas, las cuales se manufacturan de cuerpo corto y en dimensiones standard.

a) Cruces. Utilizadas en un mismo punto cuando concurren cuatro líneas de tuberías. Estas cruces pueden ser toda campana, brida o rosca hembra, o bien dos o tres bocas de campana y dos o una de espiga, dependiendo de las condiciones específicas que fijan esas uniones.

b) Tes. Para cuando concurren tres líneas de tuberías. Estas pueden como en las anteriores, tener conexiones toda campana, brida, rosca hembra o bien una de ellas de espiga o rosca macho.

c) Codos. de  $90^\circ$  -  $45^\circ$  -  $22.5^\circ$  -  $11.25^\circ$  -  $5.12\frac{1}{2}$

$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{64}$
---------------	---------------	----------------	----------------	----------------

con bocas de campana, brida, rosca hembra, o bien una y otra de los tres tipos enunciados.

Existen adicionalmente los codos con base especial para soporte denominados codos patines; los codos con boca lateral, etc.

d) Yes. Para enlace de tres tuberías cuando dos se mantienen en un mismo alineamiento y la otra concurre a éstas con un ángulo de  $45^\circ$ , o bien cuando dos de ellas caen a  $45^\circ$  sobre la tercera. También puede seleccionarse estas piezas con conexiones de campana, brida, rosca, etc., y una de las bocas-



en espiga o en rosca macho.

e) Conos de reducción (centrados o excéntricos).

Para cambios de diámetros. Estos son manufacturados en diferentes tipos de juntas y con varias relaciones de reducción; por ejemplo conos de reducción de 3 y 4 a 2 pulgadas de 4 y 6 a 3 pulgadas, etc.

e) Tapones ciegos. Para finales de tuberías con diferentes tipos de uniones.

f) Válvulas. Existe una gran variedad de válvulas para facilitar la operación y el mantenimiento de los sistemas de tubería de distribución de aguas, entre las cuales describiremos:

1) Válvulas de lodo o de pie. Utilizadas en las tuberías de succión, para su soporte, como en el caso de tanques de decantación, y para permitir la extracción misma del lodo.

2) Válvulas de retención. Para permitir el flujo en la tubería solo en un sentido.

3) Válvulas supresoras de presión. Para que abra automáticamente cuando se desarrolle en la tubería una presión por encima de la máxima admisible.

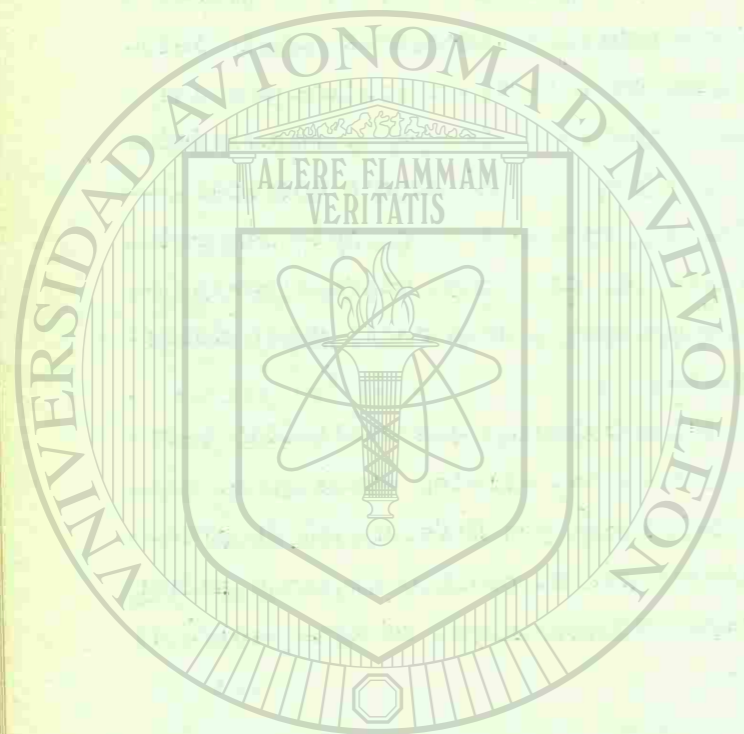
4) Válvulas de paso. Para obstruir en un momento dado el paso del agua de un punto a otro de la tubería. Estas pueden ser de las denominadas, de ángulo, de globo o de compuerta.

Entre las más usadas para redes de distribución se tiene la de doble disco.

5) Válvulas reductoras de presión. Cuando las distribuciones se instalan en zonas de topografía abrupta, se presenta a veces el caso de que las presiones estáticas en el sistema rebasan los límites de presión interna estipulada por las normas de los organismos competentes del país, requiriéndose reducir parcialmente esa presión tan pronto sobrepase esos límites. La presión, por otra parte, no debe ser reducida más allá de los límites de presiones mínimas estipuladas para la zona donde se encuentra ubicado el punto donde ha de colocarse la válvula.

6) Válvulas de altitud. Estas válvulas son utilizadas para evitar el rebose de tanques cuando existen otros en el sistema a mayor elevación. Funcionan por diferencial de presión o por controles eléctricos. Es posible mantener mediante estas válvulas un predeterminado nivel de agua dentro de unos 30 cm. de precisión.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## VALVULAS

Las válvulas son piezas especiales usadas en las redes de distribución de agua para controlar el flujo de agua a través de una tubería, regular la presión, para admisión de aire y para otros usos.

Las especificaciones estandar para las válvulas más comúnmente usadas son publicadas periódicamente por la American Water Works Association (AWWA).

Las válvulas se hacen de hierro maleable, solo o galvanizado; de latón áspero, pulido, solo o niquelado; de bronce; de hierro colado con partes del mismo, de latón o de bronce y de metales menos corroibles para condiciones especiales.

La mayoría de las válvulas, exceptuando algunos tipos especiales, pueden incluirse en todos los tamaños hasta de 12" inclusive. Las válvulas de compuerta se hacen con extremo de campana y espiga, bridados o roscados, en todos los tamaños, hasta 12" y en tamaños mayores con extremos

de campana y espiga o extremos bridados. Otros tipos de válvulas se hacen con extremos roscados y algunas válvulas se hacen con extremos roscados o bridados. Las dimensiones de las válvulas no son las mismas en todos los fabricantes

y no se han adoptado normas reconocidas generalmente a este respecto. Prácticamente todas las válvulas roscadas están equipadas con roscas interiores y algunas lo están con rosca interna y externa.

Pueden obtenerse válvulas con ambos extremos roscados con roscas externas. Las manijas de las válvulas pueden estar-



hechas del mismo material de éstas o pueden hacerse de  
cera o forrarse de ella, de porcelana u otro material.  
manijas se hacen en forma de rueda o de ejes rectos.

Las válvulas se hacen herméticas al flujo de líquidos o  
gases a través de ellas, ya sea con un empaque de materia  
más suave que el de la válvula o con un asiento pulido  
metal contra metal. El empaque se aprieta fuertemente  
contra el asiento al atornillarse hacia abajo el tallo de  
la válvula. En donde las válvulas se controlan con manijas  
que deben girarse o levantarse, es necesario usualmente  
empaque suave alrededor del tallo de la válvula para evi  
tar las fugas. Este empaque se mantiene en su lugar con  
una copilla o casquillo de compresión que se atornilla  
sobre él. Los casquillos del empaque se muestran en varias  
ilustraciones de secciones de válvulas. El empaque puede  
renovarse en algunas válvulas sin cerrar el líquido o ga  
ses controlados por la válvula, pero usualmente es necesa  
rio o más seguro cerrar la presión de la válvula antes de  
quitar o renovar el empaque.

**VALVULAS DE COMPUERTA.** Las válvulas de compuerta que se  
usan en sistemas de distribución de agua son hechas gene  
ralmente de fierro vaciado con asientos de bronce, usual  
mente son de cuña o de doble disco. En la de doble disco  
el mecanismo consiste en dos discos de metal de cara  
planas que ajustan contra un doble asiento de metal  
pulimentadas. La válvula se cierra dando vueltas a  
la manija fija al tallo que empuja el disco hacia abajo

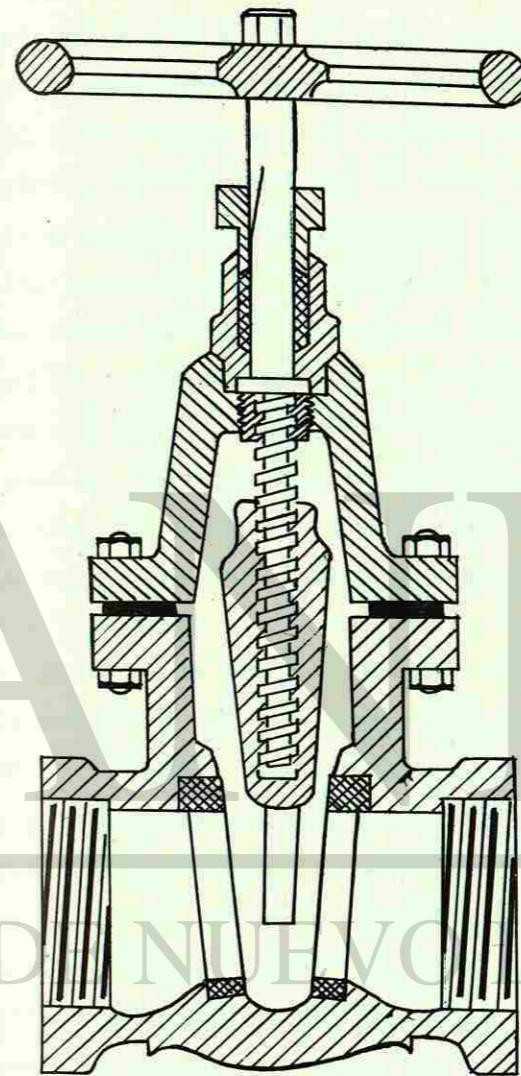
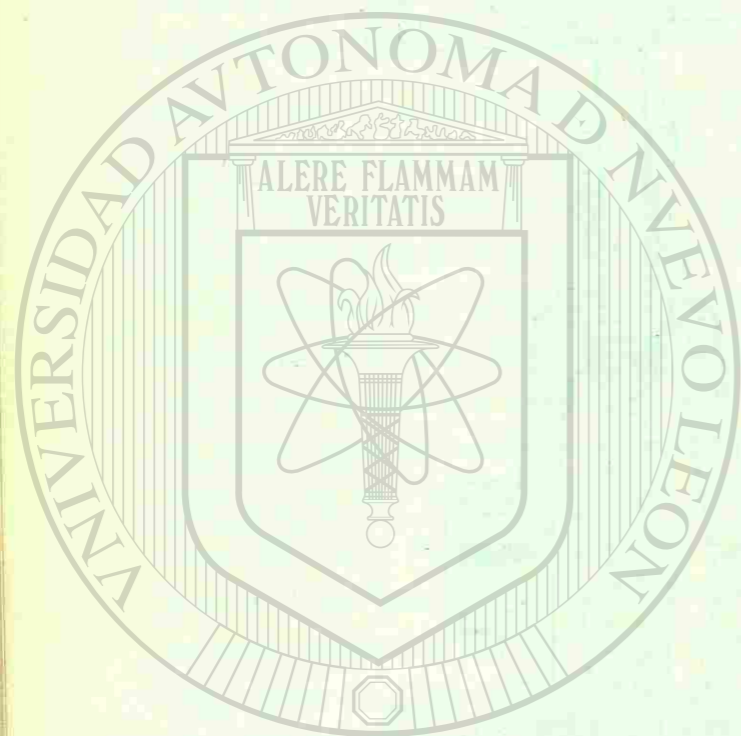


FIG. 4

VALVULA DE COMPUERTA





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

que éste entra en su asiento. En los tubos pequeños se ---  
usan generalmente válvulas de este tipo con tallos fijos.--  
Las válvulas de compuerta son de tipo satisfactorio debido  
a la abertura de paso completo que tienen y a la ausencia  
de empaque alrededor del asiento de la válvula. Aunque es-  
ta puede colocarse en el tubo en cualquier posición y con-  
cualquiera de las caras hacia el lado de la presión, usual-  
mente es mas deseable, particularmente en las válvulas ---  
grandes, colocar el tallo vertical, ya sea hacia arriba o  
hacia abajo para que haya un desgaste uniforme en los dos-  
bordes de los discos. Se requiere de empaque alrededor del  
tallo de la válvula. El empaque se mantiene en su lugar --  
por medio de la caja o del casquillo de empaque, en la fig.  
No. 4 se muestra una válvula de compuerta. Las válvulas de  
compuerta. Las válvulas de compuerta generalmente se utili-  
zan hasta un diámetro de 16" sin necesidad de utilizar un-  
by-pass o cuando la presión sea mayor de  $7.1 \text{ kg/cm}^2$  ----  
(100 lb/pulg<sup>2</sup>) para reducir en esa forma la fuerza neces-  
aria para abrirlas o cerrarlas. Las válvulas de pequeños --  
diámetros deben operarse desde la superficie con una llave  
a través de su registro cuya abertura está nivel con la --  
superficie y sobre la válvula. Las válvulas mayores que --  
van bajo el suelo se sitúan en registros y se abren por me-  
dio de engranajes cuando se presentan precisiones altas pa-  
ra cerrarlas o abrirlas. ®

VALVULAS DE GLOBO. Las válvulas de globo se utilizan gene-  
ralmente para diámetros hasta de 4". Esta consiste en un -  
empaque o disco que se fuerza hacia abajo sobre el asiento



de la válvula dando vueltas a la manija, cerrando así el flujo del fluido. Si existen fugas en este punto de la válvula debe cambiarse el empaque o debe renovarse el empaque alrededor del tallo de la válvula. Esto se hace después de haber cortado la presión en el tubo quitando el casquete y deslizando un nuevo empaque en su lugar o reemplazando el mismo. Las válvulas de globo se hacen con un disco de metal de cara pulimentada que ajusta contra un asiento de metal pulimentado.

Una objeción al uso de estas válvulas, es la dificultad de evitar las fugas una vez que han empezado. Las válvulas son más adecuadas para usarse en líneas de vapor y de agua caliente que las válvulas que dependen de los empaques para conservar su hermeticidad.

Al colocar una válvula de globo en un tubo es deseable, pero no esencial, que se coloque la válvula de manera que el flujo sea hacia arriba por el orificio y que el disco se atornille hacia abajo contra la presión al cerrar la válvula.

Las válvulas de globo se usan ampliamente por su bajo costo y a pesar de la alta pérdida de carga en ellas, ver fig. No. 5. La válvula de ángulo que es un tipo especial de válvula de globo supera algunas de las objeciones a las válvulas rectas ya que es adecuada para usarse en un cambio de dirección de  $90^\circ$  en el tubo. Usualmente la abertura en una válvula en ángulo es mayor que a través de la válvula de globo recta, el paso por la válvula es más re-

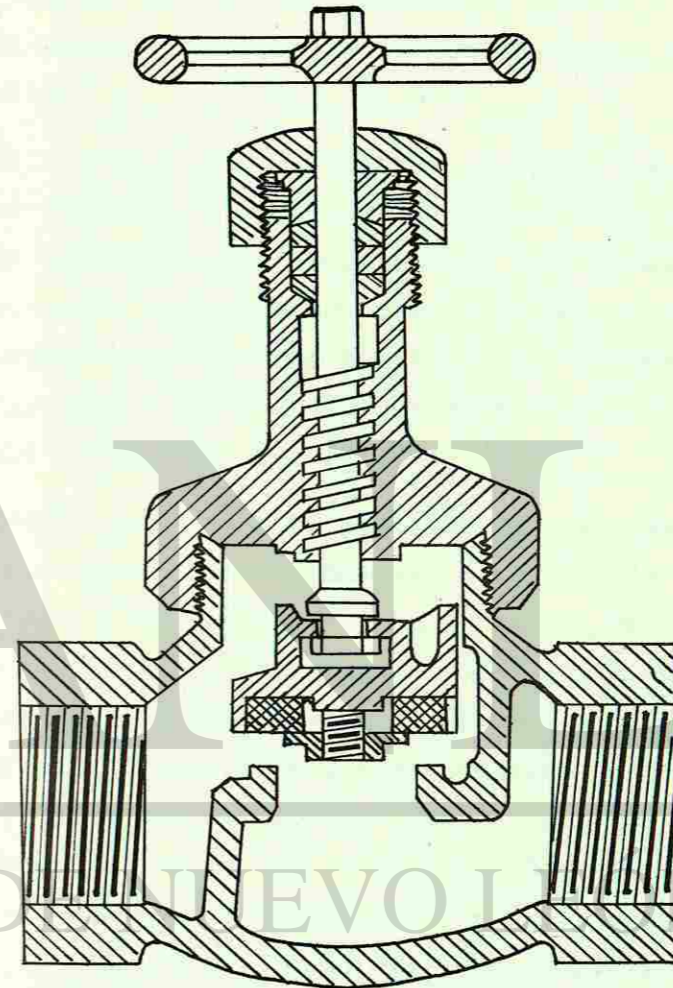
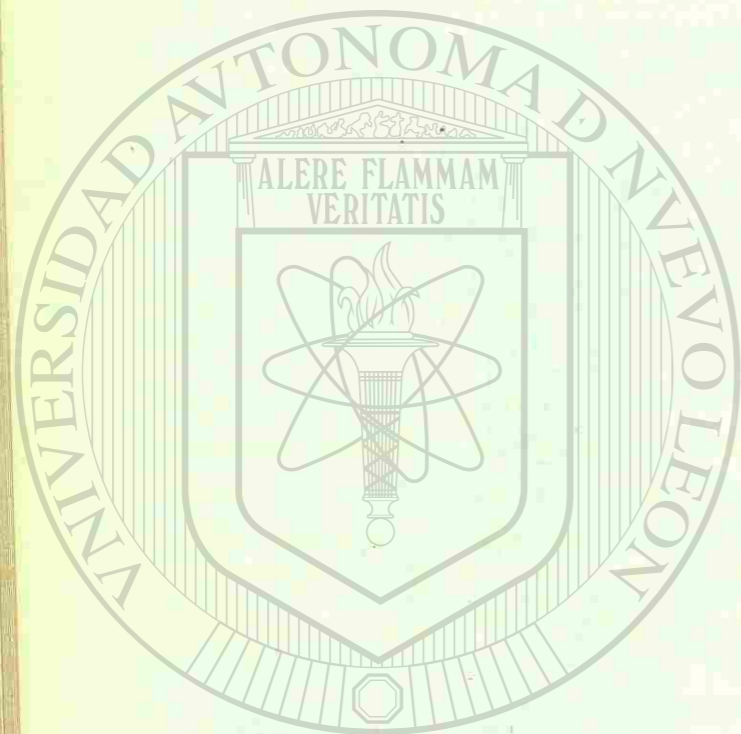


FIG. 5

VALVULA DE GLOBO





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

to y no ofrece obstáculo al flujo del agua. Las válvulas-- en ángulo son útiles en el trabajo restringido en donde só lo se disponga de un pequeño espacio. Su uso reemplaza una conexión en la tubería.

VALVULAS DE RETENCION. Las válvulas de retención se usan -- para evitar el contraflujo o flujo reversivo en la tubería. En la instalación de una válvula de retención debe tenerse cuidado de colocarla en posición correcta y de que la vál- vula que esté diseñada para un tubo horizontal no se colo- que en un tubo vertical y que una válvula vertical, no se -- coloque en un tubo horizontal, ver fig. No. 6.

VALVULAS EQUILIBRADAS. Las válvulas equilibradas, se usan en las tuberías que operan a presiones tan altas que la -- abertura de una válvula de compuerta o la cerradura de una válvula de globo serían difíciles. Las válvulas equilibra- das se usan también en los aditamentos de control automáti- co. La válvula tiene extremos de entrada y salida y debe -- colocarse en la tubería con su entrada aguas arriba. La -- presión se ejerce entonces igualmente contra ambos discos-- para moverlos es necesario vencer solamente la fricción-- de las partes de la válvula y el peso del mecanismo, ver-- fig. No. 7.

VALVULAS DE AIRE. Estas válvulas se usan en sistemas de -- distribución de agua en los que puede entrar aire en tal -- cantidad, como para causar problemas. Los tubos de suminis- tro de agua deben tenderse en una inclinación tal, que el -- aire suba por los tubos hacia la válvula que debe colocar--



se en el punto más alto del sistema. La válvula funciona de la manera siguiente: Cuando la válvula se llena de agua el flotador la cierra y no puede escaparse. Si una burbuja de aire llega a la válvula y se eleva por el tubo de escape de aire, entrará a la cámara de la válvula y desplazará una cierta cantidad de agua. El flotador descenderá, abriendo la válvula y dejando escapar el aire. El agua llenará inmediatamente la cámara de la válvula, elevando el flotador cerrando la válvula nuevamente.

**REGULADORES DE PRESION.** Los reguladores de presión pueden colocarse en las líneas de suministro de agua en donde la presión suministrada sea mayor que la deseada en el sistema. Los reguladores de presión deben usarse en donde ésta puede exceder de  $5.6 \text{ kg/cm}^2$  a  $6.3 \text{ kg/cm}^2$  en un período de tiempo apreciable. Esta condición se presenta a veces en los edificios altos y en ocasiones en las ciudades con grandes niveles. Los reguladores de presión pueden hacerse para cualquier diferencia de presión deseada, pero los reguladores obtenibles en el mercado se limitan comunmente a un mínimo de  $1 \text{ kg/cm}^2$  para una presión suministrada de  $2.8 \text{ kg/cm}^2$  y un mínimo de  $2.8 \text{ kg/cm}^2$  para una presión entregada de  $14 \text{ kg/cm}^2$ . Entre estos límites puede obtenerse cualquier presión deseada. El principio de operación de uno de los tipos de reguladores de presión se ilustra en la figura No. 8.

La presión deseada se fija dando vueltas a la tuerca en esta forma abriendo o cerrando la válvula equilibrada

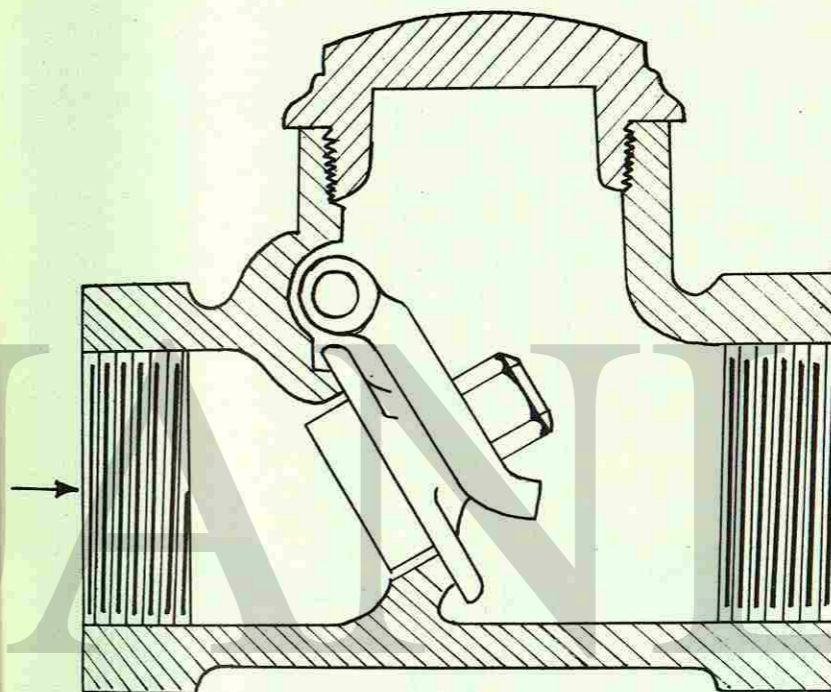
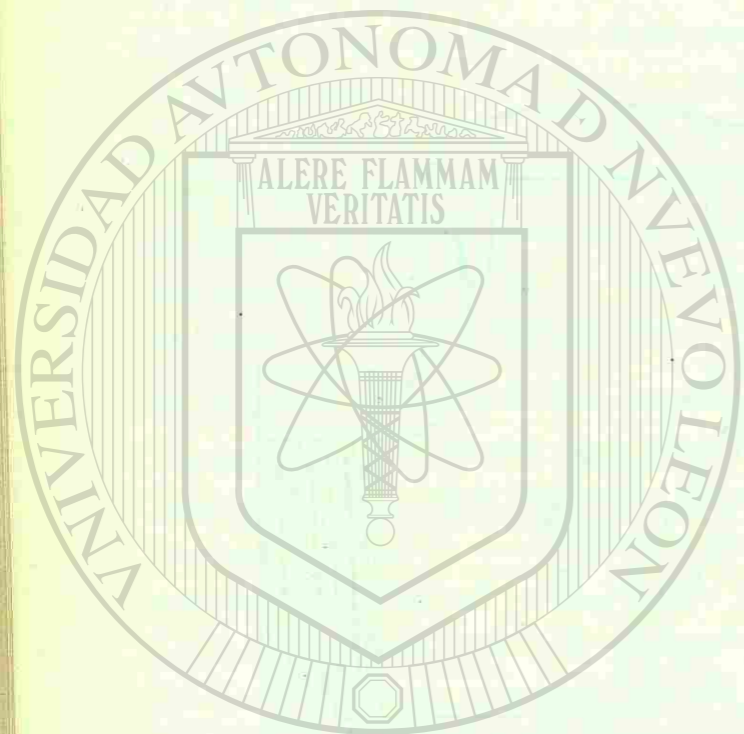


FIG. 6

VALVULA DE RETENCION

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

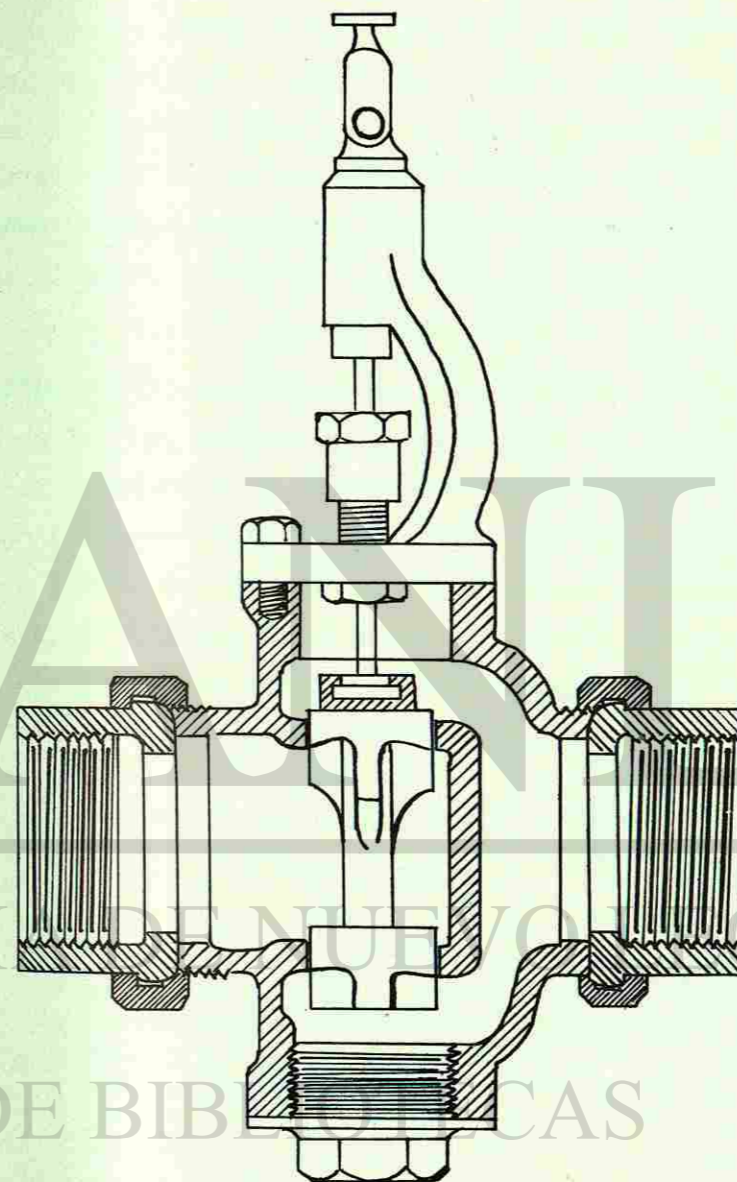
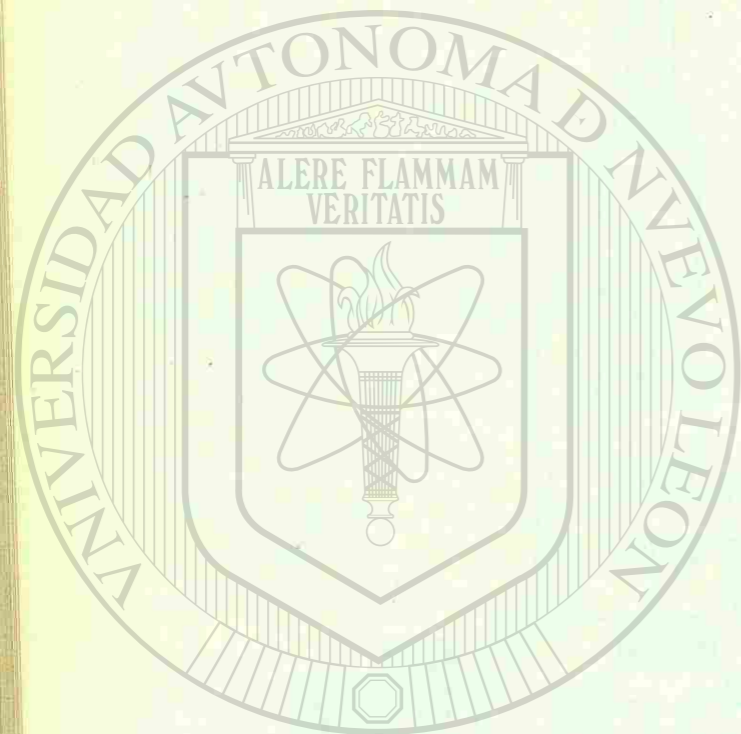


FIG. 7  
SECCION DE UNA VALVULA EQUILIBRADA





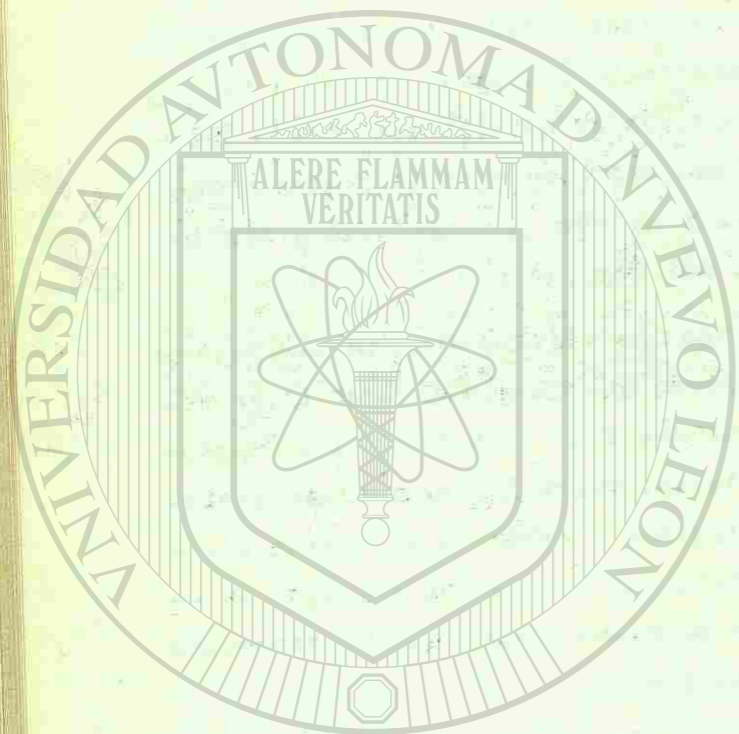
que se apoya sobre el disco flexible y el resorte C. Al funcionar si la presión por debajo de la válvula tiende a aumentar más allá de la cantidad fijada, aumenta la presión en la cámara, forzando el disco hacia arriba y cerrando parcialmente la válvula. Si la presión por debajo del regulador se hace demasiado baja, se deja escapar la presión en el disco flexible y se abre con ayuda del resorte C la válvula equilibrada del regulador.

En la fig. No. 9 se muestra una válvula chek de cierre lento, en la Fig. se observa, que cuando el agua fluye a través de la válvula el pistón B no esta asentado, Cuando el flujo del agua se invierte, parte del agua fluye hacia arriba a través de la entrada P y presiona el pistón B hacia abajo, al mismo tiempo que la presión del agua se transmite a través de M en el canal anular que se encuentra en la orilla alrededor del pistón.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

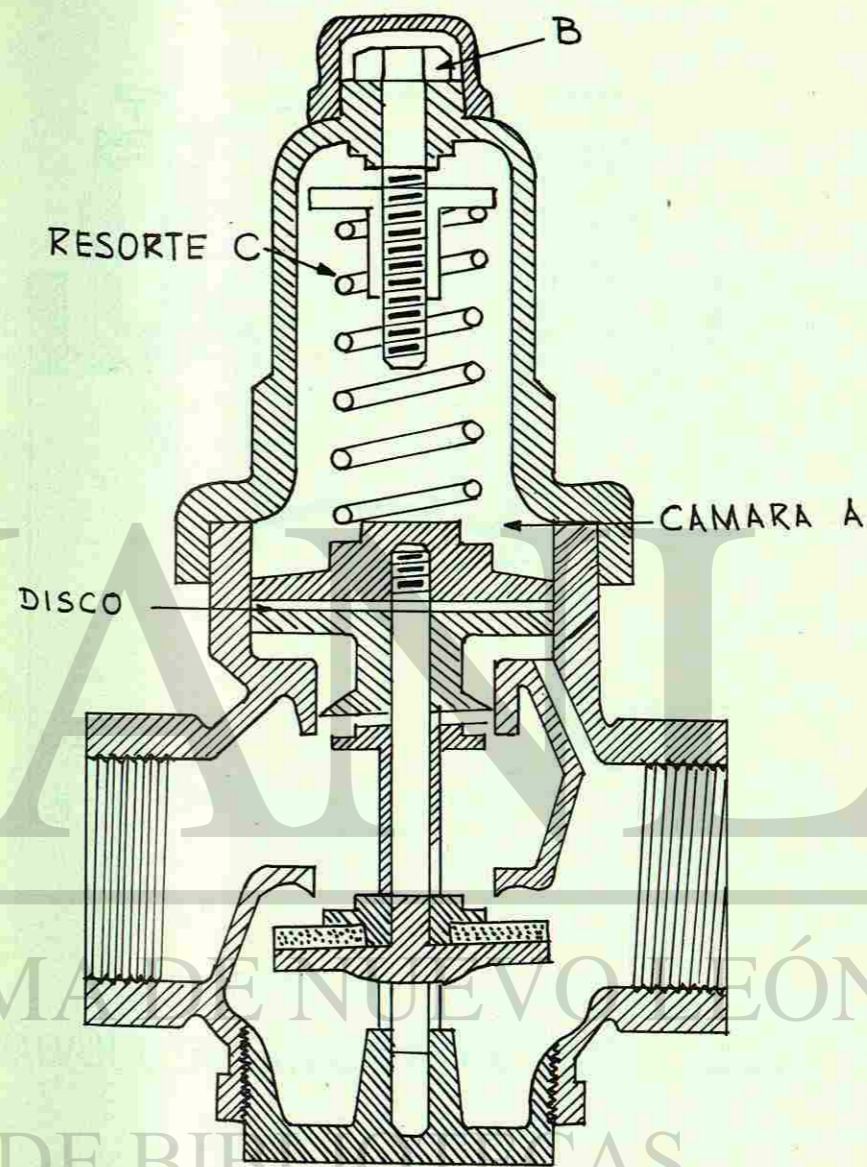
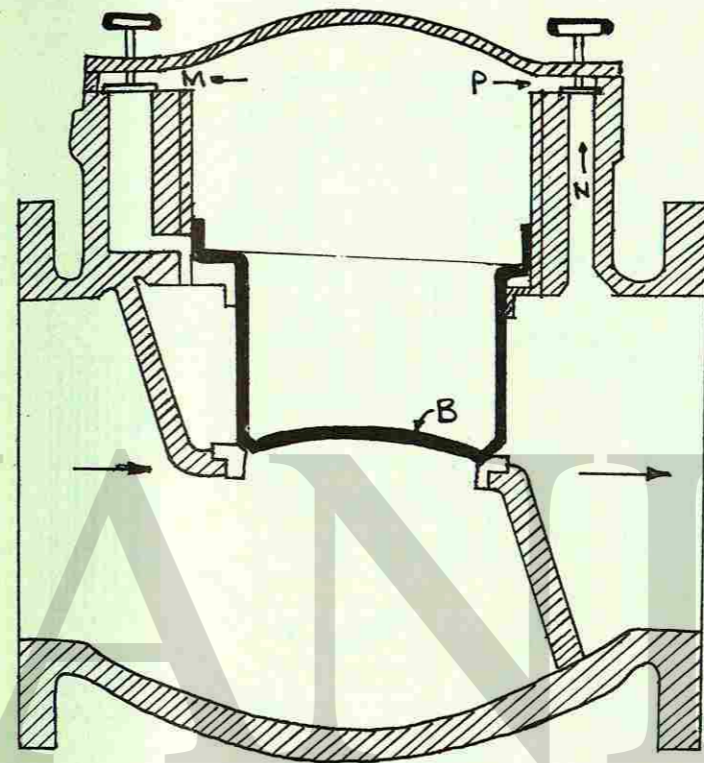
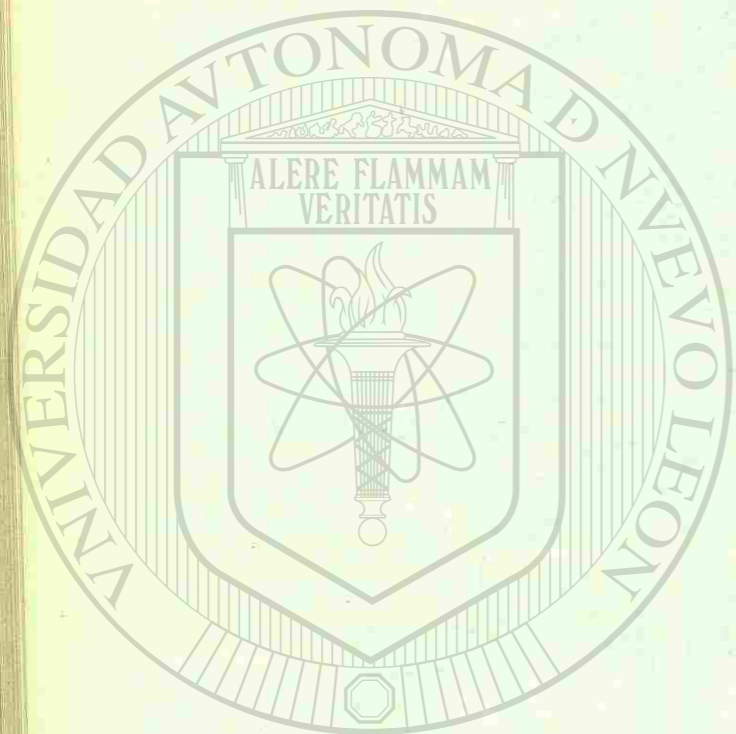


FIG. 8

VALVULA REGULADORA DE PRESION





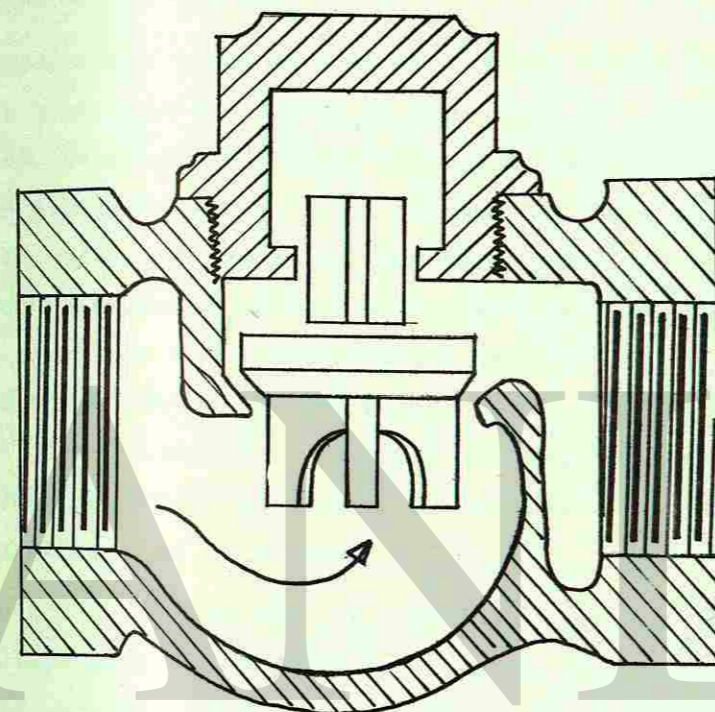
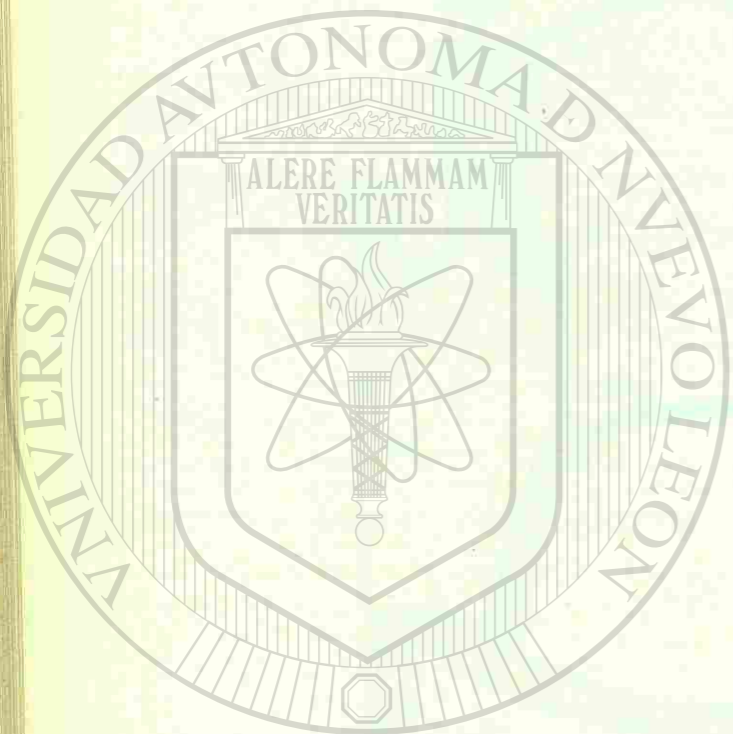
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FIG. 9  
VALVULA DE CHECK PARA CIERRE LENTO



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





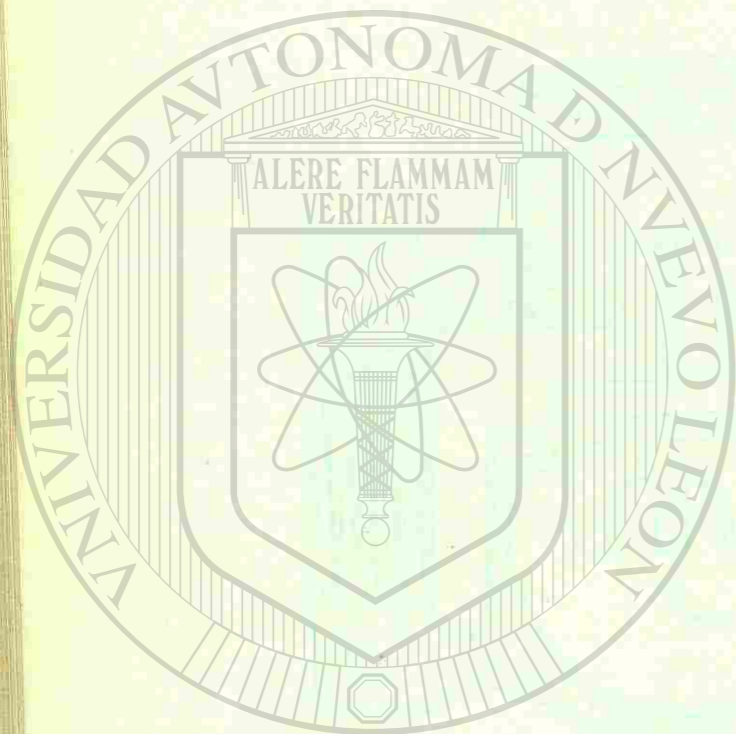
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FIG. 10  
VALVULA DE CHECK ELEVADORA



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LAS REDES DE DISTRIBUCION.

LA RED DE DISTRIBUCION.

En general puede asumirse que el 80% del valor de un sistema de abastecimiento está en sus tuberías y piezas especiales. Desde que el costo de un sistema de distribución es aproximadamente las 4 quintas partes ( $4/5$ ) del valor del abastecimiento, se comprende la importancia de mantener la red adecuadamente. Es oportuno citar aquí que el día de máximo consumo el caudal enviado a la distribución es de 50% mayor (aproximadamente) que el promedio de consumo diario anual y que en ese día máximo, la hora de mayor demanda tendrá un exceso de consumo de un 50% sobre el promedio de las 24 horas.

En general el sistema con sus tuberías maestras (generalmente dispuestas en cuadros o bucles) que alimentan las tuberías secundarias de mallado de la red, está diseñado para tener en cuenta esa demanda y la demanda eventual de incendio.

De un modo general puede admitirse que para ciudades mayores de 500,000 habitantes el factor determinante del proyecto de una red es la demanda doméstica y no el servicio de incendios. ®

Las clases de conducto actualmente, en las redes de distribución son; fundición, asbesto-cemento (fibrocemento) y acero principalmente en orden de importancia.



Al cabo de cierto tiempo de uso la capacidad de las tuberías de una red (de fundición y acero), sufrirán una disminución de su capacidad de conducción por efecto de la rugosidad provocada por productos de la corrosión principalmente.

Será necesario vigilar las presiones en distintos puntos del sistema para detectar los cambios producidos, así que un cambio de presión puede ser debido a pérdidas o fugas de agua por roturas o desperfectos. En general se termina por mediciones hidráulicas un coeficiente de capacidad de conducción que, cuando disminuye, mucho indica la necesidad de restaurar la capacidad de la tubería por medio de una limpieza.

La limpieza de una tubería es una operación que se efectúa por medio de un raspador impulsado a palanca para tuberías hasta de 6" siendo impulsado por presión de agua para tuberías mayores. Si en una sección de la red se sospecha que hay fuga de agua o pérdida, puede aislarse la sección por las válvulas o llaves de paso y proceder a limpiar (durante la noche) por medio de by-pass provisto de un medidor adecuado. El diámetro del by-pass y del medidor lo indicará el tamaño de la sección. En cuando a las presiones que conviene mantener en una red, aunque ellas esten determinadas por el proyecto, existe discusión al respecto. En varios países de las América Latina se considera que una presión de  $1.5 \text{ kg/cm}^2$  es suficiente por lo que casas de apartamentos o edificios de mucha

capacidad deberán tener tanques elevados abastecidos por bombas de recalque de funcionamiento automático.

#### PIEZAS ESPECIALES.

##### a) Válvulas y llaves:

Es indispensable efectuar un plan de recorrido anual para inspeccionar todas las válvulas o llaves de paso.

Cada llave de paso debe tener su hoja en un fichero especial, en el cual se anotará su ubicación, el diámetro, el estado actual de funcionamiento, las válvulas necesarias para su apertura y la fecha de cada inspección. El recorrido tendrá por objeto abrir y cerrar las llaves y cambiar la empaquetadura de aquellas que demuestren dificultad en el manejo.

Agregando kerosene o aceite lubricante de baja viscosidad entre el vástago y la empaquetadura se facilitarán los movimientos. La apertura y cierre de las válvulas debe hacerse repetidas veces en cada llave; abriendo  $1/4$  de vuelta más en cada apertura. Esto facilitará la eliminación de depósitos en el asiento de la compuerta. Las válvulas de retención deben ser inspeccionadas por lo menos cada tres meses, exigiéndolo así su función. Cualquier reparación debe tener preeminencia sobre las demás válvulas.

##### b) Ventosas y Bocas de Descarga.

Las piezas de este tipo que estén colocadas sobre una tubería de conducción o elevación deben ser objeto de una atención mensual. Esta inspección debe incluir el recorrido de



la tubería para observar pérdidas, irregularidades provocadas por aguas pluviales o por otros elementos. El encargado u operador indicará los puntos importantes de estas tuberías y exigirá un informe, que puede ser verbal, del encargado de la inspección.

#### c) Hidrantes y postes surtidores.

El encargado u operador efectuará un estudio de los postes surtidores que exijan reparaciones con más asiduidad. Este estudio tenderá a saber si los desperfectos son motivados por actos de vandalismo o por el cierre brusco, a consecuencia del golpe de ariete.

La modificación del tipo de cierre será propuesta si las circunstancias lo aconsejan. La limpieza de las cajas de los hidrantes y del interior de los postes surtidores (para evitar que el agua acumulada pueda contaminar, debido a una succión, el agua distribuida) será estudiada por el operador, así como la necesidad de pintura de las piezas.

#### REPARACIONES.

El operador deberá conocer sus existencias de material de red, mantener al día esa información y estudiar las exigencias motivadas por roturas o desajustes de cualquier clase que obliguen a tener en stock piezas especiales de cierto tipo en mayor número que otras. Se deberá presentar cada seis meses un informe de las roturas que hubiera habido en la red con un cálculo de costos de material y mano-

de obra de cada reparación. Esta información será indispensable para prever la adquisición de material y estudiar, de acuerdo a los datos, comparativamente, con otros sistemas de distribución. Serán además, establecidos porcentajes por concepto de reparaciones teniendo en cuenta la longitud de tubería de cada diámetro, y los materiales y mano de obra consumidos por diámetro de tubería. (salvo por la rotura afecte a alguna pieza especial que no dependa del diámetro de la tubería, en cuyo caso la información se limita a los costos).

El operador además, debe estudiar el tipo de rotura y tratar de establecer sus causas: debiendo, si las conclusiones son a juicio valederas, incluirlas en el informe semestral, cada reparación exige la desinfección posterior de la tubería en el tramo o tramos afectados. La desinfección se efectuará con hipoclorito de sodio, con flujo lento al agregar el hipoclorito en solución, de modo que en todas las partes afectadas la concentración sea de 40 a 50 ppm. El período mínimo, será de 24 horas, aumentándose si el pH es superior a 8.

Con ortotolidina se puede hacer un ensayo del cloro residual a las 24 horas, el cual dará una concentración de 15 a 25 ppm. Que aparecerá como un rojo brillante, siguiendo la técnica común del ensayo. Para 50 ppm. o más hay un precipitado marrón bien reconocible. Las válvulas o hidrantes deben ser maniobrados mientras las tuberías esten con el agente desinfectantes. El material debe estar exento --



de tierra o impurezas y debe evitarse la entrada de agua a la tubería.

Si el trabajo se interrumpe es necesario taponear el extremo libre y las juntas deben estar colocadas o en su defecto empaquetadas. El yute o filástica alquitranada para las juntas debe estar preservado en solución de hipoclorito de sodio, porque es fácil su contaminación.

**LIMPIEZA DE LAS CONDUCCIONES DE AGUA.** Tiene por finalidad quitar las incrustaciones, las vegetaciones y los sedimentos, que reducen la capacidad de aquéllas. Las tuberías maestras pueden limpiarse mediante agua a gran velocidad, haciendo pasar un limpiatubos o por medio de limpiadores de turbina accionados por agua.

El lavado por agua a gran velocidad. Consiste en abrir un cierto número de llaves de descarga. Esto puede acarrear desperfectos a los pavimentos, sobrecargar las alcantarillas, pudiendo obstruir los contadores con los sedimentos.

Las pruebas efectuadas han demostrado que este lavado separa la suciedad no adherida, pero las capas y los sedimentos soldificados en el fondo, permanecen.

**Limpiatubos.** Las tuberías que conducen agua necesitan frecuentes limpiezas la cual se introduce una cadena de varillas a la tubería que llevan consigo un cable de 4 mm que tira de un limpiachimeneas de gran tamaño.

La economía que representa la limpieza de tuberías se encuentra en la reducción de los gastos de funcionamiento de

las bombas y en el mantenimiento de las presiones de incendio y en la misma red de distribución.

#### PERDIDAS EN LAS REDES DE DISTRIBUCION.

**Agua perdida.** Se define dicha agua como "esa porción de agua enviada a la red de distribución, que no se suministra a los consumidores". Comprende a) las fugas, b) el desperdicio, c) defecto de indicación en los contadores, d) el agua empleada en la limpieza de alcantarillas, e) empalmes ilegales y otras que no se miden, y solo se calculan o estiman.

**Agua desperdiciada.** Comprende la que no sirve a ningún propósito legítimo, y las fugas de las tuberías. Las causas de desperdicio que implican el factor humano son : a) olvido de cerrar los grifos, b) omisión de las mangueras de riego, c) riego innecesario de céspedes y aceras, d) cañerías que pierden e) demora en la reparación de las tuberías, f) uso indebido del agua de las bocas contra incendio u otros sistemas de protección.

Bases para la regulación del agua desperdiciada. Puede lograrse mediante inspecciones domiciliarias o con medidores.

Las inspecciones han de ser frecuentes, son caras y nunca de todo eficaces, principalmente en las grandes ciudades, y son desagradables a los inquilinos, con cuya cooperación por este motivo no se puede contar. Aun para ser moderadamente eficaces, deben ir acompañadas de una rígida imposición de multas. El empleo de contadores produce resultados permanentes.



El conocimiento del agua desperdiciada se logra mediante investigaciones anuales, medición completa de los gastos, incluso de todos los usos públicos del agua, la conservación de los contadores, el cobro rígido de las elevadas cuentas ocasionadas por escapes en las llaves de casa, la educación de los consumidores y un apoyo completo por parte de las altas autoridades municipales.

Escape en las tuberías maestras. Las fugas de una red nueva, probablemente no serán menores de  $7.1 \text{ m}^3 / \text{km} / \text{día}$ , a menos que se haya probado cuidadosamente y se hayan corregido todos los defectos. Las fugas son proporcionalmente mayores en las redes de las poblaciones menores, ya que muchas de ellas se construyen con medios deficientes. Efectuando pruebas en las zanjas abiertas, a una presión mínima 50% superior a la máxima presión estática esperada, retacando todas las juntas que pierdan y reemplazando los tubos defectuosos, es posible reducir las fugas a una cantidad extremadamente baja. Mediante un retacado de primera clase, cuando el personal sabe que se va a probar la tubería con la zanja abierta, la pérdida media en 1000 m. de tubería, antes de la prueba, puede ser de unas 650 gotas por minuto, equivalentes a  $210 \text{ lts} / \text{km} / \text{día}$ . Las pérdidas de plomo son debidas a la insuficiencia de este material, lo que permite que se formen grietas a la menor desviación de tubo. Repasando las juntas, pueden reducirse las fugas de tal modo que no haya escape visible de agua.

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CURSO INTENSIVO SOBRE:  
INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN  
SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

T E M A  
OPERACION Y MANTENIMIENTO EN SISTEMAS DE  
DISTRIBUCION DE AGUA

ING. ROQUE YAÑEZ MARTINEZ

Gerente de los Servicios de Agua y  
Drenaje de Monterrey, S. A.

JULIO 1966

MONTERREY, MEXICO.



El conocimiento del agua desperdiciada se logra mediante investigaciones anuales, medición completa de los gastos, incluso de todos los usos públicos del agua, la conservación de los contadores, el cobro rígido de las elevadas cuentas ocasionadas por escapes en las llaves de casa, la educación de los consumidores y un apoyo completo por parte de las altas autoridades municipales.

Escape en las tuberías maestras. Las fugas de una red nueva, probablemente no serán menores de  $7.1 \text{ m}^3 / \text{km} / \text{día}$ , a menos que se haya probado cuidadosamente y se hayan corregido todos los defectos. Las fugas son proporcionalmente mayores en las redes de las poblaciones menores, ya que muchas de ellas se construyen con medios deficientes. Efectuando pruebas en las zanjas abiertas, a una presión mínima 50% superior a la máxima presión estática esperada, retacando todas las juntas que pierdan y reemplazando los tubos defectuosos, es posible reducir las fugas a una cantidad extremadamente baja. Mediante un retacado de primera clase, cuando el personal sabe que se va a probar la tubería con la zanja abierta, la pérdida media en 1000 m. de tubería, antes de la prueba, puede ser de unas 650 gotas por minuto, equivalentes a 210 lts/km/ día. Las pérdidas de plomo son debidas a la insuficiencia de este material, lo que permite que se formen grietas a la menor desviación de tubo. Repasando las juntas, pueden reducirse las fugas de tal modo que no haya escape visible de agua.

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CURSO INTENSIVO SOBRE:  
INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN  
SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

T E M A  
OPERACION Y MANTENIMIENTO EN SISTEMAS DE  
DISTRIBUCION DE AGUA

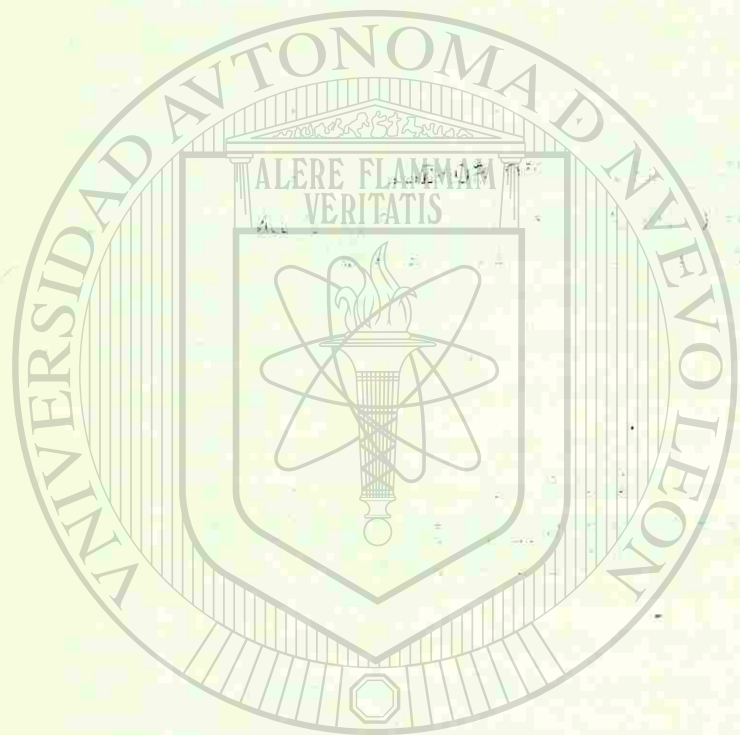
ING. ROQUE YAÑEZ MARTINEZ

Gerente de los Servicios de Agua y  
Drenaje de Monterrey, S. A.

JULIO 1966

MONTERREY, MEXICO.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA

### OPERACION Y MANTENIMIENTO

Los distintos elementos que forman el complejo hidráulico de un abastecimiento de agua potable para una Ciudad como son las fuentes de abasto, las plantas potabilizadoras, - los tanques reguladores de abastecimiento y el sistema de distribución se caracterizan por los problemas y soluciones que plantean su operación y mantenimiento.

Hablaremos en esta ocasión del sistema de distribución en particular en su fase de operación y mantenimiento.

Establecida la política a seguir en el diseño y construcción del sistema de distribución para una ciudad, en la que los elementos principales lo constituyen las tuberías maestras de alimentación, el relleno ó tuberías secundarias de distribución, las válvulas, los hidrantes, las conexiones domiciliarias e industriales, los medidores, las estaciones de bombeo de distribución, almacenes, talleres, etc.

En atención al tiempo con que se cuenta para el desarrollo de este tema entraremos solamente en consideraciones generales mas importantes.

#### TUBERIAS MAESTRAS DE ALIMENTACION:

Su localización se establece específicamente desde la planeación del sistema, normalmente se alojan en las calles - o avenidas mas amplias y preferentemente en las secciones-



dedicadas a camellones o jardín, cuando esto no es posible se las localiza en el arroyo de la calle, pero dejando espacio para colocar, entre ésta la guarnición de la banqueta las tuberías de distribución. Su especial construcción y profundidad de alojamiento generalmente favorecen para que sea muy poco o ninguno el mantenimiento, reduciéndose la operación a la revisión rutinaria de sus válvulas de secionamiento, salvo casos en que esté formada por materiales metálicos en que su especial mantenimiento consiste en la vigilancia de los dispositivos para control de corrosión.

#### TUBERIAS DE RELLENO O SECUNDARIO DE DISTRIBUCION:

Selección de localización diámetro y juntas.

La localización de estas tuberías se establece también en la planeación general del sistema, pero se fija definitivamente al escogerse el lugar preferente de las aceras de la ciudad, con el fin de dejar a otras compañías de servicios las aceras contrarias, con esto se facilita la conservación y las operaciones de trabajo.

En general se localizan a un metro de la guarnición de la banqueta dentro del arroyo de la calle, pero en algunos lugares en que las banquetas son suficientemente amplias se localizan en ellas, esto elimina gastos en la rotura y reparación de los pavimentos, en las calles o avenidas de gran anchura lo indicado es colocar una tubería a cada lado de la acera constuyendo una de diámetro menor solamente para proporcionar el servicio domiciliario, los hidrantes o cañerías de incendio se colocarán sobre la tubería de mayor diámetro

metro y como condición la tubería auxiliar de menor diámetro se entroncará a la primera en cada intersección de la calle.

Algunas ciudades consideran que esta tubería auxiliar puede ser hasta de 2 pulgadas de diámetro para que su costo inicial y el mantenimiento sean bajos, en Monterrey se ha fijado por especificación que en cualquier caso el diámetro mínimo debe ser 10 centímetros (4"), ya que las tuberías de diámetro pequeño a la larga plantean mayores problemas de conservación.

La práctica en algunas poblaciones de los E. U. es, que el diámetro mínimo sea de 154 MM. (6") pues es bien sabido que las especificaciones de volúmenes para incendio son muy amplias por el tipo de construcciones que usan.

En Monterrey en los distritos comerciales el diámetro es de 154 mm. (6") para prevenir los altos consumos y en incendio, el resto del sistema como ya a quedado apuntado el diámetro es de 100 mm. (4").

Especial consideración se a dado a la selección de tipo de junta, desde hace muchos años y hasta fechas recientes las juntas usuales eran de macho y campana, en las que se utilizaba plomo, compuestos de azufre o cemento como materiales de junteo.

En la actualidad, el uso de juntas de tipo mecánico a ganado popularidad y su uso se ha hecho frecuente por la facilidad de instalación y la reducción de accidentes en compa



ración con las de macho y campana en que se usan materiales calientes, la junta mecánica por otra parte, permite trabajar en condiciones de humedad y a veces con las cepas inundadas.

Se han inventado juntas más simples aunque las mecánicas, para los tipos de tuberías más usuales en el sistema de distribución como es el Fierro Fundido ó el asbesto cemento, en que el sello se establece por un anillo de hule, resultando una junta muy versátil y económica.

La junta con bridas en tuberías se han reducido en forma particular a cruceros o piezas especiales y en tuberías correspondientes a instalaciones de estaciones de bombeo ó expuestas.

Juntas mecánicas especiales llamadas juntas submarinas se utilizan para cruces de ríos u otros pasos de agua.

#### FUGAS. REPARACION:

Una de las más importantes operaciones de mantenimiento en el sistema de distribución es la reparación de fugas.

Un muy grande porcentaje, probablemente el 90 del trabajo del sistema de distribución, corresponde al arreglo de fugas en tuberías de las conexiones domiciliarias.

En las antiguas tuberías, para el servicio domiciliario se usó plomo, hierro maleable o de Fierro negro, y tubería galvanizada, se ha hecho axiomático, que la reparación de una conexión domiciliaria resulta más costosa que la susti-

tución total de la misma conexión con tubería de cobre u otro material conveniente y de mayor duración. Sin embargo especial cuidado debe ponerse dada la diversidad de suelos con que contamos, por otra parte la utilización de materiales como el cobre permite hacer el trabajo escarbando solamente en los extremos de las calles y utilizando brocas de barrenación donde el terreno lo permite, esto elimina la costosa rotura y reparación del pavimento.

En algunos casos las fugas en las tuberías de relleno o secundarias de distribución se presentan frecuentemente en las juntas, cuando en estas han sido usado el plomo por lo general solo requiere un recalado, pero cuando la fuga persiste, es en algunos casos conveniente colocar un collarín de atiesamiento, principalmente en los casos de cruzamientos de ferrocarriles o carreteras.

Hemos seguido la práctica también en estos casos de colocar las tuberías dentro de una funda protectora, que canaliza las fugas en el caso en que se presentan, fuera de las vías, aparte de que permite absorber los choques y cargas más suavemente.

Dada la enorme variedad de roturas y fugas en el sistema de distribución se han ideado una gran variedad de dispositivos metálicos mecánicos para su reparación, que deben siempre estar a la disposición del superintendente y mayordomo para proceder con prontitud a las reparaciones.

Anteriormente estos dispositivos se usaban en forma provi-



sional para posteriormente cambiar la tubería dañada, la práctica a demostrado que los dispositivos colocados correctamente pueden permanecer en el sistema en forma indefinida.

#### LA RADIO COMUNICACION COMO AUXILIAR VALIOSO EN LA OPERACION Y MANTENIMIENTO:

Los grandes sistemas y en muchos casos aun los medianos y pequeños se auxilian eficientemente con la utilización del radio de onda corta, esto acelera la operación y mantenimiento al reportarse, con rapidez y precisión, las fallas en el servicio y el arreglo rápido de roturas y fugas.

Su valor se amortiza rápidamente al entrar como factor determinante, reduciendo los costos y en período de emergencia, así como la reducción del tiempo de la interrupción del servicio en caso de roturas de tubos, esto desde luego en beneficio de las relaciones públicas.

Los servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, cuentan con 21 unidades móviles y con 8 unidades fijas.

En el desarrollo de éste curso, personal especializado y previamente entrenado tendrá a su cargo la parte correspondiente a la localización y evaluación de las fugas, en nuestro caso diremos que en términos generales existen varios métodos para la localización, siendo los mas usuales los siguientes:

- 1.- Inspección minuciosa de los tiraderos de agua en diferentes horas del día, de preferencia en las noches, en una Ciudad como la nuestra, que no cuenta con drenaje

pluvial, las fugas son mas problemáticas de localizar - pues el volumen de agua que se desplaza por las calles - puede ser de lejana recolección y no permite su diferenciación.

- 2.- La utilización de aparatos sensibles a los sonidos que producen las fugas y que ayudan grandemente a su localización, un individuo obtiene un gran partido de este método.
- 3.- La investigación pitométrica del Sistema, que ustedes entrenarán con grandes detalles en el curso que se ha programado.

#### MANTENIMIENTO DE LA CAPACIDAD:

Debe preverse con anticipación, el mantener una capacidad adecuada en el sistema de distribución y no esperar a que se presente la deficiencia para corregirla, siendo que las obras necesarias preocupan grandes inversiones y tomen largos períodos de tiempo para su ejecución, por tal motivo --

los departamentos de Ingenieros de los sistemas deberán estar atentos a esta condición elaborando los estudios de las obras necesarias que corrijan con tiempo la deficiencia.

#### DESINFECCION DE TUBERIAS:

Una práctica de mucha importancia en la operación de un sistema y que no es muy común, es la obligación de desinfectar las tuberías principales y de relleno antes de que estas sean puestas en servicio.



Cloro en su forma de hipocloritos por ser la mas maneja-  
ble para estos casos debe aplicarse en dosis no menores de  
50 ppm. y cuando menos en un período de contacto de 24 hrs.  
después de el cual la tubería debe ser lavada, el elemento  
tiempo cuenta mucho en todas estas operaciones, pero en ni-  
gún caso debe ser acortado aun cuando esto en parte perjudi-  
que a los usuarios, los reglamentos federales y estatales  
asi lo establecen y debe cumplirse con ello.

#### AGUA NO VENDIDA: (NO MEDIDA)

De gran importancia en la operación de cualquier sistema de  
distribución es la necesidad de reducir las pérdidas de  
agua no medida y no vendida y esto se logra efectivamente  
desarrollando programas de mantenimiento.

El agua producida en las fuentes de abasto ó en las plantas  
potabilizadoras puede perderse, en detrimento de los inte-  
reses del sistema debido a:

#### Falta de precisión en la Medición

Fugas en el Sistema

Agua Robada

Otras causas.

Frecuentemente los volúmenes de agua no medida o no vendida  
son de tal magnitud que justifican el considerar y llevar a  
cabo programas de localización y arreglo de fugas, utilizando  
do equipo y personal profesionalmente entrenados, es fundamen-  
talmente esta condición la que ha alentado este curso al  
que ustedes asisten.

Es pues necesario que estos programas se desarrollen perio-  
dicamente, investigando cuidadosamente todas las partes --  
que intervienen en el sistema, acueductos, estaciones de --  
bombas, tanques de almacenamiento, y red de distribución, --  
con el fin de determinar con la mayor precisión la magni-  
tud y planeamiento para evitar costosas fugas.

La práctica más efectiva en este caso es una buena medi-  
ción. Todos los elementos que forman el sistema y en parti-  
cular los medidores domiciliarios, manteniéndolos bajo un --  
programa de inspección y reparación sistemático, en la que  
como base se deben rechazar los medidores viejos sustitui-  
yéndolos por nuevos, estas inversiones se pagan en corto --  
plazo.

Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, ha seguido esta  
práctica y ya está próximo el tiempo en que todos los medi-  
dores del sistema queden sustituidos por unidades nuevas, --  
de fabricación nacional y del tipo de velocidad, en lugar  
de los de fabricación extranjera de pistón o desplazamien-  
to volumétrico.

#### SEGURIDAD:

En la rutina que envuelve la operación y mantenimiento y --  
en las construcciones nuevas de un sistema general de abas-  
tecimiento de agua, se deben de hacer los esfuerzos mas am-  
plios para que todas las funciones se desarrollen dentro --  
de los márgenes de completa seguridad en el personal y en  
el equipo con que se trabaja. Esta responsabilidad la com-  
parten desde el Gerente, los Ingenieros, los Superintenden-  
tes.



tes, los Mayordomos y los Jefes de Cuadrilla, así como el personal en general que labora en el sistema.

Un programa de seguridad debe ser tratado y ejecutado independientemente del tamaño del sistema, como norma se pueden seguir los lineamientos que a establecido la AWWA., El Instituto del cloro, etc.

#### VALVULAS:

Una instalación ideal considera que 4 válvulas deben instalarse en cada intersección y en el caso de cuerdas de gran longitud, como es común en los fraccionamientos modernos debería de haber una válvula intermedia, además en aquellos fraccionamientos en que se planea un desarrollo futuro se deberán prever las válvulas en los extremos trancos.

Sin embargo, la tendencia actual es utilizar el menor número de ellas creando automáticamente problemas en la operación el mantenimiento pues hay necesidad de cerrar grandes circuitos, con las consiguientes molestias al usuario de la zona.

Se puede asegurar sin lugar a dudas que no existe un sistema de distribución que tenga válvulas en exceso o superfluas.

#### CONEXIONES INDUSTRIALES:

En particular para las instalaciones que dan servicio a grandes fabricas ó grandes consumidores se sugiere que tengan dos preparaciones y cuando estas sean sobre la misma cuadrante se recomienda que se coloque una válvula entre ellas para evitar un corte total, si es posible y en forma preferente se recomienda abastecerse de circuitos diferentes, ya que

una falla en el abasto de agua de una industria significa en muchos casos grandes pérdidas de horas de trabajo y material independientemente de peligros de gran magnitud como los embancamientos de hornos de las Industrias del Vidrio. Aquí hemos seguido la práctica de recomendar para estos casos que se cuente con un almacenamiento amplio que puede ser subterráneo, con bombas adecuadas y de suficiente capacidad para cubrir las necesidades de un incendio, ó bien disponer de una fuente de emergencia para abastecimiento propio como lo puede ser una perforación.

#### OPERACION DE VALVULAS:

Mucho se ha hablado de la frecuencia de operación de las válvulas, pero la realidad es, que es uno de los renglones de mantenimiento mas olvidados, se debe establecer un programa bien definido para que las válvulas se accionen con fines de mantenimiento cuando menos una vez por año, y en los grandes sistemas se debe crear una cuadrilla o las necesarias para que su única misión sea movilizar las válvulas durante todo el año, estas cuadrillas; estarán formadas por personal especializado con suficiente experiencia, para desarrollar un trabajo cuidadoso.

Las válvulas de gran tamaño deben tener cuidados especiales por la delicadeza de sus mecanismos.

El personal dedicado a estas tareas de movilización de válvulas deben proceder con prudencia y cuidado en la operación de las válvulas pues de otra manera, puede producir roturas en los elementos que la forman, debe conocer el nú-



mero de vueltas, de acuerdo con el tipo de válvula a movilizar, debe accionarlas lentamente para no producir esfuerzos peligrosos en la red, utilizar adecuadamente los BY-PASS en las operaciones de mantenimiento de las válvulas de gran tamaño.

Se está haciendo muy común las utilidades de equipo motorizado.

Aun cuando su uso se restringe al tratarse de sistemas en que se han descuidado el mantenimiento de las válvulas, dan mejores resultados la operación manual.

#### ESTANDARIZACION DE VALVULAS:

Es muy importante la estandarización en los materiales usados en el sistema de distribución, en general se puede decir que deben estandarizarse las válvulas, los medidores, los hidrantes y algunos otros elementos y equipos.

Esto nos lleva ventajosamente a planear las existencias en almacén para el mantenimiento, en casos de equipos ó elementos diferentes, la adquisición de piezas de repuesto preferentemente deben hacerse por unidades completas.

En algunos casos en el sistema de distribución se encuentran válvulas de operación derecha o izquierda por lo que deben tomarse precauciones especiales para su diferenciación, con el fin de operarlas correctamente, tratándose de válvulas de gran tamaño alojadas en cajas de inspección, su diferenciación puede hacerse pintándolas de colores previamente escogidos de manera que llamen la atención, en al-

gunos otros casos es buena práctica colocar un pedazo de madera de 2" X 4" obturando la caja de válvula para llamar la atención del que va hacer la maniobra.

#### CAJAS DE VALVULAS Y RECORDS:

Tanto en las cajas de válvulas pequeñas como en las de gran tamaño, debe haber libre acceso al vástago de la válvula para su operación, esto considera una cuidadosa colocación de las cajas de válvulas de empotramiento, de tal manera que la tierra o piedras que lleguen a introducirse por la ranura de cierre de la tapa, se pasen a los lados de la válvula para que no obstruyan el árbol de operación, en los lugares en que se reparan pavimentos o se conservan éstos, es muy común encontrar que las cajas de válvulas han sido sepultadas por el nuevo trabajo cuando no se ha modificado el nivel de la caja previamente, pero cuando se trata de unos cuantos centímetros, solamente de diferencia de elevación conviene preparar discos metálicos de extensión que se colocan sobre las tapas de la caja y que permiten su fácil localización.

Es de capital importancia llevar records de las válvulas que forman el sistema de distribución, preferentemente records de localización adoptando un sistema standard para ello, dichos records deben significar un arma de utilización en el campo para efectos de operación y mantenimiento y no records de archivo de oficina, deben estar a la mano para ser consultados por superintendentes, mayordomos y jefe de cuadrilla.



## HIDRANTES:

### Localización.

Como factor determinante de la seguridad de los bienes de la comunidad los hidrantes deben existir en número y distancia tal que haga su utilización realmente efectiva, desgraciadamente en nuestro medio se les ha considerado como elementos superfluos y se ha descuidado por las autoridades obligar, que conforme se extiendan las redes en los nuevos fraccionamientos deban instalarse los hidrantes necesarios cuyo costo puede recargarse a las obras significando un aumento inapreciable pero de gran utilidad.

La práctica ha establecido áreas de convertura de los hidrantes para los distintos tipos de construcción, en zonas comerciales se recomienda que estos no estén a distancias mayores de 200 mts., en áreas residenciales se pueden tolerar hasta distancias de 350 mts. entre aparatos.

En las áreas industriales normalmente los interesados hacen su propia provisión de hidrantes tanto privados como en la vía pública, por las condiciones que exigen las compañías de seguros.

Preferentemente los hidrantes deben colocarse en las intersecciones de las calles para utilizarlos en las cuatro direcciones, con respecto a las banquetas estos deben quedar colocados de manera que no resulten dañados al estacionarse automóviles o camiones.

En las instalaciones Industriales los hidrantes deben preferentemente colocarse en la acera contraria y no próximos a edificios altos para evitar su inutilización en caso de derrumbes.

Como las válvulas los hidrantes deben estar estandarizados en la operación de abrir y cerrar los empaques deben ser -- frecuentemente revisados para evitar fugas, la válvula de seccionamiento. Con el sistema debe siempre estar abierta y el dispositivo de drenaje del hidrante debe estar libre -- para desempeñar su función.

Dadas las grandes alturas que están alcanzando los nuevos edificios es recomendable que los hidrantes estén preparados con bocas adicionales de succión para que las máquinas de los bombos puedan surtirse de ellos y no depender solamente de las presiones disponibles en la red.

Como las válvulas, pero en forma más frecuente, los hidrantes deben inspeccionarse para asegurar una operación efectiva, no deben ser operados por personal que no conozca su -- funcionamiento, ni cerrarse rápidamente; cuando por algún -- motivo se tenga que usar frecuentemente se debe colocar válvulas auxiliares en las tomas de incendio para no dañar con la operación frecuente la válvula general de Cierre del hidrante cuyos empaques y asientos son muy delicados.

### PINTURAS DE LOS HIDRANTES:

La pintura de los hidrantes debe estar también estandarizada y su conservación debe ser frecuente para combinar su rá



pida localización con una apariencia atractiva.

Deben continuarse con la práctica de que las cubiertas de las tomas del hidrante deben estar adheridas a éste por medio de cadenas que eviten que se extravíen, ya que es muy peligroso que se queden sin esta protección, pues pueden dañarse las cuerdas de las roscas o permitir que se les arrojaren piedras u otros objetos que interfieren con la operación en casos de emergencia.

El departamento de bomberos debe tener información completa del estado de los hidrantes así como su capacidad y presión disponible.

Cuando algún hidrante se encuentra fuera de servicio ó su válvula de seccionamiento sobre el sistema deba cerrarse, esto debe ser puesto de inmediato en conocimiento del cuerpo de bomberos o diferenciarlos de los que están en servicio colocándole un dispositivo visible que indique que no está en condiciones de operar.

Los hidrantes no deben ser usados para otro fin que la protección contra el fuego, ni para efectos municipales ni para otros aún para privados.

En algunas ciudades de los E. U. se multan con 300 Dlls. a quien use un hidrante sin autorización oficial.

La estación de Bomberos deben tener planos de la red de hidrantes de sus sectores y del estado de funcionamiento en los que estos se encuentran.

#### DIAMETRO DE LAS TOMAS DOMICILIARIAS:

La determinación del diámetro adecuado para la toma domiciliaria de un usuario en particular es fácil de establecer el proporcionar éste los datos de los volúmenes que requiere -- con esto se determina también el tamaño y capacidad del medidor que deba instalarse ya que colocar aparatos medidores de diámetro igual ó mayor que el de la tubería de conexión trae aparejado el no registro de flujos y volúmenes pequeños. Como práctica general se ha establecido que el medidor debe de ser de diámetro ligeramente menor que el de tubería en que se instale.

En ésta Ciudad el diámetro mínimo de la conexión domiciliaria es de 19 mm. (3/4") y el medidor común es de 16 mm. (5/8").

La selección de materiales para los servicios domiciliarios son motivo de investigación cuidados para el futuro, lo ideal en la actualidad sería usar cobre por sus ventajas sobre otros materiales ya conocidos y su manejabilidad para hacer la conexión y destruir solamente lo indispensable en los pavimentos eliminando de paso las utilizaciones de cuellos de plomo y piezas especiales de materiales diferentes que crean pares eléctricos no deseable.

En la actualidad estamos empeñados en la utilización de materiales resistentes y económicos, como los plásticos, pero su aplicación será motivo de investigación exhaustiva aunada a las experiencias en otros lugares.



Las llaves de banqueta requieren una inspección y mantenimiento periódico, su localización deben ser fácil y deben preferentemente colocarse en línea con la llave de inserción para evitar costosas excavaciones en caso de que el servicio deba cortarse desde la tubería principal.

#### COSTO DE LAS INSTALACIONES:

En general el costo de las instalaciones domiciliarias es pagado por el usuario, en el caso de Monterrey se cobra solamente por la sección que se localiza al paso de la banqueta, para efectos de conservación y mantenimiento se establece que la sección entre el tubo principal y la guarnición de la banqueta está a cargo de la Institución y la sección denominada "traves de banqueta" la conservación se hace por la institución pero con cargo al usuario, esto solamente en las tomas domiciliarias del tipo normal de 19 mm. (3/4"), en las de diámetros mayores la instalación del medidor y la conservación son a cargo al usuario.

En los nuevos desarrollos de fraccionamientos se exige al fraccionador que cada uno de los lotes deba tener una preparación a la orilla de la guarnición de la banqueta, con los materiales y especificaciones que establecen los Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, además se debe proporcionar un plano acotado de las instalaciones y preparaciones y como práctica obligatoria deben marcar en la guarnición de la banqueta con una A y una D los lugares en que se alojarán las preparaciones de agua y drenaje respectivamente.

#### MEDIDORES:

Nada es más importante para una correcta recuperación de inversiones y una equitativa cobranza, que un adecuado programa de mantenimiento de medidores.

En Monterrey los medidores son llevados al taller x, limpiados reparados, probados y ajustados en forma periódica, para todas estas operaciones se cuenta con equipo adecuado de calibración, con el fin de cumplir con las normas del departamento de medidas de las Secretaría de Industria y Comercio.

Los medidores grandes son, en algunas ocasiones, sujetos a limpieza en el lugar de su instalación, pero para su calibración y mantenimiento son también transportados al taller donde se cuenta con todos los medios necesarios.

Los medidores deben estar localizados de tal manera, que puedan ser inspeccionados y leídos fácilmente por los empleados del departamento comercial, cuando no concurren estas condiciones se hacen los movimientos necesarios para tal fin.

Todos los medidores adquiridos por los usuarios para los casos particulares de que ya se habló, pasan automáticamente a ser propiedad de la Institución, que se encarga del mantenimiento normal, salvo en casos especiales y por tratarse de medidores en que no es frecuente encontrar las refacciones necesarias, el total del mantenimiento es a cargo del usuario.



En los E. U. algunas compañías de servicios, retiran sus medidores para inspección y mantenimiento cuando han cubierto volúmenes del orden de 100,000 pies cúbicos que han estimado como promedio consumido por una familia en 10 años.

En los casos de Empresas privadas el Estado fija los tiempos o volúmenes que deben transcurrir para que los medidores sean reparados.

La práctica nos ha demostrado, que es necesario, sujetar a pruebas los aparatos que se nos proponen, así como las innovaciones que los fabricantes efectúan, el análisis de costos de estas innovaciones, llegan a conclusiones en que los gastos rebasan el valor inicial del aparato.

Las nuevas marcas o innovaciones son sujetos a pruebas concluyentes, en muchos de los casos con gran protesta de parte del fabricante, pero esa política nos hemos trazado y en todo caso es el comprador el que decide pues debe estar plenamente convencido de la calidad y eficiencia de los aparatos que proyectan adquirir.

Siempre es útil conocer la experiencia de otras ciudades, en relación con comportamiento de los medidores que usan, ya que así, puede normarse mejor el criterio de adquisición.

En países muy fríos los medidores generalmente son colocados en cajas que se sepultan en el suelo para evitar la congelación, esto trae como consecuencia que en los medidores no preparados para ellos se forme una exudación que no permite ver la lectura correctamente, significando en algunos casos errores y las consiguientes reclamaciones de parte de los usuarios.

En Monterrey se ha modificado esta práctica y los medidores se colocan sobre la superficie del suelo en jardines o lugares donde esto es factible, la experiencia nos demostró que no deben quedar muy separados del suelo, porque están propensos a congelación, por esta razón hemos modificado su colocación de manera queden solamente descansando sobre el suelo, ya que cuando el aire los rodea se activa rápidamente la congelación.

#### ALMACENAMIENTO:

Normalmente las estructuras que constituyen los tanques de almacenamiento no requieren mantenimiento constante; sin embargo deben ser motivo de investigaciones periódicas y principalmente deben tener una impecable presentación, el pintarlos y mantenerlos agradables a la vista del público significa un mantenimiento efectivo.

Se ha discutido mucho si es buena práctica usar estas estructuras o sus alrededores como lugares de recreo, hay opiniones diversas, que en nuestro caso, no se permite su uso para prácticas de diversiones por los peligros que significa la irresponsabilidad de muchas personas.

#### DEMANDA DE AGUA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCION:

Cada día aumenta la demanda de agua de las comunidades, las continuas sequías han agravado seriamente estos problemas pero, la principal condición es el aumento en el Standard de vida y el marcado crecimiento de la población y de la Industria.



En los E. U. se considera que en los próximos 10 años no será posible sostener adecuadamente muchos sistemas de agua, sin recurrir a otras fuentes en cuyo aprovechamiento el agua será más costosa, como el de la desalinización del agua del mar.

En nuestro caso no creemos llegar todavía a esos límites, si, en forma inteligente se jerarquiza el uso de las aguas de ríos y presas próximos a Monterrey, además y en tales condiciones del problema, el uso creciente de las aguas negras para la industria y la recirculación de las aguas en donde es posible a permitido recuperar volúmenes en que anteriormente el agua era usada por la Industria en proporciones muy considerables.

Es notablemente grande el volumen de agua gastado en el riego de jardines, el operador del sistema y los medidores generales comprueban fehacientemente este gasto verdaderamente alarmante, la presión descende en el sistema y en algunos lugares de la ciudad en que la topografía es muy variable las partes altas resienten durante muchas horas el exceso en la demanda.

La utilización de aparatos de aire acondicionado o simplemente aire lavado han incrementado seriamente la demanda automáticamente, los volúmenes consumidos por el usuario. Como esto no es muy fácilmente estimado las reclamaciones por los excesos son comunes.

Las experiencias obtenidas de estas condiciones de gran

demanda deberán ser estudiadas cuidadosamente para la proyección de nuevas tuberías alimentadoras del sistema de distribución.

#### SERVICIO A LOS USUARIOS:

Las obligaciones legales con los usuarios en un sistema, generalmente terminan en los límites de la propiedad salvo en los casos de los medidores que se instalan algunas veces -- dentro de la propiedad.

No importa que también un sistema sea operado, se tendrán siempre reclamaciones y críticas de los usuarios sobre todo cuando se le presenta el recibo de agua consumida.

Estas reclamaciones deben ser atendidas diligentemente por los oficiales y empleados del sistema, la revisión de las instalaciones privadas por parte del personal encargado de las inspecciones deben presentarse al usuario con toda nitidez, enseñarle la fuente que produce los excesos y a que el no está capacitado para entender. En nuestro caso los recibos de agua llevan al reverso y en color rojo para llamar la atención del usuario, lo que significa las fugas en volumen y en dinero mensual y una invitación para corregir las fugas en beneficio de ambos ya que es agua no utilizada.

Quando la reclamación proviene porque el usuario cree que su medidor no funciona correctamente, el inspector tiene la obligación de demostrar al usuario que no es así y utilizando un recipiente de volumen conocido hacerle ver en la forma más sencilla que el aparato marca realmente lo que pasa



a través de él, de otra forma se ordena la remoción del aparato y se ajustan los volúmenes consumidos en función de la estadística que se lleva a cada suscriptor, ó bien se coloca un nuevo aparato previamente calibrado que se lee en forma periódica para determinar los volúmenes que deben cobrarse.

Cuando un aumento desproporcionado aparece en la lectura del aparato se hace del conocimiento del usuario con el fin de que proceda a inspeccionar sus instalaciones, para evitar fugas, que después gravan su economía, todo esto desde luego ayuda a mantener en alto grado las relaciones públicas así como a salvar considerables volúmenes que se desperdician.

Siempre es conveniente dejar constancia al usuario de lo que está sucediendo para salvar guardarse de reclamaciones futuras.

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CURSO INTENSIVO SOBRE:  
INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN  
SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

TEMA  
PITOMETRIA

ING. BERNARDO GOMEZ MORENO

Empresa de Acueducto y Alcantarillado  
de Bogotá, Colombia.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



a través de él, de otra forma se ordena la remoción del aparato y se ajustan los volúmenes consumidos en función de la estadística que se lleva a cada suscriptor, ó bien se coloca un nuevo aparato previamente calibrado que se lee en forma periódica para determinar los volúmenes que deben cobrarse.

Cuando un aumento desproporcionado aparece en la lectura del aparato se hace del conocimiento del usuario con el fin de que proceda a inspeccionar sus instalaciones, para evitar fugas, que después gravan su economía, todo esto desde luego ayuda a mantener en alto grado las relaciones públicas así como a salvar considerables volúmenes que se desperdician.

Siempre es conveniente dejar constancia al usuario de lo que está sucediendo para salvar guardarse de reclamaciones futuras.

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CURSO INTENSIVO SOBRE:  
INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN  
SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

TEMA  
PITOMETRIA

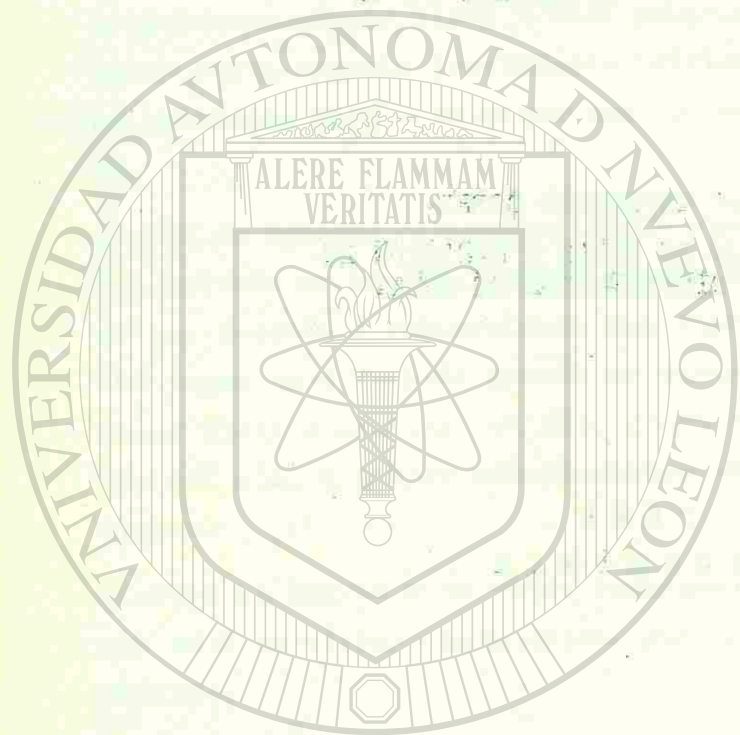
ING. BERNARDO GOMEZ MORENO

Empresa de Acueducto y Alcantarillado  
de Bogotá, Colombia.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CONTENIDO :

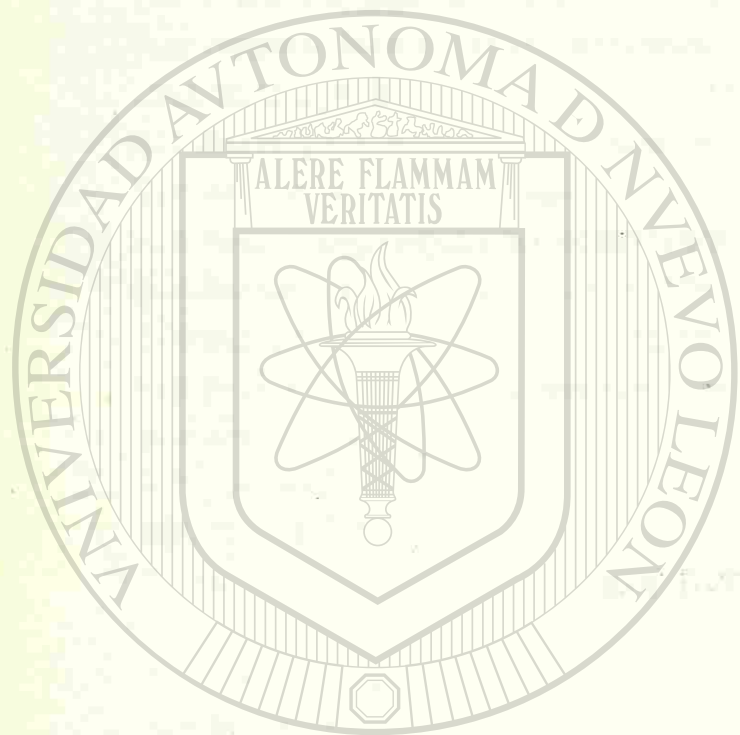
1. INTRODUCCION
2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES
  - 2.1 El consumo
  - 2.2 Gastos de consumo
  - 2.3 Los índices de consumo
  - 2.4 El consumo por habitante
  - 2.5 Capacidad de las tuberías
  - 2.6 Los flujos y los consumos
3. APARATOS DE MEDIDA
  - 3.1 Tipos de medida
  - 3.2 Medida directa del flujo total
  - 3.3 Medida de los gastos de flujo
  - 3.4 Medida del flujo total
4. TEORIA DEL PITOMETRO
  - 4.1 Definición
  - 4.2 Principios fundamentales
  - 4.3 Relación de la velocidad
  - 4.4 Tubo Pitot, en conductos forzados
  - 4.5 Formas prácticas
  - 4.6 Expresión de la velocidad en función de la deflexión del manómetro. ®
  - 4.7 Tabla que da las velocidades para cada deflexión según la densidad del líquido manométrico.
  - 4.8 Determinación de la densidad del líquido manométrico
  - 4.9 Líquidos indicadores
5. DETERMINACION DE LA VELOCIDAD MEDIA
  - 5.1 Concepto de la velocidad media
  - 5.2 Método para determinar la velocidad media



- 5.3 Método de la simplex valve
- 5.4 Método de la cole pitometer
- 5.5 Correcciones y recomendaciones
- 6. DETERMINACION E INVESTIGACION DE LOS FLUJOS
  - 6.1 Bases para el cálculo
  - 6.2 Determinación del área
  - 6.3 Factor de reducción por varilla del pitómetro
  - 6.4 Factor de corrección por diámetro
  - 6.5 Factor de corrección por proyección del registro
  - 6.6 Factor total de corrección
  - 6.7 Estudio de los flujos
  - 6.8 Presentación de los resultados
- 7. ESTUDIO DE LOS CONSUMOS
  - 7.1 Bases
  - 7.2 Elementos necesarios
  - 7.3 Preparación del sector
  - 7.4 Delimitación del sector
  - 7.5 Estudio de la tubería
  - 7.6 Comprobaciones en el terreno
  - 7.7 Casos que pueden presentarse
  - 7.8 Estudio de una red
  - 7.9 Presentación de resultados
  - 7.10 Aplicaciones
- 8. INVESTIGACION DE DESPERDICIOS
  - 8.1 Generalidades
  - 8.2 Bases del método
  - 8.3 Investigación de desperdicios en el sistema de distribución.

- 8.4 Aforo del consumo
- 8.5 Consumo mínimo y relación con el medio
- 8.6 Subdivisión del distrito
- 8.7 Aforo y cierres
- 8.8 Analisis de los aforos
- 8.9 Investigación en el terreno
- 9. INVESTIGACION DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD
  - 9.1 Generalidades
  - 9.2 Fundamento del método
  - 9.3 Medidas que deben efectuarse
  - 9.4 Procedimiento
  - 9.5 Ejemplo
  - 9.6 Recomendaciones
- 10. CONFRONTACION DE MEDIDORES
  - 10.1 Generalidades
  - 10.2 Procedimiento
  - 10.3 Ejemplo
- 11. AFORO DE HIDRANTES
  - 11.1 Definición y objeto
  - 11.2 Objeto
  - 11.3 Sistema empleado
  - 11.4 Aforo con el piezómetro
  - 11.5 Aforo con manómetro
  - 11.6 Determinación de la capacidad de un sector de la red.
  - 11.7 Ejemplo





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## I.- INTRODUCCION

El sistema de distribución, en un servicio de agua potable, es el conjunto de tuberías y accesorios, destinado a llevar el agua necesaria, a cada uno de los usuarios de la población.

Está constituido por dos clases de instalaciones:

- a) Las tuberías principales.
- b) Las conexiones domiciliarias.

Las primeras se colocan en las vías públicas, paralelamente a su eje, para abastecer a los distintos sectores de la ciudad y las segundas, se desprenden de ellas, en dirección normal a su eje y se encargan de alimentar individualmente a cada domicilio.

Las tuberías deben reunir tres condiciones fundamentales:

- a) Ser herméticas, es decir, no presentar aberturas diferentes a las establecidas previamente, que den origen a fugas.
- b) Tener capacidad suficiente para atender las demandas producidas en todo momento, por los usuarios.
- c) Mantener un régimen de presiones, dentro de los límites especificados, que permita distribuir el agua en forma directa, a las edificaciones normales.

En la práctica, las redes presentan continuamente fallas que no les permiten cumplir a cabalidad estos requisitos. Sus estructuras se encuentran dispersas en una enorme extensión, por debajo del suelo y están expuestas continuamente



a una serie de acciones exteriores difíciles de preveer y de evitar que vienen a traducirse en daños y a ocasionar gas.

Un estudio estadístico sobre 20.000 casas, atendidos durante varios años en la ciudad de Bogotá, Colombia, permite apreciar la diversidad de los daños y la frecuencia con que ellos se presentan. El siguiente resumen da una idea de esas conclusiones:

DAÑOS EN CONEXIONES DOMICILIARES

	%
1 - Niples de Medidor Flojos.....	24.7
2 - Roscas barridas.....	19.2
3 - Tuberías obstruídas.....	15.1
4 - Tuberías Perforadas.....	12.5
5 - Niples barridos.....	7.2
6 - Registros de corte dañados.....	4.9
7 - Sillas flojas.....	4.7
8 - Tuberías Superficiales.....	3.4
9 - Acometidas abandonadas.....	2.4
10- Registros de corte barridos.....	2.1
11- Registros de Rueda dañados.....	1.5
12- Niples flojos.....	1.1
13- Registros de Incorporación barridos.....	0.8
14- Niples barridos.....	0.4
TOTAL.....	100.0%

DAÑOS EN LAS TUBERIAS DE LA RED

	%	Total %
<u>1 - UNIONES</u>		
1.1 - Plomaduras flojas.....	25.4	
1.2 - Plomaduras desalojadas.....	10.9	
1.3 - Anillos (Plomaduras).....	1.1	
1.4 - Roscas.....	1.0	
1.5 - Uniones simples.....	1.1	
1.6 - Uniones Gibault.....	0.9	40.4
<u>2 - VALVULAS</u>		
2.1 - Registros dañados.....	2.9	
2.2 - Registros trabados.....	0.3	
2.3 - Válvulas con escape.....	3.9	
2.4 - Válvulas dañadas.....	1.7	
2.5 - Válvulas superficiales.....	0.4	9.2
<u>3 - ACCESORIOS</u>		
3.1 - Tapones.....	1.0	
3.2 - Sillas.....	1.9	
3.3 - Hidrantes.....	1.7	
3.4 - Pilas.....	9.1	
3.5 - Ventosas.....	0.6	14.3
<u>4 - TUBERIAS</u>		
4.1 - Rajadas.....	2.3	
4.2 - Perforadas.....	12.9	
4.3 - Barridas.....	6.2	
4.4 - Superficiales.....	0.4	
4.5 - Obstruídas.....	0.7	
4.6 - Partidas.....	13.6	36.1

Las fugas producidas por todas estas razones, pueden ser de dos clases:

- a) Visibles.
- b) Invisibles.



Las primeras afloran a la superficie, dañando los pavimentos. Las segundas, en cambio, se infiltran en el terreno y buscan salida, generalmente en los colectores próximos del sistema de alcantarillado, sin ocasionar daños aparentes en los pavimentos de las vías y sin dar, por consiguiente, señales externas de su existencia.

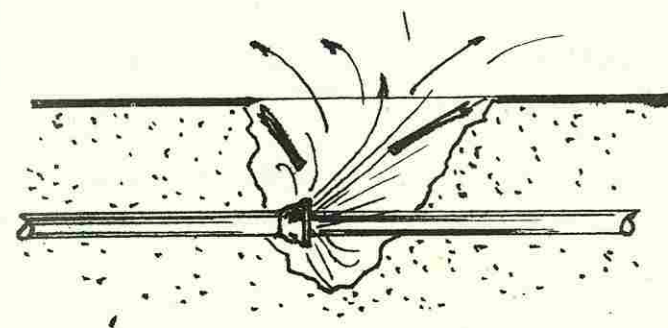
El mantenimiento y conservación de los sistemas de distribución de agua potable, para que sea efectivo, debe abarcar los dos frentes. Para las fugas superficiales, o sea las visibles, el procedimiento se reduce a reparar el daño, cada vez que se observe un escape. En cambio, las que se infiltran y son por tanto invisibles, requieren un procedimiento complicado de investigación, basado casi exclusivamente en la medida del agua.

En otras circunstancias, se suceden fallas del servicio, consistentes en una cantidad inadecuada de agua, para atender las necesidades de la demanda. Estos casos obedecen a varias causas, tales como:

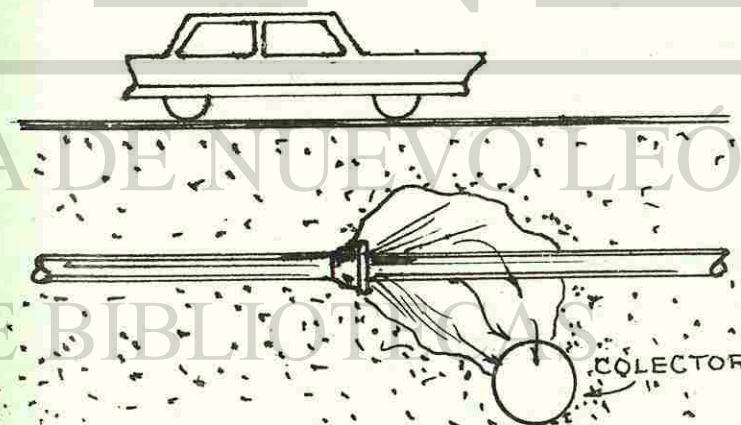
- a) Abastecimiento insuficiente.
- b) Baja capacidad de los conductos.
- c) Incrustaciones de las tuberías.
- d) Desperdicios en las tuberías principales y en las conexiones domiciliarias.
- e) Válvulas cerradas, etc.

que es preciso determinar para corregir las deficiencias y normalizar el servicio. La investigación correspondiente se lo puede llevarse a cabo mediante un procedimiento de medi-

Figura 1.1

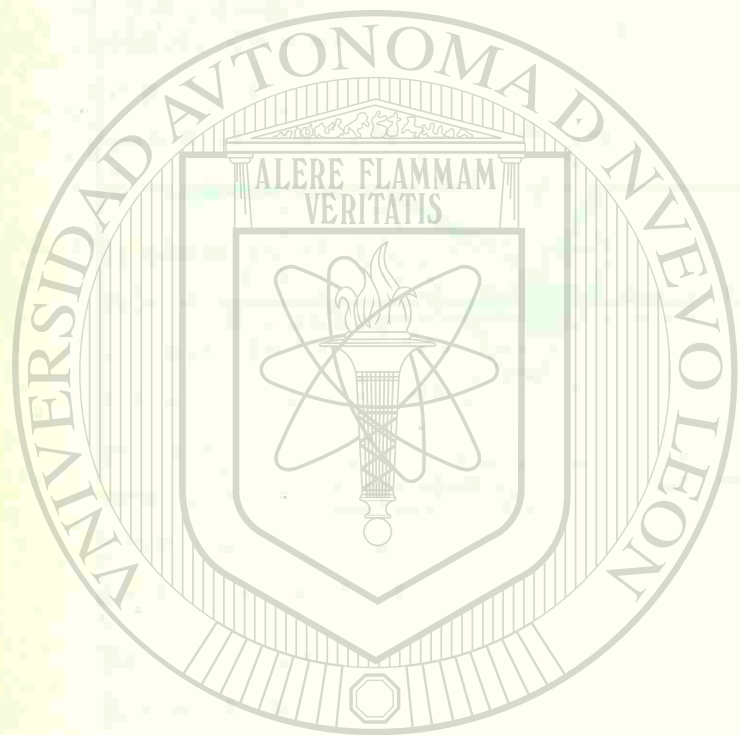


LAS FUGAS VISIBLES  
AFLORAN A LA SUPERFICIE  
Y SON FÁCILES DE ENCONTRAR.



LAS FUGAS INVISIBLES  
NO AFLORAN. SE INFIL-  
TRAN A LOS COLECTORES,  
CAHALES, ETC.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

das del flujo y del consumo.

Finalmente, algunos tramos o sectores del sistema pueden acusar bajas en el régimen de presiones que afectan la distribución del agua, en una parte de la ciudad, a ciertas horas o durante todo el día. Determinar sus causas, consistentes en general, en

- a) Diámetros insuficientes
- b) Tuberías incrustadas u obstruidas.
- c) Válvulas cerradas.
- d) Fugas, etc.

y corregirlas, solo puede lograrse a base de medidas de la presión, consumos y flujos.

Se puede pues observar que, para conseguir el cumplimiento de las tres condiciones citadas, en un sistema de distribución de aguas, es indispensable disponer para los estudios y proyectos y para su operación, de un método de medidas que permita establecer los conductos adecuados y prever y corregir las deficiencias oportunamente, antes de que se vea afectado el servicio.

Estas medidas se deben referir principalmente a flujos, consumos, velocidades, presiones y factores de rugosidad. ®

Diversos métodos se han ensayado, llegándose a encontrar que, los sistemas como el de Venturís, a la salida de las plantas de tratamiento y de los tanques, es de gran utilidad pero, en cambio, para los diferentes puntos de la red, es conveniente un procedimiento a base de aparatos portáti



les que faciliten el trabajo. Hasta ahora los mejores resultados se han obtenido con dispositivos basados en el tubo de Pitot y que se conocen con el nombre de Pitómetros. Para las conexiones domiciliarias, el problema lleva envueltas relaciones con el procedimiento de cobro y facturación y requiere por tanto aparatos individuales conocidos con el nombre de Contadores ó Medidores.

En las conferencias que siguen, trataremos de mostrar los principios y aplicaciones de los pitómetros, que vienen a constituir un ramo de la Hidrometría denominado Pitometría y a detallar algunos puntos sobre los Medidores domiciliarios.

La Pitometría y la medida domiciliar, deben considerarse hoy, en las Naciones Latinoamericanas, cuyas ciudades están sometidas a un proceso de crecimiento explosivo, un punto vital, para los estudios, proyectos y operación de los sistemas de abastecimiento de agua.

## II.- CONCEPTOS FUNDAMENTALES

1.- El Consumo - Se llama así, a la cantidad de agua que necesita la población, en determinado tiempo. Es, por tanto, una magnitud con las mismas dimensiones del gasto:

y se expresa empleando unidades de volumen, por unidad de tiempo.

Su característica fundamental consiste en ser una cantidad esencialmente variable.

Cambia con el mes, con el día de la semana, con la hora, etc.

Las figuras 2.1, 2.2 y 2.3, ilustran este punto, con ejemplos tomados en la ciudad de Bogotá (Colombia).

La variabilidad del consumo de agua, obliga a establecer dos conceptos:

a) Intensidad de consumo.

b) Índices del consumo.

2.- La Intensidad del Consumo - Es el consumo por unidad de tiempo.

Por ejemplo, en el caso de la figura 2.1, el consumo de Bogotá, el 20 de febrero de 1963, fué de 291.000 m.c. - en el día, pero se sucedió en tal forma que, entre las 11 y las 12, la intensidad fue de 430.000 mcd. y entre



las 8 y las 9 de la noche, de 279.000 mcd.

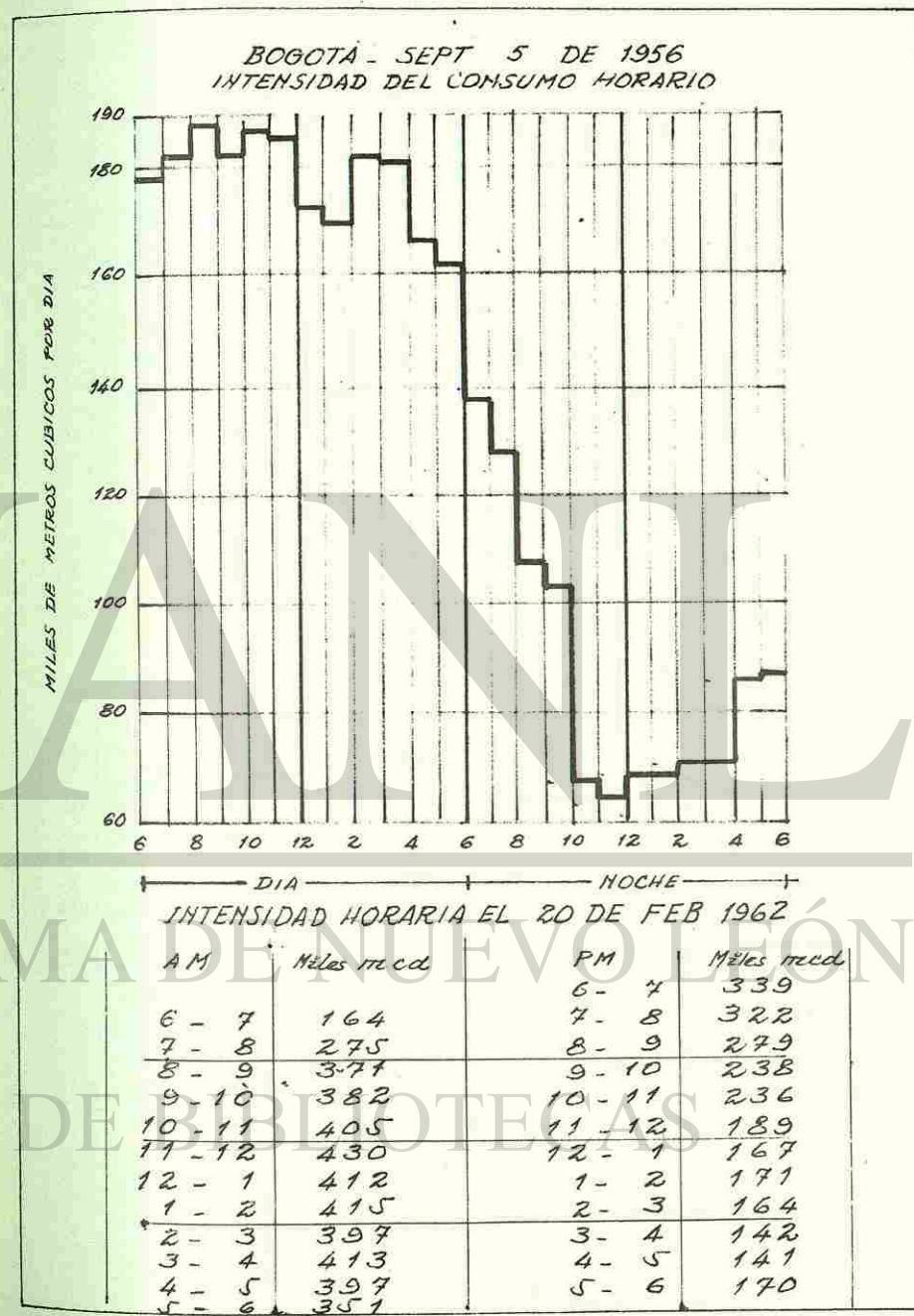
El promedio de ellas será la "intensidad media", que es equivalente al consumo total en el período de tiempo considerado. En el ejemplo citado, la media será de 291.000 mcd. o sea, lo que llamamos consumo del día.

3.- Los Indices de Consumo - Como todo fenómeno variable, el consumo permite establecer un sistema de números índices, que sirve para dos cosas, principalmente:

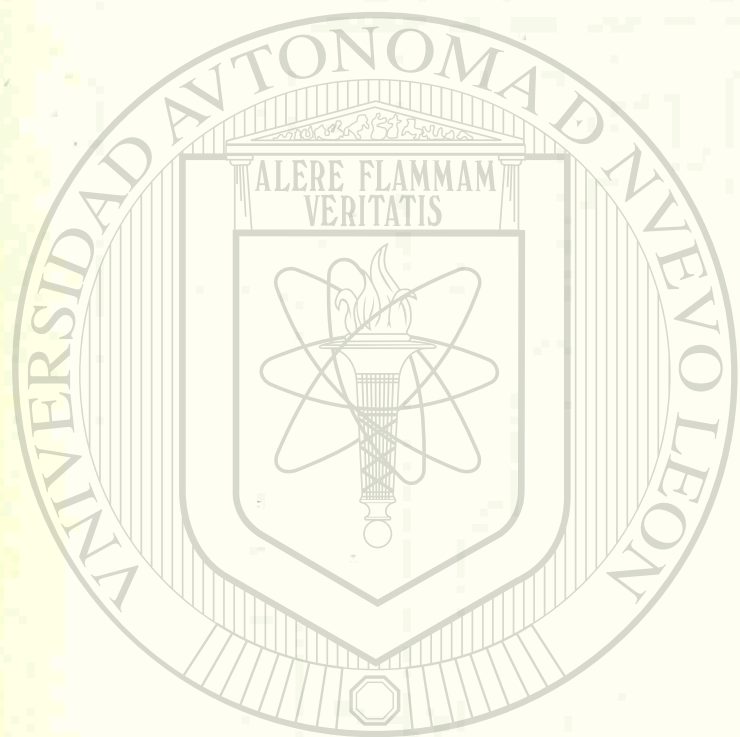
- a) Conocer las tendencias que sigue.
- b) Calcular la magnitud de las variaciones que sufre.

El sistema que se emplea normalmente en la práctica, toma como base 100 al promedio obtenido, sumando el consumo de todos los días del año y dividiendo el resultado por 365 y 366, según que el año sea o no bisiesto. Este promedio básico, se denomina "Consumo Medio Diario Anual" y puede definirse como, la intensidad diaria a la cual se verificaría el consumo de la población en un año, suponiendo que fuera igual todos los días. Normalmente se expresa en lts. por segundo en mts. cúbicos por día.

En caso de aforos, es muy común emplear el consumo del día como base 100 y referir a él las intensidades horarias. Los índices más interesantes suelen ser, en estas determinaciones, la hora máxima y la hora mínima. Por ejemplo, en Bogotá, el 20 de febrero de 1962,

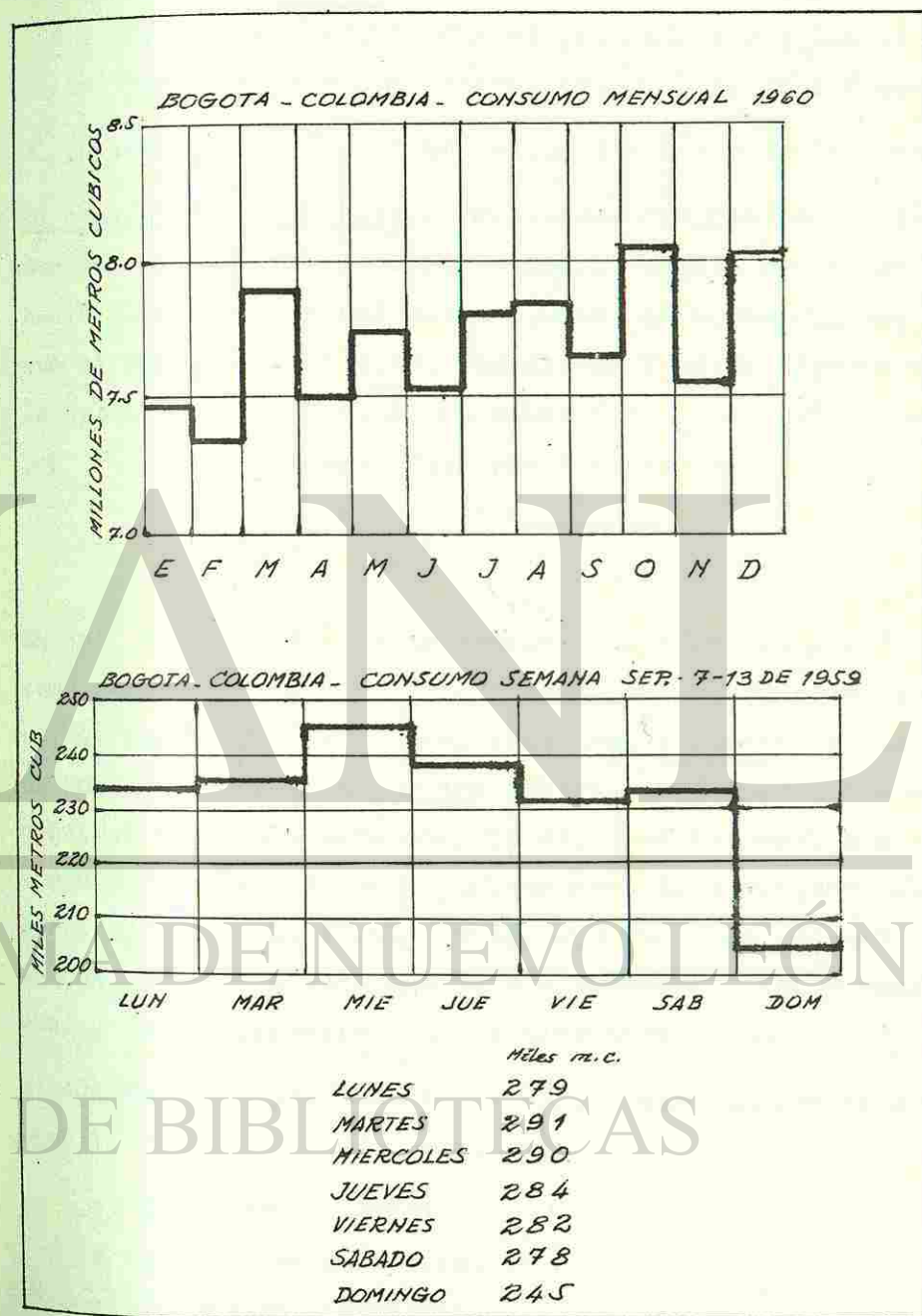




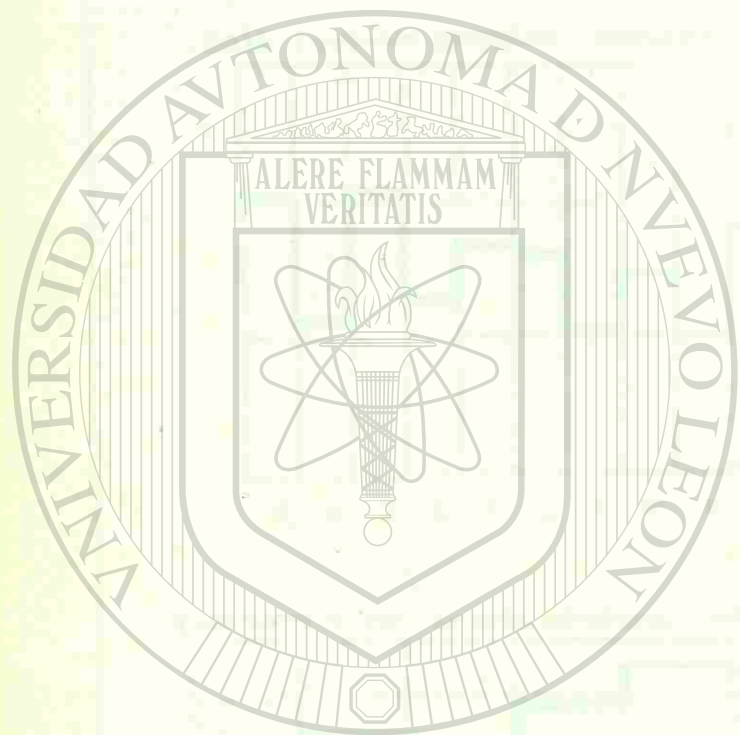


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

los índices máximo y mínimo, fueron respectivamente --  
148 y 48, que se presentaron: el primero, entre las 11  
y las 12 AM y el segundo, entre las 4 y 5 de la mañana.  
El índice 100 se sucedió entre las 7 y las 9 de la noche.

4.- El consumo por habitante - Para hacer comparables los da--  
tos de consumo entre dos poblaciones, o para proyectar --  
hacia el futuro, en una misma ciudad, se suele suponer --  
que el consumo medio diario anual, es función directa de  
la población y así, si se presenta por  $C_M$  ese valor y ---  
por  $P$  el de la población, deberá tenerse:

$$C_M = q \cdot P$$

En que  $q$  es un factor de proporcionalidad llamado "Con--  
sumo por habitante y por Día". Este factor, lo mismo que  
 $C_M$ , es una medida de tendencia central y significa que --  
el consumo de cada uno de los habitantes de una pobla --  
ción, se encuentra alrededor de él, unos por encima y --  
otros por debajo. Si todos consumieran lo mismo, eso ---  
sería el valor. La fórmula puede aplicarse al conjunto --  
de una ciudad ó a cada uno de sus sectores, pero enton--  
ces  $q$  será diferente, en los distintos casos. ®

El consumo por habitante y por día, puede considerarse --  
como la suma de cinco cantidades:

- a) El consumo doméstico
- b) El consumo Industrial
- c) El consumo comercial



d) El consumo público

e) Los desperdicios

Según la ciudad o el sector, ellos cambiarán y dominarán uno sobre los otros.

Los desperdicios, constituyen un factor que siempre existe, pero cuyo valor, mayor o menor, depende de:

1) Los desperdicios domiciliarios

2) Las fugas en la red.

La primera puede reducirse a valores mínimos con el empleo de los contadores y una buena educación de los usuarios. La segunda es consecuencia del tipo de mantenimiento que se haga en las redes. Es una cantidad que debe estimarse tanto para los diseños como para la operación.

Los otros factores dependen de la población, de su nivel de vida y de su grado de industrialización. Se ve pues, que el hecho de que una ciudad registre un índice de consumo por habitante inferior al de otra, del mismo tamaño, no quiere decir que aquélla no tenga un gran desperdicio.

5.- Capacidad de las Tuberías - Depende de la pérdida de carga y del diámetro. Para uno mismo é iguales condiciones topográficas, la pérdida de carga dependerá de la rugosidad de sus paredes que se mide por medio del llamado coeficiente de rugosidad.- Al variar éste, si se

pretende mantener las presiones, variará el gasto y -- si se trata de lograr el mismo gasto, variarán las presiones.

El cambio en las presiones pues, es un índice de variación del coeficiente de rugosidad, si el gasto permanece constante.

El coeficiente de rugosidad puede entenderse de dos maneras:

a) Como producido solamente por la rugosidad de las paredes.

b) Como resultado de combinar la rugosidad con las pérdidas producidas por los cambios bruscos de sección, los accesorios, las válvulas, etc.

El primero puede considerarse como un valor teórico y el segundo como práctico y es el que generalmente se mide.

6.- Los flujos y los Consumos - La determinación del consumo en una ciudad o en un sector de ella, tiene que hacerse midiendo el agua que pasa por las tuberías de alimentación. Tres casos pueden presentarse:

a) El sector se alimenta con una sola tubería ---- (fig. 2.4).

b) Al sector lo alimentan varias tuberías simultáneamente.

c) Una sola tubería lo alimenta pero luego lleva -- agua a otro.



En el caso a) se llama consumo a la cantidad de agua que pasó por una sección de la tubería, durante un determinado período de tiempo e intensidad de consumo, la cantidad que pasa, por unidad de tiempo, en un instante dado.

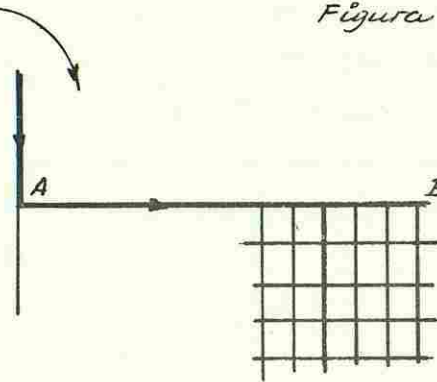
En los casos b) y c), se denomina "Intensidad de Flujo" a esta última y "Flujo Total" a aquella.

Se ve pues, que la medida directa de los consumos requiere que los sectores se encuentren aislados y alimentados por una sola tubería.

Figura 2.4

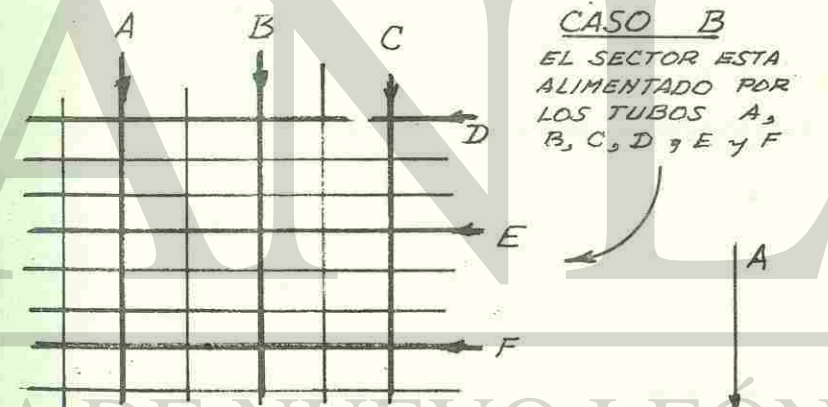
**CASO A**

EL SECTOR LO ALIMENTA ÚNICAMENTE EL TUBO AB.



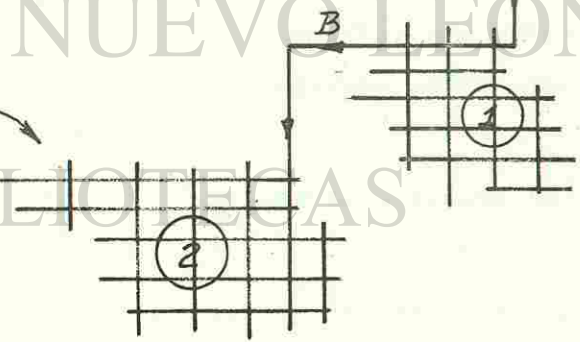
**CASO B**

EL SECTOR ESTA ALIMENTADO POR LOS TUBOS A, B, C, D, E y F.

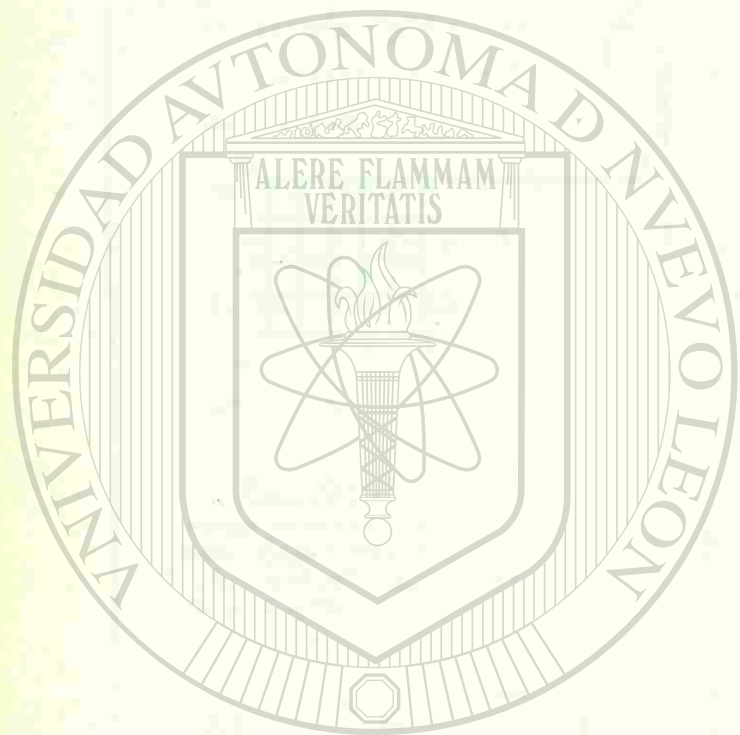


**CASO C**

EL SECTOR ① SE SIRVE DEL TUBO AB, PERO ESTE ALIMENTA ADEMÁS A ②







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 3.- APARATOS DE MEDIDA.

3.1.- Tipos de medida. De acuerdo con lo expuesto en el punto anterior sobre consumos, gastos y flujos, se ve que, en los sistemas de abastecimiento de agua, es necesario para conocer sus índices y estudiar su funcionamiento, medir, en toda la ciudad a un sector o en tramos aislados de tubería :

- a) El consumo
- b) Los gastos de consumo
- c) Los flujos totales
- d) Los gastos de flujo
- e) Las presiones
- f) Las pérdidas de carga

En la práctica estas medidas se reducen a determinar tres cosas :

- a) Flujo total
- b) Gasto de flujo
- c) Presión

Las medidas de flujo total y del gasto, pueden hacerse en forma directa o indirecta. Son directas cuando se mide cada una de ellas con un aparato propio para ésto. ®

Son indirectas cuando la una se deduce midiendo la otra.

3.2.- Medida directa del flujo total. Se utilizan para ésto, los denominados, contadores o medidores de agua que dan directamente el volumen pasado, haciendo la dife--



rencia entre las lecturas  $V_1$  inicial y  $V_2$  final del registrador del aparato.

Este tipo se emplea para medir los consumos domiciliarios.

En el caso de las redes, es posible utilizarlo y existen comercialmente los aparatos para ello. Pueden emplearse en forma fija (fig. 3.5), intercalándolos en las líneas de tuberías, pero ésto restringe mucho las investigaciones y las concentra en puntos determinados. En forma móvil se usan haciendo instalaciones similares a la indicada en la figura 3.6, aún cuando son más elásticos que los flujos, sus instalaciones son complicadas y costosas. Sin embargo, constituyen un sistema de aforos en las redes.

3.3.- Medida de los gastos de flujo. Se pueden emplear principalmente tres procedimientos,

a) El de tipo de Venturis, discos con orificios, los cuales dan el gasto en proporción a la raíz cuadrada de la pérdida de carga.

b) Los que miden la velocidad y permiten por lo tanto deducir el gasto, tales como el medidor rotatorio y los basados en el tubo Pitot, denominados "Pitómetros" comercialmente.

El medidor rotatorio presenta dificultades similares a los Venturis etc., que son los mismos anotados para los de flujo total.

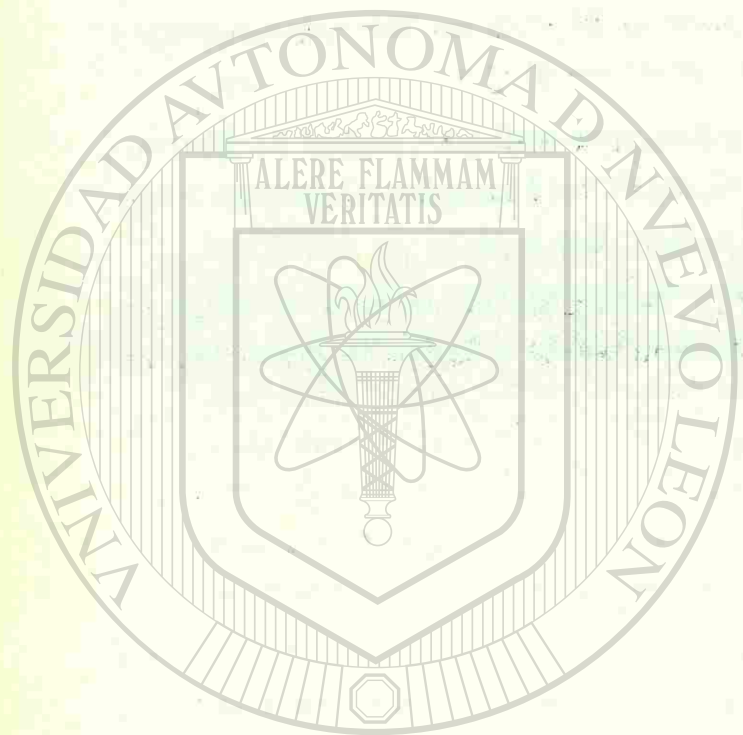
En cambio hasta ahora, el pitómetro, es el aparato que ha dado resultados mejores, en cuanto a flexibilidad y facilidad en los aforos. El mide la velocidad y permite así calcular el gasto de flujo.

3.4.- Medida del flujo total, por medio de gastos de flujo.

Se basa en medir el gasto de flujo  $Q$  y el tiempo  $t$  y luego multiplicar  $Q_t = Q \times t$

Para gastos de flujo variables, se calcula el flujo total para intervalos constantes y luego se suman los resultados.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### 4.- TEORIA DEL PITOMETRO.

4.1.- Definición. El pitómetro es una aplicación del llamado tubo de Pitot, inventado por el ingeniero francés Henry de Pitot en 1732, a la determinación de la velocidad de flujo en un conducto forzado.

4.2.- Principios fundamentales. Cuando en un líquido se introduce, un tubo doblado, tal como lo indica la figura 4.1,

a) Si el líquido está en reposo, penetrará en el tubo hasta alcanzar una altura  $H$ , igual al nivel de la superficie libre.

b) Si está en movimiento y lo hace en dirección contraria al doblar del tubo, la velocidad  $V$ , al llegar al punto  $B$ , se anulará, es decir, producirá un impacto que transformará la energía de movimiento estática, ocasionando el ascenso del líquido hasta una altura  $h$  que será función de la velocidad  $V$ .

4.3.- Relación de la velocidad y la altura. Tomando el caso del agua, como peso específico 1, la relación entre los valores  $V$  y  $h$  pueden calcularse de la siguiente manera :

Considerando dos puntos, uno  $B$ , fuera del tubo y otro  $A$ , dentro de él, deberá tenerse:

$$P_B + V^2 / 2g = P_A \quad (1)$$

siendo  $P_A$  y  $P_B$ , las presiones en los puntos  $A$ . y  $B$ . - Estos valores, pueden por otra parte, calcularse así:



$$P_B = H + P_{at}$$

$$P_A = H + h + P_{at}$$

por consiguiente, la fórmula (1) quedará :

$$H + P_{at} + V^2/2g = h + H = P_{at}$$

es decir

$$V^2/2g = h \text{ por lo tanto } V = \sqrt{2gh}$$

En la práctica el valor V debe tomarse igual a :

$$V = C \sqrt{2gh}$$

en que C es un coeficiente que depende del diseño del tubo.

4.4.- Tubo de Pitot, en conductos forzados. Cuando se trata de una tubería a presión, como en la figura 4.2, entonces, para los puntos A y B deberá tenerse:

$$H + V^2/2g = h, \text{ por lo tanto } H - h = V^2/2g$$

$$\text{o sea, } d = V^2/2g, \text{ por lo tanto } V = \sqrt{2gd}$$

es decir, que la velocidad en el conducto es función de la flecha que se produce entre los dos tubos.

$$\text{en la práctica, } V = C \sqrt{2gd}$$

siendo C un coeficiente que depende del diseño del tubo.

4.5.- Formas prácticas. El empleo del tubo Pitot para medir las velocidades en los conductos forzados, requiere siempre dos tubos destinados, el uno a medir solamente

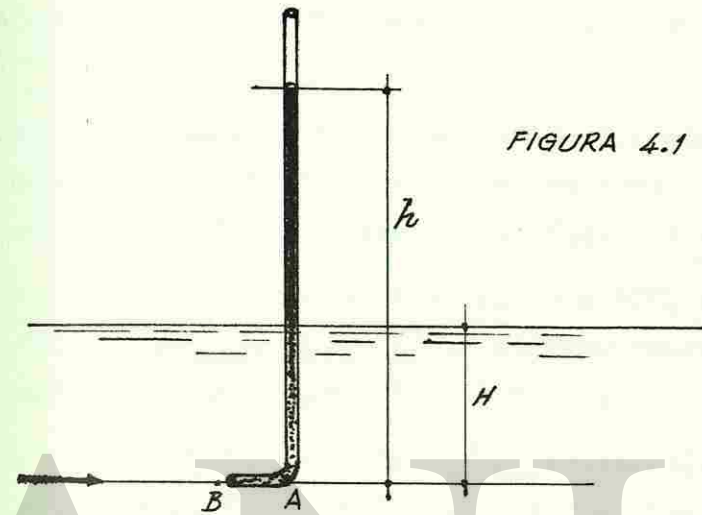


FIGURA 4.1

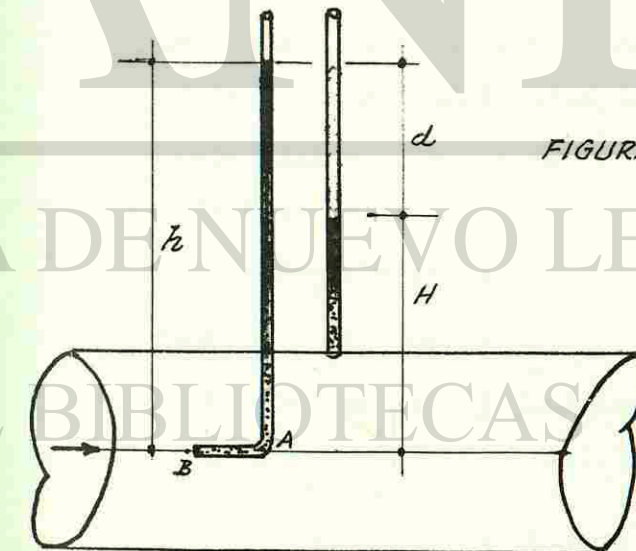
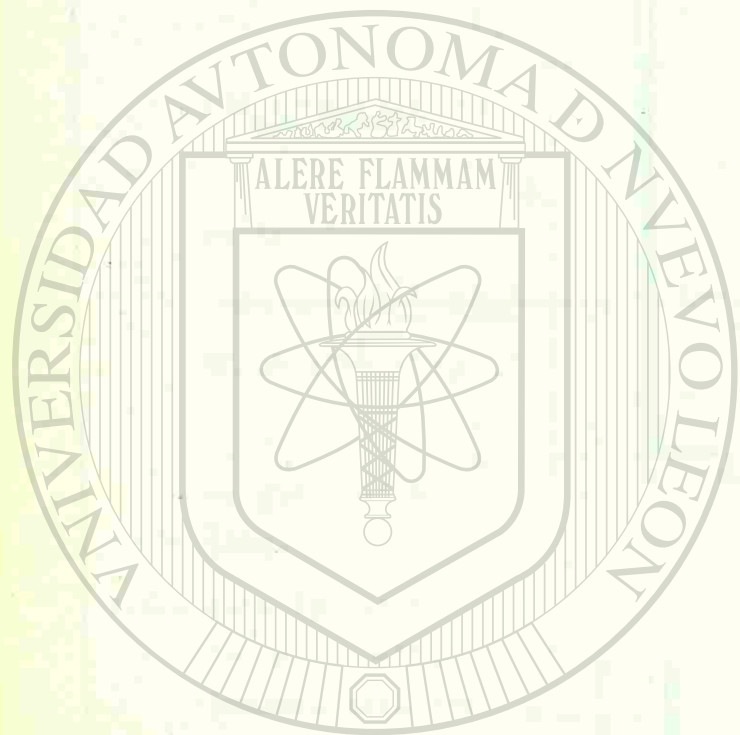


FIGURA 4.2





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

te la presión  $H$  y el otro, a conocer el valor  $h$ , que es la suma de la presión y del impacto por la velocidad.

Los dos tubos pueden construirse, ambos son sus extremos doblados (fig. 4.3) o uno con el extremo doblado y el otro con orificios perforados. (fig. 4.4).

En el primer caso, orientarse a  $180^\circ$  o a  $90^\circ$ , tal como lo indica la figura 4.5. En el segundo caso, las perforaciones deben hacerse a  $90^\circ$  (fig. 4.6).

Cuando están a  $180^\circ$ , el pitómetro es reversible, es decir registra el flujo en ambos sentidos, cuando están a  $90^\circ$  no es reversible (fig. 4.7).

Para facilitar la medida de la flecha entre los dos tubos, se emplea un manómetro diferencial en U, lleno con un líquido coloreado que no se mezcla con el agua y que pueda tener varias densidades. (ver fig. 4.8).

4.6.- Expresión de la velocidad en función de la deflexión del manómetro. (ver fig. 4.9) sean:

$P$  = Presión mayor

$P_1$  = " menor

$D$  = Deflexión del manómetro en pies

$x$  = Peso específico del líquido indicador.

$z$  = Distancia del extremo del manómetro a la columna mayor.

El equilibrio en el tubo en U, se consigue para :



$$P + (z + D) = P_1 + z + Dx$$

$$P - P_1 = h = Dx - D$$

$$h = D(x - 1)$$

por consiguiente, la expresión  $V = C\sqrt{2gh}$ , queda

$$V_{\text{pies/seg}} = C\sqrt{2gD(x-1)}$$

si  $d$  es la deflexión media en pulgadas,  $d = D/12$

$$V_{\text{pies/seg}} = C\sqrt{1/6gd(x-1)}$$

que también puede escribirse,

$$V = C\sqrt{1/6g(x-1)}\sqrt{d}$$

4.7.- Tabla que da las velocidades para cada deflexión según la densidad del líquido manométrico. Los valores de  $V$ , en función de  $d$  y  $x$ , tomados de la fórmula anterior, se tabulan, en la práctica, para cada densidad. Estas tablas acompañan a los aparatos.

Los valores que no se encuentren, es decir que correspondan a pesos específicos diferentes, pueden intercarse, de la siguiente manera:

Escribiendo así la fórmula:

$$V_{\text{pies/seg}} = R\sqrt{x-1}$$

en que  $R = C\sqrt{1/6gd}$ , se tendrá:

a)  $V = R\sqrt{x-1}$  para la densidad dada en la tabla.

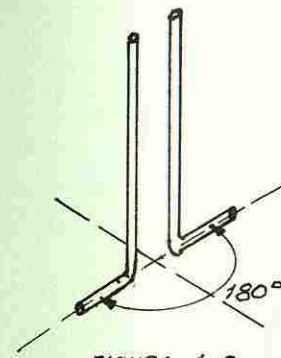


FIGURA 4.3

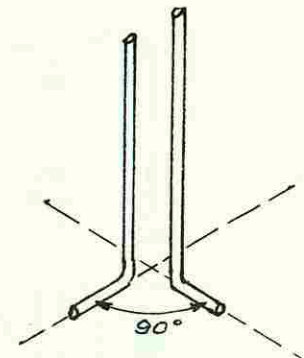


FIGURA 4.5

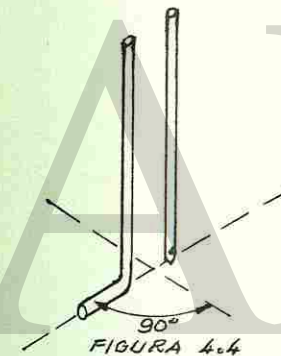


FIGURA 4.4

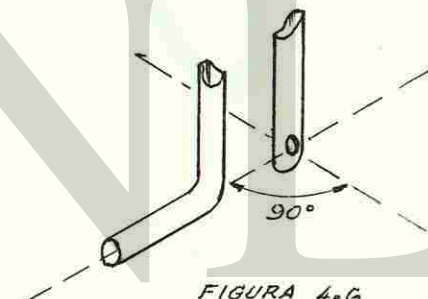


FIGURA 4.6

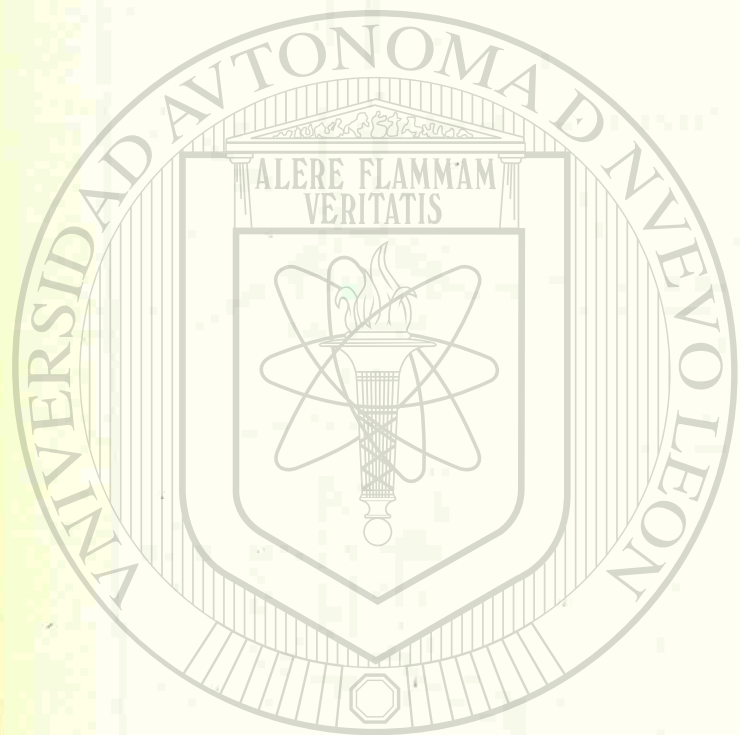
REVERSIBLE

NO REVERSIBLE



FIGURA 4.7





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

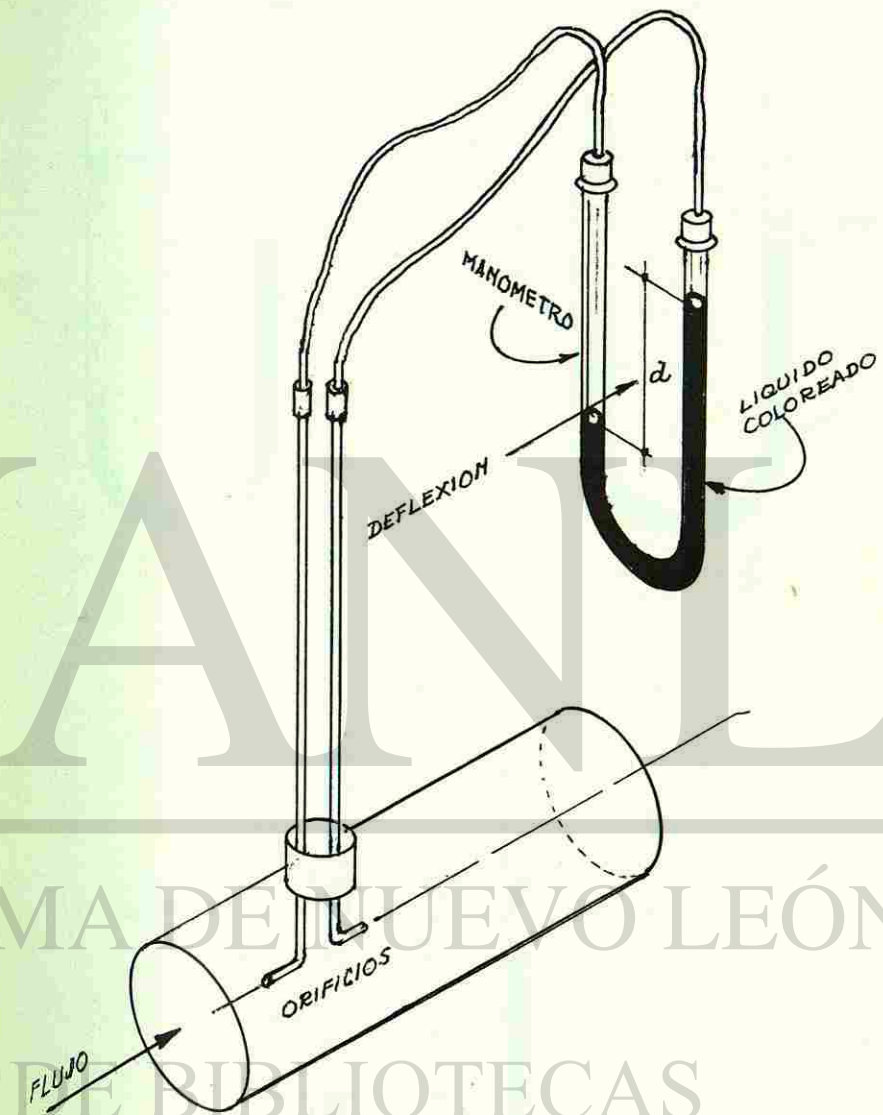
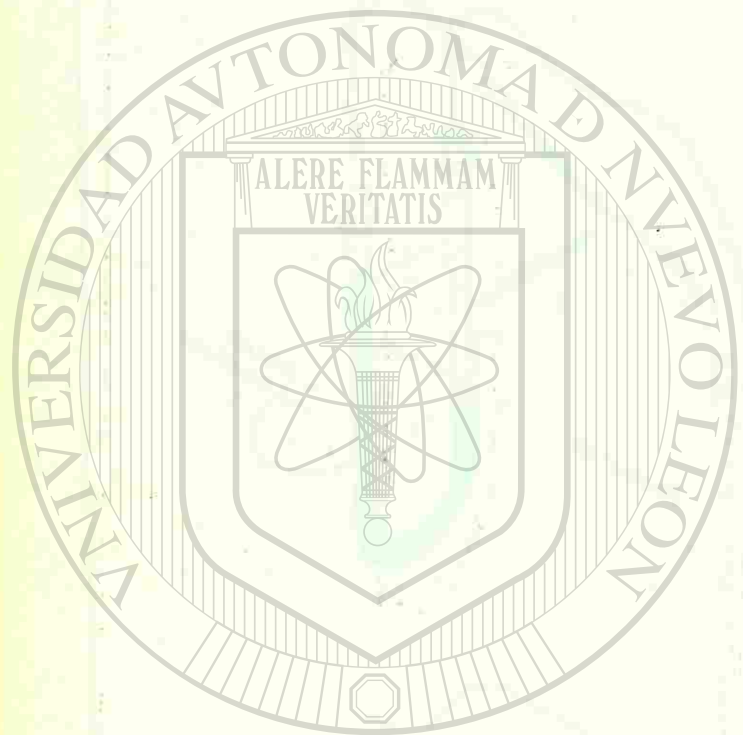


FIGURA 4.8

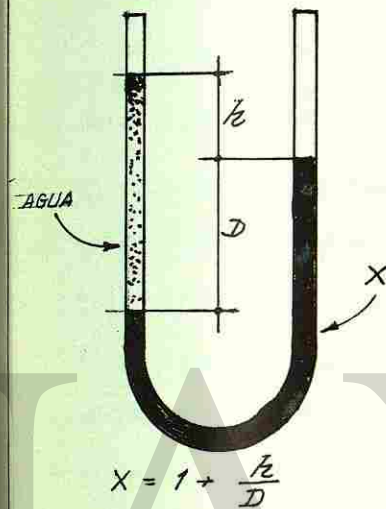




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

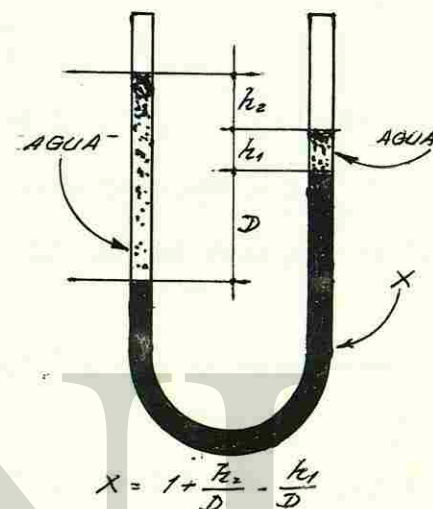
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

FIGURA 4.9



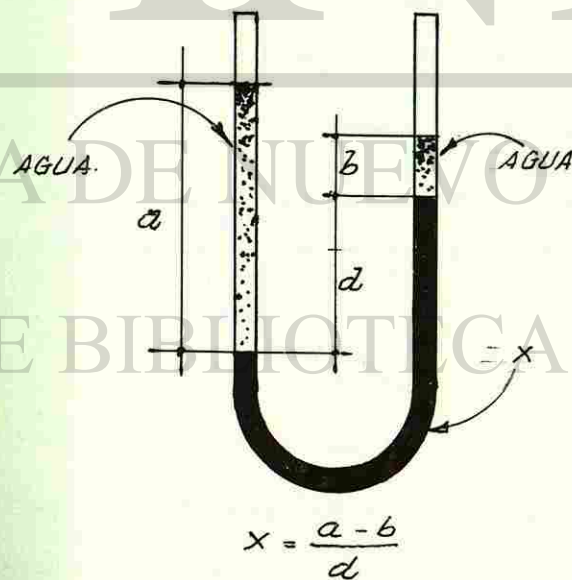
$$x = 1 + \frac{h_2}{D}$$

FIGURA 4.10



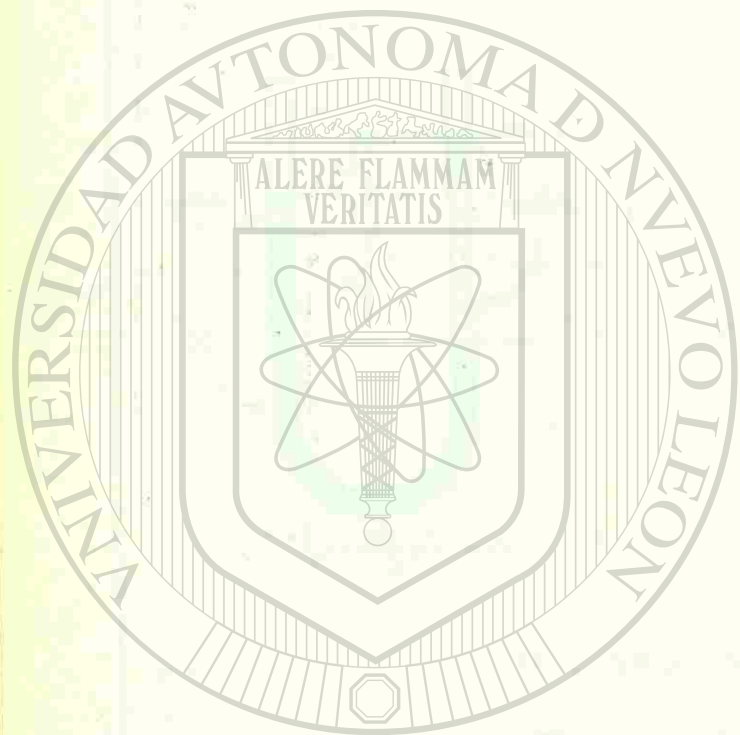
$$x = 1 + \frac{h_2}{D} - \frac{h_1}{D}$$

FIGURA 4.11



$$x = \frac{a - b}{d}$$





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

b)  $V_1 = R \sqrt{x_1 - 1}$  para la densidad  $x_1$  que no está tabulada.

$$V/V_1 = \sqrt{x - 1} / \sqrt{x_1 - 1}$$

$$V_1 = V \sqrt{x_1 - 1} / \sqrt{x - 1}$$

4.8.- Determinación de la densidad del líquido manométrico.

El procedimiento para hacerlo consisten en :

- a) Llenar parcialmente el tubo manométrico con el líquido indicador.
- b) Vertir agua en una de sus ramas o en ambas pero más en una que otra.

Se produce entonces una deflexión. El cálculo puede hacerse de dos maneras :

1a.- (ver fig. 4.10) para el equilibrio se debe tener :

$$D x = h_1 + h_2 + D \quad \text{por lo tanto}$$

$$x = 1 + h_1 / D + h_2 / D$$

si hay agua en un solo lado  $x = 1 + h_1 / D$

2a.- (ver fig. 4.11) lo mismo, que en el método anterior, debe tenerse para el equilibrio :

$$d x = a - b$$

por lo tanto  $x = a - b / d$

si hay agua en un solo lado:  $x = a / d$

4.9.- Líquidos indicadores. Los líquidos más usados son :

- a) Tetracloruro de carbono p.e. 1.60



- b) Bromoformo- - - - - p.e. 2.96
- c) Benzol- - - - - " 0.87
- d) Mercurio- - - - - " 13.58

Los tres primeros se mezclan en proporciones que varían entre 1.1 y 3.0 siendo la más empleadas 1.1, 1.25 y 3.0.

Para obtener las mezclas de distintas densidades, se pueden calcular las proporciones de cada líquido así:

Sean  $V_1$  y  $V_2$  los volúmenes de dos de los líquidos de densidades  $X_1$  y  $X_2$ .  $X_m$  la densidad de la mezcla. Debe tenerse entonces:

$$\frac{V_1 X_1 + V_2 X_2}{V_1 + V_2} = X_m$$

$$V_1 X_1 + V_2 X_2 = V_1 X_m + V_2 X_m$$

$$V_1 X_1 + V_2 X_m = V_2 X_m + V_2 X_2$$

$$\frac{V_1 (X_1 - X_m)}{V_1 + V_2} = \frac{V_2 (X_m - X_2)}{V_1 + V_2}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{(X_m - X_2)}{(X_1 - X_m)}$$

Conocida la densidad  $X_m$  se puede calcular la proporción de los líquidos.

## 5.- DETERMINACION DE LA VELOCIDAD MEDIA.

5.1.- Concepto de la velocidad media. Cuando el agua a presión se mueve en el interior de una tubería, el flujo tiende a retardarse, debido a la viscosidad y a la adherencia de sus moléculas con las paredes del conducto. Por lo tanto, la velocidad será mayor hacia el centro de la sección y va acercándose a cero, al aproximarse a las paredes. El resultado de esto es que, los vectores representativos, originan un perfil similar al mostrado en la fig. 5.1.

La falta de uniformidad en la distribución de los valores de la velocidad en el conjunto de la sección, ha obligado a introducir la noción de la "velocidad media", que puede considerarse como el promedio de los valores, en toda la sección o más exactamente como la relación existente entre el flujo y el área.

5.2.- Métodos para determinar la velocidad media. Los métodos empleados hasta ahora, consisten todos en suponer la sección dividida en un determinado número de anillos (ver fig. 5.2) de igual área y medir la velocidad correspondiente al círculo del radio medio. El cálculo del radio puede hacerse así:

$$a = \text{área de cada anillo} = A/N$$

en que A es el área de la sección del tubo y N el número de anillos

$$R_n = R \sqrt{(2n - 1) / 2N}$$



Tomando  $R$  = Radio del tubo

$R_n$  = Radio medio del anillo

$n$  = Número del anillo contado desde el centro

La velocidad media, será el promedio de los valores obtenidos en cada anillo.

En la práctica, la localización, de los orificios del pitómetro, exactamente en la posición del radio medio es difícil especialmente en las proximidades de las paredes. Ha sido, por lo tanto, necesario emplear métodos, que traten de resolver el problema, basándose en un procedimiento gráfico, citamos a continuación dos de ellos:

- a) El empleado por la Simplex Valve Meter Co.
- b) El usado por la Cole Pitometer Co.

5.3.- Método de la Simplex Valve. El método se basa en:

- a) Colocar los orificios en el centro de cada anillo y en seguida en el centro del tubo.
- b) Hallar la relación entre las dos velocidades. El promedio de estos valores, es en principio el factor del tubo.
- c) Sin embargo, se considera que, no es posible colocarlos exactamente en el centro de los anillos, entonces los valores del factor obtenido para cada uno, se llevan a un sistema de coordenadas y se suaviza la curva. Se buscan luego los factores para cada anillo y

promedia al resultado, para obtener el F.T. definitivo.

El procedimiento en la práctica se desarrolla así:

10. Se determina el número de anillos y su posición en la sección, por medio de una tabla basada en la fórmula

$$R_n = R \sqrt{(2n - 1) / N}$$

que se da en la figura 5.3.

20.- Se introducen los orificios en el tubo, colocándolos alternativamente en las posiciones obtenidas con la tabla y en el centro del tubo. Estos valores se anotan en un cuadro como el de la figura 5.4, en las columnas denominadas  $d$  y  $d_c$

30.- Por medio de la fórmula  $V = k \sqrt{D (s - 1)}$  se determinan los valores de  $V_m$  y  $V_c$

40.- Se divide  $V_m$  por  $V_c$  para obtener las cifras correspondientes a la columna "valores de  $V$ , cuando  $V_c = 1$ "

50.- Los datos de esta última columna, se lleva al gráfico de la figura 5.5 y se traza luego con curvigráfico una curva suavizada, a criterio del operador.

60.- Se determinan los valores correspondientes a los puntos, donde la curva corta las ordenadas correspondientes a los anillos y se anotan los datos, en el cuadro citado a la izquierda del gráfico.



7o.- El promedio de estos valores será el factor del tubo.

5.4.- Método de la Cole Pitometer. Parte de las siguientes consideraciones:

1a.- Si los orificios se van colocando sucesivamente en los centros de los anillos, las raíces cuadradas de las deflexiones obtenidas en cada punto, serán proporcionales a las correspondientes velocidades, o sea que

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

Si esta igualdad se escribe para cada punto y se suman miembro a miembro, resultará:

$$\sum V = K \sum \sqrt{d}$$

si N es el número de anillos, la velocidad media, será

$$V_m = \sum V / N = K \sum \sqrt{d} / N$$

Por otra parte, si el pitómetro se coloca en el centro de la sección, la velocidad obtenida será:

$$V_c = K \sqrt{d_c}$$

y la relación

$$\sum \sqrt{d} / N$$

$$V_m / V_c = F. T. = \frac{\sum \sqrt{d} / N}{\sqrt{d_c}}$$

Será constante para una misma sección del tubo y se denominará F. T. factor del tubo.

2a.- Como es difícil, localizar los orificios en el centro de los anillos, se sitúan en varios puntos de la

sección, tratando de que quede uno por lo menos en cada anillo. Sus deflexiones que resulten se llevan a un gráfico, y se hace pasar por los puntos obtenidos una curva suavizada. Los valores que se obtengan, en las intersecciones de ella, con las líneas que representan los centros de los anillos, sirven para calcular la raíz cuadrada, sumarlos, dividir por el número de anillos y por la velocidad en el centro.

El procedimiento seguido en la práctica consiste en:

a) Rayar una cuadrícula O N D<sub>1</sub> D (ver fig. 5.6) llevando sobre el eje vertical las deflexiones y sobre el horizontal las pulgadas del diámetro.

b) Trazar verticalmente diez líneas de trazos que correspondan a los círculos límites de 5 anillos en que se considera dividida la sección.

c) En una franja D D<sub>1</sub> M N, de la parte superior se prolongan en líneas continuas las de trazos y se obtienen así, diez cajoncitos que corresponden respectivamente a los cinco anillos.

d) En la mitad de estos cajoncitos y hacia abajo se llevan segmentos de recta en trazos, A, B, C, J, que corresponden a los círculos medios de los anillos y que deben quedar situados, con relación al eje gráfico a distancias

$$L_A = 0.948 R$$

$$L_F = 0.316 R$$

$$L_B = 0.836 R$$

$$L_G = 0.548 R$$



$$L_C = 0.706 R \quad L_H = 0.706 R$$

$$L_D = 0.548 R \quad L_I = 0.836 R$$

$$L_E = 0.316 R \quad L_J = 0.948 R$$

El eje del gráfico, se traza en líneas de punto y raya.

El rayado horizontal se hace a distancias iguales.

e) Para efectos de trabajo de campo, estos gráficos se dibujan adoptando tres formatos que se muestran en las figuras, 5.7, 5.8, 5.9. En el de la figura 5.7, se ha dividido el espacio ON, en ocho partes iguales, con línea continua y sirve para tuberías de 4", 8" y 16". El de la figura 5.8, se ha dividido en seis y sirve para 6", 12", 18" y 24" y el de la figura 5.9 en diez partes que sirven para los diámetros de 10", 20" y 30".

f) Los orificios del pitómetro se introducen dentro del tubo y se van tomando lecturas en varios puntos, procurando hacer mayor número de ellas contra las paredes que hacia el centro.

Los datos obtenidos se van llevando, directamente en el terreno, sobre la cuadrícula de la hojita y después de recorrido, todo el diámetro, se unen entre sí, cuidadosamente, con una curva suavizada.

g) Por medio de una regla, se prolongan los segmentos de trazos, A, B, - - - - J, hasta cortar la curva; se leen los valores de la deflexión en los puntos interceptados y luego se anotan al pie de los respectivos

puntos de la curva. Estas son las deflexiones en los círculos centrales de los anillos.

h) Se les extrae la raíz cuadrada y el resultado se anota arriba en el cajoncito correspondiente. Sumádo los luego, sin incluir el dato del eje, que se señala con un círculo. Se anota la suma a la derecha y luego se divide por diez y por la raíz cuadrada de la deflexión en el centro. Este valor es el Factor del Tubo que se anota en la parte superior de la hoja.

La figura 5.10 es un ejemplo del procedimiento verificado en un tubo de 6" que dió 0.80 como factor del tubo.

Es conveniente, no limitarse a una sola pasada de la varilla.

Debe hacerse, dos o tres veces, si es necesario. Cada pasada se indica con un símbolo distinto, por ejemplo, una cruz, un círculo, un triángulo, etc.

5.5.- Correcciones y recomendaciones. Conocido el factor del tubo, es posible calcular la velocidad media, determinando la del centro u multiplicándola por él.

La velocidad en el centro, se calcula aplicando la fórmula

$$V_c = C \sqrt{1/6 g (x - 1)} \sqrt{d}$$

en que,  $V_c$  está en piez por segundo,  $d$  en pulgadas y  $C$  es la constante del aparato.



Esta constante, de acuerdo, con códigos de la A.S.M.E. (el PTC 18 - 1938), debe aceptarse como variable con el factor del tubo y tomarse un valor así :

F.T.

Coefficiente del tubo de Pitot

0.95

0.9925

0.90

0.9850

0.85

0.9775

0.80

0.9700

0.75

0.9625

Cuando el factor del tubo, sea menor de 0.75, esa sección no puede emplearse. Es necesario hacer el taladro en otro punto.

El valor  $x$ , corresponde a la densidad, antes de iniciar la determinación del factor del tubo, y después de terminado, debe hacerse una determinación por medio del tubo del manómetro. Como valor para los cálculos se utilizará el promedio de las dos medidas.

el factor  $C = \sqrt{1/6 g (x - 1)}$

Puede venir tabulado, bajo la denominación K C, para varias densidades, Si en la tabla no se encuentra el valor correspondiente, debe corregirse como se indicó al principio al hablar de las densidades.

El manómetro diferencial que se emplee, debe ser de vidrio y de sección uniforme, con diámetro no inferior a 9/32".

Al hacer las medidas, debe removerse todo el aire de él y de las líneas de conexión. Los tubos del manómetro y el líquido indicador, deben estar limpios con el fin de asegurar la formación de un buen menisco que no debe adherirse a las paredes del tubo.

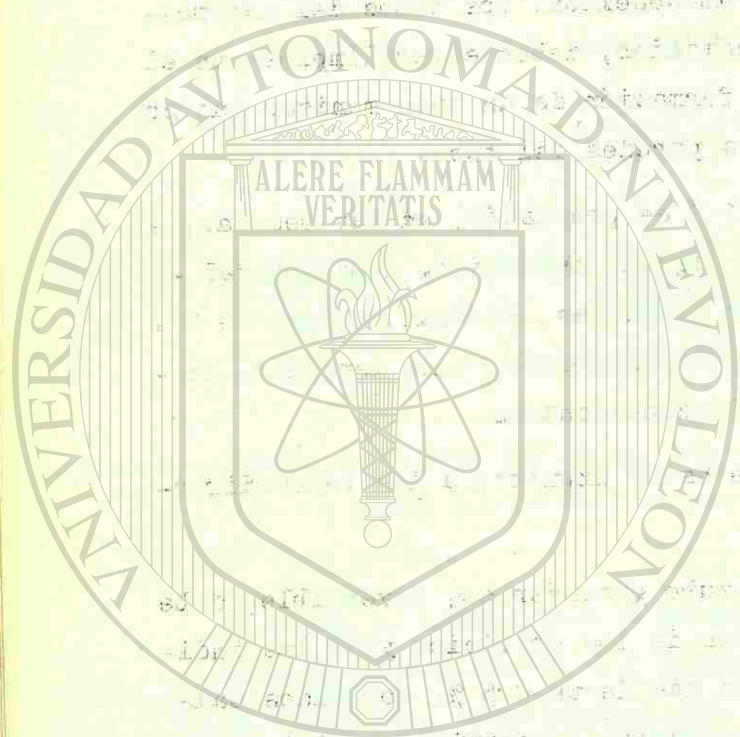
Para garantizar un 1 % de precisión, en las medidas, el peso específico del líquido indicador, debe ser tal que, las deflexiones obtenidas, no sean menores de 2". Para el mercurio, debe utilizarse, como densidad, la que dan las tablas internacionales.

El manómetro no debe estar expuesto a los rayos directos del sol.

Antes de emplear un tubo pitométrico, reversible, debe invertirse la posición de los orificios y si las indicaciones, no difieren más de un 0.5 %, colocados cada uno de los orificios, contra la corriente, el instrumento puede considerarse en buen estado.

Las determinaciones del factor del tubo a varias velocidades en el centro, no deben diferir en más de 1 % del promedio de las otras. En caso contrario, deben repetirse.





## 6.- DETERMINACION E INVESTIGACION DE LOS FLUJOS.

6.1.- Bases para el cálculo. El flujo, en un conducto a presión, es el producto de la velocidad media, en una sección, por el área de ella. De acuerdo con la ecuación de continuidad, este valor será el mismo, a lo largo de la línea, mientras ella no se ramifique. El cálculo requiere pues conocer dos cantidades.

- a) Area ; b) Velocidad media

La investigación de los flujos en una red, necesitará, además, el esquema de las líneas que la integran con sus ramificaciones.

La velocidad media, se determina tal como lo indicamos en el Capítulo 5. Estudiaremos a continuación los elementos de cómputo para el área y el proceso de las investigaciones.

6.2.- Determinación del área. El área de la sección estudiada puede afectarse por tres factores :

- a) Barra del Pitómetro  
b) Diámetro del conducto  
c) La proyección del registro de incorporación.

Se llama Area Nominal a la correspondiente al diámetro Nominal, es decir al que se emplea para designar el conducto. Por ejemplo, el área nominal de una tubería de 4", será el área del círculo cuyo diámetro sea de 4".



El área real, se obtiene corrigiendo la nominal, por los tres conceptos anotados. Generalmente, ellos se expresan en forma de coeficientes, por los cuáles debe multiplicarse, el valor nominal, para obtener el real. Esos coeficientes podemos designarlos así :

- $F_B$  = Reducción por varilla aparato
- $F_D$  = Corrección por diámetro
- $F_P$  = Corrección por proyección del registro

Si llamamos además  $A_N$  y  $A_R$  las áreas nominal y real, respectivamente debe tenerse :

$$A_R = A_N \times F_B \times F_D \times F_P$$

6.3.- Factor de reducción por varilla del pitómetro. Debe considerarse solamente la posición de los orificios en el centro de la sección, donde se colocan para hacer las medidas.

Se estima que, empleando una varilla plana de un pitómetro reversible, se reduce el área, tal como lo indica la figura 6.1, donde se dan además los valores de  $F_B$ , obtenidos dividiendo el área reducida por el área nominal. Se ve que la reducción producida es de un 5% para 4" y de menos de 1% para 72". Cuanto menor sea el diámetro mayor será el error producido al no tener en cuenta la varilla.

Es conveniente anotar aquí, que cuando se va a determinar solamente la velocidad media, esta reducción debe emplearse también.

6.4.- Factor de corrección por diámetro. Se puede calcular - suponiendo que,

- $A_N$  = Área nominal del tubo
- $A'_N$  = Área corregida por diámetro
- $D_N$  = Diámetro nominal
- $D_R$  = Diámetro real

El valor de las áreas será :

$$A'_N = \pi D_N^2 / 4$$

$$A_N = \pi D_N^2 / 4$$

Dividiendo miembro a miembro :

$$A'_N / A_N = D_R^2 / D_N^2 \text{ por lo tanto } A'_N = A_N D_R^2 / D_N^2$$

$$\text{Por consiguiente : } F_D = D_R^2 / D_N^2$$

Es decir, a la relación obtenida dividiendo el diámetro real al cuadrado, por el diámetro nominal elevado al cuadrado.

6.5.- Factor de corrección por proyección del registro.

Llamando :

- $E$  = Diámetro exterior de la rosca del registro
- $L$  = Longitud que se proyecta
- $A_v$  = Área corregida por proyección del registro

Las áreas correspondientes serán :

$$A_v = \pi D_N^2 / 4 - E.L$$



$$A_N = \frac{\pi D_N^2}{4}$$

Dividiendo miembro a miembro,

$$A_v / A_N = 1 - E.L.$$

Por consiguiente,

$$F_P = 1 - E.L.$$

6.6.- Factor Total de corrección. La corrección que debe introducirse al área, de acuerdo con lo indicado en el punto 6.2 será :

$$A_R = A_N \times F_B \times D_N^2 / D_R^2 \times (1 - E.L.)$$

el factor  $F_B$  se obtiene de la tabla dada en la fig. 6.1.

6.7.- Estudio de los flujos en una red. El estudio de flujos en una red, requiere dos cosas, ante todo.

- a) Un esquema de las líneas por estudiar
- b) Determinación de los puntos de aforo

El esquema puede obtenerse de un plano general del sistema.

Si no existe, será necesario elaborarlo primero. Es conveniente, que este esquema, no lleve sino las líneas que se van a estudiar.

La determinación de los puntos de aforo, se hace sobre el esquema. Se pueden presentar tres casos, tales como los indicados en la figura 6.2 se ve que, en a) basta determinar un flujo, en b, dos, tales como 1 y 2, el tercero se obtiene por suma o diferencia y en

c, tres; el cuarto se deducirá también. Algunas veces - pueden presentarse situaciones como las indicadas en c y d. Conviene entonces estudiar cuáles conductos es mejor aforarlos y cuáles pueden obtenerse por deducción.

Para adelantar los aforos, se requiere en general disponer de un aparato registrador que complementa al tubo de Pitot. Son varios los equipos que pueden obtenerse en el comercio para este objeto. En todo caso, ellos dan la velocidad, instante por instante, en una gráfica o en un registro fotográfico como en el sistema Cole. El empleo de los registradores permite acelerar el trabajo y obtener mejores resultados.

La práctica más común consiste en estimar sobre la carta de registro el promedio de cada hora y tomar este dato como valor horario. Luego tabularlo en un formulario de tres columnas así :

a) Para los que dan directamente la velocidad, la primera será la hora, la segunda la velocidad promediada, en la hora y la tercera del flujo calculado.

b) Para los datos que dan la deflexión en el registro, tales como el Cole, la segunda columna llevará las deflexiones en lugar de la velocidad.

c) Es conveniente que, la columna de flujos se divida en dos, para aquellos casos en que el flujo se invierte. Si el pitómetro es reversible, el aparato lo indicará directamente, si nó, es indispensable estar alerta en el momento de los aforos para invertir los ori-



ficios cuando el flujo cambie de sentido.

Con tres aparatos registradores, es posible estudiar un nudo para cada aforo y puede estimarse, en esta forma, que la duración del trabajo será en promedio entre uno y dos días por nudo. Con menos aparatos, el trabajo se demorará más. Es conveniente determinar el consumo de la población, durante los días de aforos y procurar hacerlos en días normales, no en sábados, en domingos, ni días feriados.

En el cuadro que dá los resultados de cada hora, se debe indicar con un asterisco, la hora de flujo mayor y la de menor y además buscar el flujo medio durante las horas de aforo, sumando los valores y dividiendo por el número de horas.

Cuando no se tenga aparato registrador es posible estudiar la variación de los flujos, tomando una lectura de la deflexión del tubo de Pitot, cada media hora. El promedio de tres valores, dará el flujo horario. Por ejemplo, si las lecturas fueron :

7 A.M.	100,000	m. c. d.
7 1/2	120,000	"
8 A.M.	130,000	"
8 1/2	135,000	"
9 A.M.	140,000	"

El flujo horario será :

a) Entre las 7 y las 8 :

$$\frac{100 + 120 + 130}{3} = 116666 \text{ m. c. d.}$$

b) Entre las 8 y las 9 :

$$\frac{130 + 135 + 140}{3} = 135000 \text{ m.c.d.}$$

6.8.- Presentación de los resultados. Para presentar los resultados, se elaboran los siguientes cuadros y planos:

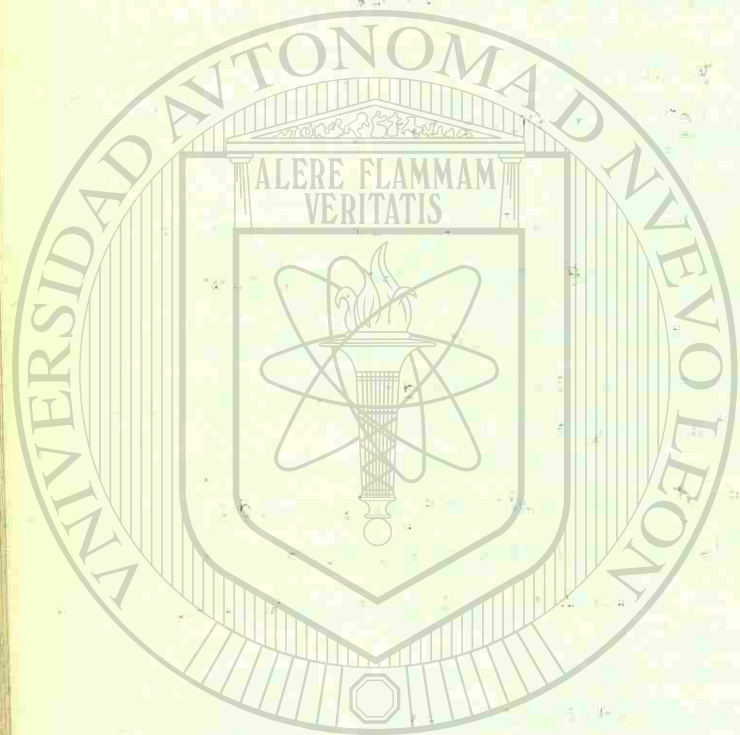
1.- Cuadro de flujo horario tal como se indicó en el punto anterior resumiendo en la parte de abajo, el flujo máximo, el mínimo el promedio.

2.- Un cuadro resumen de cada nudo que dé por cada tramo, el máximo el mínimo y el promedio e indique, la fecha y el consumo de la población el día del aforo, además del día de la semana.

3.- Un gráfico como el de la figura 6.3

4.- Un plano esquemático que indique los sentidos de flujo y los valores tal como lo muestra la figura 6.3.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 7.- ESTUDIO DE LOS CONSUMOS.

7.1.- Bases. El consumo es la cantidad de agua que se gasta un sector D la totalidad de una población en determinado tiempo. Si llamamos  $F_M$  al flujo medio y T al tiempo durante el cual se sucedió, deberá tenerse:

$$\text{Consumo} = F_M \times T$$

Generalmente los estudios de consumo se hacen por 24 horas y pueden verificarse durante varios días seguidos. Entonces, será necesario dar o conocer, la intensidad del consumo en cada hora y el consumo en las 24 horas del día. Para obtenerlo, es necesario medir el flujo o flujos correspondientes en las tuberías que alimentan el sector.

7.2.- Elementos necesarios. El aforo de los consumos requiere en estas condiciones lo siguiente:

1. Aislar el sector que se va a estudiar.
2. Dejarlo servido a ser posible por una sola tubería.
3. Medir el flujo en ella.

El 3er punto se detalló en el capítulo 6 y los dos primeros corresponden a lo que se puede llamar, Preparación del sector y requiere una serie de operaciones que son previas para el aforo.

7.3.- Preparación del sector. La preparación del sector, requiere las siguientes operaciones:

1. Delimitarlo sobre un plano de la red, buscando las



válvulas que lo rodean en tal forma que el perímetro corte a cada tramo sobre una válvula, tal como lo indica la figura 7.1

2. Elección del punto de aforo.
3. Estudio de la tubería que alimente la zona suficientemente.
4. Revisión en el terreno de las válvulas y comprobación de su localización.
5. Comprobación del servicio, aislando el sector y tomando presiones.

Estas operaciones son todas fundamentales y si no se efectúan, el aforo quedará mal hecho, sus datos serán erróneos y el tiempo, el trabajo y el dinero gastado, se perderán.

7.4.- Delimitación del sector. Con la idea de la zona por aforar se estudia el punto donde se va a hacer el trabajo. Luego, se marca en el plano (ver punto A fig. 7.1) y con un lápiz se une, este punto, con la primera válvula, cuidando que, la línea resultante, no corte ningún tramo. Luego se une ésta, con la segunda, haciendo lo mismo y así se sigue hasta volver al punto de aforar.

7.5.- Estudio de la tubería. Fijado el perímetro, se mide aproximadamente el área que encierra, se le supone un consumo determinado por hectárea basándose en el destino de ella, residencial, industrial, etc.

El valor resultante se multiplica por 1.5 para contemplar la mayor demanda y se calcula la capacidad aproximada de la tubería que lo sirve para ver si es posible atender esta demanda, verificando además la alimentación de los hidrantes e incluyéndola en el cómputo partiendo de un gasto conveniente por hidrante.

7.6.- Comprobaciones en el terreno. Se hace lista de las válvulas que encierran la zona y se va al terreno a verificar su localización, comprobar su funcionamiento, y contar el número de vueltas. Enseguida se revisan todas las válvulas interiores para cerciorarse de que estén abiertas. Las que se encuentren cerradas se abren y luego se hace el cierre del perímetro y se miden presiones, ojalá a la hora de mayor demanda. Si el resultado es satisfactorio se puede considerar el sector listo para el aforo.

Para efectuar los cierres debe elaborarse un formulario como el indicado en la figura 7.2, que dé el número de la válvula, su localización, el número de vueltas, la hora de cierre y la de apertura. Este formulario debe llevarse mirando el plano y anotando las válvulas en orden de cierre. En un programa de trabajo.

Una vez efectuado este programa se hace el cierre definitivo y se coloca durante 24 horas, por lo menos el aparato en el punto de aforo.

7.7.- Casos que pueden presentarse. Al seleccionar los sectores de aforo, puede suceder que se presenten algu--



estas modalidades tales como la estratificación de la red.

a) El sector tiene que alimentarse por más de una tubería. En este caso deben colocarse dos aparatos.

b) Hay que dejar salidas del sector para alimentar otros adelante.

Entonces, se colocan en las respectivas salidas aparatos adicionales y el consumo se calcula por la diferencia entre las entradas y las salidas.

En estos casos es indispensable disponer de aparatos suficientes. Si esto no se logra, deberá ampliarse el sector hasta conseguirlo con los existentes.

7.8.- Estudio de una red. Para estudiar los consumos por sectores en un sistema de distribución, es necesario dividir el plano de su red en distritos que cumplan cada uno, las condiciones que arriba detallamos. Los límites de dos distritos vecinos serán comunes en lo posible.

El plano con los límites de los distritos y la indicación de los puntos de aforo de cada uno de ellos, será el plano de distritos.

Estos deben numerarse.

Para establecer los distritos es conveniente investigar primero las zonas de servicio y de presiones en la red, luego, cada una de ellas se dividirá en sus respectivos distritos. Los aforos se harán primero para

cada zona en total y después para cada distrito.

7.9.- Presentación de resultados. Los resultados de los aforos de consumo, se presentan así :

1.- Planos. El de los distritos con indicaciones de perímetros, taladro y número del distrito.

2.- Cuadros. Un cuadro por cada distrito que de el consumo horario, el consumo total en el día, el máximo, el mínimo y la relación del mínimo al promedio. Además un cuadro resumen que dé el número del distrito, el consumo total, el máximo, el mínimo y la relación del mínimo al promedio.

El área, el número de suscriptores y los kilómetros de red.

3.- Gráficos. Un gráfico por cada distrito, con el consumo horario. Debe indicar además el medio y los máximos y mínimos (ver fig. 7.3)

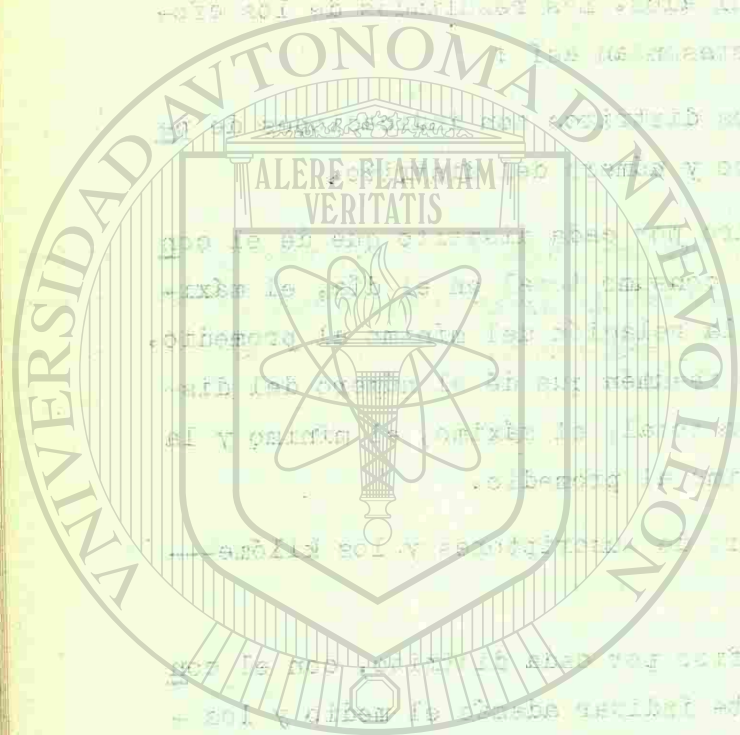
7.10.- Aplicaciones. El estudio de consumos tiene una infinidad de aplicaciones. Entre otras se pueden citar las siguientes:

a) Estudio de desperdicios.

b) Estudio de índices.

La primera será el tema del próximo capítulo. La segunda se consigue refiriendo los datos de consumo a otros tales como número de suscriptores, área, Km de red etc. Los resultados que se obtengan son de gran utilidad en estudios de ampliación del sistema.





DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 8.- INVESTIGACION DE DESPERDICIOS.

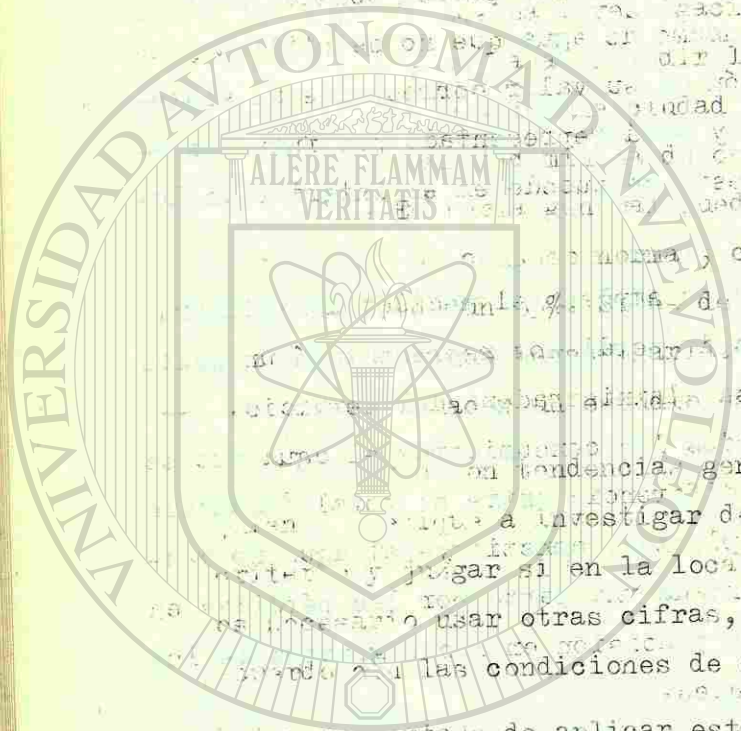
8.1.- Generalidades. Los desperdicios pueden considerarse como la parte del consumo de agua que no se utiliza y se pierde. Una fracción de su valor corresponde al sistema de distribución y está representado por fugas en las tuberías. El resto se sucede en el interior de los domicilios.

En los sistemas que no emplean el medidor domiciliario, la totalidad de los desperdicios representará un gasto inútil de la Empresa administradora del servicio. -- Cuando se mide a todos los consumidores el agua que se les suministra, la diferencia entre el total facturado y la salida de las plantas, constituye el agua no vendida y está representada una parte por las pérdidas en la red y otra por la precisión en los registros de los contadores domiciliarios.

Cuando se utilizan medidores con tarifas que incluyan cupo mínimo, parte del agua desperdiciada en los domicilios puede considerarse como una pérdida para la Empresa.

En estas condiciones, la investigación de los desperdicios debe considerarse como el aforo del agua no vendida y la determinación de sus causas para justificarla y reparar las anomalías. No es posible llegar a un sistema que esté libre totalmente de desperdicios. Aquellos, dotados integralmente de contadores y bien controlados, aceptan hasta un 15% de agua no vendida, como --





canismos especiales para registrar gráficamente los consumos (Por ejemplo la casa Kent de Inglaterra y la Meinecke de Alemania, fabrican estos modelos) Sin embargo el pitómetro se ajusta más a estas investigaciones y por esas razones nos reduciremos a explicar su aprovechamiento .

8.3.- Investigación de Desperdicios en tuberías de conducción. El sistema consiste en colocar dos pitómetros, simultáneamente, en los puntos A y B (fig. 8.1) correspondientes al principio y final de la línea. La diferencia entre los valores del consumo  $C_a$  y  $C_b$ , puede ser mayor ó igual a cero. En el primer caso, hay escape, en el segundo es normal.

La localización puede hacerse por medio de un tercer taladro, en el punto C intermedio. Entonces, si la fuga está en D,

La mayor ventaja de aplicar este método consiste en que, al tener los sectores donde se suceden mayores consumos, precisa y justifica los valores de desperdicio y por tanto evita trabajo inútil haciendo observaciones en sitios donde son innecesarios, concentrándose, en cambio, donde son indispensables.

Para efectuar las observaciones y medidas, se pueden utilizar principalmente dos aparatos:

1.- Pitómetros del tipo domiciliario.

2.- Pitómetros del tipo domiciliario.

canismos especiales para registrar gráficamente los consumos (Por ejemplo la casa Kent de Inglaterra y la Meinecke de Alemania, fabrican estos modelos) Sin embargo el pitómetro se ajusta más a estas investigaciones y por esas razones nos reduciremos a explicar su aprovechamiento .

8.3.- Investigación de Desperdicios en tuberías de conducción. El sistema consiste en colocar dos pitómetros, simultáneamente, en los puntos A y B (fig. 8.1) correspondientes al principio y final de la línea. La diferencia entre los valores del consumo  $C_a$  y  $C_b$ , puede ser mayor ó igual a cero. En el primer caso, hay escape, en el segundo es normal.

La localización puede hacerse por medio de un tercer taladro, en el punto C intermedio. Entonces, si la fuga está en D,

$C_a - C_c = 0$

$C_c - C_b > 0$

Así se puede continuar por eliminación hasta encontrar el sitio. Puede también emplearse el sistema de tomar presiones y determinar el perfil de la línea piezométrica. Si el diámetro es uniforme y el escape está en D, deberá tenerse (ver fig. 8.1):

$\frac{1}{L_1} > \frac{2}{L_2}$



Y estará localizado donde cambie la pendiente piezo-  
métrica.

8.4.- Investigación de desperdicios en el sistema de dis-  
tribución. El procedimiento requiere varias partes:

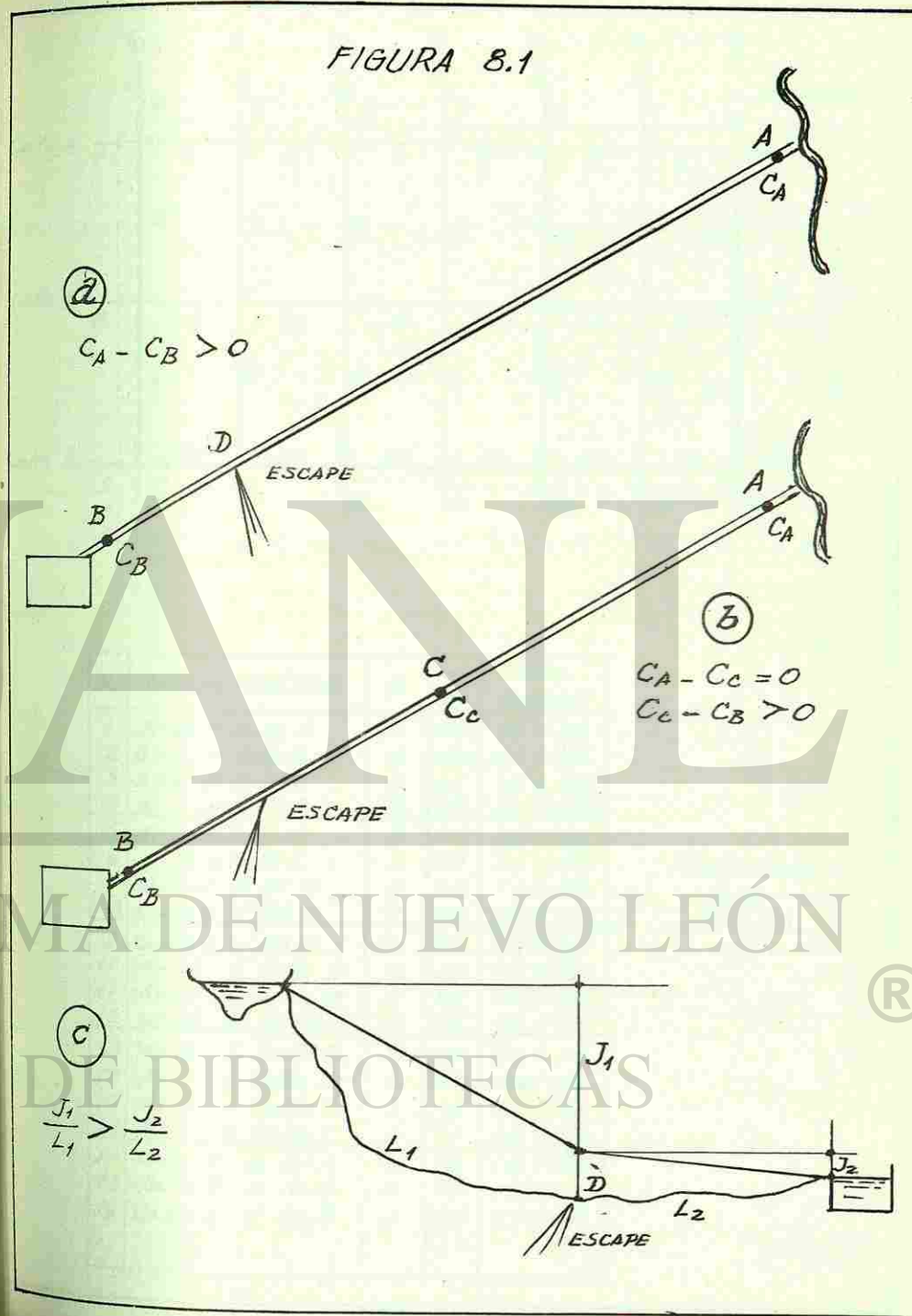
- 1.- Subdivisión de la red en sectores.
- 2.- Aforo del consumo en cada uno.
- 3.- Estudio del consumo y determinación de la rela-  
ción del mínimo al medio.
- 4.- Subdivisión del distrito.
- 5.- Cierres a las horas de mínima demanda.
- 6.- Justificación de consumos.
- 7.- Investigación de desperdicios de terreno.

A continuación detallaremos cada una de estas etapas

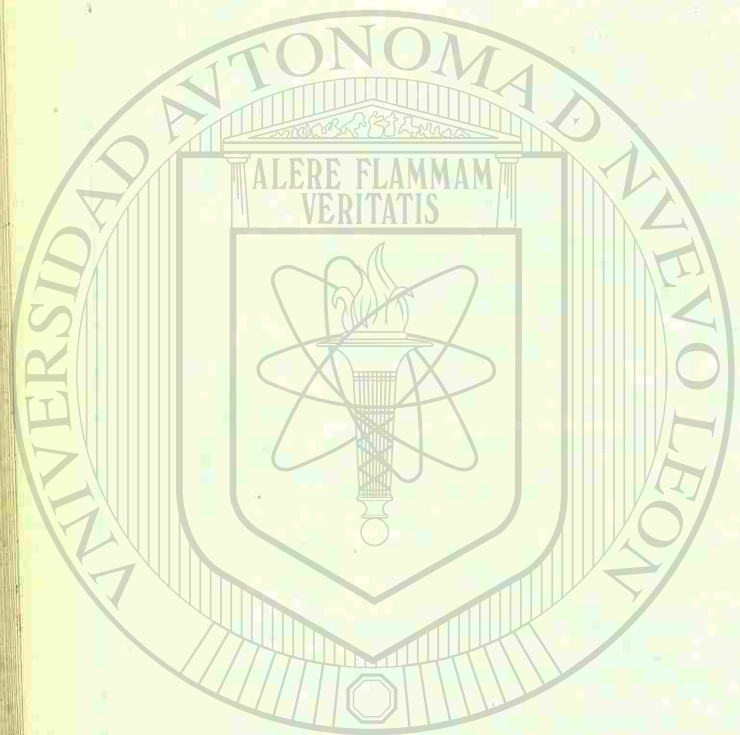
8.5.- Aforo del consumo. Una vez hecha la subdivisión de-  
la red en distritos y estudiado el cierre, para cada  
uno, tal como se indicó en el capítulo 7, se llega a  
un esquema similar al de la figura 8.2 que debe ha-  
cerse, previa lista de operación, semejante a la del  
cuadro que acompaña la figura. Luego de colocado el  
aparato 24 horas, por lo menos, se hacen los cálcu-  
los respectivos y se dibuja un gráfico del consumo  
horario.

8.6.- Consumo mínimo y relación con el medio. El estudio  
del gráfico permite apreciar cuáles son las horas de  
consumo mínimo. En el caso del ejemplo propuesto, es-  
to se sucede (ver figura 8.3) entre las 10 Pm. y las  
5 Am. Se puede deducir, además que, la intensidad

FIGURA 8.1

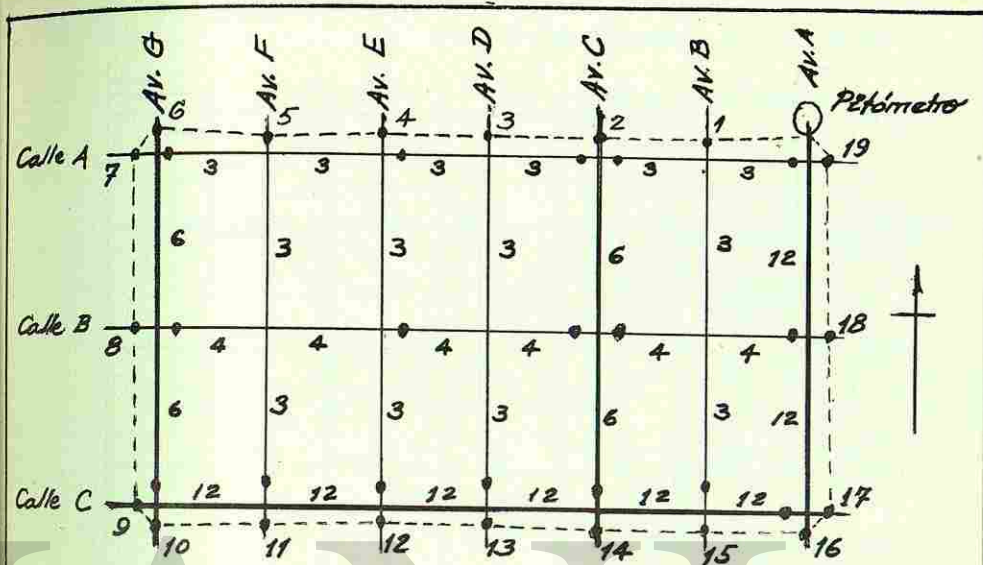






UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

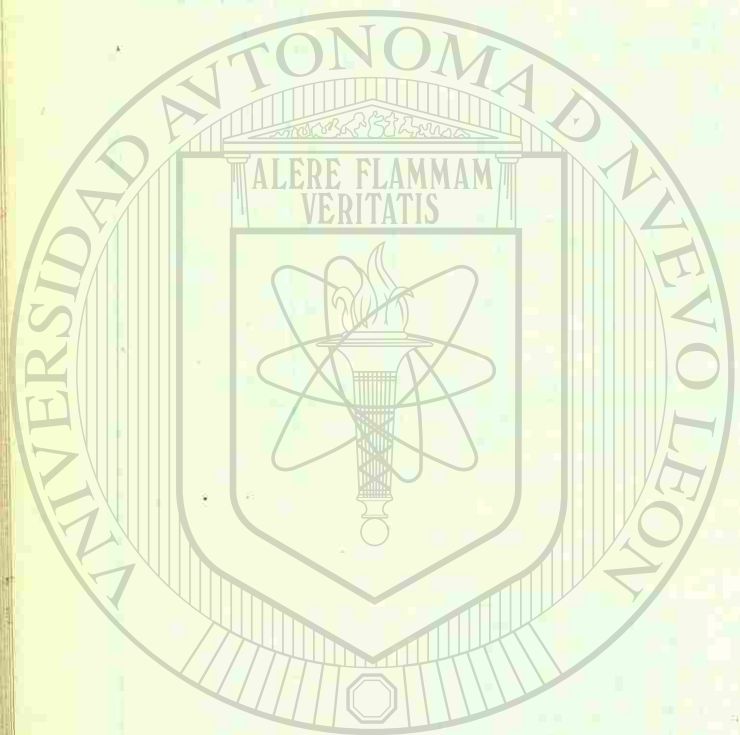
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES



No	LOCALIZACION	$\phi$	VUELTAS	Horas Cerrada
1	Av. B N Calle A	3	25	14+05
2	Av. C N Calle A	6	40	14+10
3	Av. D N Calle A	3	25	14+13
4	Av. E N Calle A	3	26	14+23
5	Av. F N Calle A	3	24	14+35
6	Av. G N Calle A	6	42	14+47
7	Calle A W Av. G	3	25	14+58
8	Calle B W Av. G	3	26	15+10
9	Calle C W Av. G	12	50	15+25
10	Av. G S Calle C	6	40	15+40
11	Av. F S Calle C	3	25	15+50
12	Av. E S Calle C	3	26	16+00
13	Av. D S Calle C	3	25	16+10
14	Av. C S Calle C	6	42	16+20
15	Av. B S Calle C	3	25	16+35
16	Av. A S Calle C	6	41	16+45
17	Calle C E Av. A	3	25	16+58
18	Calle B E Av. A	3	25	17+10
19	Calle A E Av. A	3	25	17+18

FIGURA 8.2





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

FIGURA 8.3

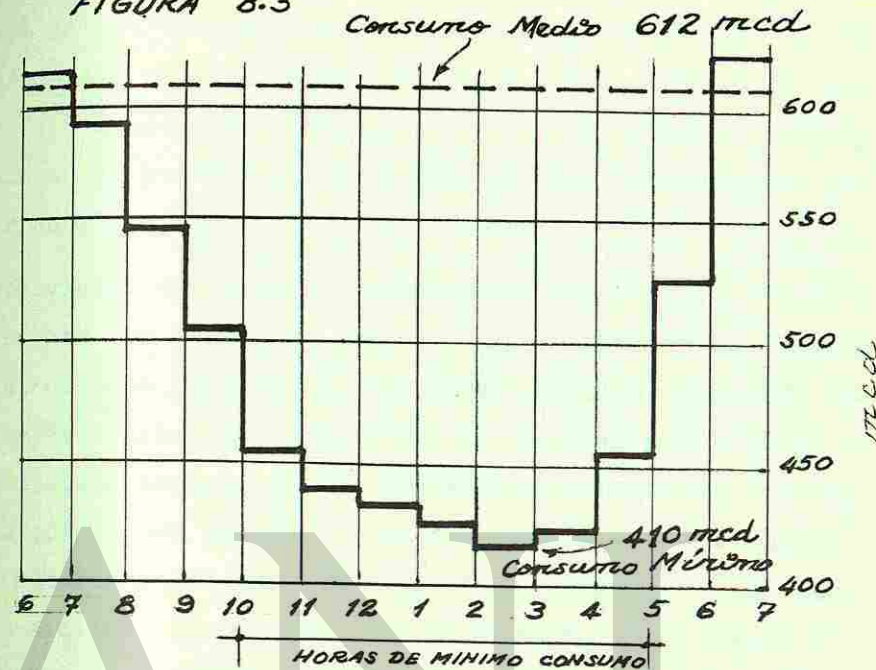
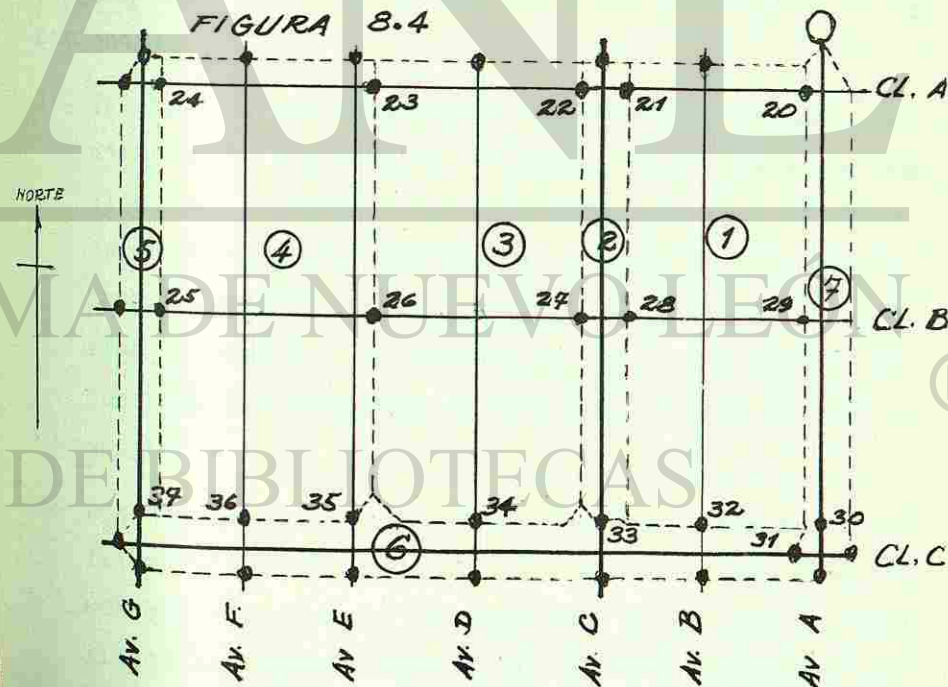
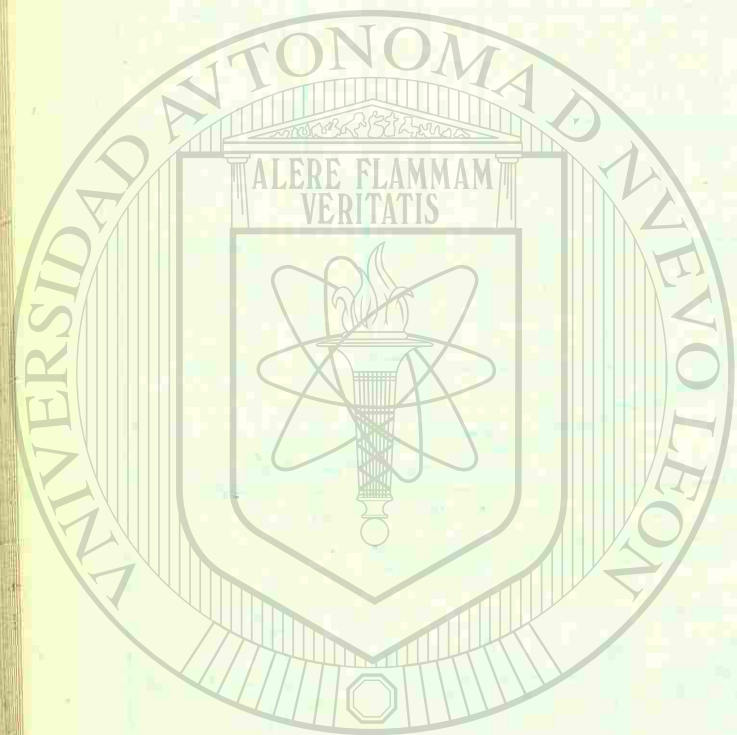


FIGURA 8.4







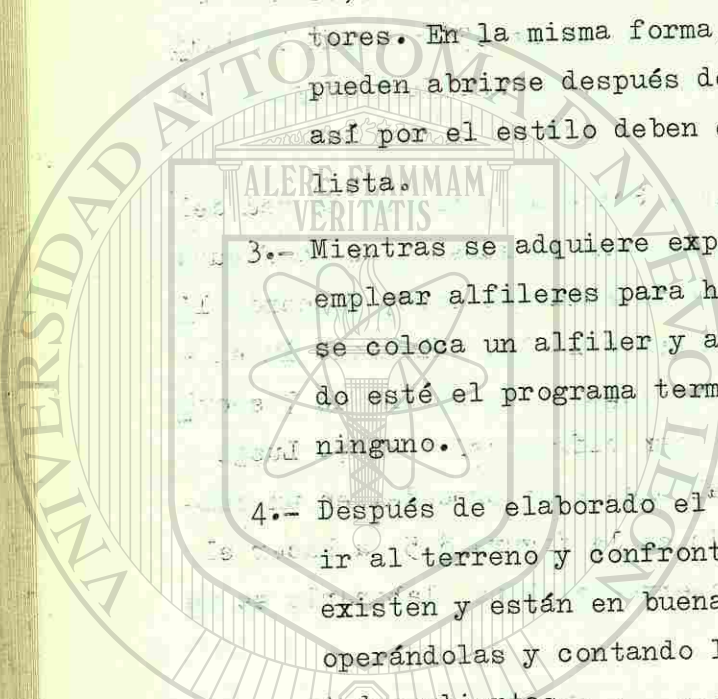
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

nima se presentó entre las 2 AM. y las 3 AM. con un va los de 410 mod. lo cual significa que, la relación entre el mínimo y el promedio, es de 65% y según lo indi cado en el punto 8.2, este sector debe investigarse en terreno.

8.7.- Subdivisión del distrito. Sobre un plano de la red del distrito por el estilo del que se muestra en la figura 8.4, se hace un proyecto de subdivisiones, buscando lí neas de cierre que unan entre si las válvulas. En el caso analizado, se puede llegar a un máximo de 7 secto res que se han señalado con cifras del 1 al 7. Luego se numeran todas las válvulas y se procede, en un cuadro similar, al mostrado en la figura 8.5, a hacer el programa de cierres y aperturas. Para elaborarlo se re comienda:

- 1.- Iniciar con el sector más alejado del taladro. Por ejemplo, en el caso de la figura 8.4 empezamos con el sector 5, usando las válvulas 24, 25 y 37 (las otras ya estaban cerradas al aislar el distrito). Luego seguimos con el 4, el 3, el 2, el 1, y al ce rrar la válvula 31 quedan, cerrado el 6 y todo el consumo, que registra el aparato, indica el del sector 7.
- 2.- Después de cerrar el sector 3, es posible abrir las válvulas 24, y 25 lo cual no producirá efecto sobre los registros del aparato, y en cambio, faci litará las operaciones de apertura y permitirá al





final que al accionar una sola válvula, como la 31, se registre el consumo total de todos los sectores. En la misma forma, las válvulas 23 y 26 pueden abrirse después de cerrado el sector 2 y así por el estilo deben quedar consignados en la lista.

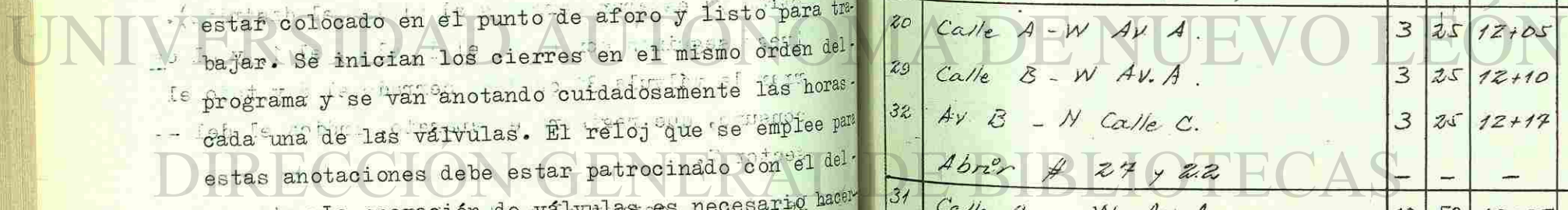
3.- Mientras se adquiere experiencia es conveniente emplear alfileres para hacer el plan. Al cerrar, se coloca un alfiler y al abrir, se retira, cuando esté el programa terminado, no debe existir ninguno.

4.- Después de elaborado el programa, es conveniente ir al terreno y confrontar que todas las válvulas existen y están en buenas condiciones de trabajo, operándolas y contando las vueltas. Deben quedar todas abiertas.

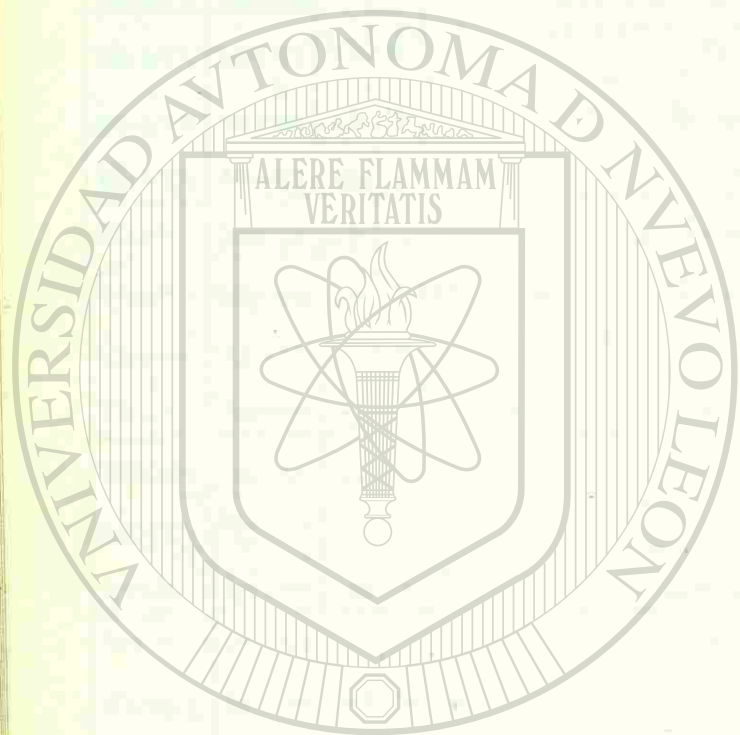
8.8.- Aforo y cierres: A la hora en que empieza el consumo mínimo y en este caso a las 10 PM y el aparato debe estar colocado en el punto de aforo y listo para trabajar. Se inician los cierres en el mismo orden del programa y se van anotando cuidadosamente las horas en cada una de las válvulas. El reloj que se emplee para estas anotaciones debe estar patrocinado con el del aparato. La operación de válvulas es necesario hacerla cuidadosamente, procurando comprobar que el cierre es hermético, de lo contrario los resultados aparecerán falsos.

FIGURA B.5

No	Localización	Ø	Vuelt	HORAS	
				Cerrada	Abierta
24	Calle A - E Av. G	3	25	10+05	11+42
25	Calle B - E Av. G	3	26	10+10	11+47
37	Av. G - N Calle C	6	40	10+15	12+55
36	Av. F - N Calle C	3	26	10+25	1+02
35	Av. E - N Calle C	3	25	10+28	1+07
26	Calle B - E Av. E	3	25	10+33	11+55
23	Calle A - E Av. E	3	25	10+40	11+37
22	Calle A - W Av. C	3	26	10+50	12+25
27	Calle B - W Av. C	3	25	10+55	12+28
34	Av. D - N Calle C	3	25	11+05	1+15
33	Av. C - N Calle C	6	40	11+15	1+20
28	Cl. B - E Av. C	3	25	11+18	12+50
21	Calle A - E Av. C	3	26	11+32	12+45
	Abrier # 23, 24, 25 y 26	-	-	-	-
20	Calle A - W Av. A	3	25	12+05	1+40
29	Calle B - W Av. A	3	25	12+10	1+35
32	Av. B - N Calle C	3	25	12+17	1+25
	Abrier # 27 y 22	-	-	-	-
31	Calle C - W Av. A	12	50	12+35	1+30
	Abrier # 21 y 28	-	-	-	-
	37, 36, 35, 34, 33, 32, 31, 29, y 20	-	-	-	-







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL

8.9.- Análisis de los aforos. Los datos obtenidos en esta forma con el registrador, se calculan y transforman en unidades de consumo. Luego se dibuja con ellos un gráfico semejante al de la figura 8.6. Este gráfico se compara con la hoja del cierre y se deduce la demanda de cada sector. En seguida se entran a analizar los valores obtenidos. En el caso propuesto puede observarse que, si se divide el consumo de cada sector por su longitud de red, se llega a los siguientes valores por metro:

Sector	Consumo	Mts. Red	Mts/día/mt.
1	25	580	43
2	130	200	650
3	28	560	50
4	30	760	40
5	10	200	50
6	26	550	52
7	225	200	1125

Se puede considerar que el consumo de todos los sectores a excepción del 2 y del 7 son normales y oscilan entre 40 y 50 lts/día por mt. En cambio el 2 y el 7, arrojan un consumo elevadísimo que debe justificarse. Si tubieran uno, semejante al resto, estos dos sectores darían un valor de 16 a 20 m.c.d., en total, contra 355 m.c.d. que registrasen: es decir, que, si no se justifican, por una determinada razón,



hay que aceptar un desperdicio en la zona, no inferior a 335 m.c.d., o sea, a la demanda media de 8 ó 10 manzanas. El consumo del distrito se bajaría, al eliminarse esta causa, a cerca de 280 m.c.d., es decir a un 45% del valor actual.

3.10- Investigación en el terreno. Los 335 m.c.d. de exceso en el consumo aforado, pueden deberse a varias causas, tales como:

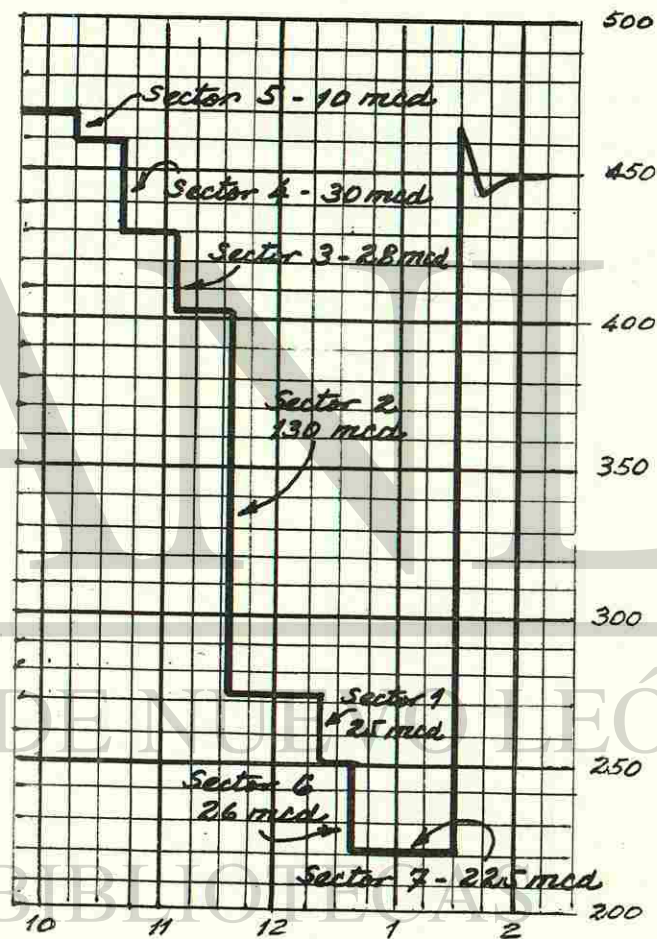
- 1.- Existencia de una fábrica o una entidad que tenga un alto consumo.
- 2.- Conexiones domiciliarias abandonadas y en mal estado.
- 3.- Escape en las tuberías principales o en las conexiones domiciliarias.

Para determinarla, es preciso ante todo visitar, los tramos afectados, para comprobar la existencia de un alto consumidor. Además y por la noche, a las horas de mínimo, deben leerse los contadores, de las conexiones existentes, en los dos sectores. Si estos trabajos, justifican el alto consumo, deben procederse a dos cosas.

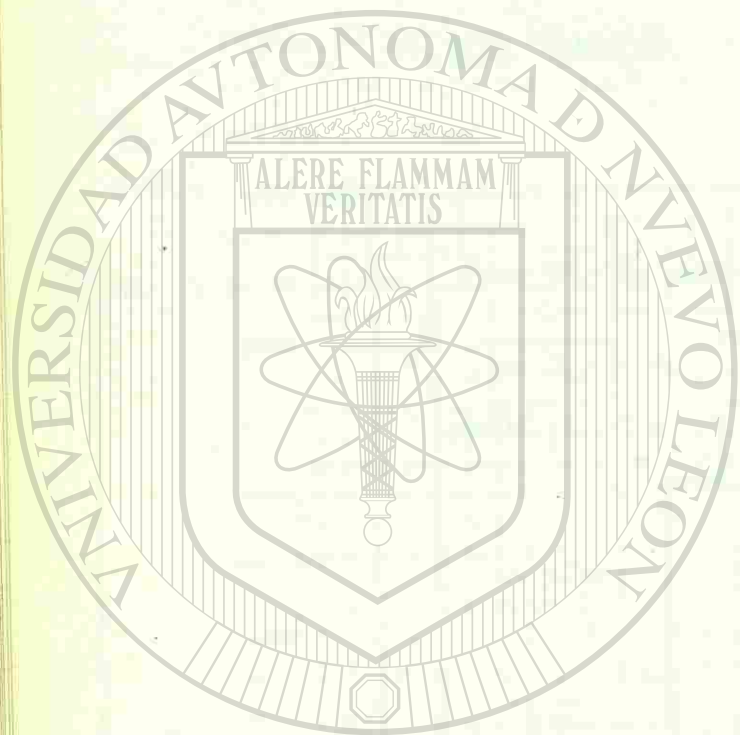
- 1.- Escuchar con geófono los tramos.
- 2.- Revisar, los colectores y además ductos existentes.

Los geófonos son unos aparatos que se colocan sobre el piso y permiten escuchar los ruidos subterráneos. Hay dos clases: Los simples y los electrónicos. La figura

FIGURA 8.6







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

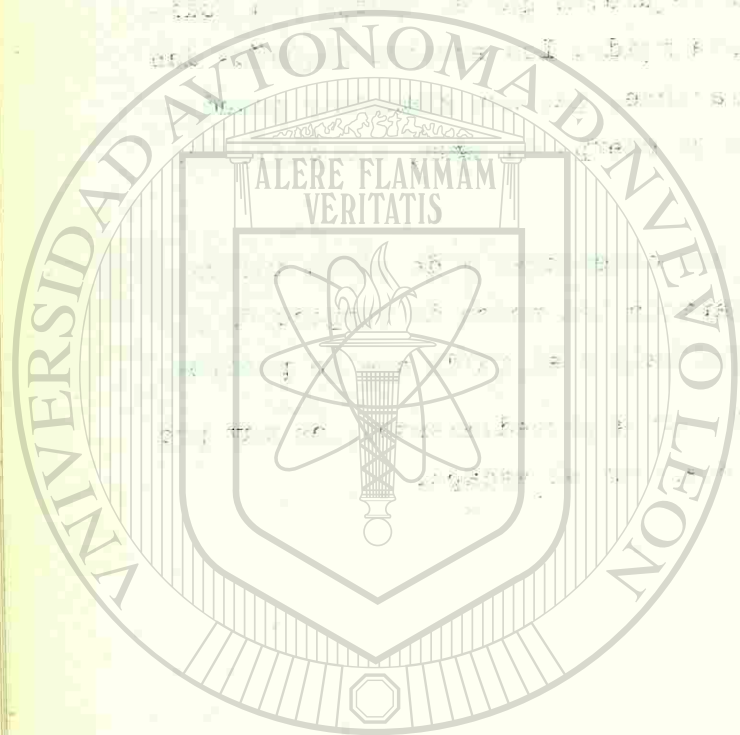
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

8.7 da una idea del primer tipo. El inconveniente de estos equipos es que requieren que el escape sea audible, es decir produzca ruido. Los escapes pequeños dan mayor número de vibraciones que los grandes y cuando quedan sumergidos en un cuerpo de agua, son difíciles de detectar.

La investigación de los colectores y de otros ductos, se lleva a cabo destapando los pozos de inspección y observando el agua que sale o el ruido que se perciba.

Con uno cualquiera de estos procedimientos, es muy probable que se logre localizar el escape.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## INVESTIGACION DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD.

Generalidades. La capacidad de transporte de una tubería está dada por la relación existente entre la velocidad ó el gasto y la pendiente hidráulica. De las diversas fórmulas que existen tomaremos para este trabajo, la de Hazen Williams:

$$V = C R^{0.63} S^{0.54} \quad 0.001 < S < 0.04$$

en la cual, V es la velocidad en pies por segundo, C el coeficiente de rugosidad, R el radio hidráulico y S la pendiente hidráulica.

El coeficiente C de rugosidad llamado también, muy lógicamente coeficiente de capacidad, tiene un valor -- que depende del estado inferior de las paredes de la tubería y es, en la fórmula un factor de proporcionalidad directa, es decir que, si se reduce a la mitad, la capacidad de transporte del conducto se habrá reducido también a la mitad.

Su valor varía, de 140 a 150 para las tuberías lisas y bien alineadas, hasta 40 ó 50 para las más incrustadas y llenas de tubérculos.

El coeficiente C, de la fórmula de Hazen-Williams, se puede considerar con dos valores:

- a) el teórico
- b) el real

El teórico resulta de las medidas de laboratorio y el



real es el que se obtiene una vez instalada la tubería y que incluye las pérdidas producidas por accesos, válvulas, alineamientos, etc.

La medida de su valor en toda tubería de importancia debe hacerse una vez instalada y repetirse periódicamente.

9.2.- Fundamento del método. La determinación del factor  $C$  está basada en conocer todos los elementos que integran la fórmula de Hazen-Williams, es decir, la velocidad, la pérdida de carga y el diámetro. El valor de  $C$  podrá deducirse aplicando la fórmula para los valores conocidos.

9.3.- Medidas que deben efectuarse. Para conocer los elementos de la fórmula, es necesario medir:

- a) velocidad
- b) niveles de terreno
- c) presiones
- d) diámetro

9.4.- Procedimiento. Definido el tramo de tubería, cuyo  $C$  quiere determinarse, se elijen dos puntos, uno en cada extremo y se hacen las perforaciones para el pitómetro. Es conveniente una tercera en la mitad, para tomar presiones luego se nivelan cuidadosamente con nivel de precisión, las claves del tubo, en estos puntos, no es conveniente confiarse en nivelaciones existentes. La cota debe medirse personalmente. Se revisa

en seguida la línea, para confrontar que está aislada. luego se instala un pitómetro, en cada uno de los puntos A y B. Se hacen durante unos 5 minutos determinaciones de velocidad con el fin de observar si existen escapes o salidas grandes que puedan afectar el resultado.

Luego se colocan los manómetros y se procede hacer simultáneamente la lectura de pitómetros y manómetros en cada estación.

Se deben tomar cuatro grupos de lecturas espaciados entre si 2 minutos. Las lecturas de cada grupo se toman a razón de una por minuto.

Los resultados se computan para transformarlos en velocidad y se promedian para cada serie. Las pérdidas de carga se calculan y luego se aplica la fórmula.

En caso de tratarse de un conducto de diámetro mixto.

Se busca el equivalente y se determina el coeficiente  $C$  y para este diámetro.

9.5.- Ejemplo. Supongamos un tramo comprendido entre los puntos A y B con diámetro de 8", longitud de 742.20 en -- hierro fundido y con 35 años de uso.

Los cálculos se hacen así:



a) Pérdida de carga:

	Punto A	Punto B
Cota clave	1477.45	1472.90
Presión del manom.	115.56	107.86
Corrección (±)	+1.00	+0.50
Altura del manom. Sobre clave tubo (+)	+1.20	+1.50

Cota pizométrica 1595.21 1582.76

Mts. Pérdida de carga = 1595.21 - 1582.76 = 12.65

Pérdida de carga %  $\frac{12.65}{742.20} \times 1000 = 17.04\%$

b) Velocidades

Punto A = 3.17 pies/seg (prom)

Punto B = 2.80 pies/seg (prom)

Velocidad media =  $\frac{3.17+2.80}{2} = 2.99$  pies/seg

c) coeficiente C = 65

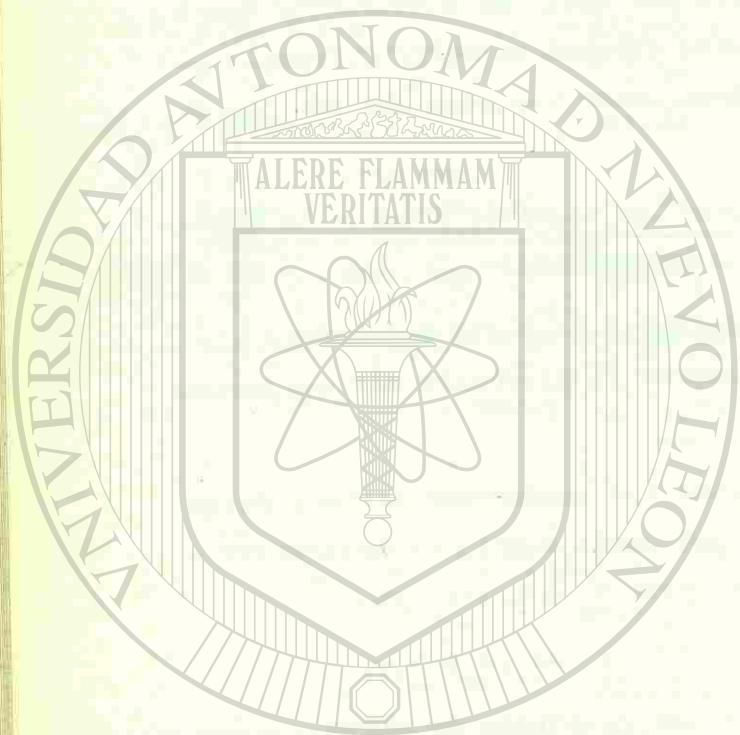
deducido aplicando la fórmula con los valores V = 2.99 pies /seg y 17.04% de pérdida de carga.

Basados en los datos de las tablas de Hazen-Williams, para 8" y 31 años de servicio el coeficiente C deberá ser 82 teóricamente es decir que la tubería tiene solamente una capacidad del 7.9% con relación a este valor y del 50% con respecto a un tubo nuevo que se considera con C = 130.

3.6.- Recomendaciones. La determinación del factor C, es -- una operación delicada. Por tanto es conveniente tomar varias precauciones para obtener un valor correcto. -- Las siguientes consideraciones que sean las más importantes:

1. Nivelar personalmente los taladros y medir la distancia entre ellos, cuidadosamente.
2. Reducir todos los datos, a la clave del tubo o al eje. Para ésto debe tomarse la distancia del manómetro a la clave.
3. Patronar correctamente los manómetros antes y después de la prueba. La patronada significa determinar los errores correspondientes a cada lectura.
4. Medir el diámetro del tubo en ambos puntos.
5. Con el fin de evitar los problemas de vibración que dificultan la lectura de los manómetros, empleense manómetros registradores en vez de aparatos de mano.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## X. CONFRONTACION DE MEDIDORES.

10.1.- Generalidades. En un sistema de agua potable, se instalan medidores de varios tipos para diversos usos. - Los principales son:

- a) Los de las tuberías de conducción
- b) Los de las plantas de tratamiento
- c) Los de salida de los tanques
- d) Los de las conexiones domiciliarias

Los tres primeros grupos son todos del tipo venturi - o de disco perforado. Los de las conexiones domiciliarias son de tamaño grande. Los primeros son fácilmente removibles y pueden probarse en bancos especiales. Los segundos no permiten realizar este sistema y requieren, lo mismo que los de los tanques, de las plantas y de las condiciones un método de comprobación en el sitio.

El pitómetro permite hacer estas comprobaciones fácilmente.

10.2.- Procedimiento. Requiere tres etapas.

- 1a. Escoger el sitio para el taladro
- 2a. Determinación del factor del tubo
- 3a. Aforo del medidor.

Las dos primeras etapas, se verifican de acuerdo --- con lo explicado, en los capítulos correspondientes. - La tercera, puede hacerse de dos maneras:



a) Con flujo normal

b) Con flujo provocado

Se mide con flujo normal cuando las determinaciones se verifican tal como está funcionando el medidor. En cambio con flujo provocado, se hacen variar las intensidades de él, graduando una válvula, por ejemplo, con el fin de conocer la precisión, a lo largo de todo el campo de funcionamiento.

10.3.- Ejemplo. Para dar una idea de la forma de calcular la precisión incluimos a continuación los detalles del caso de un medidor de 4" para una industria en Bogotá.

Una vez colocado el aparato y determinado el factor del tubo, se procede así:

1. Tomar 20 lecturas del pitómetro y del medidor, una cada medio minuto.

2. Sumar las lecturas y dividir por 20.

3. Hallar la diferencia de lecturas entre la primera y la última del contador.

4. Reducirla a mts. cub. por día, dividiendo por el tiempo y multiplicando por 86400.

5. Calcular el gasto medio del pitómetro.

6. Hallar la relación del medidor sobre el pitómetro. el resultado da el % de error.

Para hacer ordenadamente el trabajo, se lleva un formulario así:

Tubo 4" - calibrador 4 1/4 " - Proyección del registro = 1/4 -  
Factor tubo = 0.85 densidad 1.27

Hora	Deflex.	Velocidad	LECTURAS DEL MEDIDOR	
			Baja	Alta
			76.939	53647.000
4.010	2 1/2	1.610	76.939	7.085
4.015	1 7/8	1.402	76.939	7.170
4.020	1 7/8	1.402	76.939	7.255
4.025	1 5/8	1.309	76.939	7.345
4.030	1 3/4	1.357	76.939	7.415
4.035	1 7/8	1.402	76.939	7.495
4.040	1 1/2	1.260	76.939	7.570
4.045	1 3/4	1.357	76.939	7.655
4.050	2.0	1.446	76.939	7.740
4.055	2.0	1.446	76.939	7.830
4.060	2 1/4	1.530	76.939	7.920
4.065	2 1/8	1.489	76.939	8.010
4.070	1 3/4	1.357	76.939	8.095
4.075	2.0	1.446	76.939	8.190
4.080	1 3/4	1.357	76.939	8.270
4.085	2 1/2	1.610	76.939	8.355
4.090	2 1/4	1.530	76.939	8.470
4.095	2 1/4	1.530	76.939	8.560
4.100	1 3/4	1.357	76.939	8.650
SUMA		27.197	0	-



Los cálculos correspondientes dan:

a) Pitómetro - Factores

Velocidad	$\frac{29.197}{19}$	=	1.43 pies/seg
Area	$\frac{19}{19}$	=	0.0838
Factor del tubo	$\frac{19}{19}$	=	0.85
Correc. Area	$\frac{(4.23)^2}{(4.D)^2}$	=	1.13
" Proy Registro	$\frac{0.25 \times 1.62}{144}$	=	0.97
" Densidad	$\frac{\sqrt{1.27-1}}{\sqrt{1.25-1}}$	=	1.04
Reducc. pies <sup>3</sup> a galones		=	7.48
Reducc. a día		=	86400
Reducc. galones a lts.		=	3.78

$$Q_p = 1.43 \times 0.0838 \times 0.85 \times 1.13 \times 0.97 \times 1.04 \times 7.48 \times 86400 \times 3.78 = 282,744$$

lts/día.

$$Q_m = \frac{8.650 - 7.085}{9} \times 1440 = 250,400 \text{ lts/día}$$

$$\text{Error} = \frac{282,744 - 250,400}{282,744} = - 11.6\%$$

XI. AFORO DE HIDRANTES.

11.1.- Definición y objeto. El aforo de hidrantes, en una red de distribución, consiste en determinar el gasto dado por la boquilla de uno ó más de ellos, bajo las condiciones de presión y de flujo existentes, cuando se hace la prueba.

Por ejemplo, si en un punto, la presión a las 10 AM. es de 20 mts. y se abre un hidrante, situado allí, el aforo consistirá en determinar el gasto de su boquilla, a la presión de 20 mts. y bajo las condiciones de flujo existentes, en el sector, a las 10 AM. de ese día.

11.2.- Objeto. El aforo de hidrantes, tiene por objeto obtener los siguientes datos de una red.

- a) El gasto que dá la boquilla a cierta hora del día.
- b) La capacidad que tiene un sector de la red, para atender las sobrecargas adicionales del consumo existente, a cierta hora del día, tales como las que se presentan en casos de incendio.

11.3.- Sistema empleado. Consiste en determinar el diámetro de la boquilla, para conocer su área, y la velocidad media del chorro con estas dos cantidades, es posible calcular el gasto.

El método se basa en que el chorro llena completamente la boquilla. El diámetro, se mide por medio de un flexómetro, con aproximación al dieciseisavo de pul-



gada, lo cuál es suficiente para el caso.

Para medir la velocidad media hay dos procedimientos

- a) Con un tubo de Pitot, denominado "Piezómetro".
- b) Con un manómetro de mano.

11.4.- Aforo con el Piezómetro. El piezómetro consiste en una barra AC (fig. 11.1 - A) suficientemente larga, para soportarla con toda la mano, provista, en un extremo, de un tramo AB, cuya sección tiene la forma de una cuchilla y unida en el otro extremo C, a un manómetro M. Dentro de la barra y de la cuchilla, va un tubo (indicado en el dibujo con línea punteada), que conecta al manómetro con un orificio o, que se dirige contra la corriente.

El piezómetro se coloca en la boquilla, tal como lo indica la figura 11.1 - B, soportándolo con la mano

tratando de que el orificio quede en el centro o mejor en el punto donde marque la mayor presión P.

Existe comercialmente un modelo, como el indicado en la figura 11.1-C, que puede sujetarse a la boquilla

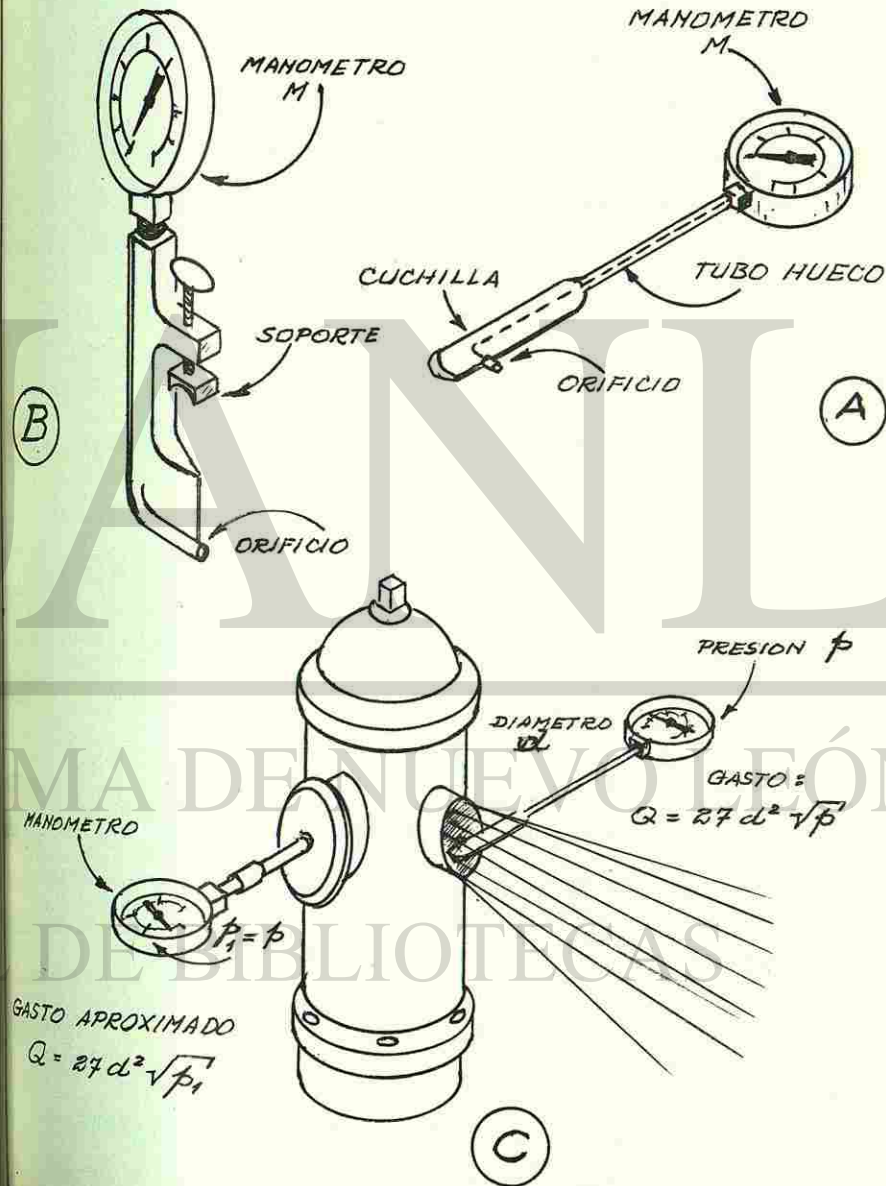
por medio de un tornillo T. Su uso no es recomendable, por el peligro que tiene, de recibir el impacto de una

pedra, que salga a gran velocidad y dañe la cuchilla y el orificio. Su presión se lee mientras se está

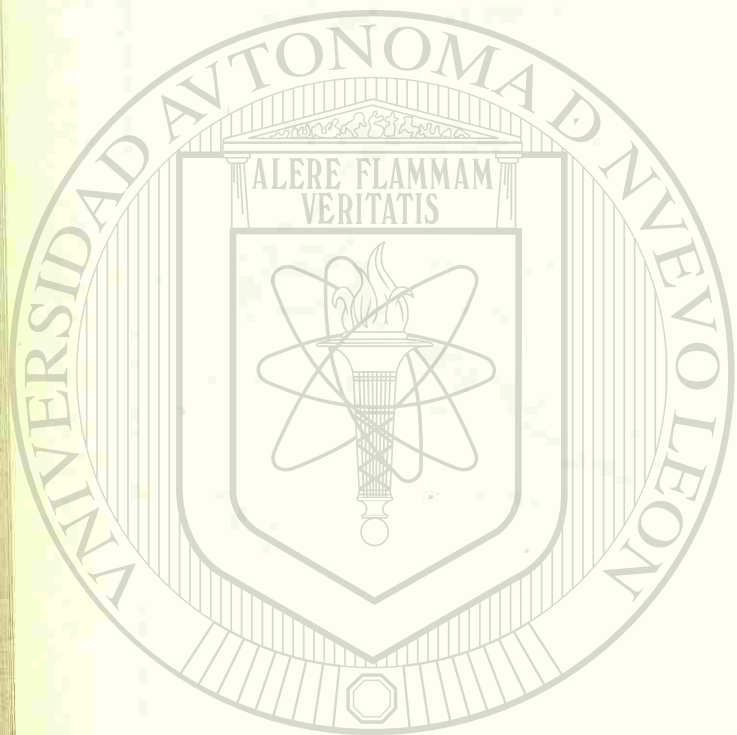
retirando el piezómetro. El manómetro, es conveniente que esté graduado de libra en libra y no marque más

de 50.

FIGURA 11.1.







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Para calcular el gasto, se utiliza la fórmula - -

$Q = 27d^2 \sqrt{P}$  que se deduce de la siguiente manera:

$d$  = Diámetro de la boquilla en plgs.

$A$  = Área de la sección en pies cuadrados.

$p$  = Presión en libras por plg. cuadrada.

$2.31 p$  = Presión en pies de columna de agua.

$V$  = Velocidad en pies por segundo

$g$  = Aceleración de la gravedad = 32.2 pies/seg.

1) Cálculo del área.

$$A = \frac{3.14 \times d^2}{4 \times 144} = 0.00545 d^2 \text{ pies cuadrados}$$

2) Cálculo de la Velocidad.

$$V = \sqrt{2 g p} = \sqrt{2 \times 32.2 \times 2.31 p} = 12.2 \sqrt{p}$$

3) Cálculo del gasto

$$Q \text{ (en pies cub/seg)} = 0.00545 d^2 \times 12.2 \sqrt{p} = 0.0665 d^2 \sqrt{p}$$

$$Q \text{ (en galones por min.)} = 29.9 d^2 \sqrt{p}$$

Para el valor real del gasto, es necesario tener en cuenta, por una parte, la variación de la velocidad en la sección y por otra, la posible contracción de la vena. Por consiguiente, debe introducirse un coeficiente  $K$ , que depende teóricamente de los diferentes hidrantes, pero que se ha encontrado, experimentalmente, un valor de 0.90 como promedio, que da resultados aceptables. La fórmula queda, entonces:



$$Q = 26.9 d^2 \sqrt{p}$$

que en la práctica se usa aproximadamente a :

$$Q = 27 d^2 \sqrt{p}$$

en la cual,  $d$  es el diámetro de la boquilla en pulgadas y  $p$  la presión del piezómetro (presión dinámica en libras por pulgada cuadrada).

11.5.- Aforo con manómetro. Si se abre una boquilla de un hidrante y se coloca en otra de él, un manómetro, tal como lo indica en  $M_1$  la figura 11.1- B, la presión  $p_1$  registrada por él, será prácticamente igual a  $p$  y por tanto podrá emplearse para calcular el gasto, la fórmula.

$$Q = 27 d^2 \sqrt{p_1}$$

la razón de esto, es que la presión en el interior del barril del hidrante, debido a la descarga libre se transforma prácticamente toda en velocidad. Los otros factores como pérdida de carga en la boquilla y cabeza de velocidad en el interior del hidrante son despreciables, entre otras razones por el diámetro tan grande del barril, para utilizar la capacidad total del hidrante, el manómetro debe colocarse en la boquilla grande. Así pueden abrirse las otras dos.

Este método puede emplearse cuando no se dispone de piezómetro pero si éste existe es más conveniente el piezómetro.

Es interesante anotar que cuando se abren dos boquillas, basta aforar una y aplicar la presión, para el cálculo de la otra.

Los valores de  $Q$ , para distintos diámetros y presiones se encuentran tabulados facilitándose así el cálculo.

11.6.- Determinación de la capacidad de un sector de la red. Al abrir uno o más hidrantes en una zona, la presión en la red baja. El valor que queda durante este tiempo, se llama presión residual.

Determinar la capacidad de un sector, consistirá en estas condiciones en aforar el gasto que deja una determinada presión residual. Generalmente se toma un valor de 20 libras como presión residual mínima y se considera que los equipos de bomberos al emplearse, en casos de incendios no deben operar con una cifra para esa presión inferior a las 20 lbs por plg<sup>2</sup>. Como hacer un aforo, abriendo un número tal de hidrantes, que en 20 lbs es bastante difícil, se emplea en la práctica el siguiente procedimiento.

1. Se coloca un manómetro  $M$ . en un hidrante situado en el centro de la zona, ó en una conexión domiciliar. Se mide la presión  $P$ ,
2. Se abren otros hidrantes en los alrededores, manteniendo cerrado el que tiene el manómetro  $M$  registre una pérdida de presión no inferior a 10 lbs. Se lee la



presión  $P_2$ , para determinar la pérdida  $P_1 - P_2$ .

3. Se calculan los gastos de todas las boquillas abiertas y se suman obteniendo un valor  $Q_1$ .

4. La capacidad de la zona se determina así:

Sean  $P_1 - P_2 = S_1$  la pérdida de presión para una residual  $P_2 - P_1 - 20 = S_2$  la pérdida para una presión residual de 20 libras.

$Q_1$ , el gasto para  $S_1$

$Q_2$ , el gasto para  $S_2$

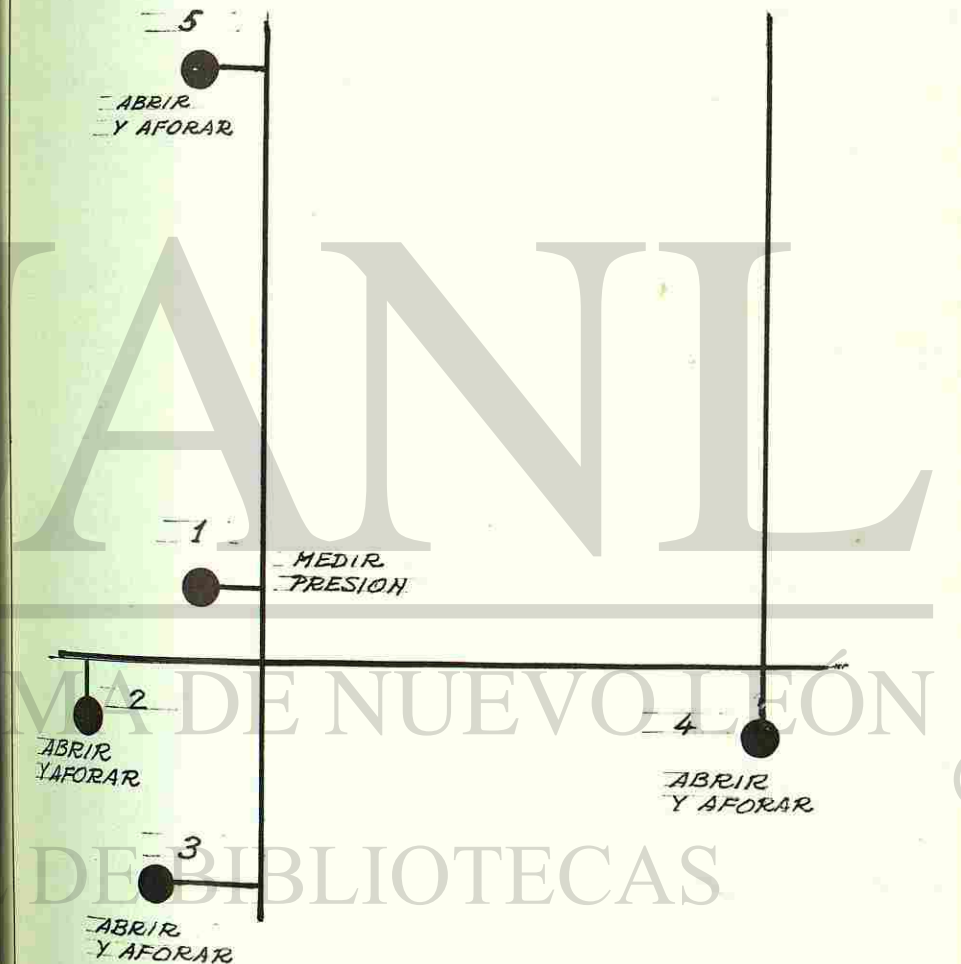
El valor,  $Q_2$  se obtendrá con la siguiente expresión:

$$Q_2 = Q_1 \frac{(S_2)^{0.54}}{(S_1)^{0.54}}$$

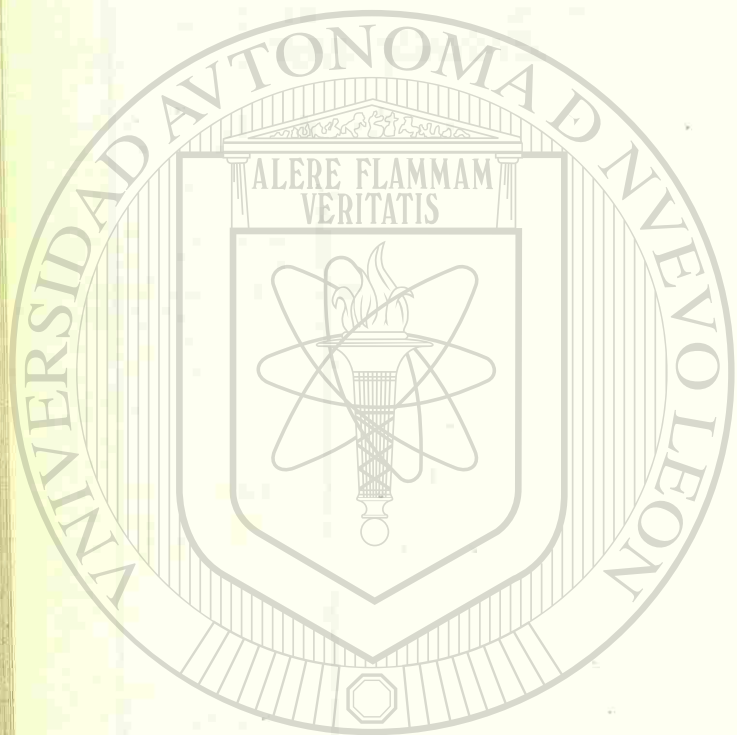
11.7.- Ejemplo. Supongamos un sector como el indicado en la figura 11.2, lo. Se coloca el manómetro en el hidrante 1 y se lee una presión de 74 lb/pulg<sup>2</sup>.

2. Se abren los hidrantes 2, 3, 4, 5 y se leen los piezómetros simultáneamente y el manómetro en 1. se obtienen los siguientes resultados:

FIGURA 11.2







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Hidrante	Presión Dinam.	Q. Calculado
2	13.2	610
3 (2 bocas)	9.6	1040
4	16.8	690
5	14.5	640
	Total	2980 gpm

Presión en 1 = 46 lb/plg<sup>2</sup>

3. Se calcula,

$$s_1 = 74 - 46 = 28 \text{ lb/plg.}^2$$

que es la pérdida para el gasto de 2980 gpm.

4. Para una presión residual de 20 lb/pulg.<sup>2</sup> la pérdida será:

$$s_2 = 74 - 20 = 54 \text{ lb/plg.}^2$$

5. Se calcula Q<sub>2</sub>

$$Q_2 = 2980 \frac{(24)^{0.54}}{(28)^{0.54}} \quad (\text{0.54 son exponentes})$$

$$Q_2 = 4250 \text{ gpm.}$$

que será la capacidad de la zona para una presión residual de 20 lbs/plg.<sup>2</sup> ®

Un valor aproximado se puede obtener, usando como exponente 0.5 en lugar de 0.54, es decir empleando una fórmula como :

$$Q_2 = Q_1 \sqrt{\frac{s_2}{s_1}} \quad \text{que para este caso da:}$$

$$Q_2 = 2980 \sqrt{\frac{54}{28}} = 4150 \text{ gpm.}$$



Las presiones en el manómetro 1 deben leerse, antes de la prueba, durante ella y después. Es decir dos veces con los hidrantes cerrados. La presión para el cálculo será el promedio de las dos.

Los manómetros deben estar patronados y los cálculos deben hacerse aplicando las correspondientes correcciones.

La figura 11.3, da un cuadro que es muy conveniente llenar para facilitar los cálculos.

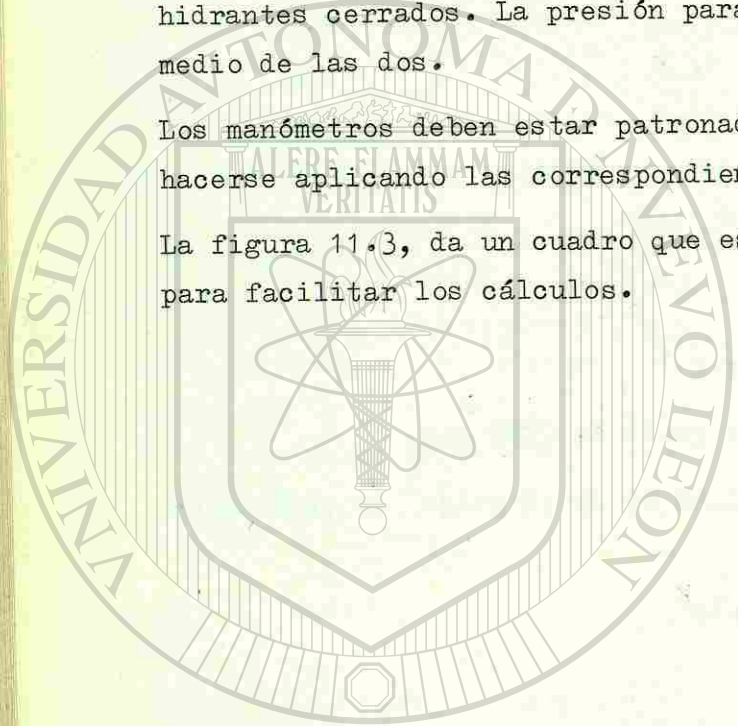


FIGURA 11.3

No	Caracter de Sector	PUNTO DE PRUEBA		LBS por plg. cuadr			Presión Dinam.	φ Boguilla	Presión Dinam.	gpm	TOTAL DEL GRUPO	Disponible gpm	Requerido gpm	Obsv.
		LOCALIZACION	Fecha y Hora	C	A	C								
59	Obrero	Calle 50 x Carr 26 X1-4	11+30	112	95.5	112	12.5	2 1/2"	54 -3 5.1	380	380	1120	1000	-
82	R-I	Carr: 35 x Calle 66A		34.0 +0.1	29.3 -0.1	34.5 +0.1	9.1	2 1/2"	12.5 -0.3 12.2	580	580	850	2000	

**FORMULAS PARA EL CALCULO:**

$$Q = 2.7 d^2 \sqrt{P}$$

$$Q_1 = \left(\frac{S_1}{S}\right)^{0.54} Q$$

d = φ de boguilla en plgs.  
Q = Galones por minuto  
P = Presión dinámica en lbs/plg<sup>2</sup>

**EJEMPLO**  
Aforo No 82

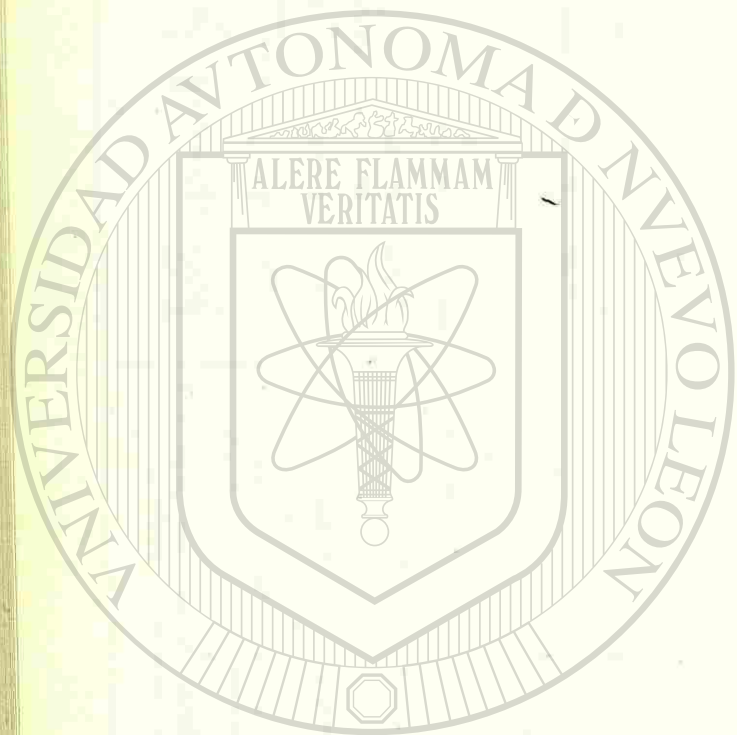
$$S_1 = 14.3 \quad S = 7.1$$

$$\frac{S_1}{S} = 2.01 \quad \left(\frac{S_1}{S}\right)^{0.54} = 1.48$$

$$Q_1 = 580 \times 1.48 = 850 \text{ gpm.}$$

S = pérdida de presión en la prueba  
S<sub>1</sub> = pérdida de presión hasta 20 lbs por plg<sup>2</sup>  
Q<sub>1</sub> = Galones para 20 lbs por plg<sup>2</sup> de presión residual





UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CURSO INTENSIVO SOBRE:  
INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN  
SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

T E M A  
INSTRUCTIVO PARA OBSERVACIONES PITOMETRICAS

ING. FRANCISCO INFANTE BECERRA

Departamento de Estudios de Campo  
Dirección de Estudios y Proyectos de Agua  
y Alcantarillado, SRH.

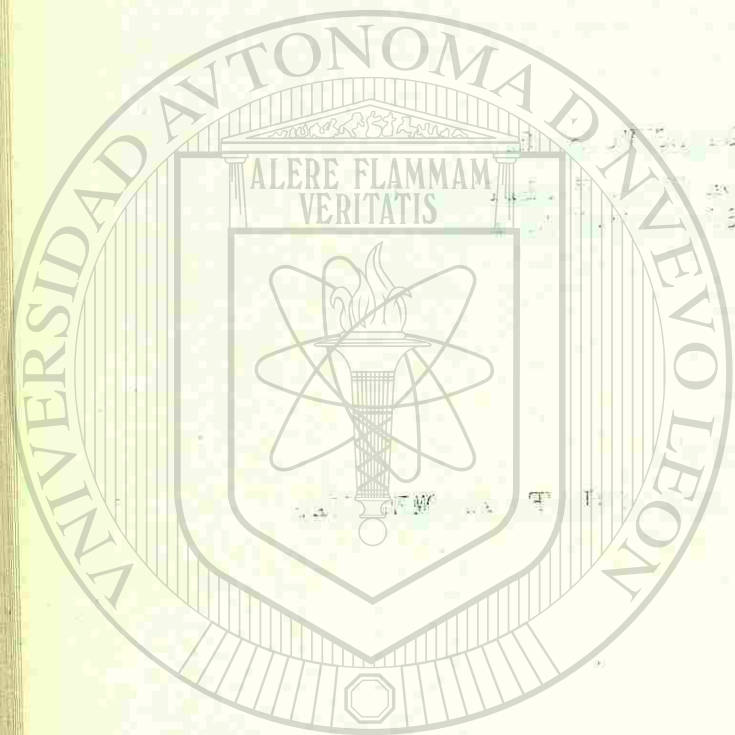
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

JULIO 1966

MONTERREY, MEXICO





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL

## INSTRUCTIVO PARA OBSERVACIONES

### PITOMETRICAS

#### CONTENIDO:

#### GENERALIDADES.

#### I. PRIMER PROCESO

Detectar, excavaciones, protección, localización de la estación de aforo, perforación, colocación de la llave de inserción y calibración.

#### II. SEGUNDO PROCESO.

Instalación del tubo Pitot-Simplex

#### III. TERCER PROCESO.

Medidor de diferencias piezométricas  
Conexión del tubo pitot y del medidor de diferencias piezométricas.

Llenado del medidor y purga de aire  
Caminamiento del tubo pitot.

#### IV. CUARTO PROCESO.

Registrador Simplex. Descripción, colocación y nivelación. ®

Conexiones.

Llenado del registrador con agua y purga de aire.

Remoción del aire de la parte baja del flotador.

Reloj.

Colocación de la plumilla en el radio apropiado.

Unión del tercer calibrador de agua y prueba

Uso del calibrador y chequeo del patrón

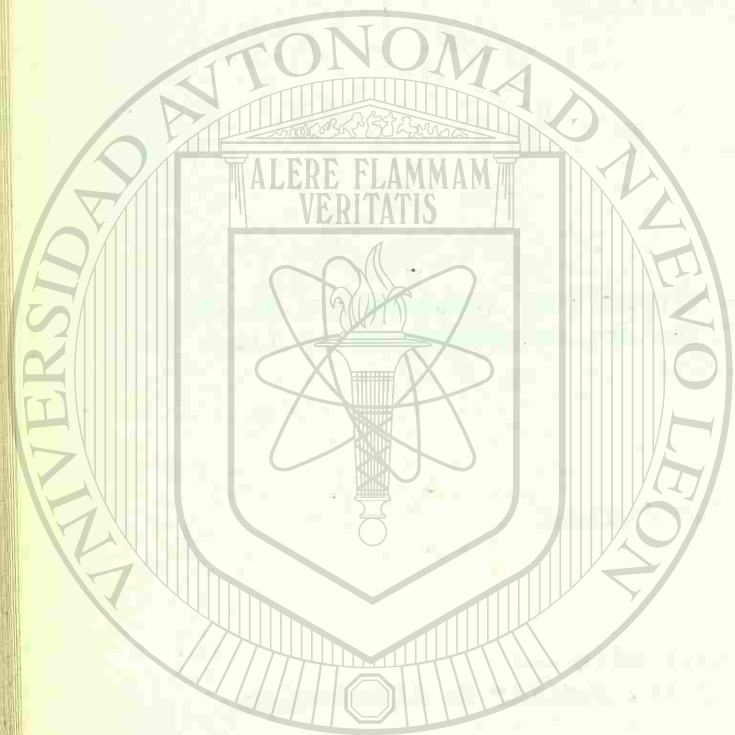
Desmantelado

Manómetros

Carátula de velocidad

Instrucciones para el uso del planímetro radial.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

de los aparatos, puesto que estos van a permanecer trabajando durante varias horas, es conveniente utilizar para el efecto, señales visibles durante el día, y por la noche, por medio de señales luminosas, además del personal encargado de su vigilancia.

#### 1.4- LOCALIZACION.-

El sitio elegido, llamado: ESTACION DE --- APORO (Pipe traverse) siendo referido a los sitios y lugares determinados, tales como distancias a equipos de bombeo, paramentos o esquinas de calles, con objeto de poder encontrarlo con la mayor facilidad y rapidez, teniendo --- cuidado de observar la profundidad a que esta alojado el tubo.

#### 1.5 PERFORACION.-

El sitio elegido para efectuar la perforación, deberá situarse en un tramo recto y liso de la tubería, y a una distancia equivalente a DIEZ veces su diámetro, a partir de cualquier pieza especial; codo, extremidad, válvula, junta, etc., esto es con objeto de eliminar hasta donde sea posible, cualquier influencia.

De preferencia, la perforación debe de hacerse con una broca-machuelo de 0.254 m (1"), puesto que ese es el diámetro del calibrador y del tubo PITOT.

La posición de la perforación deberá efectuarse preferentemente, normal al eje del tubo y en el --- sentido vertical, puesto que la tubería no se encuentra ---



## GENERALIDADES.-

Una vez escogidos los puntos en los cuales determinará el G A S T O; ya sea a la salida de un equipo de bombeo, en una línea de conducción por gravedad, o en la red de distribución de un Sistema de Agua, se procederá como sigue:

### I.- PRIMER PROCESO

#### 1.1- DETECTAR.-

La tubería se encontrará asesorándose de una persona que conozca, el trazo que se siguió en la construcción, si eso no es posible, entonces habrá que hacerlo por medio de un localizador.

#### 1.2 EXCAVACION.-

Localizado el sitio donde este alojada la tubería, se procederá la excavación necesaria, de manera que quede descubierto totalmente con el objeto de poder envolver el tubo con la cadena de la máquina perforadora. Esta excavación será lo suficientemente holgada para facilitar todas las maniobras.

#### 1.3- PROTECCION.-

Deberá tomarse en cuenta que es conveniente proteger el sitio donde se vá a trabajar, contra posibles atentados de los curiosos que siempre se acercan.

Para evitar que cualquier persona o vehículo puedan caerse dentro de la excavación, dificultando las maniobras previas y posiblemente dañar las instalaciones

muchas veces completamente horizontal, claro que esto no debe de tomarse como cosa rigurosa, ya que habrá ocasiones en que se prefiera hacerla ligeramente inclinada, lateral o vertical pero de abajo hacia arriba, eso depende de las condiciones en que se encuentre alojada la tubería.

Hay varios tipos de máquinas perforadoras; la más recomendable es la MUELLER que como progresivamente hace:

a).- Perforación del tubo.

b).- Roscado del mismo.

c).- Coloca la llave de inserción.

d).- Retira la misma llave y

e).- Coloca un tapon especial una vez acabada cualquier determinación, todo esto, sin suspender el servicio y con cualquier presión.

#### 1.6- COLOCACION DE LA LLAVE DE INSERCION.-

Debe tenerse especial cuidado al colocar la llave de inserción sobre todo si se trata de tubería de asbesto-cemento, puesto que se dañarían las cuerdas de la rosca en la misma, si no se procede con cautela, originando esto, posibles fugas, que aunque se pueden controlar, pero eso significaría pérdida en cuanto al tiempo, molestias y críticas de las personas que observan, y lo que es peor, se tendría que aislar o suspender el servicio de agua de un sector o una línea mientras se corrige el desperfecto.



Hay que cerciorarse de que la llave de inserción quede completamente cerrada.

#### 1.7- CALIBRACION.-

Después de las operaciones anteriores el primer factor de importancia, es la calibración de la tubería, puesto que el AREA REAL de la misma está en función del diámetro interior.

Puede suceder en la práctica, que el diámetro interior de un tubo esté alterado, en más o menos del diámetro nominal; por lo general es en menos. Ahora bien, puede suceder que la tubería se encuentre disminuida por defectos en la fabricación, aunque sea completamente circular, puede estar ligeramente deformada, sobre todo si se trata de tubería de acero que no ha sido convenientemente manipulada y los diámetros resultan mayores; porque se encuentre asolvada, incrustada, o que tenga botones o protuberancias, y entonces, ese diámetro es diferente del que especifican los fabricantes.

Lo ideal sería, hacer una serie de perforaciones alrededor del tubo con objeto de verificar, por qué causas ese diámetro interior no es el correcto, cosa que en la práctica es completamente innecesario, por debilitarlo y perder mucho tiempo.

El calibrador es un instrumento que consiste de una varilla de latón de un diámetro tal, que pueden evitarse las vibraciones producidas por la velocidad

a que pasa el agua dentro de la tubería, si se trata de diámetros grandes. Se desliza esta varilla a través de una tuerca de bronce montada en otra que se adapta con su correspondiente empaque, dicha tuerca tiene una perforación excéntrica, se atornilla a la llave de inserción; dicha varilla en uno de sus extremos que es el que se introduce en la tubería, tiene un gancho, cuyo doblez toca la pared del tubo por medio del extremo o punta y además esa misma punta toca la pared opuesta, una vez halado.

La tuerca con perforación excéntrica, tiene sujeta una regla que sirve de apoyo para colocar cualquier escala graduada, en unidades métricas ó en inglesas. La varilla de latón tiene un índice deslizable, con un prisionero, que tiene dos funciones: una, para saber en que posición interior está el gancho, y otra para poder hacer las dos lecturas, a fin de determinar el diámetro interior. A la diferencia entre las dos lecturas, debe de agregarsele (1"), que es precisamente la longitud del gancho. En el otro extremo de la varilla, tiene una asa que sirve para deslizarla dentro del tubo.

La maniobra de calibración de una tubería consiste en atornillar la tuerca del calibrador a la llave de inserción que debe estar cerrada, abrir está válvula e introducir la varilla en una misma posición, hasta que toque la pared del tubo, anotar la lectura correspondiente, girar 180°, en cualquier sentido con objeto de que el gancho esté en posición de tocar la pared opuesta, una vez --



halado y sin que se salga completamente, anotar esta segunda lectura, cosa que se consigue por medio del índice; volver a girar 180° la varilla, con objeto de sacarla, cerrar la llave de inserción y retirar el calibrador.

## II.- SEGUNDO PROCESO.

### 2.1- INSTALACION DEL TUBO PITOT-SIMPLEX.-

Se coloca en la llave de inserción el tubo PITOT-SIMPLEX, que sirve para:

- a).- Determinar el sentido del flujo.
- b).- Observar los valores de la velocidad media y de la velocidad central, con los que se determina el coeficiente de caminamiento  $C$ , llamado también factor de tubo (Traverse coef) y
- c).- Una vez colocado en el centro de la tubería, poderlo conectar con el REGISTRADOR y así obtener la velocidad del agua.

El tubo PITOT consiste en un par de conductos protegidos con una cubierta cuya medida exterior es de una pulgada; en uno de sus extremos tiene tres orificios, uno alargado que se orienta en sentido contrario al flujo del agua, que recibe el impacto directo producido por la velocidad y los otros dos (conectados entre sí) que reciben la influencia de referencia o lateral de la velocidad del agua.

En el otro extremo tiene un dispositivo

para hacer las conexiones por medio de mangueras de hule, con sus correspondientes llaves de paso, ya sea, al medidor de diferencias piezométricas, o al REGISTRADOR SIMPLEX, y una llave de purga que sirve para desalojar el aire, en cada uno de los conductos.

La cubierta se desliza en una tuerca que sirve para atornillarse en la llave de inserción y tiene una ranura perimetral para que en ella se aloje una regla graduada o segundo calibrador. La tuerca tiene una sección con hendiduras que permiten aprisionar al tubo PITOT, una vez colocado en posición, por medio de una segunda tuerca y un prisionero. En el mismo cuerpo del tubo, se desliza un índice, que sirve para indicar el sentido de orientación que tiene el tubo PITOT y para indicar la posición que tienen los orificios dentro de la tubería por estudiar. La extremidad con los orificios, está protegida con un casquillo para que no se deteriore o no se tapen los orificios con arena, arcilla, tierra u otro material que pudiera obstruirlos. Debe tenerse especial cuidado de quitar éste casquillo para poner a trabajar el tubo PITOT.

## III.- TERCER PROCESO.

### 3.1- MEDIDOR DE DIFERENCIAS LAS PIEZOMETRICAS.-

Intimamente ligado con el tubo PITOT está el medidor de diferencias piezométricas.

En principio, éste instrumento es un tubo en U, que consiste en dos tubos de cristal con diámetro de media pulgada, sujetos en cada extremo por piezas especiales-



y empaques a unos soportes de fundición, la inferior tiene dos tuercas que sirven para drenar los líquidos que se utilizan y para efectuar la limpieza. En el soporte superior tiene dos conexiones con llaves de paso y tuercas de unión para las mangueras de hule, llaves individuales de purga de aire, by-pass de intercomunicación de las dos ramas con su correspondiente llave de paso. Como accesorios tiene dos mangueras de hule, un escobillón para la limpieza de los cristales, un cristal de repuesto y una llave especial para remover las tuercas; todo esto instalado en una caja de lámina para protección y acarreo.

Sirve el medidor de diferencias piezométricas para obtener y medir la desigualdad entre las dos ramas, y como se dijo anteriormente, para determinar el sentido del flujo de la corriente de que se trata.

Antes de hacer cualquier determinación, conviene saber cómo debe de llenarse el medidor y con qué líquidos, cuales deberán ser las densidades de los mismos, de acuerdo con las velocidades del agua.

Los líquidos generalmente usados son: bencina o benzol, tetracloruro de carbono, bromoformo y mercurio.

Hablaremos de dos mezclas de benzol y tetracloruro de carbono y del mercurio. Las primeras pueden hacerse: una con densidad específica de 1.25 y la otra de 1.50, cuando las velocidades del agua en el tubo son mínimas, se utiliza el mercurio cuya densidad específica es

de 13.58, cuando las velocidades son máximas. A las mezclas de benzol y tetracloruro de carbono se les determina su densidad por medio de un densímetro y una probeta y se les agrega un colorante que tenga la propiedad de disolverse en esa mezcla, pero que no se disuelva en el agua, esto es, con el objeto, de tener completamente definidos los meniscos que servirán para obtener las deflexiones.

El empleo del bromoformo no es aconsejable puesto que requiere mucho cuidado, por ser inflamable y muy tóxico.

En cuanto al empleo del mercurio, no presenta dificultad alguna.

### 3.2- CONEXION DEL TUBO PITOT Y DEL MEDIDOR DE DIFERENCIAS-PIEZOMETRICAS.-

Puede conectarse el medidor de diferencias piezométricas, directamente al tubo PITOT o en paralelo con el REGISTRADOR SIMPLEX; para facilitar la maniobra se ha acostumbrado hacer: primero, la observación y determinación de los datos para las diferentes deflexiones, retirar el medidor de diferencias piezométricas, y segundo, en su lugar, conectar el REGISTRADOR que ya se queda trabajando definitivamente por horas.

La manguera que sale del tubo PITOT en el extremo I (rojo), deberá de conectarse con la tuerca unión izquierda (rojo) de la rama correspondiente del medidor de diferencias piezométricas, y la manguera que sale del tubo



PITOT en el extremo R (amarillo) deberá conectarse con el correspondiente del medidor de diferencias piezométricas (amarillo).

### 3.3.- LLENADO DEL MEDIDOR Y PURGA DE AIRE.-

Remover los tapones correspondientes a los tubos de cristal, colocados en el soporte superior, vertiendo el líquido previamente mezclado como ya quedo explicado anteriormente, por medio de un embudo ésta se efectuará más aprisa si se abren las llaves de purga; es conveniente llenar ambas ramas hasta la mitad, con objeto de obtener un nivel máximo en una rama, cuando ya se llena con el agua del tubo, pues ese nivel deberá ser igual a la longitud total de uno de los tubos de cristal; de igual forma se opera con la otra rama, obteniéndose así, dos operaciones a la vez: primero, llenado de las dos ramas, y segundo, comenzar a seguir expulsar el aire una vez que se han colocado nuevamente estos tapones. Pero hay que tener mucho cuidado en no dar lugar a que se desaloje el líquido de la mezcla, esta operación se consigue de la siguiente manera:

Si se va a llenar la rama I (roja), se abre la llave de paso, abriendo al mismo tiempo la llave del by-pass y la de purga R (amarilla), una vez extraído el aire se cierra ésta llave, se cierra la llave I y se deja abierta la del by-pass. Enseguida se abre la llave de purga R, la de purga I, y como esta abierta la del by-pass, se llena la rama de la derecha R, se cierran las llaves R y de purga I, una vez conseguida la expulsión del aire,

con esto se consigue establecer el mismo nivel en las dos ramas, se cierra la llave del by-pass y ya está en condiciones el medidor de diferencias piezométricas, de poder observar en él, los datos que a continuación se desean obtener.

### 3.4.- CAMINAMIENTO DEL TUBO PITOT.-

Se llama caminamiento del tubo PITOT al hecho de hacerlo deslizar dentro de la tubería o estación, a través de su diámetro, con objeto de observar los valores de la velocidad media y de la velocidad central; con los que se determina el coeficiente  $C$  llamado también factor del tubo.

Según podrá verse, la sección circular transversal de la tubería está dividida en anillos concéntricos de igual área, que dependen de la colocación que se le dé a los orificios del tubo PITOT dentro de la tubería; el número de anillos y su posición  $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ , está especificada en la fórmula:

$$R_n = R \frac{2n-1}{2n} \text{ para cada anillo, siendo "n" el número de anillos.}$$

Como podrá verse en la tabla No. 3 del Bole-<sup>®</sup> tín Simplex y que depende del diámetro nominal.

Las lecturas de las diferencias piezométricas se obtienen de la colocación del orificio del tubo PITOT en los dos radios de la tubería y tienen valores con signo (-) menos, las hechas hacia abajo, y con signo (+) más, las hechas hacia arriba, pero la naturaleza del signo NO interviene en los cálculos posteriores.



En la hoja para el cálculo de caminamiento aparecen varias columnas:

En la columna en blanco deberá colocarse  $(R_n)$ , que corresponde a los diferentes radios (tomados de la tabla No. 3), o sean las alturas a que deben de colocarse los orificios del tubo PITOT y obtener las diferencias piezométricas de cada uno de los anillos.

"d" es la columna correspondiente a las diferencias piezométricas en los distintos anillos.

"d<sub>c</sub>" es la de la columna correspondiente a la deflexión observada cuando el orificio del tubo PITOT está colocado en el centro de la tubería y en ésta columna se anotarán los valores, es decir, se partirá invariablemente del centro y hacia el primer anillo; regresar al centro, leer la diferencia; colocarse en el segundo anillo, leer la diferencia; regresar al centro, leer la diferencia; colocarse en el tercer anillo, leer la diferencia; y así sucesivamente con todos los valores, tanto con signo menos, como con signo más (ésto es lo que pudiéramos decir: anotar los datos de campo).

En esa misma hoja hay que poner la hora principio de las lecturas y la hora-fin de las mismas, cuyo lapso debe de ser lo más corto posible; al principio costará mucho trabajo, pero con la práctica, se verá que éste se acorta bastante.

Deberán de llenarse todos los datos que

hoja de cálculo tiene marcados con línea en blanco, y que son: en el círculo, posición de la perforación; y en el texto del encabezado, la fecha, el lugar, la estación de aforo, diámetro nominal y diámetro calibrado, y después de hecho el cálculo, los resultados finales, se anotarán hasta llegar a C coeficiente de caminamiento o factor de tubo. En las Observaciones se anotarán las obtenidas: Si el aforo fué efectuado en Línea de Conducción, Crucero de algún Circuito, si se trata de Bombeo, si se trata de que al hacer la calibración se encontró azolve, incrustación, etc. etc., y todos los datos que a juicio del operador pueden tener alguna importancia y que se relacionen con el Estudio que se efectúa, sin olvidar también, anotar el manómetro empleado y la presión manométrica registrada.

Con la fórmula:  $V = 1.84 \sqrt{S-1} \sqrt{d}$ , se obtiene la velocidad en cada uno de los puntos cuyas alturas corresponden a los radios escogidos.

1.84 es una constante cuando el tubo PITOT es del tipo aplastado o plano.

"S" Peso específico del Líquido usado.

"d" diferencia piezométrica o deflexión -- observada.

Para mayor facilidad en el cálculo del C, coeficiente o factor del tubo, ya hemos obtenido los valores que corresponden a cada una de las diferencias piezométricas, en una tabla, desde un milímetro hasta



cien milímetros y con los diferentes pesos específicos de las mezclas o líquidos empleados.

La quinta columna, o sea la final de la primera sección de la hoja de cálculo, es el resultado de dividir los valores de  $V_m$  (velocidad media), entre  $V_c$  (velocidad central), y que sirven como puntos aislados que se dibujan en el cuadro de VELOCIDAD: una vez colocados éstos puntos, se traza la parábola gráficamente, apoyándose en los puntos: iniciales, medio y final de los valores obtenidos, las intersecciones de la curva dibujada con los horizontales que corresponden a los diferentes anillos, dan los valores finales, que promediados, tenemos como resultado FINAL, el  $C$  ó sea el coeficiente de caminamiento o factor del tubo que viene a ser el 2º factor para el cálculo del GASTO.

#### IV.- CUARTO PROCESO

##### 4.1- REGISTRADOR "SIMPLEX"

###### a).- DESCRIPCION.

El registrador simplex es un instrumento que sirve para obtener gráficamente la velocidad de la vena líquida que circula dentro de una tubería; es exacto, sensible y preciso, de construcción compacta y el tipo de que se trata, es fácil de transportar. Los hay de varios tipos.

Consta de 5 elementos principales, a saber:  
Cámara.

Diafragma,

Cremallera.

Cuadrante y

Mecanismo de relojería.

En la cámara o depósito tiene una carga de mercurio, que transmite las dos presiones recibidas del tubo PITOT.

El diafragma transmite cualquier movimiento proporcional angular, al brazo de la plumilla, con una fricción despreciable, está construido de tal sección, que su movimiento dentro del mercurio siempre es directamente proporcional a la velocidad del flujo del agua, indicado por la fórmula:

$$V = C \sqrt{2gH}$$

La cremallera sirve para transformar el movimiento vertical del diafragma, en movimiento angular al brazo de la plumilla.

Cuadrante se le llama a la pieza, cuyos dientes entran en la cremallera y tiene un eje unido al brazo de la plumilla, teniendo la forma de un cuadrante de círculo.

El mecanismo de relojería puede ser de dos tipos: mecánico y eléctrico, en el Registrador de que se trata, el mecanismo de relojería es mecánico y su cuerda tiene una duración de ocho días.

###### b).- COLOCACION Y NIVELACION.-



Debe colocarse el Registrador en un lugar firme, sensiblemente plano y horizontal, y debidamente protegido, procediéndose como sigue:

Quitar la tapa protectora.

Remover la tapa superior del Registrador, con objeto de retirar el resorte que aprisiona al flotador que sirve para amortiguar cualquier movimiento durante el acarreo o transporte.

Volver a colocar la tapa.

Cerciorarse de que el tapón del dren del mercurio esté completamente cerrado.

Remover el tapón del embudo llenador del mercurio.

Verter la carga de mercurio habiéndola pesada y filtrado antes.

Recolocar el tapón del embudo.

Para nivelar el registrador hay que girar los tornillos nivelantes, colocados en la parte inferior de la base, hasta conseguir que la burbuja del pequeño nivel esférico esté dentro del círculo correspondiente.

#### c).- CONEXIONES.-

De la misma manera que se hizo con las conexiones al medidor de diferencias piezométricas, se conectan las mangueras de hule, teniendo cuidado de poner la manguera de presión alta I (roja) con la entrada (roja) del Registrador, la cual recibe la

presión de impacto, y la otra, a la presión baja R (amarillo) que es la presión de referencia.

#### 4.2 LLENADO DEL REGISTRADOR CON AGUA Y PURGA DE AIRE.-

Con todas las válvulas del Registrador cerradas, se abre la de paso (roja) y la del by-pass (rojo-amarillo), se abre la válvula I (roja) del tubo PITOT, se carga entonces el Registrador con agua y se purgan las válvulas: superior de la tapa, la que está cerca del pivote de la plumilla, la que se encuentra a la derecha y abajo de la de admisión R y la que permite el paso del agua al tubo de cristal derecho, después de que todo el aire ha sido expedido, se cierran las llaves de purga.

#### 4.3 REMOSION DEL AIRE DE LA PARTE BAJA DEL FLOTADOR.-

Remuévase el tapón de la tapa superior del Registrador, estando cerradas las válvulas I y R del tubo PITOT, y estando abierta la válvula del by-pass del Registrador, llevando la plumilla en cero o muy cerca de cero, cerrando esta válvula después. Se baja el bastago de la válvula de aire del flotador, despacio, oprimiendo y soltando la variable por medio de un lápiz y desarmador pequeño, al mismo tiempo se abre la válvula R poco a poco una vez que todo el aire ha sido expedido, se retira el desarmador y se cierra la válvula R; se coloca nuevamente el tapón de la tapa purgando nuevamente la válvula de purga de la tapa y cerrándola después.



#### 4.4- RELOJ.-

El reloj con que está equipado el Registrador tiene cuerda para 8 días y para darle cuerda se usa la llave especial, haciéndola girar en el sentido que viene marcado en el plato, sin forzarla mucho. Conviene darle cuerda cada cinco días para tener cuerda de reserva.

#### 4.5- COLOCACION DE LA PLUMILLA EN EL RADIO APROPIADO.-

Por medio del tornillo que apresiona al eje del brazo de la plumilla se puede soltar su movimiento y colocar ésta última en el radio exacto, apretando ese prisionero una vez que se ha conseguido esto.

En cuanto a la presión que debe de tener la plumilla contra el papel de la carátula, se puede controlar por medio del perno del brazo de la plumilla misma, ya que si hay una presión excesiva, la interpretación de la gráfica se presta a confusiones.

#### 4.6- UNION DEL TERCER CALIBRADOR DE AGUA Y PRUEBA.-

Se conectan los tubos de cristal que forman el tercer calibrador a las válvulas que aparecen a medio cuerpo del instrumento, del lado derecho e inmediatamente detrás de la cubierta de la carátula, hay que ajustarlos para que permanezcan verticales y paralelos, se conecta la escala deslizable por medio de sus abrazaderas a los cristales.

La escala de prueba está graduada en velocidades en pies por segundo, lo mismo que la carátula, -- así es que, los números 0-6 en la escala de pruebas -- corresponde a los mismos en la graduación de la carátula.

#### 4.7- USO DEL CALIBRADOR Y CHECADO DEL PATRON.-

Una vez llenos de agua los tubos de cristal -- por medio de las llaves I y R del tubo PITOT alternadamente, se abran las correspondientes a los tubos de cristal teniendo cerradas todas las demás, y para obtener en uno de los cristales la columna de agua -- en CERO y la otra en SEIS, se operan solamente las válvulas I (roja) de la entrada de agua en el Registrador, teniendo cerrada la válvula del by-pass (rojo-amarillo) y abriendo la de drenaje que está colocada atrás de la R (amarilla) del Registrador, pero lentamente hasta conseguir esas alturas, y como la plumilla se desaloja al mismo tiempo para llegar a SEIS pies, cuando se consiguen al mismo tiempo obtener éstos valores, quiere decir que el PATRON se ha establecido, las líneas marcadas en la regla desliza-  
dora de los tubos de cristal deben de coincidir con el botón inferior de los maniscos en ambos tubos.

Igual maniobra debe de hacerse cuando se tiene un desplazamiento 0-2, cuando las velocidades del agua son notoriamente pequeñas.



Se cierran las válvulas de los tubos de cristal, abriendo completamente las válvulas I y R del tubo PITOT y las I y R del Registrador y entonces todo el conjunto estará en condiciones de registrar la velocidad central, ya que los orificios del tubo PITOT han quedado previamente colocados en ese sitio.

Se retiran los tubos de cristal así como la escala, que no forman parte permanente del Registrador, sino solamente han servido para establecer el patrón, y es entonces cuando se le puede poner la cubierta y protegerlo debidamente a fin de que trabaje las horas necesarias, que generalmente son 24.

#### 4.8- DESMANTELADO.-

Una vez completada la determinación, deben tenerse ciertos cuidados a la hora de desmantelarlo, para lo cual se cierran todas las válvulas que permanecieron abiertas, se desconectan las mangueras por lo que respecta al Registrador, se le quita la tapa, se coloca el resorte y se vuelve a colocar la tapa; se separa la plumilla de la carátula, se retira del plato, cerrando la cubierta, entonces ya estará en condiciones de poderse transportar a otro lugar, si no tiene que usarse cerca del sitio nuevamente, entonces se descarga el mercurio y el agua que pudiera tener la cámara.

Para quitar el tubo PITOT, conviene seguir --

estos pasos: aflojar el tornillo prisionero, halar -- despacio el tubo hasta cerciorarse de que ha topado -- al límite, cerrar la llave de inserción y desatornillar el tubo de la llave, con todo cuidado para que solamente quede la llave de inserción en la tubería, -- descargar el agua que pudiera tener el tubo PITOT y -- colocarle su casquillo protector.

Se quita la llave de inserción por medio de la máquina perforadora y en su lugar se coloca un tapón especial de sección cónica para cerrar hermeticamente la perforación.

En seguida se procede a tapar la excavación -- y reponer el pavimento.

#### 4.9- MANOMETROS.-

Un instrumento de mucha importancia es el manómetro que puede instalarse en cualquiera de las conexiones de entrada del agua del Registrador y con él se obtienen las presiones bajo las cuales estuvo trabajando todo el equipo.

#### 4.10-CARATULA DE VELOCIDAD.-

Es una hoja de papel especial para que no se altere con las variaciones de la humedad atmosférica, evitándose así que pueda arrugarse, está graduada en pies por segundo y se usa para cualquier tamaño de tubería, una vez conocida el área real de la tubería y el coeficiente de caminamiento del tubo, la carátula --



nos dá el TERCER factor para obtener el G A S T O del flujo del agua en el punto.

Con la gráfica se puede obtener fácilmente la velocidad central promedio, para su período de tiempo cualquiera y para el efecto es aconsejable el uso de un PLANIMETRO RADIAL que mide el radio medio. (Un planímetro Polar que sirve para medir áreas no sirve para este objeto).

#### 4.11-INSTRUCCIONES PARA EL USO DEL PLANIMETRO RADIAL.-

(Método A)

Para el uso del planímetro radial, las instrucciones son proporcionadas por los fabricantes. Sin embargo, no está por demás dar aquí lineamientos generales y especialmente en relación a su aplicación para la gráfica de velocidad. El Planímetro Radial con punto trazador fijo está considerado aquí.

Coloque la gráfica de manera que su perforación de media pulgada entre en el pivote fijo del planímetro y pueda girar de manera que, el punto trazador del mismo coincida con el extremo de la cartilla. leáse el planímetro (lectura inicial) girando la gráfica en el sentido de las manecillas del reloj, siempre cuidando que la gráfica de la carátula esté en contacto con el punto trazador y hasta conseguir que el período de tiempo en toda su longitud sea cubierto

luego mueva la gráfica, de manera que el punto trazador siga el arco radial de la gráfica hasta que nuevamente pueda alcanzarse el punto inicial, leáse el planímetro (lectura final). Réstese de ésta lectura que es la final, la lectura inicial y el resultado (p) es igual a la lectura del planímetro leído para esa gráfica. Divídase ésta lectura (p) por (t) y multiplíquese el cociente por el factor de la carátula (s). Para encontrar el factor (s) inspeccione la carátula y determine la velocidad media, refiérase a la curva en la página No. 19 del boletín, sección 3, o a la tabla inferior de la misma página y elijase el valor apropiado (s).

El resultado es la velocidad media de ese período sobre y arriba de la velocidad del círculo concéntrico trazado en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj.

En caso de que el Registro de la plumilla sea de grande variación, el resultado concluyente puede obtenerse primero calculando  $V_c$  y sustituyéndolo en la forma siguiente.

Debido al hecho de que los espacios entre dos círculos de velocidades son arcos iguales y no igualmente espaciados en una línea recta radial, el factor de la escala (s) es variable.

Expresado en una fórmula tenemos:



$$V_c = \frac{sp}{t} + V'_c$$

s = factor de la escala circular de la carátula.

p = diferencia entre la lectura final y la inicial.

t = período de tiempo que se toma.

#### METODO B.

Con el punto movable del planímetro y la carátula fija.

La Dirección del trazo del Registro, varía con las diferentes marcas del planímetros.

Para planímetros donde la carátula permanece estacionaria o fija y el punto de trazo es móvil, simplemente trácese en dirección inversa B R A D L C B de la página No. 12 -- sección 2.

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CURSO INTENSIVO SOBRE:

INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN  
SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

T E M A

PRACTICAS SOBRE PITOMETRIA

ING. ALEJANDRO RAMIREZ ALCAZAR

Profesor de Ingeniería Sanitaria de la  
Facultad de Ingeniería Civil, UNL.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

JULIO 1966

MONTERREY, MEXICO.



$$V_c = \frac{sp}{t} + V'_c$$

s = factor de la escala circular de la carátula.

p = diferencia entre la lectura final y la inicial.

t = período de tiempo que se toma.

#### METODO B.

Con el punto movable del planímetro y la carátula fija.

La Dirección del trazo del Registro, varía con las diferentes marcas del planímetros.

Para planímetros donde la carátula permanece estacionaria o fija y el punto de trazo es móvil, simplemente trácese en dirección inversa B R A D L C B de la página No. 12 -- sección 2.

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CURSO INTENSIVO SOBRE:  
INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN  
SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

T E M A  
PRACTICAS SOBRE PITOMETRIA

ING. ALEJANDRO RAMIREZ ALCAZAR

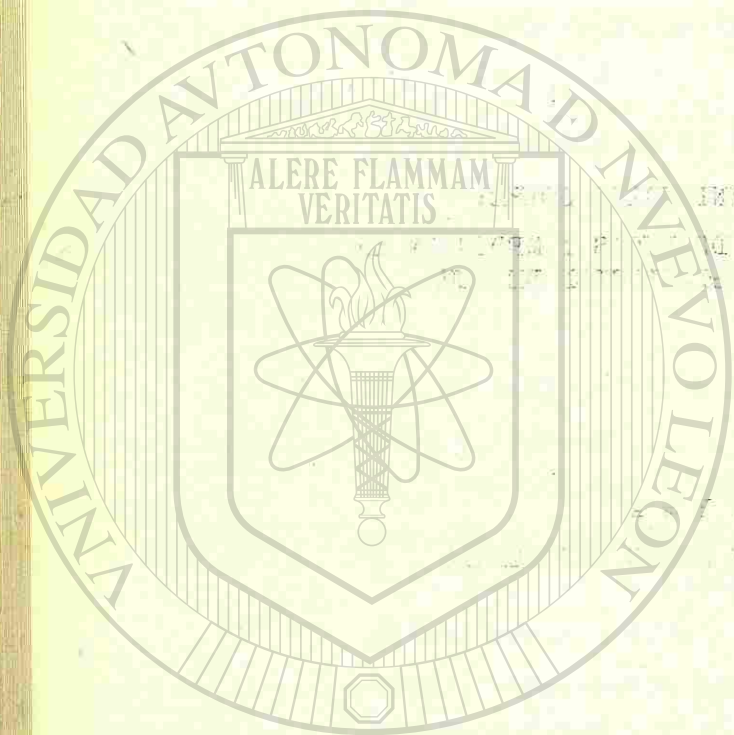
Profesor de Ingeniería Sanitaria de la  
Facultad de Ingeniería Civil, UNL.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

JULIO 1966

MONTERREY, MEXICO.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LABORATORIO Y PRACTICAS DE CAMPO DE PITOMETRIA Y MEDIDORES

A. PRACTICA DE CAMPO (PITOMETRIA)

CONTENIDO:

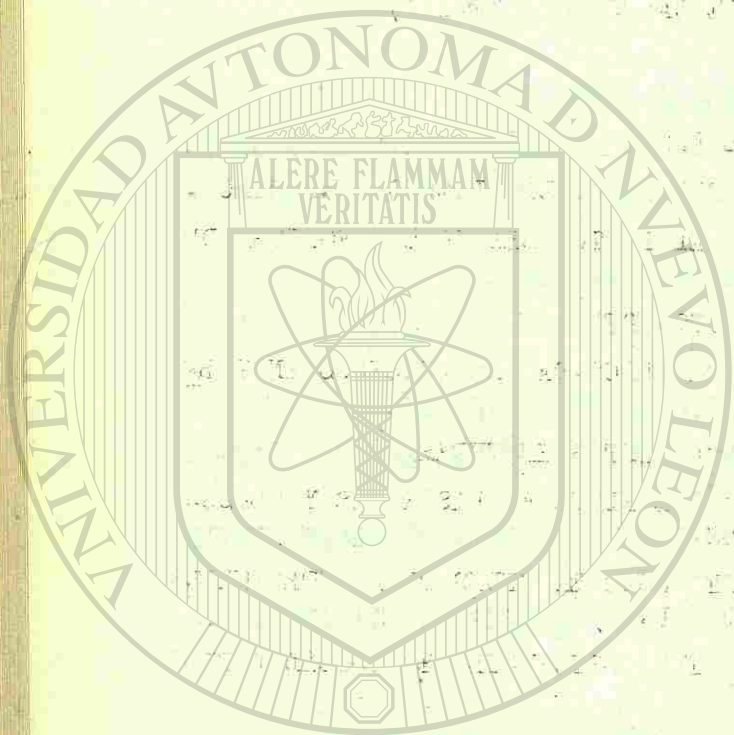
- TEMA I. CALIBRACION DE LAS TUBERIAS
- TEMA II. DETERMINACION DEL P. e. DEL LIQUIDO INDICADOR.
- TEMA III. DETERMINACION DEL FACTOR DEL TUBO. REGISTRO DE DATOS.
- TEMA IV. CALCULO DEL FACTOR DEL TUBO.
- TEMA V. DETERMINACION DE VELOCIDAD DE LIQUIDOS EN TUBERIAS.
- TEMA VI. DETERMINACION DE GASTOS EN TUBERIA.
- TEMA VII. DETERMINACIONES DE FLUJO EN LAS REDES Y CONSUMOS DE SECTORES.
- TEMA VIII. LOCALIZACION DE FUGAS EN REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.
- TEMA IX. DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE TUBERIAS.

B. PRACTICAS DE LABORATORIO (MEDIDORES)

- TEMA I. CARACTERISTICAS DE MEDIDA: SENSIBILIDAD Y PRECISION.
- TEMA II. HIDRAULICA: CURVA, PERDIDA DE CARGA-GASTO.







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
ESCUELA DE POST-GRADUADOS.

TERCER CURSO INTENSIVO:

INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN SISTEMAS DE DISTRIBU--  
CION DE AGUA.

PRACTICA DE CAMPO. (PITOMETRIA)

TEMA I. CALIBRACION DE LAS TUBERIAS.

I. EQUIPO NECESARIO.

- 1) Una varilla calibradora (Caliper).
- 2) Escalímetro.
- 3) Tubería por calibrar con un registro ó válvula de inserción de una pulgada, de preferencia situada en la parte superior ó parte más accesible del tubo. Debido a que se utiliza el mismo registro para determinar la velocidad del líquido que fluye por ella, deberá estar situado cuando menos a 20 diámetros aguas abajo de cualquier conexión ó pieza especial.

II. PROCEDIMIENTO.

- 1) Abrir un poco el registro para que fluya el agua y se lave el registro. Se cierra. ®
- 2) Retirar la tapa protectora de la varilla, colocar y enroscar la varilla de calibración en el registro, apretando sólo con la mano.
- 3) Abrir nuevamente el registro e introducir hasta el fon-



fondo la varilla. Extraer ésta unos 5 cm. y girar el gancho inferior, que tiene una pulgada de largo.

- 4) Empujar nuevamente la varilla hasta topar suavemente con el fondo de la tubería. Correr la marca exterior de la varilla hasta que asiente perfectamente en la base de la roscada de la varilla y se fija con el tornillo opresor con que viene dotada.
- 5) Se estira la varilla hasta que tope con la parte superior del tubo.
- 6) Medir lo que haya salido la varilla (de la marca a la base). Esta dimensión más una pulgada, se toma como diámetro interior del tubo en esa sección.

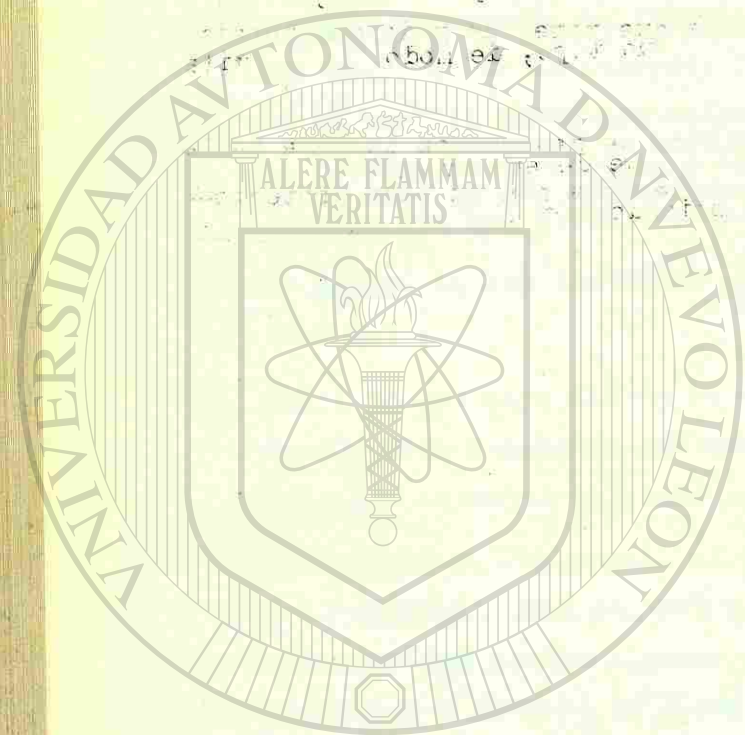
En algunos casos, cuando el tubo es de espesor pequeño y el registro está montado directamente sobre él, sobresalen por dentro algunas cuerdas de la rosca del registro; a esto se le llama "proyección del registro".

Es necesario determinarla para efectuar algunas correcciones en los cálculos.

- 7) Introducir la varilla nuevamente hacia el tubo y girar el gancho un cuarto de vuelta.
- 8) Estirar la varilla hasta que tope.
- 9) Medir nuevamente lo que halla salido de varilla (de la base a la marca) y se le suma una pulgada.
- 10) La proyección será la diferencia de las lecturas obtenidas en 6) y 9).

- 11) Se introduce nuevamente la varilla en el tubo y se gira el gancho de modo que pueda pasar por el registro.
- 12) Se estira la varilla hasta que tope, de modo que permita cerrar el registro.
- 13) Una vez cerrado el registro se desenrosca la base de la varilla y se retira, cubriéndola con su tapa protectora.
- 14) Ver figura 1, 2, 3 y 4.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

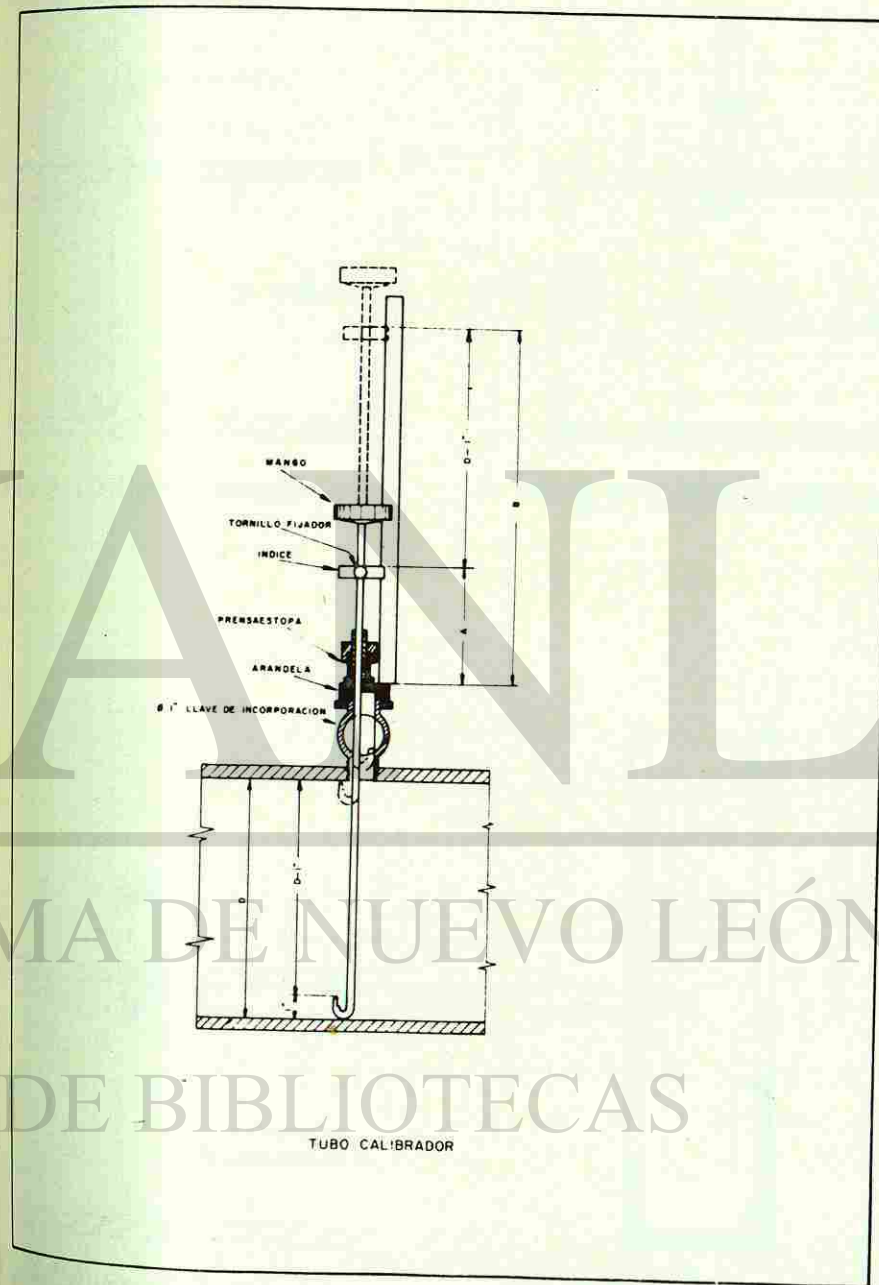
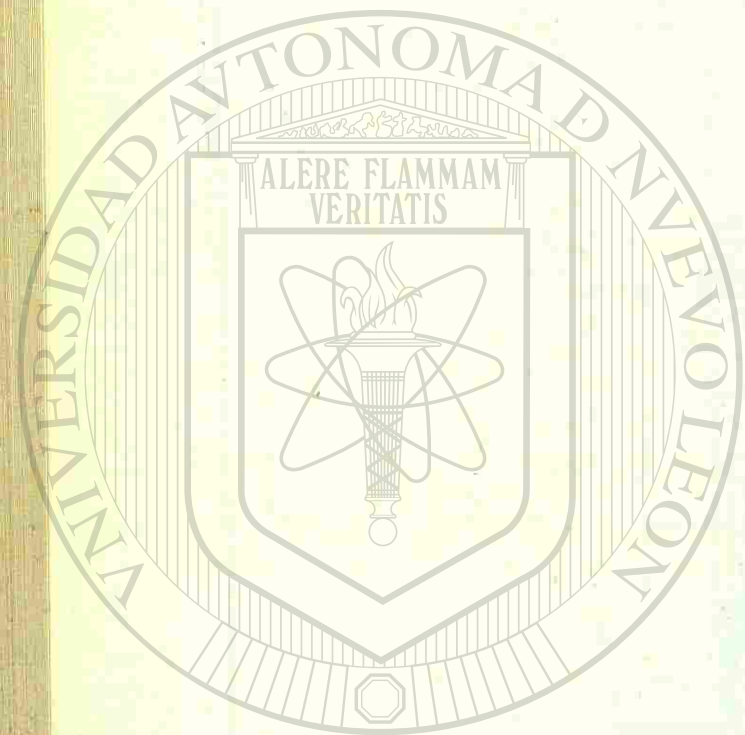


Fig. 1.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

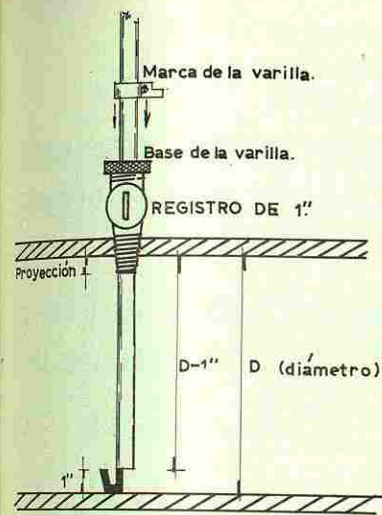


Fig. 2. Calibración de tubos.

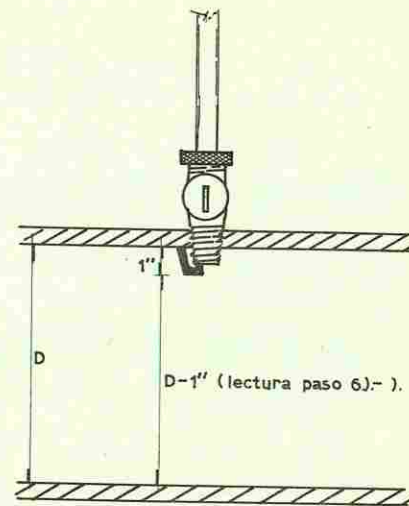


Fig. 3. Calibración de tubos.

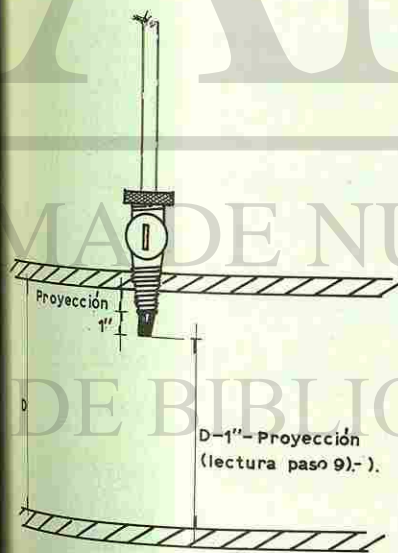


Fig. 4. Calibración de tubos

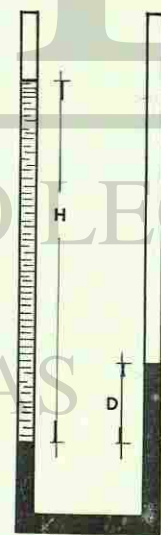
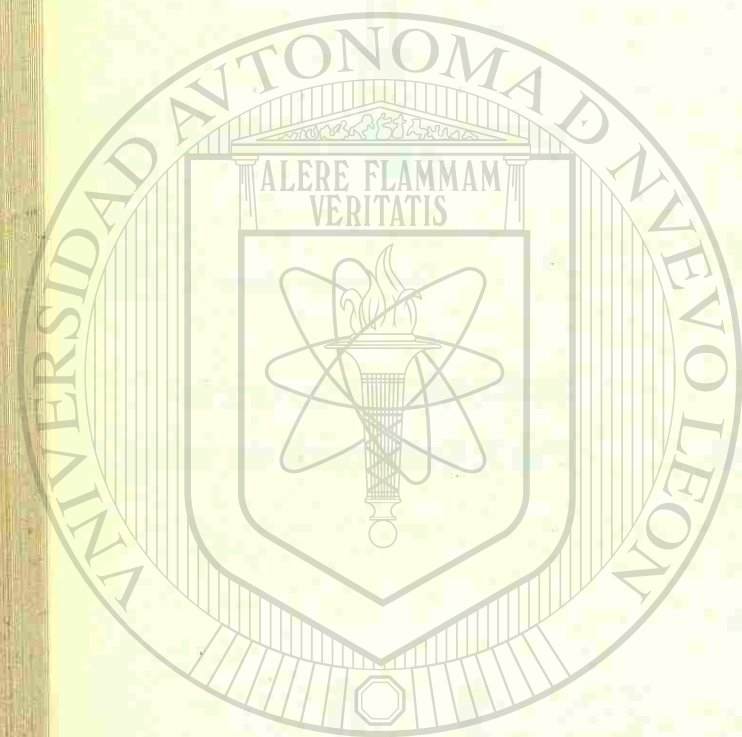


Fig. 5. Determinación de Pe.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
ESCUELA DE POST-GRADUADOS

TERCER CURSO INTENSIVO:

INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

PRACTICA DE CAMPO. (PITOMETRIA)

TEMA II. DETERMINACION DEL P. e. DEL LIQUIDO INDICADOR.

I. INTRODUCCION:

En el manómetro diferencial se utilizan líquidos de diverso  $P_e$  como Mercurio, Tetracloruro de carbono y otros, llamados líquidos indicadores. Debido a que el peso específico de los líquidos varía con la temperatura, es necesario determinarlo cada vez que se utilicen.

Si se han de utilizar continuamente por varias horas, será necesario hacer determinaciones periódicas del P. e. en tal lapso, para efectuar las correcciones necesarias en el cálculo de velocidad y gasto.

II. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO. ®

- 1) Tubo en U ó bien el manómetro diferencial libre de conexiones.
- 2) Líquido indicador por determinársele su P. e.
- 3) Agua.
- 4) Regla graduada.



### III PROCEDIMIENTO:

- 1) Se pone un poco de líquido indicador en el tubo "U" cuyos extremos deben estar expuestos a la atmósfera.
- 2) En una de sus ramas se introduce un poco de agua.
- 3) Se miden las columnas resultantes de agua y líquido indicador, a partir de la rama más baja de éste (h y D ver figura 5).
- 4) Se substituyen los valores anteriores en la fórmula  
$$x_1 = \frac{h}{D} + 1 = \frac{P_e}{P_a}$$
 Pe del líquido indicador en ese momento.
- 5) Este procedimiento debe repetirse varias veces con diferentes columnas de agua para tomar un valor promedio.

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
ESCUELA DE POST-GRADUADOS

### TERCER CURSO INTENSIVO:

INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

PRACTICA DE CAMPO. (PITOMETRIA)

TEMA III. DETERMINACION DEL FACTOR DE TUBO. REGISTRO DE DATOS.

#### I INTRODUCCION.

El factor del tubo (F.T.) es un coeficiente que da la relación entre la velocidad media y la velocidad máxima de escurrimiento en un tubo. Con ello se logra determinar la velocidad media y el gasto (si se conoce la sección) en cualquier momento, -- con solo conocer la velocidad en el eje del tubo -- (que normalmente es la máxima; siendo cero en las proximidades a las paredes del tubo) fig. 6).

#### II. EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO.

- 1) Los de las prácticas I y II.
- 2) Varilla con orificios (tubos pitot).
- 3) Mangueras y accesorios necesarios para conectar los tubos pitot de la varilla con el manómetro diferencial.
- 4) Líquidos indicadores con diferentes P. e.
- 5) Hojas de registro (fig. 10).



III. PROCEDIMIENTO.

1) Se retira la tapa protectora de la varilla de los tubos pitot.

2) En el registro (ó válvula de inserción) donde se libró el tubo, se enrosca la varilla apretando su base sólo con la fuerza de la mano.

3) Se conectan las mangueras a los extremos libres de los tubos pitot de la varilla, fijándolas por medio de los opresores con que están provistas, apretando sólo con la fuerza de los dedos.

4) Se cierran los juegos de válvulas con los que vienen dotados las mangueras (válvulas 1 y 2, ver fig. 9).

5) Se abre el registro completamente de modo que pueda introducirse la varilla al tubo, haciendo llegar el extremo con orificios hasta el eje de la tubería.

6) A.- En caso que la varilla sea para orificios opuestos 180°, se giran los extremos exteriores de los tubos para lograrlo, colocándolo uno de los orificios con la sección completamente hacia aguas arriba (fig. 7).

B.- En el caso que sean varillas con orificios situados a 90° se hace que el orificio para carga por velocidad este dirigido completamente hacia aguas arriba (fig. 8).

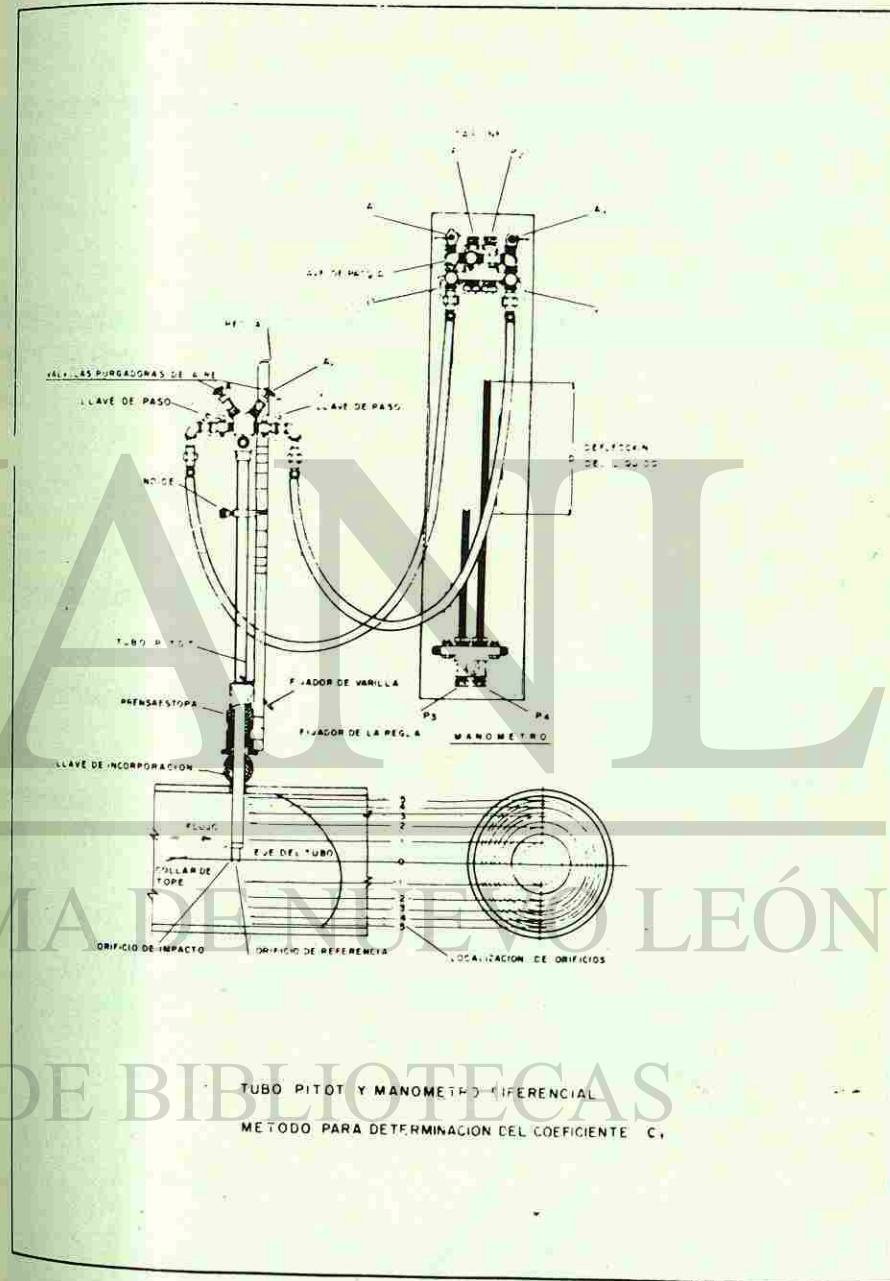


Fig. 6.



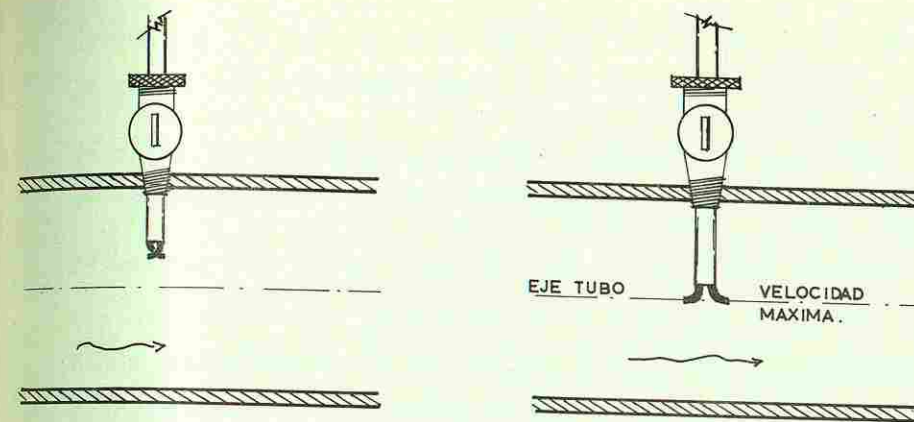
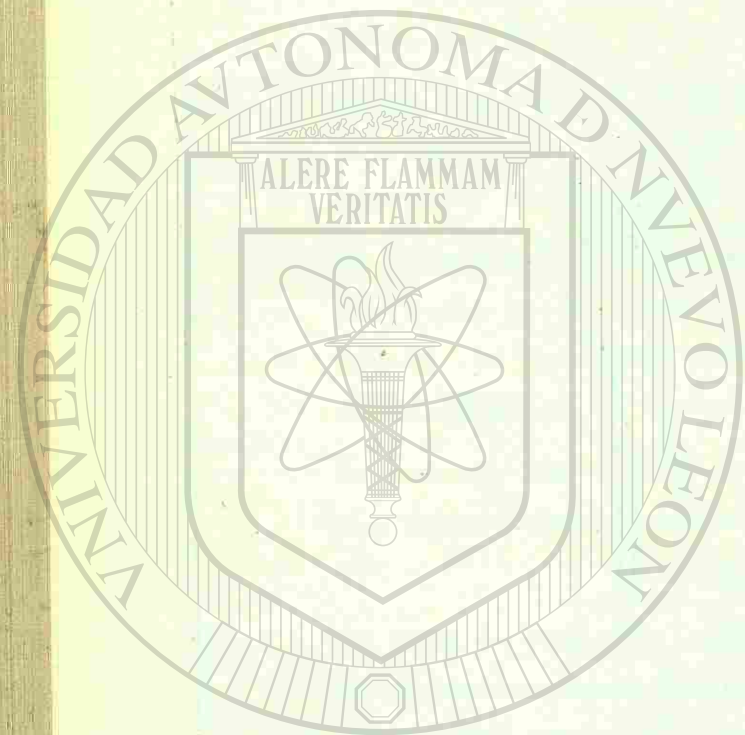


FIG. 7.- CASO A : ORIFICIOS OPUESTOS 180°

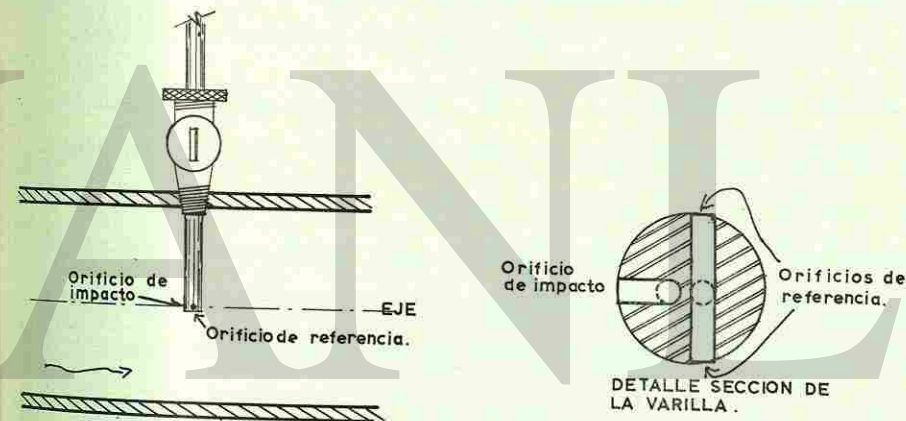


FIG. 8.- CASO B : ORIFICIOS A 90°

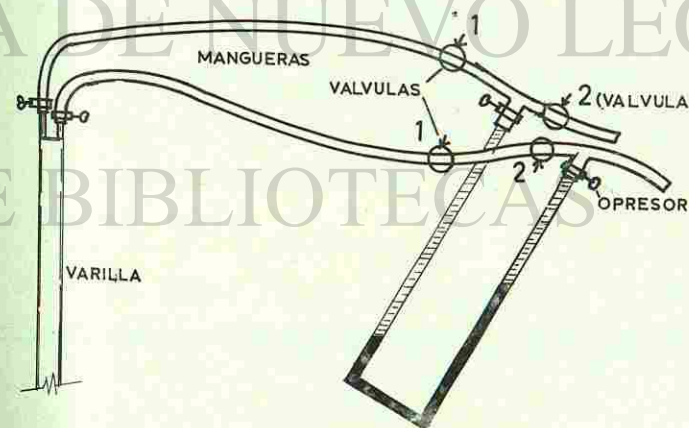
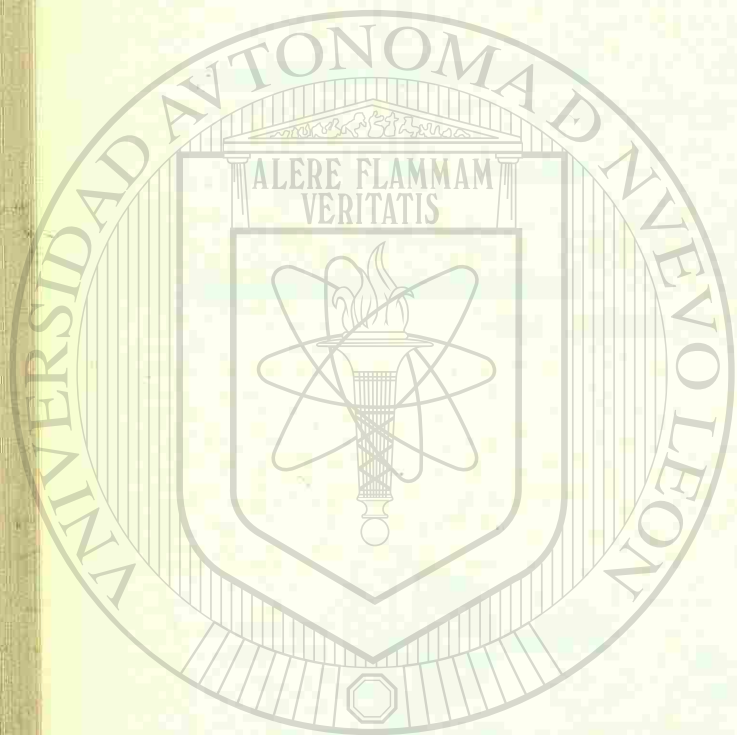


FIG. 9.- CONEXION DE MANGUERAS VARILLA-MANOMETRO DIF.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

- 7) Se empuja la varilla sin girarla hasta que toque la pared opuesta del tubo.
- 8) Se corre la marca de la varilla hasta que descansa en la base y se fija su movimiento
- 9) Se extrae sin girar poco a poco la varilla, hasta que los orificios queden en el eje de la tubería; donde normalmente la velocidad es máxima. Esto se logra midiendo la distancia de la marca de la varilla a la base, puesto que el diámetro efectivo del tubo se determinó previamente
- 10) A criterio se coloca uno de los líquidos indicadores en el tubo "U" o manómetro diferencial. La selección del líquido obedece a la conveniencia de obtener desniveles del líquido indicador o flechas máximas de 20cm (8") /. En este momento debe determinarse nuevamente el  $P_e$  del líquido indicador.
- 11) Cuidadosamente se inserta una de las terminales de cada manguera en cada uno de los extremos del tubo U ó manómetro diferencial fig. 9.
- 12) Se abren totalmente poco a poco y en forma alternada las válvulas 1, cuidando que el líquido indicador no vaya a ser expulsado del tubo en U ó manómetro diferencial. (fig. 9).
- 13) Se abren en igual forma las válvulas (2) (fig.9). cuidando que no queden atrapadas burbujas de aire en



en él tubo de vidrio. En algunos casos es aconsejable utilizar el agua que está saliendo para enjuagar exteriormente el tubo de vidrio.

- 14) Se cierran alternadamente y en forma gradual, las válvulas (2) (fig. 9) hasta su cierre completo y se observa la flecha ó desnivel entre las ramas del líquido indicador que deberá ser de unos 20 cms. Si se observa que al ir cerrando las válvulas (2) el líquido indicador está muy cerca de los extremos del tubo de vidrio, será necesario colocar otro líquido de P. e. mayor.

En cambio si al estar completamente cerradas las válvulas (2) la flecha lograda es muy pequeña deberá usarse otro líquido de P. e. menor. Esto se debe a que la flecha hasta ahora obtenida es la máxima que se puede producir en el momento de la prueba, tal flecha disminuirá conforme los orificios se aproximen a las paredes del tubo, dificultándose la medición de las flechas.

- 15) Se empuja la varilla hasta que toque la pared interna opuesta del tubo comprobándose la posición correcta de la marca en la varilla.

- 16) Se efectúa la lectura de la flecha con el escalímetro ó escalas del manómetro diferencial y se anota tal valor en las hojas de registro especiales (ver forma anexa) marcando el punto con una cruz. Para

evitar que se mueva la varilla durante las lecturas, se puede fijar ésta por medio de un tornillo-opresor localizado en su base.

- 17) Se extrae la varilla una ó dos pulgadas (según el diámetro del tubo y se efectúa nuevamente lectura de la flecha anotándola en el registro en el punto correspondiente marcando con una cruz.

- 18) Se sigue extrayendo la varilla sucesivamente cada una ó dos pulgadas efectuando las lecturas y anotando las flechas correspondientes.

- 19) La lectura final en esta serie, para varillas, con orificios a  $180^\circ$  será cuando no puedan extraerse más los tubos pitot, debiéndose tomar en este caso la medida de lo que halla salido de la varilla y anotando en el registro exactamente donde corresponda, la lectura, es decir, debe tomarse en cuenta si existe la proyección del registro ó válvula de inserción.

En el caso de varillas con orificios a  $90^\circ$ , deberá medirse en la varilla hasta la marca, el diámetro efectivo del tubo tomando en cuenta la existencia de la proyección y posición de los orificios.

- 20) Para comprobar las lecturas tomadas, es necesario efectuar otra serie de mediciones de flechas en sentido inverso a la serie anterior ó sea el re-



gistro hacia la pared opuesta. Para lo anterior se pueden presentar dos casos:

Caso A. Para varillas con orificios opuestos  $180^\circ$  de modo que el orificio que en la primera serie estaba dirigida aguas arriba quede hacia aguas abajo. Se estira la varilla hasta que tope y se efectúa la segunda serie de lecturas lográndose así con las dos series, una corrección por orificios.

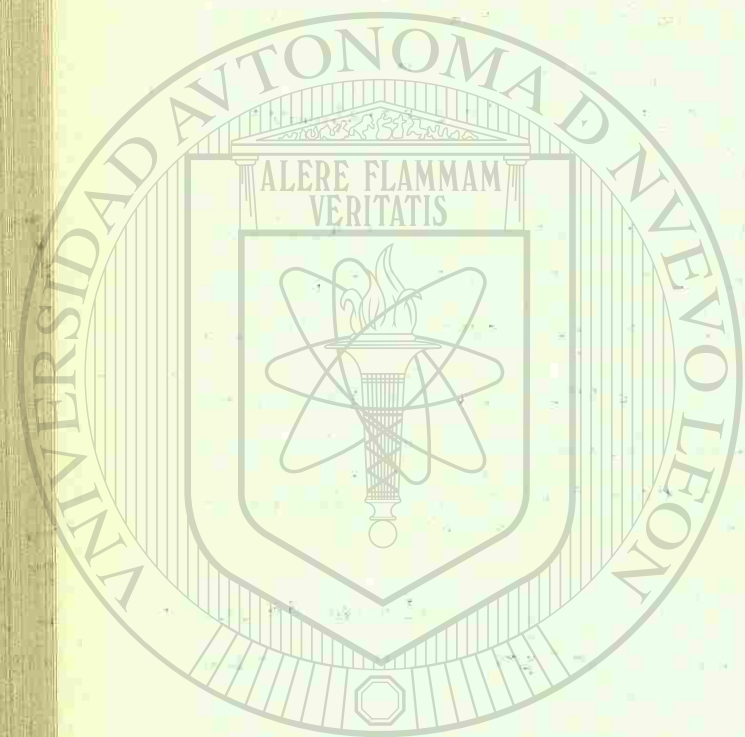
Caso B. Para varillas con orificios a  $90^\circ$  no se gira la varilla, únicamente se efectúa la segunda serie de lecturas introduciendo la varilla cada una o dos pulgadas, a partir del punto (19 -).

En ambos casos: La segunda serie de lecturas se hace en el registro con un punto encerrado en un círculo pequeño, hasta llegar nuevamente a la pared opuesta del tubo.

- 21) Se extrae la varilla completamente del tubo, de manera que pueda cerrarse el registro ó válvula de inserción. (En el caso de varillas con orificios opuestos  $180^\circ$  deberán girarse previamente los tubos pitot para que pueda pasar la varilla por el registro).
- 22) Se cierra el registro completamente.
- 23) Se cierran gradual y alternadamente las válvulas (1) de las mangueras hasta su cierre hermético (fig. 9).

- 24) Se abre primero un poco la válvula (2) (fig. 9) -- que corresponde a la manguera con mayor presión -- (rama de líquido indicador más corta) se abre un poco la válvula (2) del otro ramal y se continúa; abriendo alternadamente hasta abrir completamente ambas válvulas. (2).
- 25) Se aflojan los tornillos opresores de las mangueras que conectan con el tubo de vidrio ó manómetro diferencial y se retira cuidadosamente este último.
- 26) Se pone en lugar seguro el tubo en U ó manómetro diferencial y se abren completamente las válvulas (1) (fig. 9). comprobando así el cierre completo del registro.
- 27) Se retira la varilla del registro ó válvulas de inserción y se le coloca su tapa protectora a la varilla.
- 28) Se efectúa el cálculo del factor del tubo.





DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
ESCUELA DE POST-GRADUADOS

TERCER CURSO INTENSIVO:

INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

PRACTICA DE CAMPO. (PITOMETRIA)

TEMA IV. CALCULO DEL FACTOR DE TUBO (F.T.)

I MATERIAL NECESARIO.

- 1) Datos obtenidos en la práctica V.
- 2) Hojas de registro.
- 3) Escuadras, escalímetros, pistola de curvas.
- 4) Máquina calculadora y regla de cálculo de 10" de largo.

II. PROCEDIMIENTO.

- 1) Se pasa una curva promedio por los puntos anotados en las hojas de registro (fig. 10) con el auxilio de una pistola de curvas.
- 2) Se determinan las flechas correspondientes para las partes centrales de los anillos de igual área en -- que se dividió el tubo. (Estas partes medias se encuentran marcadas en las hojas de registro) la medición de cada flecha debe hacerse en pulgadas y hasta dos decimales, anotándose tales valores en la -- hoja.

La flecha correspondiente al eje debe encerrarse en



un círculo,

- 3) Se calcula la raíz cuadrada de cada flecha y se anota el valor obtenido en la parte superior de la hoja de registro envolviendo en un círculo el correspondiente a la flecha obtenida en el eje.

Estos valores deben aproximarse a la tercera ó cuarta cifra decimal. El número de valores a uno y otro lado del eje es el mismo.

- 4) Se suman las raíces cuadradas obtenidas en el paso anterior excluyendo lo correspondiente a el eje.

- 5) En la misma hoja de registro se anota el valor obtenido en la suma y se indica la división de esta entre diez y entre la raíz cuadrada de la flecha correspondiente a el eje (que se encerró en un círculo) = F. T.

- 6) Se efectúan las operaciones indicadas obteniéndose con esto el factor de tubo (F.T) cuyo máximo posible será cercano de 1.0.

Con el factor de tubo conocido en cierta sección de tubo, con sólo determinar la velocidad en el eje (máxima) y multiplicándola por el F. T. se obtendrá la velocidad media.

Las hojas de registro son para tubos de: 4, 6, y 10 pulgadas de diámetro y sus múltiplos (Gráfica 10).

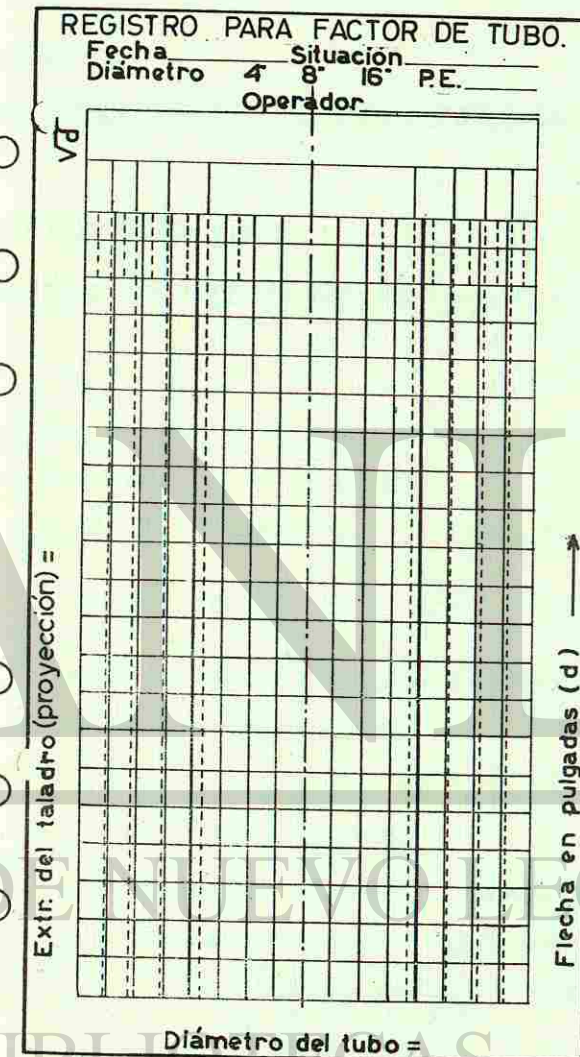
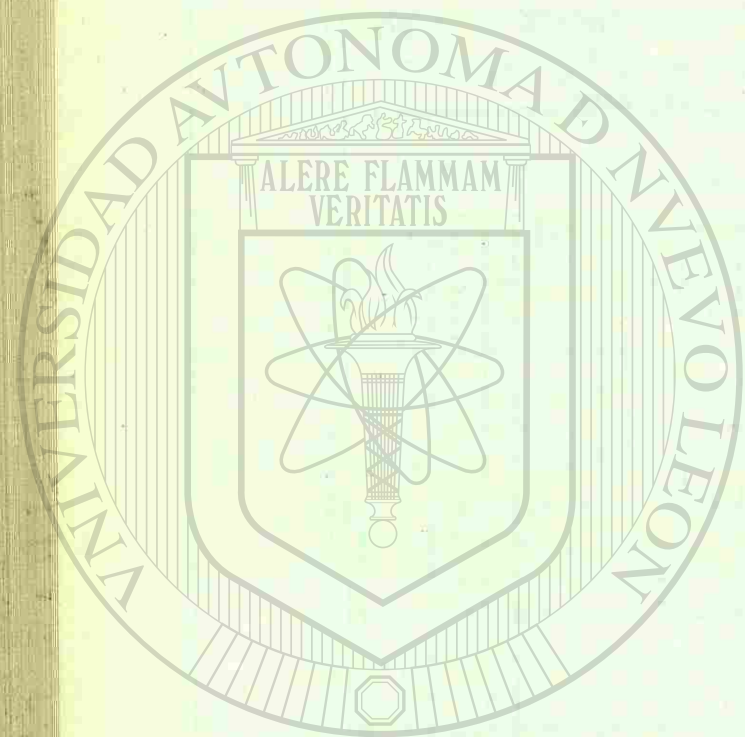


FIG. 10- REGISTRO PARA FLECHAS.





UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
ESCUELA DE POST-GRADUADOS

TERCER CURSO INTENSIVO:

INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

PRACTICA DE CAMPO: (PITOMETRIA)

TEMA V: DETERMINACION DE VELOCIDADES DE LIQUIDOS EN TUBERIAS.

- 1) La velocidad del agua en cada uno de los anillos de igual área en que se dividió la sección del tubo, se puede determinar con la fórmula.

$$V = C\sqrt{2g(x-1)} \times \sqrt{D}$$

Donde V= Velocidad para determinado, -  
anillo en mts. por seg.

g= aceleración de la gravedad --  
(9.81 mts/seg<sup>2</sup>)

x= P. e. líquido indicador.

D= Flecha hallada para ese anillo.

Pudiéndose reducir:  $V=CK\sqrt{D}$  don-  
de  $K=\sqrt{2g(x-1)}$ .

- 2) La fórmula anterior se encuentra resuelta para diversos valores de D y x, en tablas que proporcionan los fabricantes de los aparatos que se emplean en estos trabajos.



3) Se buscan en la tabla correspondiente al líquido indicador empleado los valores de las flechas, hallándose de este modo la velocidad del agua en ese punto.

4) Se determina la velocidad máxima que normalmente corresponde al eje de la tubería y se multiplica por el F. T. con lo anterior se conoce la velocidad media en el tubo en el momento en que se hizo la medición de la flecha en el eje.

5) Los valores de velocidad en las tablas son para líquidos indicadores que tengan exactamente el Pe indicado en la hoja. De no ser igual el Pe deberá efectuarse una corrección a la velocidad media hallada, multiplicándola por un factor.

El factor mencionado es la relación siguiente:

$$C_p = \frac{\sqrt{x_1 - 1}}{\sqrt{x - 1}} = \text{Factor de corrección por Pe.}$$

En donde:

$x_1$  = P.e. Hallado en el momento de la prueba.

$x$  = P.e. para el cual se calcularon las tablas.

TERCER CURSO INTENSIVO:

INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

PRACTICA DE CAMPO: (PITOMETRIA)

TEMA VI: DETERMINACION DE GASTOS EN TUBERIAS.

1) Para determinar el gasto que pasa por la sección de un tubo se aplica la fórmula:

$$Q = AV$$

Donde Q = Gasto de m<sup>3</sup> / seg.

A = Sección efectiva del tubo en mts.

V = Velocidad media en mts/seg.

2) Se puede determinar también el gasto, empleando otras tablas que proveen los fabricantes de los aparatos. En estas tablas se consideró factor de tubo igual a 1 (uno), diferentes líquidos indicadores (Pe), diversos diámetros y valores de flechas (D).

3) Para utilizar dichas tablas debe tomarse en cuenta el Pe para el cual se calcularon y un F.T. -- igual a 1.

4) Una vez determinado en la tabla el gasto (Qo) --



correspondiente a: el diámetro nominal, Pe nominal, del líquido, flecha máxima, se debe corregir tal valor por:

a) factor de Tubo real de la sección.

$$Q_{FT} = Q_0 \times F. T.$$

b) Diámetro efectivo determinado en la calibración,

$$Q_d = Q_{FT} \times \left(\frac{DI}{D}\right)^2$$

Donde  $D_1$  = diámetro efectivo de la tubería.

$D$  = Diámetro nominal para el cual será calculada la tabla.

c) Pe del líquido indicador, en el momento de efectuar la medición.

$$Q_{real} = Q_d \frac{\sqrt{x_1 - 1}}{\sqrt{x - 1}}$$

Donde  $x_1$  = P.e. del líquido indicador en el momento de efectuar la medición

$x$  = P.e. para el cual está calculada la tabla.

Esto es, el gasto que pasa por la sección estudia-

da será.

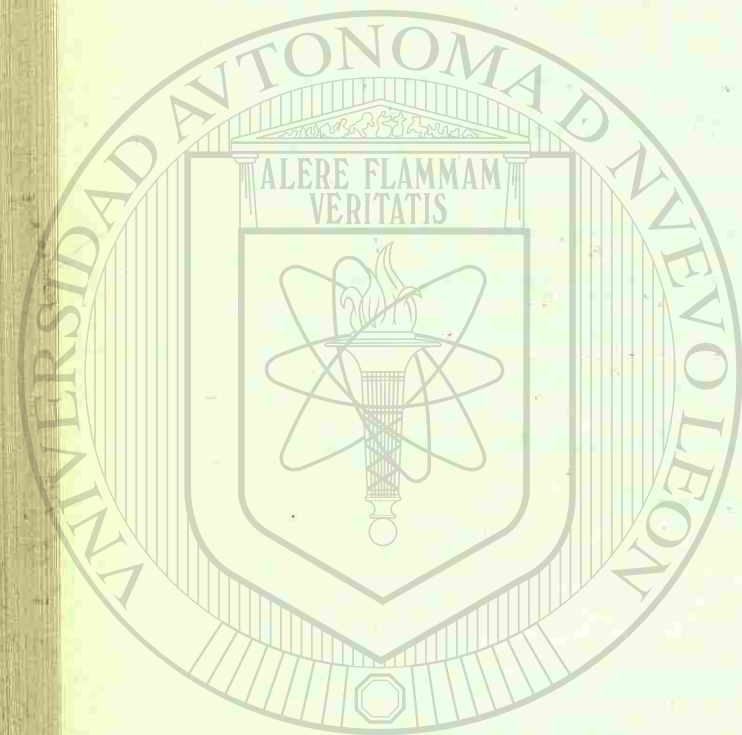
$$Q_{real} = Q_0 \times \text{Factor tubo} \times \text{Factor de diámetro} \times \text{Factor de P.e.}$$

Se debe hacer la corrección por proyección de registro, multiplicando el  $Q_{real}$  por la relación  $\frac{A_r}{A_c}$  donde:

$A_r$  = Area de la sección real del tubo (con el diámetro calibrado) menos el área proyectada por el registro ó válvula de inserción dentro del tubo.

$A_c$  = Area de la sección real del tubo (con el diámetro calibrado).





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
ESCUELA DE POST-GRADUADOS

TERCER CURSO INTENSIVO:

INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

PRACTICA DE CAMPO: (PITOMETRIA)

TEMA VII DETERMINACION DE FLUJO EN LAS REDES Y CONSUMOS DE SECTORES.

I INTRODUCCION:

1) Con el objeto de determinar que tuberías están sobrecargadas ó bien a cuales se pueden conectar tuberías para ampliaciones, ó conexiones de nuevas alimentaciones, se debe realizar un estudio de flujos en la red.

Para lo anterior, es necesario contar con un plano general de la red con nomenclatura de las calles donde se encuentran los tubos sus diámetros, localización en las calles, ubicación de bocas para incendios, zonas de alto consumo (industriales), zonas de presiones y de piezas especiales, además, que no haya existido racionamiento alguno en el sector estudiado desde unos 10, ó 15 días antes de las pruebas.

Para determinar los "flujos" en la red, deben estudiarse los planos mencionados, para seleccionar los puntos clave para la localización de los registros de aforo.



- 2) El "consumo" para un sector es el agua que llega por el tubo alimentador a una zona bien delimitada.
- 3) En ambos casos será necesario determinar los gastos instantáneos a ciertos intervalos adecuados, ó bien obtener un registro continuo de la variación del gasto en un día ó semana. Para ésto último es necesario contar con un aparato registrador de flechas.

Estos aparatos pueden ser de diferentes tipos y formas de efectuar el registro.

## II. EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO:

- 1) El equipo y material de las prácticas anteriores.
- 2) Aparato registrador de flechas (Fig. 11).
- 3) Caseta para proteger el equipo instalado.
- 4) Plano de la red y registros convenientemente localizadas.

## III. PROCEDIMIENTO:

- 1) Determinar en cada registro; diámetro efectivo, proyección del registro, factor de tubo, P.e. líquido indicador cada 4 ó 6 hrs. así como dirección del flujo.
- 2) Registro continuo por un día ó más de las velocidades del agua en el eje del tubo, para determinar el gasto instantáneo, mínimo máximo, medio y en algunos casos inversiones de flujo. Es de hacer notar que además de la variación horaria del gasto máximo mínimo

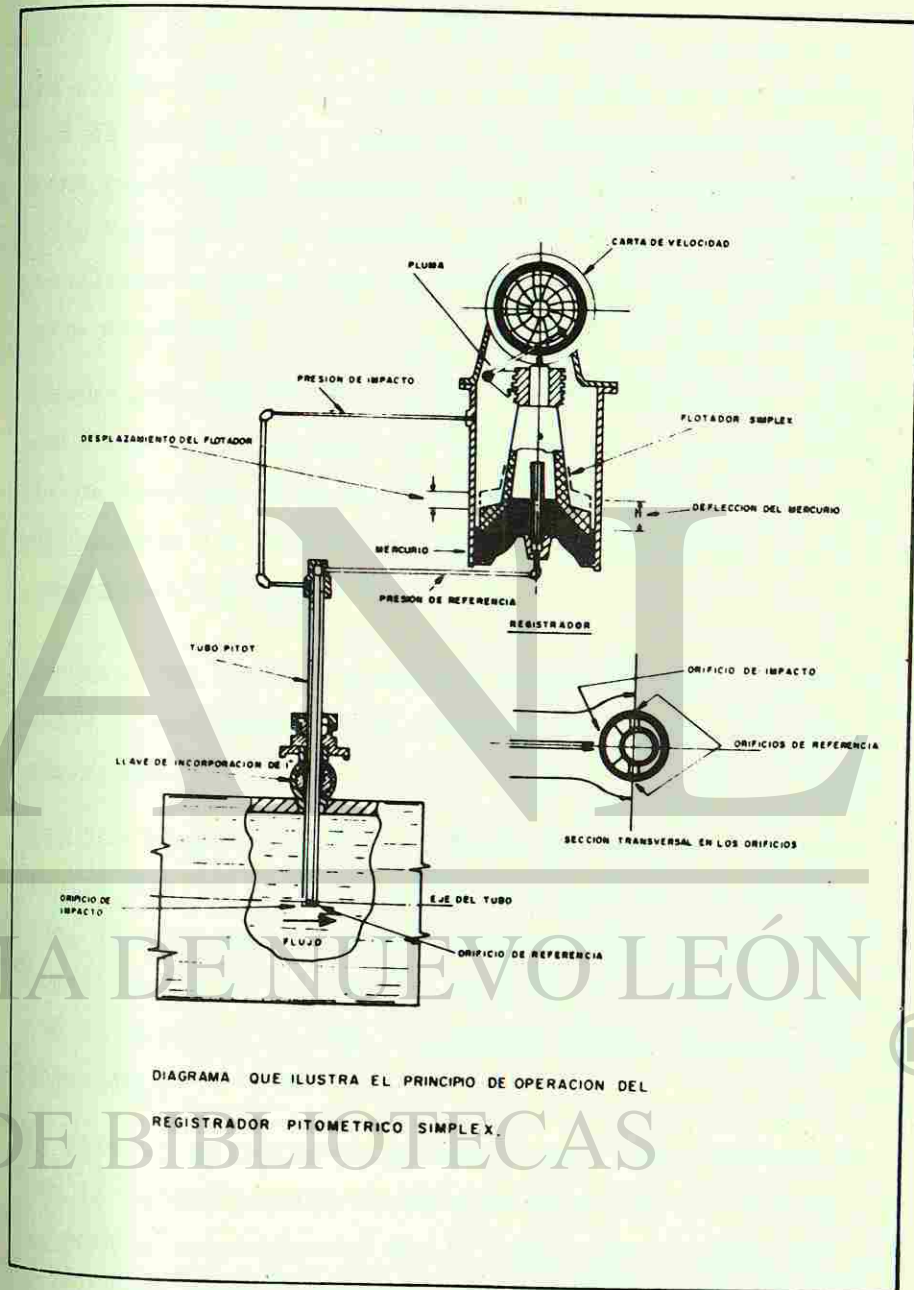
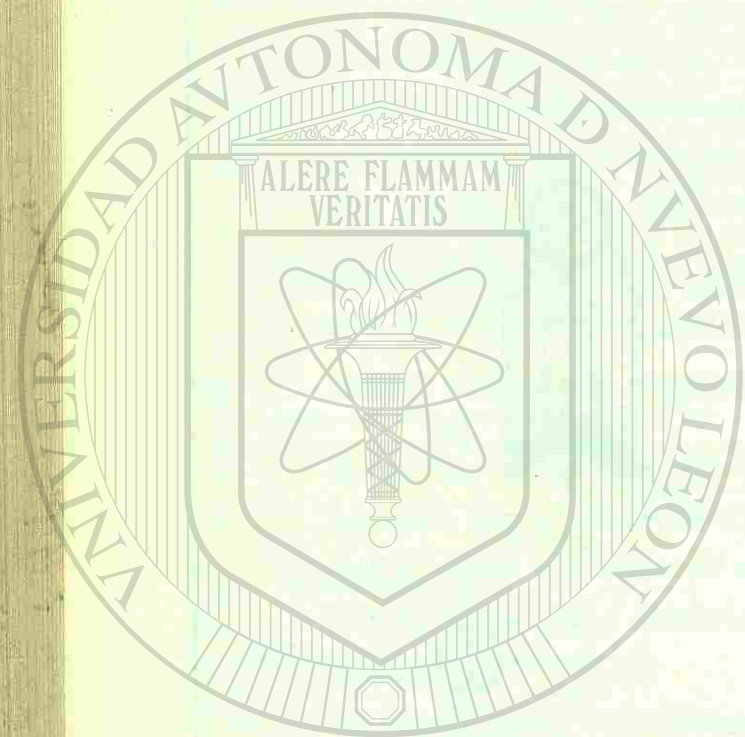


Fig. 11.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

y medio existe variación para diferentes días de la semana y temporadas del año.

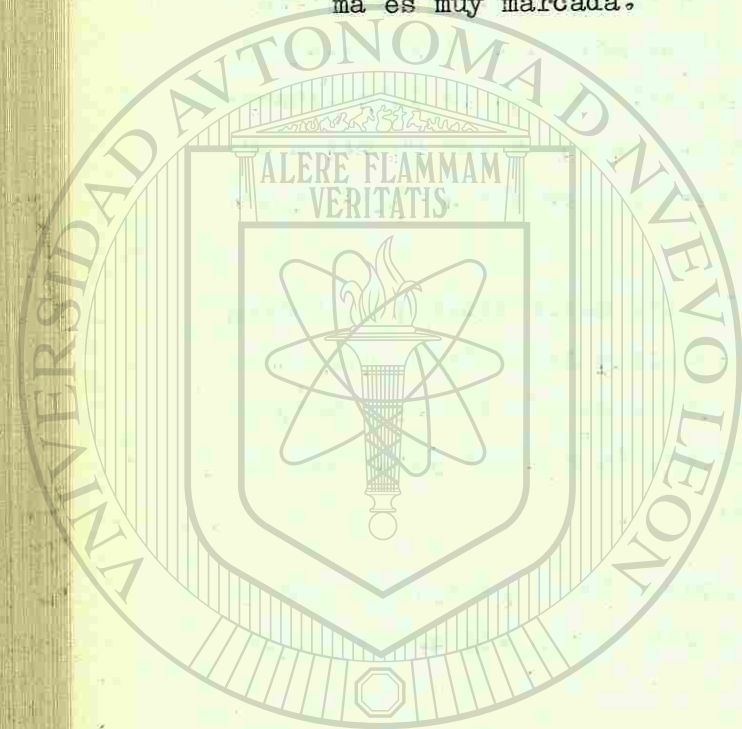
Es conveniente contar con varios equipos registradores de gasto, para efectuar determinaciones simultáneas en diversos puntos, así como en la determinación de consumos, para los casos en que un mismo tubo alimente dos ó más sectores en que dividió la red para su estudio.

- 3) Llenar los registros con los datos obtenidos, consignado los datos necesarios para la perfecta ubicación de la sección aforada, así como las flechas, horas, ejecutores de la determinación y otros datos que se consideren importantes,
- 4) Archivar en forma ordenada y fácil de hallar, los datos y puntos donde se efectuaron los aforos, crueros etc.
- 5) Dibujar planos de la red, donde se muestren además de los flujos máximos, mínimos y medios, su dirección, inversiones de flujos material de la tubería, localización de registros para aforo, sectores en que se dividió la red, coeficientes determinados de rugosidad. ®

El estudio anterior se puede correr simultáneamente con la determinación de la variación de la presión en puntos estratégicos de la red, para determinar si un tubo está trabajando en forma eficiente ó se



está trabajando a más de su capacidad, esto es, cuando la diferencia entre la presión máxima y mínima es muy marcada.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
ESCUELA DE POST-GRADUADOS

TERCER CURSO INTENSIVO:

INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

PRACTICA DE CAMPO: (PITOMETRIA)

TEMA VIII LOCALIZACION DE FUGAS EN REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

I INTRODUCCION:

El flujo de agua por una tubería para abastecer determinada zona residencial ó industrial, es el consumo de esa zona ó sector.

Normalmente la cantidad de agua registrada por los medidores domiciliare es menor que el agua entregada a un sector. Esto se debe principalmente a fallas en la medición del agua que pasa por cada toma domiciliar, fugas principales en la red y en los ramales o tuberías de relleno.

Se estima que lo normal es que exista una pérdida de un 26% del agua entregada, cuando se hallen funcionando adecuadamente los medidores domiciliare.<sup>®</sup>

Para investigar posibles fugas en los sistemas de distribución, es necesario determinar el consumo por sectores por un día ó más. Si se encuentra en-



tal aforo que el gasto mínimo nocturno es muy alto con respecto al gasto medio entregado, deben estudiarse los tipos y magnitud de las diferentes clases de conexión, esto es, tratar de justificar el alto gasto mínimo nocturno, por la presencia de industrias que consuman agua durante la noche, así como comprobar el funcionamiento correcto de los medidores. De no justificarse el alto consumo nocturno, lo más probable es la existencia de fugas importantes en la red de distribución ó sus tuberías de relleno.

Para la localización y arreglo de esos desperfectos, es necesario comprobar los consumos nocturnos dividiendo en partes el sector en estudio. Si se determina que cierta zona en que se subdividió el sector tiene un consumo elevado, se recorre la tubería que lo alimenta con el auxilio de geófonos, hasta hallar el lugar donde se produce la fuga.

## II. EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO.

- 1) Es necesario para las prácticas de campo anteriores.
- 2) Plano de la red completo, con diámetros localización de alimentaciones, válvulas, piezas especiales, sentidos de flujo.
- 3) Clasificación de las dotaciones, comprobación del funcionamiento de los medidores domiciliarios, recolección de sus lecturas y revisión de las instalaciones de plomería.

- 4) Instalación de registros de 1" en los puntos adecuados de las tuberías alimentadoras de cada sector en que se halla dividido la red para su estudio.

## III. PROCEDIMIENTO.

- 1) Para determinar los consumos de los sectores en estudio así como la investigación de fugas, es necesario que no hallan estado sometidos a racionamiento algunos cuando menos desde unos 15 a 20 días antes las zonas por investigar.
- 2) Cada sector en particular debe quedar completamente aislado y determinarse su consumo en 24 hrs. Colocando en cada una de las tuberías alimentadoras aparatos registradores, así como en las tuberías que no se puedan aislar por alimentar otros sectores.
- 3) Determinar los gastos máximos mínimos y medios en las 24 hrs. que se estudian los consumos.
- 4) Comprobar y tratar de justificar los gastos hallados con las lecturas de los medidores domiciliarios y consumos nocturnos de industrias y pérdidas de agua tolerables en el sistema de distribución.
- 5) De no ser justificable el consumo mínimo nocturno, programar cierres de válvulas en el sector estudiando, para determinar consumos nocturnos en áreas más pequeñas. Esta investigación debe hacerse de noche cuando los consumos domiciliarios son mínimos.



6) Se deben numerar en un croquis las válvulas en el orden en que se planean los cierres, así como anotarlos en una hoja de registro de cierres. Las áreas en que se subdivide el sector en estudio no debe ser mayor de 4 ó 5 manzanas. Después de cada nuevo cierre es necesario observar el manómetro diferencial para en caso de registrarse un aumento considerable de gasto para cierto sector, subdividir aún más esa área.

En la hoja de registro de cierres, se debe anotar la localización de cada válvula, su diámetro, número de vueltas para su cierre, el sentido en que cierra, la hora exacta en que se cierra abre. Esto es necesario para tener un control completo de las válvulas y no dejar cerrada alguna al terminar la investigación.

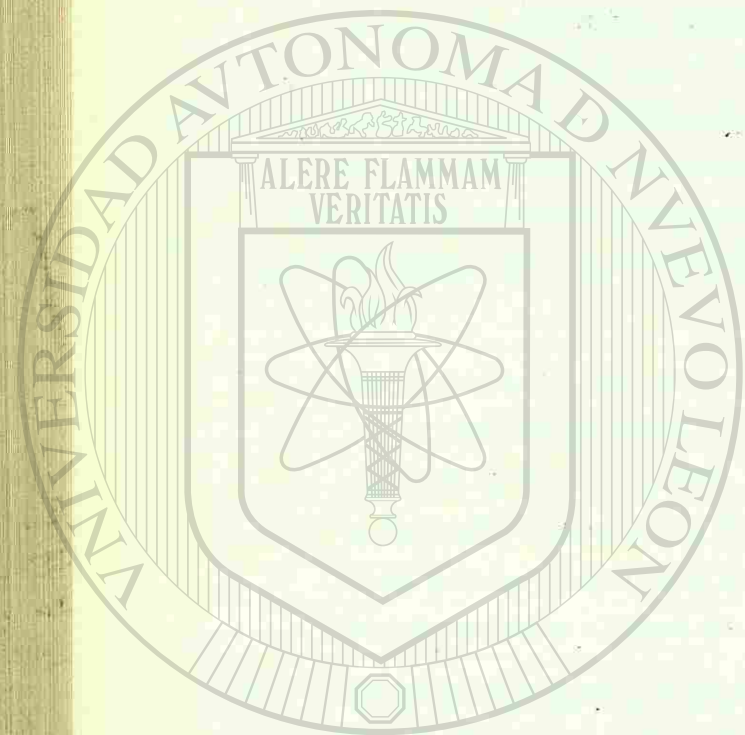
7) Se debe estudiar el registro de las flechas producidas para los diversos cierres y determinar para cuáles áreas aumentó considerablemente el gasto.

8) En caso de no justificar tales aumentos, deben recorrerse las tuberías que alimentan esas áreas con el auxilio de geófonos u otro aparato similar con el que se haga audible el paso del agua a través de las tomas y roturas que puedan existir en las tuberías principales ó de relleno.

9) En los lugares en que se localicen con el aparato anterior, flujos de agua indebidos, deben marcarse y descubrirse las tuberías tomando nota de la magnitud

del daño hallado, efectuando aforos de la magnitud de la fuga y tomándole una fotografía para que conste en los archivos de estos estudios.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
ESCUELA DE POST-GRADUADOS

TERCER CURSO INTENSIVO:

INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

PRACTICA DE CAMPO: (PITOMETRIA)

TEMA IX. DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE TUBERIAS.

I INTRODUCCION.

En ocasiones es necesario determinar los coeficientes de rugosidad de las tuberías que se encuentran en operación, para determinar la capacidad actual de la instalación.

Para calcular tal coeficiente es necesario tomar en el campo algunos datos (promedios) de las condiciones en que se encuentra trabajando la tubería.

Es necesario en determinados instantes, la velocidad media del líquido y las presiones ó cargas disponibles en los extremos de las tuberías en estudio. Así mismo debe de contarse con el dato del diámetro, longitud y niveles de los extremos de las tuberías.

Normalmente en el campo se efectúan cuatro series, cada una de cuatro lecturas simultáneas de velocidad y presiones; con los datos anteriores y em---



pleando las fórmulas de Manning ó Hazen-Williams se puede determinar en uno ú otro caso los valores de "n" ó "C".

## II EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO.

- 1) El de las prácticas. I,II,III,IV, y V.
- 2) Dos manómetros calibrados.
- 3) Datos de la tubería de diámetros, longitud y niveles de los extremos. Esta tubería deberá estar libre de extracciones.
- 4) Dos cronómetros.

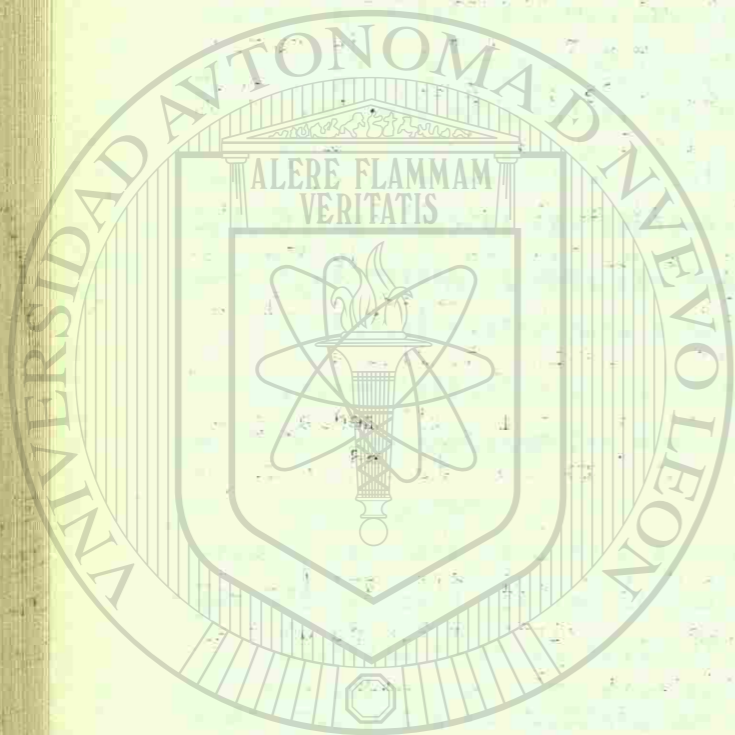
## III PROCEDIMIENTO.

- 1) Se coloca un registro de 1" en uno de los extremos de la tubería.
- 2) Se calibra el tubo y se determina su Factor de tubo (F.T.).
- 3) Se sitúan los orificios en el eje de la tubería.
- 4) Se conectan los manómetros a los extremos de la tubería por medio de registros colocados exprofeso en el tubo. En algunos casos las varillas de orificios tienen una preparación en su base para tal efecto.
- 5) Se logra que marquen la misma hora los relojes de los observadores que efectuarán las lecturas, ó bien se hacen funcionar simultáneamente los dos cronómetros.
- 6) Se anotan en dos registros las horas y minutos en que

se haran las lecturas de flecha (velocidad) y presión. Se deben realizar cuatro series de lecturas espaciadas 2 minutos. Cada serie constará de cuatro lecturas, una cada minuto. Se tomará en cuenta el nivel a que se efectúen las lecturas de presión.

- 7) Se sitúan los observadores en los extremos de la tubería y proceden a efectuar las lecturas de flecha y presión en uno de los extremos y presión en el otro extremo, a las horas previamente fijadas.
- 8) Determinar los promedios de la velocidad media, y presiones halladas en cada extremo para cada serie de cuatro lecturas.
- 9) Convertir toda la tubería a un solo diámetro (longitud equivalente) en caso de existir tubos de diferentes diámetros, convirtiéndose al menor diámetro.
- 10) Calcular el valor de las pérdidas de carga para cada serie de lecturas y promedios.
- 11) Con los datos obtenidos determinar "C" ó "n" empleando la fórmula Hazen-Williams ó Manning.





UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
ESCUELA DE POST-GRADUADOS

TERCER CURSO INTENSIVO:

INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

PRACTICAS DE LABORATORIO. (MEDIDORES)

TEMA I. CARACTERISTICAS DE MEDIDA: SENSIBILIDAD Y PRECISION.

I. INTRODUCCION.

Para seleccionar el tipo de medidores que han de instalarse en un sistema de abastecimiento medido, así como para comprobar el funcionamiento de los ya instalados, es necesario efectuar pruebas de precisión y sensibilidad de tales aparatos. Si bien es cierto que para la selección definitiva de un aparato deben tomarse en cuenta otros factores importantes.

Se llama sensibilidad de un medidor, a el gasto para el cual el aparato empieza a registrar, -- sin importar la precisión. La precisión de un medidor, será la relación de la cantidad de agua registrada por el medidor y el volumen que se hizo pasar por él; la precisión generalmente se expresa en por ciento, sobre el agua pasada.

El error de medición ó absoluto, es la diferen--



cia entre los valores agua registrada y agua pasada. mientras que el error relativo es el coeficiente del error absoluto al volumen pasado expresado en por ciento, por tal motivo la precisión y por consiguiente el error, varía en el régimen de gasto. En el caso anterior debe tomarse en cuenta el signo del error.

Para la determinación de las características mencionadas, es necesario colocar los medidores pequeños en una mesa de pruebas y los medidores grandes se prueban en el lugar donde están instalados, con el auxilio de un equipo de pruebas de campo.

## II. EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO.

- 1) Medidores de diversos tamaños
- 2) Mesa de pruebas para medidores (diagrama fig. 12)
- 3) Hojas de registro (fig. 13).

## III. PROCEDIMIENTO.

### A) Prueba de precisión.

- 1) Para determinar la precisión de los medidores deben pasarse por ellos a ciertos gastos, un volumen determinado dependiendo estos del tamaño del medidor, según tabla siguiente.

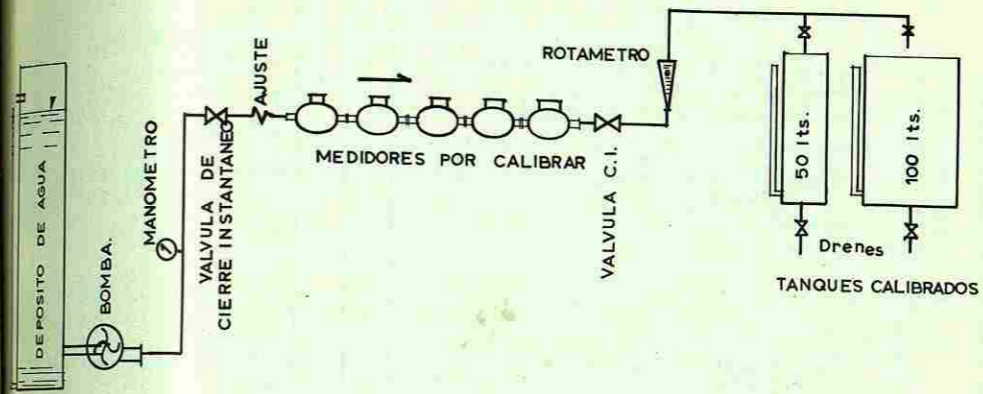


FIG. 12.-CROQUIS MESA DE PRUEBAS PARA MEDIDORES. ACCESORIOS. (PRESICION Y SENSIBILIDAD).

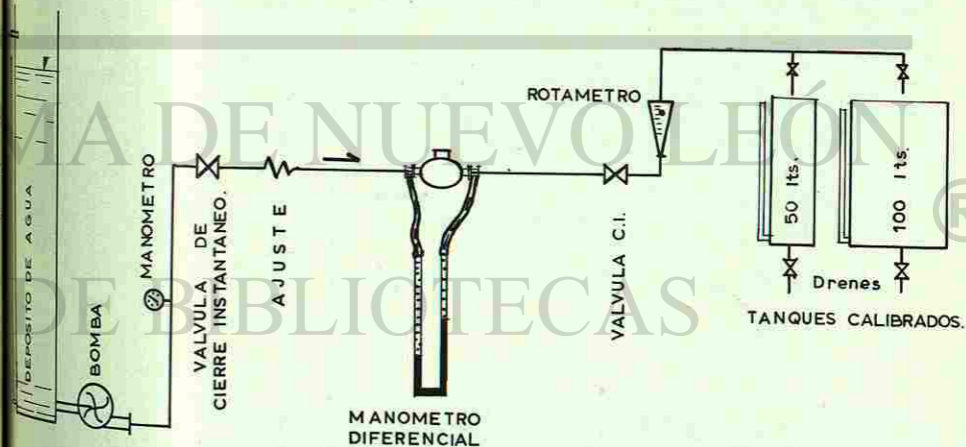
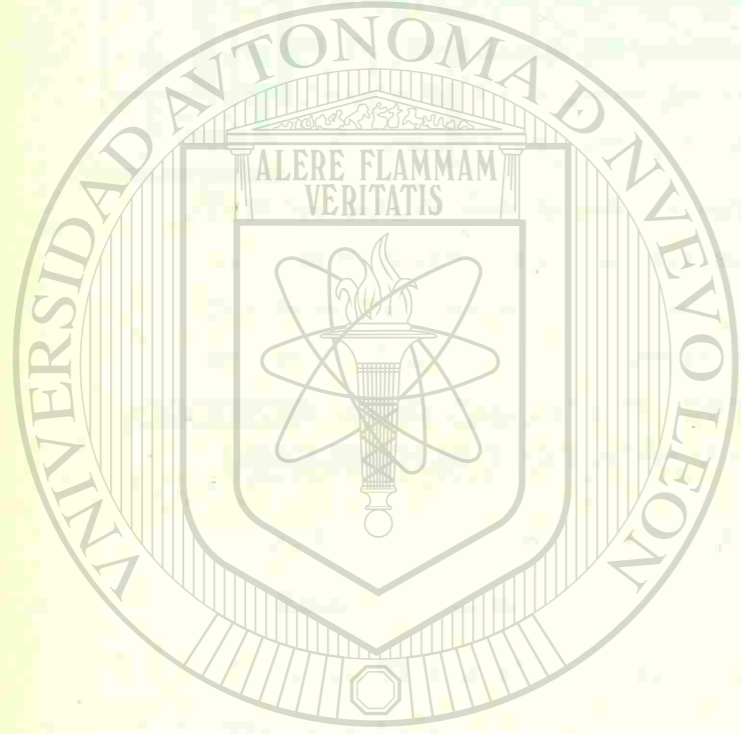


FIG. 14.-CROQUIS MESA DE PRUEBAS PARA MEDIDORES. ACCESORIOS. (CARACTERISTICAS HIDRAULICAS).

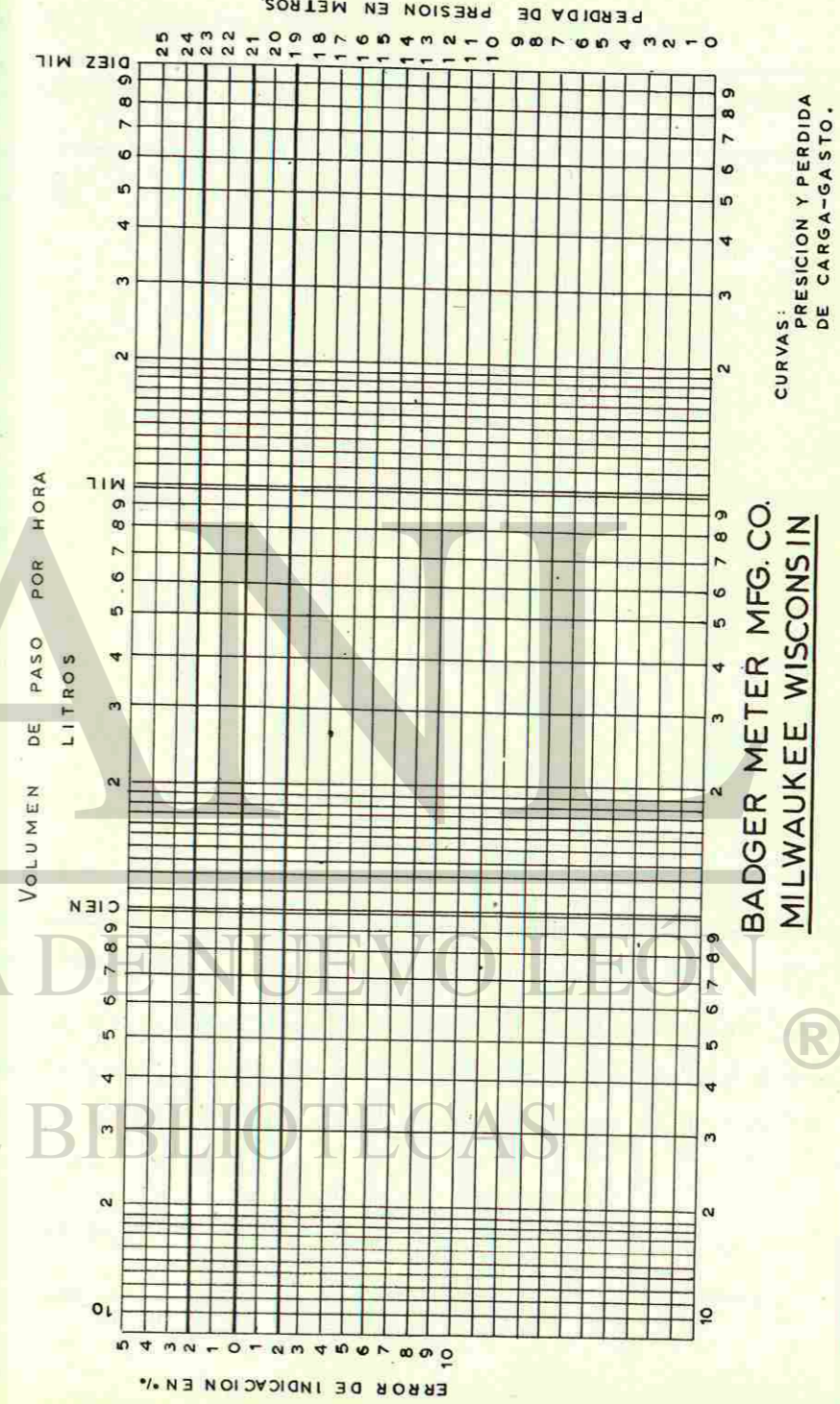




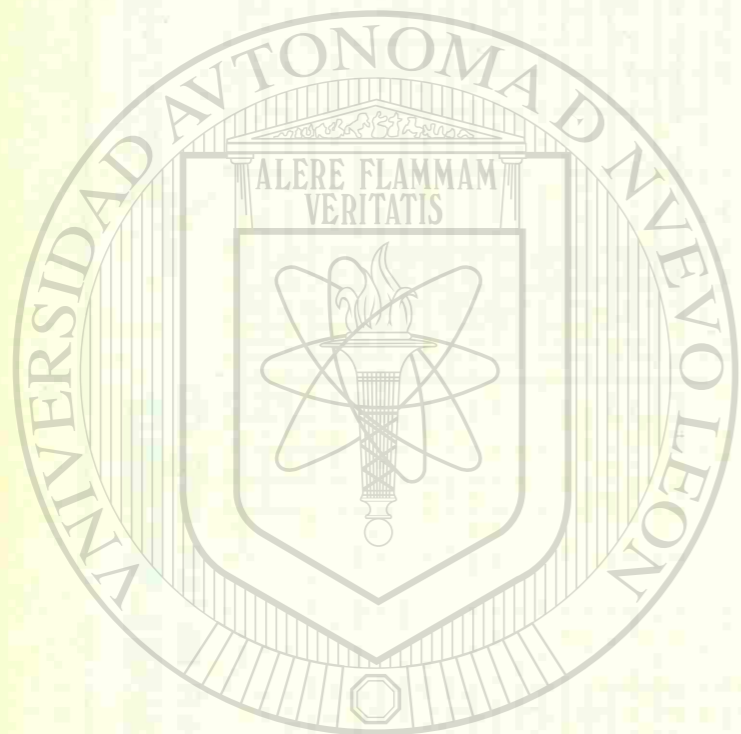
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

FIG.13- CARACTERÍSTICAS DE MEDIDORES.







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

GASTOS PARA DETERMINAR PRECISION DE LOS MEDIDORES.

TAMAÑO MEDIDOR	GASTO LTS./HRA.	VOLUMEN PARA PASAR.
1/2" y 5/8	3000	100
	1500	100
	500	50
	180	20
	60	10
	°25,000	500
1/2" y 2"	8000	500
	5000	500
	3500	100
	3000	100
	1500	100
	500	50
	°25,000	500

°Ocasionalmente.

2) Colocar el medidor (o varios del mismo tamaño) en la mesa de pruebas esto debe hacerse después de dar limpieza a el medidor en caso de que hubiera sido retirado de algún domicilio.

3) Se hace que las juntas sean herméticas.

4) Se toman las lecturas que registren los medidores.



5) Se comprueba que esté vacío el tanque calibrado y cerrado su desfoque, pasándose a continuación cada uno de los gastos indicados en la tabla anterior según el tamaño del medidor comenzando con gasto mayor; por ejem. para el medidor 5/8" se pasarían 100 lts. a un régimen de 3000 lts./hra., una vez registrados los 100 lts. en el tanque calibrados se cierra la válvula y se efectúa la lectura registrada por el medidor y se anotan ambas cifras.

6) Se vacía el tanque y se repite la operación: 100 lts. a 1500 lts./hrs. cuando se haya registrado tal volumen se cierra la válvula, se efectúan y anotan las lecturas prosiguiendo con los demás gastos y volúmenes recomendados en la tabla.

7) Se calcula el error relativo para cada medición tomando en cuenta el signo y se vacían los datos en la hoja de registro (papel) semilogarítmico).

8) Se observa si los errores hallados están dentro de lo permitido y si no es así se procederá a efectuar los ajustes necesarios, debiéndose correr otra prueba para comprobar el efecto de los ajustes.

B) Prueba de Sensibilidad:

1) Como se ha mencionado, la sensibilidad es el gasto al cual el hidrómetro empieza a registrar, sin importar con que precisión.

La sensibilidad depende de las resistencias que oponga-

el mecanismo del medidor al paso del agua, entre ellas se cuenta la inercia por lo tanto, la sensibilidad será diferente cuando el contador inicia su marcha o cuando va disminuyendo el gasto.

La sensibilidad como característica está fijada por el límite de la sensibilidad que es el gasto al cual el medidor después de iniciado ya debe estar funcionando.

Estos límites se encuentran en la tabla siguiente:

LIMITES DE SENSIBILIDAD EN LTS. POR HORA:

CAPACIDAD NOMINAL m <sup>3</sup> /hr.	VELOCIDAD-CHORRO MULTIPLE		VOLUMETRICOS
	Esfera seca	Esfera húmeda	
3	18	17	5
5	25	22	7
7	35	30	10
10	50	45	12
20	90	70	20

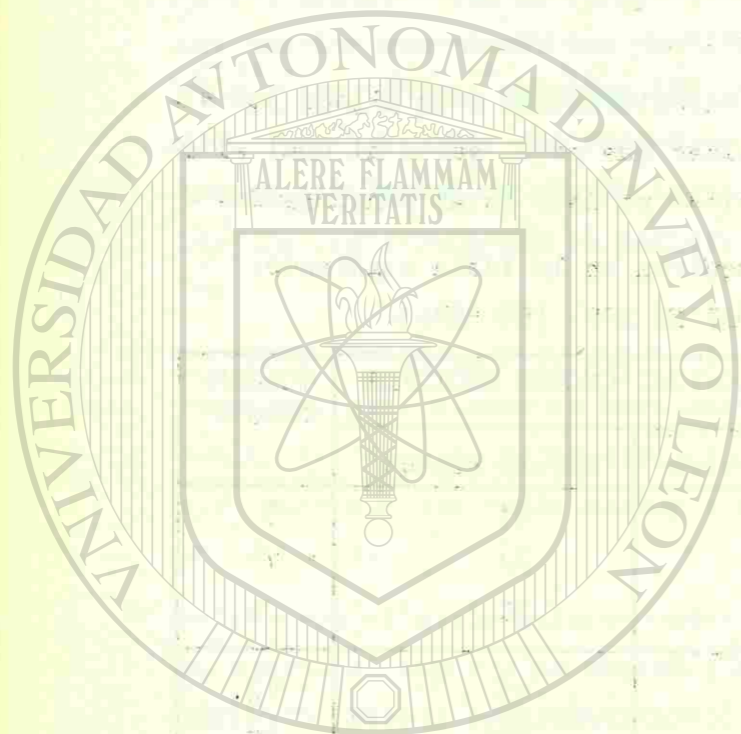
2) Para determinar la sensibilidad, se colocan los medidores en la mesa de pruebas.

3) Se pasa agua a través del medidor, aumentando el gasto gradualmente desde cero.

4) Se toma la lectura del gasto necesario para que el medidor empiece a registrar.

5) Se aumentó el gasto y posteriormente se reduce éste gradualmente hasta observar que se detiene el registrador del aparato, anotando el gasto.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
ESCUELA DE POST-GRADUADOS

TERCER CURSO INTENSIVO:

INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

PRACTICAS DE LABORATORIO. (MEDIDORES)

TEMA II.- CARACTERISTICAS HIDRAULICAS: CURVA PERDIDA DE CARGA-GASTO.

I.- GENERALIDADES.

1) La curva pérdida de carga-gasto es la que expresa la característica del flujo, dada por la relación  $J = f(Q)$  en la  $J =$  pérdida de carga y  $Q =$  gasto. La pérdida de carga de un medidor es la diferencia de presiones a la entrada y salida para determinado gasto.

La característica de flujo está dada por la relación  $J = f(Q)$  y la curva que representa esta relación se conoce con el nombre "curva de pérdida de carga" ó "característica de flujo" estando limitada por los valores  $Q$  cero y  $Q$  nominal. Se puede representar en papel semilogarítmico, en cuyo caso el gasto se registra en las abscisas en escala logarítmica y la pérdida de carga en escala aritmética. Suele representarse también la curva registrando en el eje de abscisas los gastos en porcentaje de la capacidad nominal y en las ordenadas las pérdidas de carga; en éste último caso ambas escalas son aritméticas.



- 2) Para la capacidad nominal del medidor, la pérdida de carga son 10.00 mts. pudiéndose expresar la relación pérdida de carga-gasto para cualquier combinación como sigue:

$$J = \frac{(\% Q)^2}{1000}$$

### II. EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO.

- 1) Mesa de prueba para medidores (fig. 14).
- 2) Conexiones para conectar manómetro diferencial.
- 3) Manómetro diferencial.
- 4) Medidores de diversos tipos.
- 5) Hojas de registro (papel semilogarítmico) (fig. 13).

### III. PROCEDIMIENTO.

- 1) Se monta el aparato por comprobar en la mesa de pruebas, colocando en los tubos de entrada y salida accesorios para conectar mangueras de hule.
- 2) Se ajusta la mesa para cierre hermético en las juntas.
- 3) Se conectan las mangueras a el manómetro diferencial y se purga el aire.
- 4) Ya arreglado el conjunto se pasan los gastos anotados en las tablas de la práctica I de medidores, anotando las pérdidas de carga correspondientes a cada gasto.
- 5) Con el auxilio de una pistola de curvas se traza la curva pérdida de carga-gasto.

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CURSO INTENSIVO SOBRE:

INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN  
SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

T E M A

LOS MEDIDORES, SUS TIPOS, SELECCION  
INSTALACION Y MANTENIMIENTO

ING. BERNARDO GOMEZ MORENO  
EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO  
DE BOGOTA, COLOMBIA.



JULIO 1966.

MONTERREY, MEXICO.



- 2) Para la capacidad nominal del medidor, la pérdida de carga son 10.00 mts. pudiéndose expresar la relación pérdida de carga-gasto para cualquier combinación como sigue:

$$J = \frac{(\% Q)^2}{1000}$$

### II. EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO.

- 1) Mesa de prueba para medidores (fig. 14).
- 2) Conexiones para conectar manómetro diferencial.
- 3) Manómetro diferencial.
- 4) Medidores de diversos tipos.
- 5) Hojas de registro (papel semilogarítmico) (fig. 13).

### III. PROCEDIMIENTO.

- 1) Se monta el aparato por comprobar en la mesa de pruebas, colocando en los tubos de entrada y salida accesorios para conectar mangueras de hule.
- 2) Se ajusta la mesa para cierre hermético en las juntas.
- 3) Se conectan las mangueras a el manómetro diferencial y se purga el aire.
- 4) Ya arreglado el conjunto se pasan los gastos anotados en las tablas de la práctica I de medidores, anotando las pérdidas de carga correspondientes a cada gasto.
- 5) Con el auxilio de una pistola de curvas se traza la curva pérdida de carga-gasto.

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CURSO INTENSIVO SOBRE:

INVESTIGACION DE FUGAS Y MEDICION EN  
SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

T E M A

LOS MEDIDORES, SUS TIPOS, SELECCION  
INSTALACION Y MANTENIMIENTO

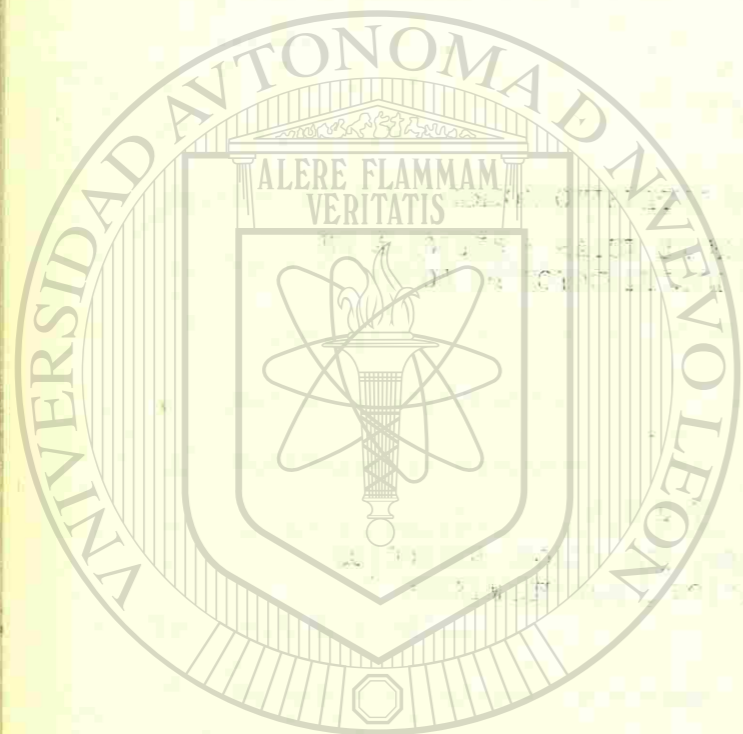
ING. BERNARDO GOMEZ MORENO  
EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO  
DE BOGOTA, COLOMBIA.



JULIO 1966.

MONTERREY, MEXICO.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## C O N T E N I D O

- 1.- INTRODUCCION
- 1.1.- El sistema de Medidores Domiciliares.
- 1.2.- Partes que integran el sistema de medidores.
- 1.3.- Interdependencia de las partes que integran el sistema.
- 1.4.- Puntos que se tratarán en el presente trabajo.
- 2.- LOS APARATOS MEDIDORES.
- 2.1.- Objeto
- 2.2.- Principios de funcionamiento
- 2.3.- Tipos de medidores
- 2.4.- Medidores volumétricos
- 2.5.- Medidores de velocidad
- 2.6.- Medidores de doble chorro
- 2.7.- Medidores proporcionales
- 2.8.- El tren de piñones
- 2.9.- Disposición general de los aparatos medidores
- 2.10.- Modelos recientes
- 2.11.- Comparación de los distintos tipos de medidores
- 2.12.- Características de los medidores
- 2.13.- Observaciones
- 3.- SELECCION DE LOS MEDIDORES.
- 3.1.- Introducción
- 3.2.- Planeamiento del problema
- 3.3.- Factores que influyen en la selección de medidores
- 3.4.- Selección de medidores para iniciar un programa



3.5.- Selección del aparato para una determinada conexión.

4.- INSTALACION DE LOS MEDIDORES.

4.1.- Instalación

4.2.- Bases para el programa de instalación de los medidores

4.3.- Programa permanente de instalación de contadores

4.4.- Programa para la actualización de contadores

4.5.- Localización e instalación del contador en las conexiones domiciliarias.

4.6.- Plan y métodos de trabajo

5.- CONSERVACION Y MANTENIMIENTO DE LOS CONTADORES.

5.1.- Importancia de la conservación en el sistema de medidores.

5.2.- Bases para un programa de mantenimiento y la reparación.

5.3.- Equipos de trabajo para el mantenimiento y la reparación.

5.4.- Atención de reclamos.

5.5.- Mantenimiento de cajas y tapas.

5.6.- Destrabe de medidores.

5.7.- Revisión de contadores.

5.8.- Reparación de los contadores.

5.9.- Proceso de operaciones para reparar contadores.

5.10.- Pruebas y calibración.

5.11.- Limpieza de los contadores.

5.12.- Reparación y ajuste.

6.- EL TALLER DE MEDIDORES.

6.1.- Su necesidad, importancia y funciones.

6.2.- Bases para el taller.

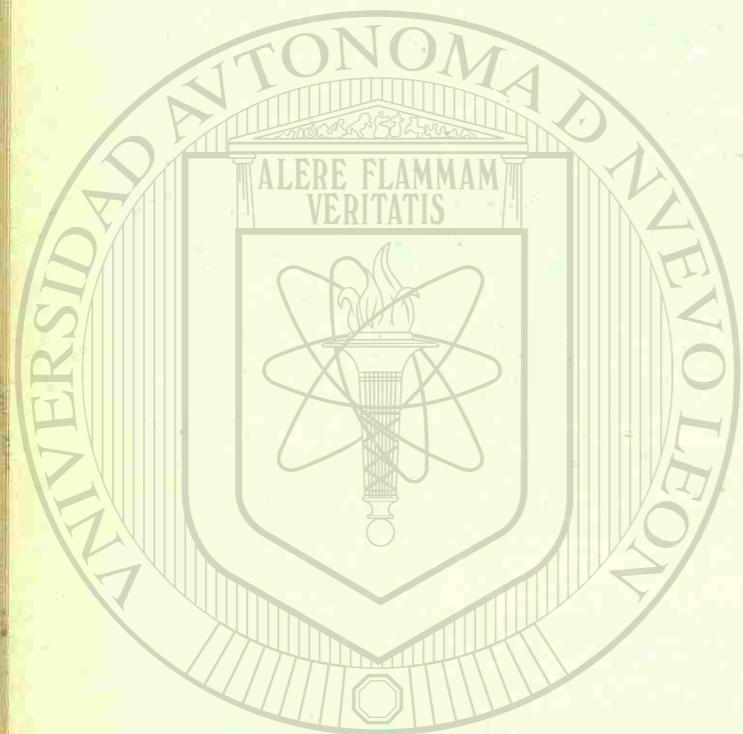
6.3.- Estudio de las necesidades.

6.4.- Equipos necesarios.

6.5.- Los bancos de prueba.

6.6.- La distribución de los equipos y el local.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 1.- INTRODUCCION

### 1.1- El Sistema de Medidores Domiciliares

Los Medidores no son, como se cree de ordinario, simplemente unos aparatos que se instalan en la puerta de los domicilios para medir el agua, sino que ellos constituyen dentro del gran conjunto de un sistema de abastecimiento en la red, un sistema complejo y vital que se establece con el fin de lograr principalmente tres objetivos:

a) Que el agua la usen los suscriptores para satisfacer exclusivamente sus necesidades, sin desperdiciarla.

b) Que los suscriptores paguen el servicio en -- proporción a la cantidad de agua consumida, es decir que la distribución se haga en forma justa y equitativa.

c) Que la Empresa logre sus ingresos proporcionalmente a la cantidad de agua suministrada a la población, en tal forma que se puedan cubrir los gastos de explotación y proyectar ampliaciones. ®

El sistema que se establece para lograr estos tres objetivos y que parte de la existencia de unos aparatos de medida en los domicilios, es lo que en el presente trabajo denominamos "SISTEMA DE MEDIDORES DOMICILIARES" o simplemente "SISTEMA DE MEDIDORES".



## 1.2- Partes que integran el sistema de Medidores.

Para lograr los fines que se indicaron, es indispensable que el sistema de Medidores esté integrado por las siguientes partes:

a) Un aparato adecuado de medida, debidamente instalado en cada domicilio.

b) Un equipo para leer periódicamente los registros de los aparatos, constituido por personal suficiente para hacerlo, de acuerdo con un método debidamente establecido y controlado.

c) Un equipo de conservación para mantener en buen funcionamiento los aparatos de medida y los accesorios correspondientes, como cajas, etc. Este equipo los constituyen, cuadrillas de personal, instrumentos de comprobación, herramientas, repuestos, vehículos, etc.

d) Un procedimiento de liquidación y facturación que permita, partiendo de la lectura periódica, cobrar oportunamente el servicio, en proporción al agua consumida.

e) Un sistema de tarifas convenientemente diseñadas para que, debidamente aplicadas a la lectura de consumos, logre los fines que se persiguen.

Por estas razones, cuando en un Abastecimiento se intenta adoptar el sistema de Medidores, debe entenderse

se claramente que no se va solamente a instalar unos aparatos en las puertas de los domicilios, sino a introducir un nuevo sistema técnico y administrativo que reforma sustancialmente su organización, constitución, tarifas y relaciones públicas.

## 1.3- Interdependencia de las partes que integran el sistema.

Si se hace un análisis de las partes descritas en el punto anterior, puede concluirse que:

1o.- Todas las partes que integran el sistema de medidores son esenciales, es decir, cualquiera que falte o que falle anula el conjunto.

Así, si por ejemplo, se instalan Medidores en una población y no se leen, el sistema de Medidores no existe y el costo de los aparatos, en lugar de ser una inversión, se habrá convertido en un gasto inútil. Además, el sistema sería tan absurdo como nombrar lectores sin tener aparatos instalados en los domicilios.

2o.- Cada parte está íntimamente relacionada con el conjunto, por tanto no puede diseñarse independientemente de las otras ni tratar de que el sistema se amolde a ella, sino al contrario.

Tal es el caso del aparato Medidor cuya función es registrar el consumo, pero tanto al instalarse como al conservarse, debe tenerse en cuenta que él forma parte del conjunto del sistema y por consiguiente su localización con relación a la casa, la forma de la caja, su



posición dentro de la vía etc., deben establecerse de tal manera, que permita leerse fácilmente y sin dar origen a confusiones.

30.- Las finalidades que persiguen el sistema de Medidores, solo se logran si cada una de las partes cumple las funciones que le corresponden. Por ejemplo, si un Abastecimiento tiene un gran número de Medidores trabados, los aparatos no están cumpliendo la función de registrar el consumo, que es la que les corresponde dentro del sistema, y por consiguiente las lecturas serán ficticias y así no se logrará ni la economía del agua ni el cobro equitativo. Solo una organización adecuada de mantenimiento hará que el aparato cumpla su función.

Estas observaciones no solamente muestran la interdependencia de las partes que integran el conjunto de los Medidores, sino que constituyen un argumento más para demostrar cómo, los contadores domiciliarios, no son unos simples aparatos, sino una de las partes que integran el sistema de medidores, por tanto, su selección, conservación, instalación y operación, deberán tratarse con este criterio para lograr con ellos un resultado efectivo.

#### 1.4- Puntos que se tratarán en el presente trabajo.

De acuerdo con todo lo que se ha establecido en los puntos anteriores, para que un programa de instalación de Medidores logre los fines que en ellos se indican, es indispensable que cada una de las partes que integran el sistema, cumpla con las funciones que le

corresponden.

En el presente trabajo, intentaremos mostrar no solamente los problemas que plantea el cumplimiento de estas funciones en cuanto al aparato medidor se refieren, si no dar una idea de las soluciones que hemos encontrado más adecuadas para seleccionar, instalar, mantener y operar los contadores domiciliarios.

La mayor parte de ellas han sido tomadas de la experiencia adquirida por nosotros a lo largo de 25 años en el Acueducto de Bogotá, que dispone actualmente de más de 125.000 contadores, instalados durante los últimos treinta años. Unas pocas se han obtenido a través del Instituto de Fomento Municipal de los ensayos realizados en algunas poblaciones Colombianas.

Con el fin de mostrar la importancia de los programas de instalación, mantenimiento y reparación, y darle énfasis a los problemas que cada una de las partes -- presenta, hemos creído conveniente desarrollar el trabajo tratando los siguientes puntos:

Los aparatos Medidores, su principio, tipo, características y empleo.

Selección de Medidores, tipo, diámetro, pruebas.

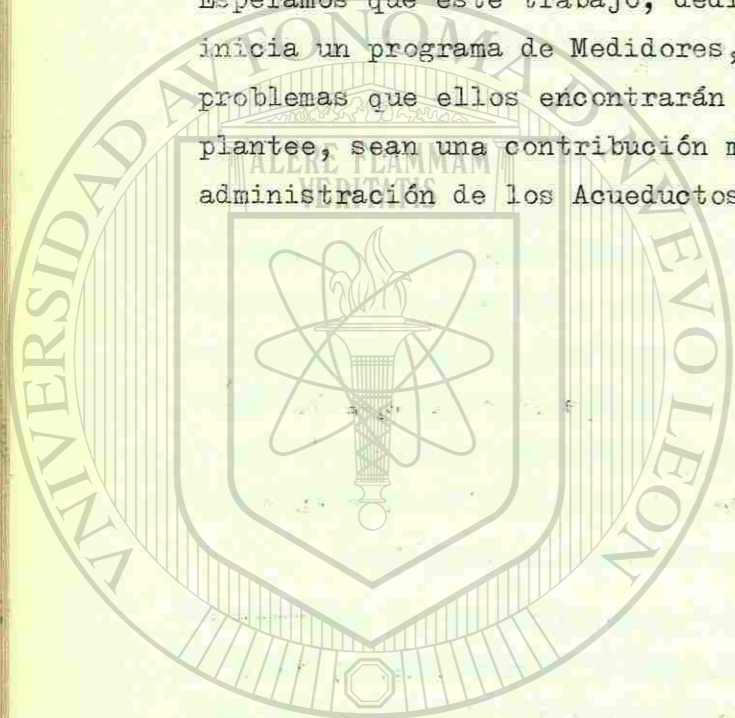
Instalación de los Medidores, sistema, programas y su desarrollo, problemas, cajas, etc.

Mantenimiento y conservación, programas, reparaciones equipos, etc.



E.- Talleres, sus funciones é importancia, dotación, bancos de prueba, organización, etc.

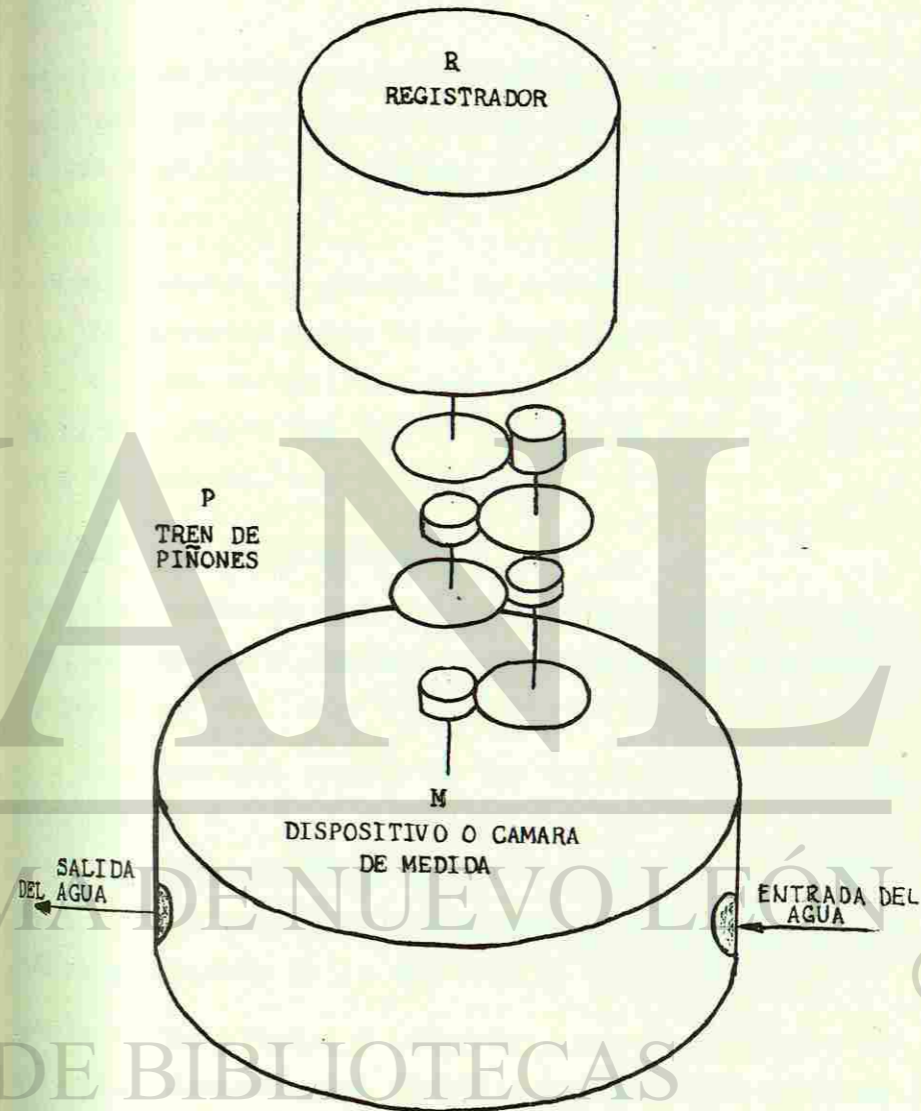
Esperamos que este trabajo, dedicado al personal que, inicia un programa de Medidores, dé una idea de los problemas que ellos encontrarán y las discusiones que planteen, sean una contribución más, para la adecuada administración de los Acueductos en América Latina.



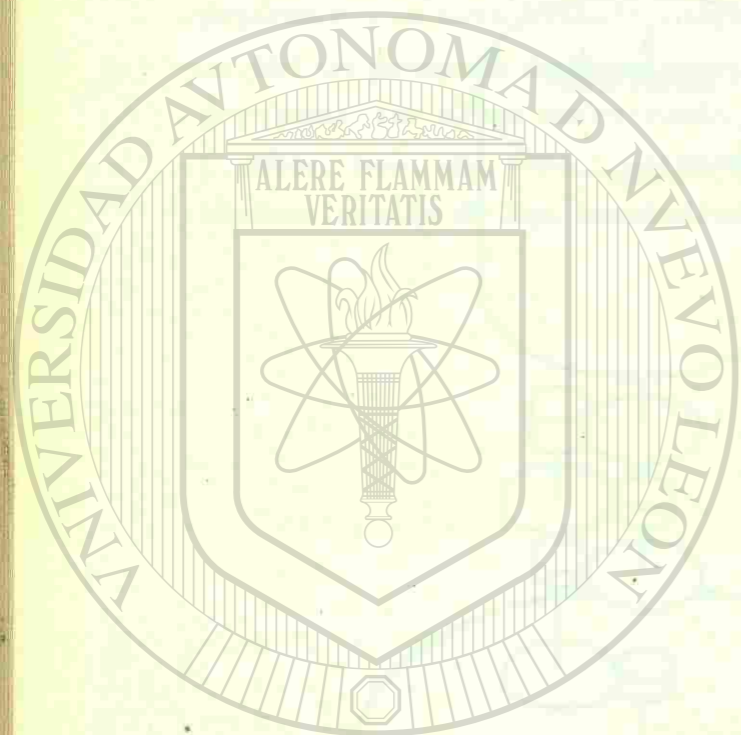
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 2.1  
PARTES FUNDAMENTALES DE UN MEDIDOR







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 2.- LOS APARATOS MEDIDORES

### 1.- Objeto

Los aparatos medidores domiciliarios tienen por objeto registrar, en forma permanente y continua, el consumo de agua acumulada de cada uno de los suscriptores de un Acueducto.

Como el consumo, en general, es esencialmente variable, los aparatos deben estar capacitados para registrar, no esas variaciones pero sí, los consumos acumulados, cualquiera que sea la razón a la cual se verifique la demanda, sin limitársela.

### 2.- Principios de funcionamiento

Todos los aparatos, para la medida del consumo domiciliario, se diseñan y construyen basados en los siguientes puntos:

10.- Todo contador consta de las siguientes partes fundamentales:

a) Un dispositivo de medida M (Fig. 2.1) que, partiendo de un principio determinado, produce un movimiento en función de la cantidad de agua que fluye. ®

b) Un registrador R (fig. 2.1) que va indicando y acumulando los consumos aforados por el dispositivo de medida.

c) Las dos partes están ligadas entre sí por un mecanismo P (fig. 2.1) o tren de piñones que transmite -



el movimiento del dispositivo de medida al registrador.

2o.- Los dispositivos de medida que emplean los contadores actualmente en uso, están basados en uno de los principios siguientes :

a) El de "Medida volumétrica" que afora el consumo, registrando el número de veces que se llena una cámara de volumen determinado. La base de este sistema es similar a la medida del agua por medio de un tanque y que está dada por las variaciones de volumen de él. Esta comparación está indicada en la figura 2.2.

b) El de "Medida inferencial" según el cual el consumo puede deducirse del número de revoluciones que dé una turbina accionada por el flujo del agua que se está aforando. Se llama inferencial porque el consumo se "infiere" registrando el número de revoluciones de una turbina. Debido a que las revoluciones de la rueda son proporcionales a la velocidad del agua, este dispositivo se denomina también de velocidad. La figura 2.3 da una idea del principio inferencial.

3o.- El registrador puede establecerse también de dos maneras diferentes:

a) La denominada de lectura recta que da directamente el número de unidades consumidas, como el velocímetro en un automóvil. (fig. 2.4).

b) La que se conoce con el nombre de lectura circular, que está constituida por varias cuadrantes con sus correspondientes manecillas, cada uno de los cuales da

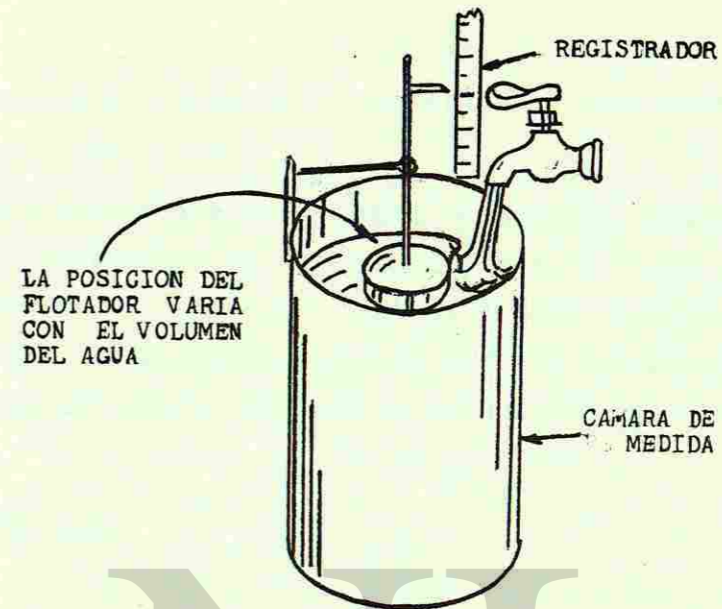


Figura 2.2

PRINCIPIO DE LA MEDIDA VOLUMETRICA

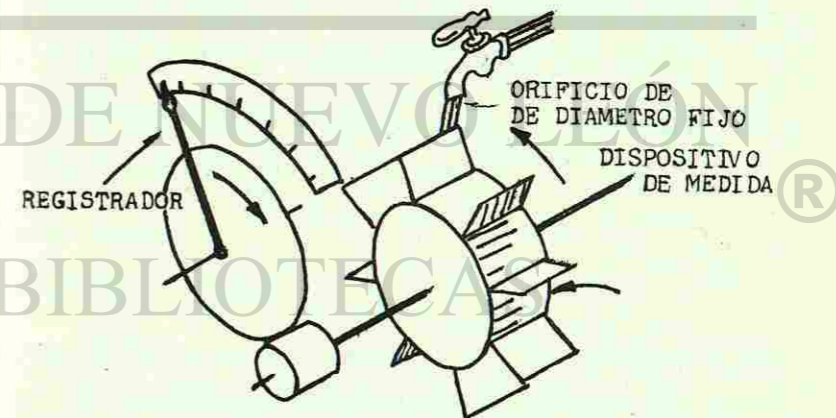
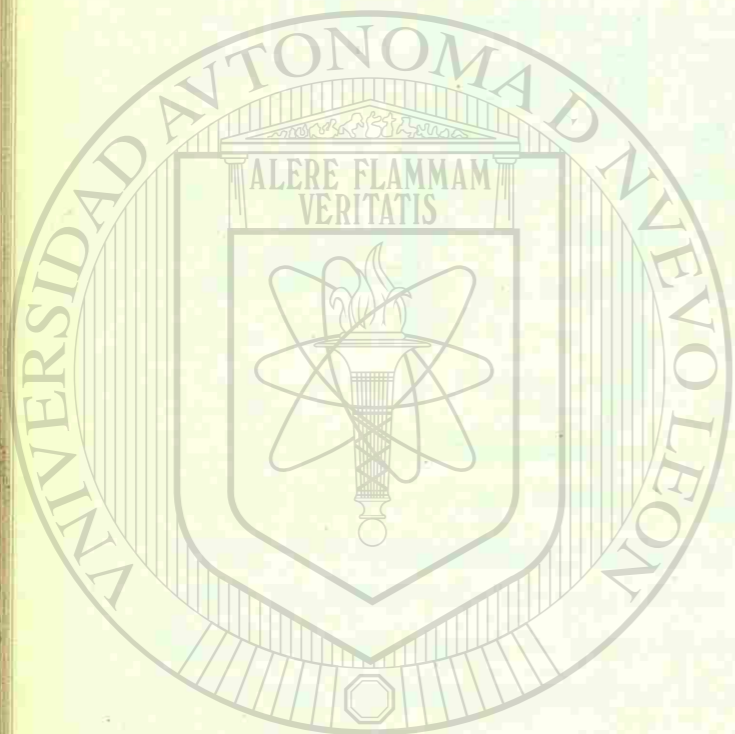


Figura 2.3

PRINCIPIO DE LA MEDIDA INFERENCIAL

El número de revoluciones de la rueda, es proporcional a la velocidad del agua.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

una de las cifras del número que expresa el consumo. Leyendo sucesivamente y en orden los distintos cuadrantes, se integra el número.

40.- Las tres partes que constituyen el medidor, pueden quedar todas sumergidas en el agua o solamente el dispositivo de medida y el tren de piñones, dejando en seco el registrador. En el primer caso el medidor se conoce con el nombre de esfera húmeda y al segundo se le llama esfera seca.

#### Tipos de Medidores

Los aparatos que se utilizan principalmente pueden, de acuerdo con los principios enunciados en el punto anterior, clasificarse en dos grandes tipos:

- 1.- Medidores Volumétricos
- 2.- Medidores de velocidad o inferenciales

comercialmente se encuentran modelos de ellos con registrador de lectura recta y de lectura circular; y se fabrican con esfera seca y esfera húmeda.

Otros tipos, se consiguen además, pero consideremos de interés para el caso solamente citar:

- a) Los compuestos
- b) Los proporcionales

siendo los primeros una combinación de volumétrico y de velocidad y los segundos pueden construirse en uno de los dos tipos.



Trataremos de dar a continuación una descripción rápida de cada uno y luego una comparación de sus ventajas e inconvenientes que nos parece de interés para formar un criterio en la selección de ellos.

#### 2.4- Medidores volumétricos

Son aquellos cuyo dispositivo de medida está construido de acuerdo con el principio volumétrico.

Comercialmente se consiguen, en la actualidad, dos clases:

- a) Los de disco o nutación
- b) Los de pistón oscilante

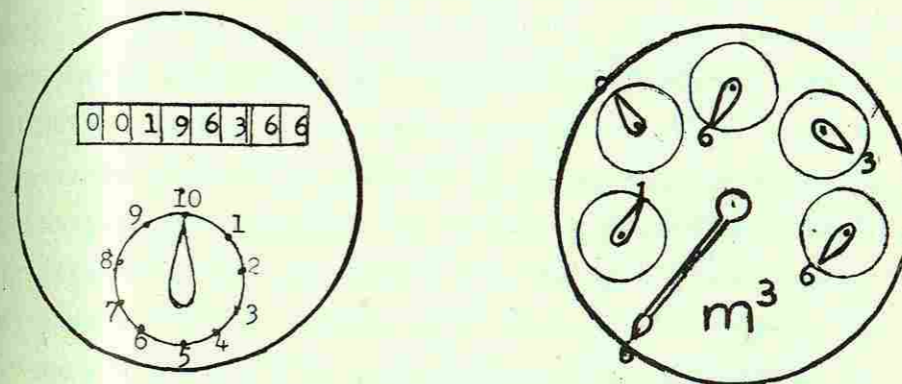
El funcionamiento de ellos es como sigue:

##### 1o.- Medidores de Disco (fig. 2.5)

Los dispositivos de medida que en ellos se emplean, constan de una cámara y de un disco.

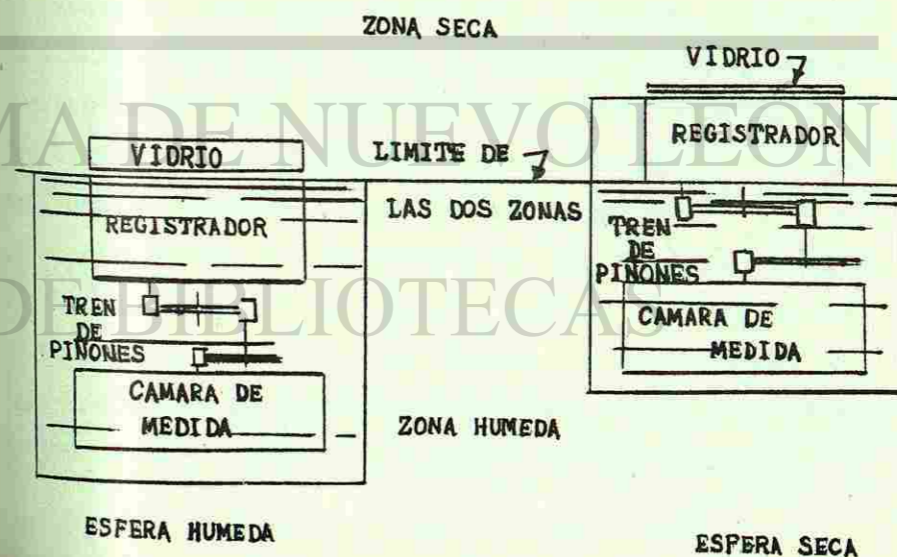
La cámara está construida en bronce y de tal manera que, tanto su tapa superior como la inferior, sean troncos de cono invertidos y sus paredes laterales una zona esférica. Estas paredes están provistas de dos orificios adosados, uno para la entrada y otro para la salida del agua y van separados entre sí por un tabique radial que se extiende hasta el centro de la cámara, dentro de él va alojado un disco de caucho duro, provisto en un centro de una esfera, del mismo material, apoyado en una cama sobre los vértices de los troncos de cono de las

Figura 2.4



LECTURA RECTA

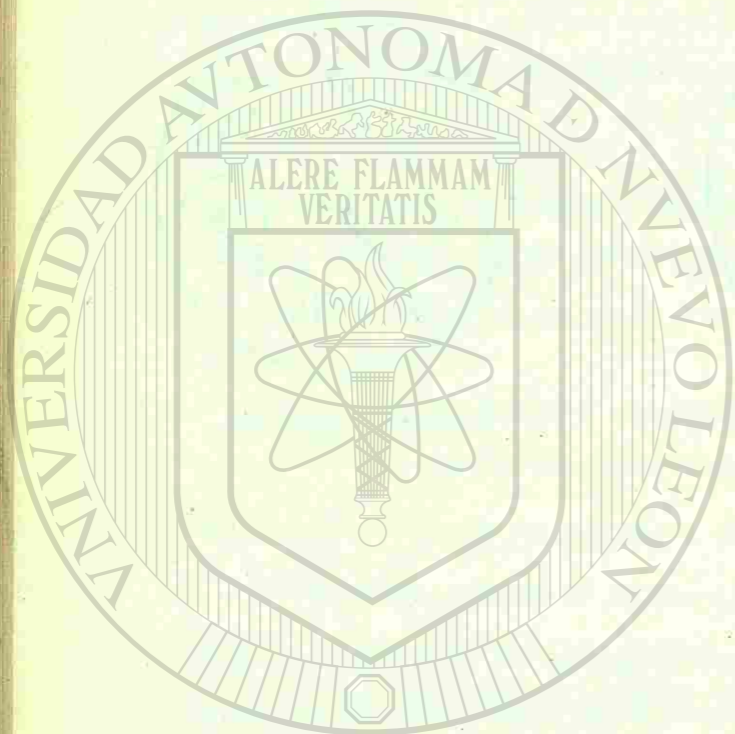
LECTURA CIRCULAR



ESFERA HUMEDA

ESFERA SECA





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

tapas. Este disco adquiere, al pasar el agua, un movimiento nutativo en tal forma, que una nutación completa de él, corresponde a un volumen de paso de agua, igual al de la cámara. En la parte superior de la esfera central existe un eje que describe, al moverse el disco, una superficie cónica. El movimiento de este eje acciona una mariposa que trasmite el movimiento al registrador. Tanto la cámara como el disco requiere una construcción y acabado perfecto, su ajuste debe ser de precisión y las normas americanas establecen que sus dimensiones deben ser tales que el número de nutación por pie cúbico no exceda de cierto valor para cada diámetro de medidor.

#### 20.- Medidores de pistón oscilante (fig. 2.6)

En este tipo el dispositivo de medida está formado por una cámara y un pistón.

La cámara es de figura cilíndrica, con dos perforaciones situadas una en el fondo y otra en la tapa y dispuestas de tal manera que extiende casi hasta el centro de la cámara. Dentro de ella va un pistón también cilíndrico provisto de una lámina transversal con varias perforaciones localizadas en la mitad de la altura. El pistón lleva una ranura vertical que encaja en el tabique divisorio de la cámara, en esta forma, el agua entra por el orificio del fondo y sale por el de la tapa produciendo un movimiento semi-rotativo del



pistón que se trasmite por medio de una mariposa al registrador. Cada oscilación completa del pistón, corresponde a un volúmen de la cámara. Los detalles de este movimiento se explican en la figura 2.7.

La cámara puede construirse en bronce o en caucho duro y el pistón generalmente es de caucho duro de densidad casi igual a la del agua, lo cual da lugar a que sea semi-flotante y le imprima así, una gran libertad en su movimiento con el mínimo de fricción. Lo mismo que en los discos, este tipo de medidor requiere un maquinado de precisión en la cámara y en el pistón.

#### 2.5- Medidores de velocidad.

En estos aparatos el dispositivo de medida está diseñado de acuerdo con el principio inferencial.

Se fabrican en tres tipos:

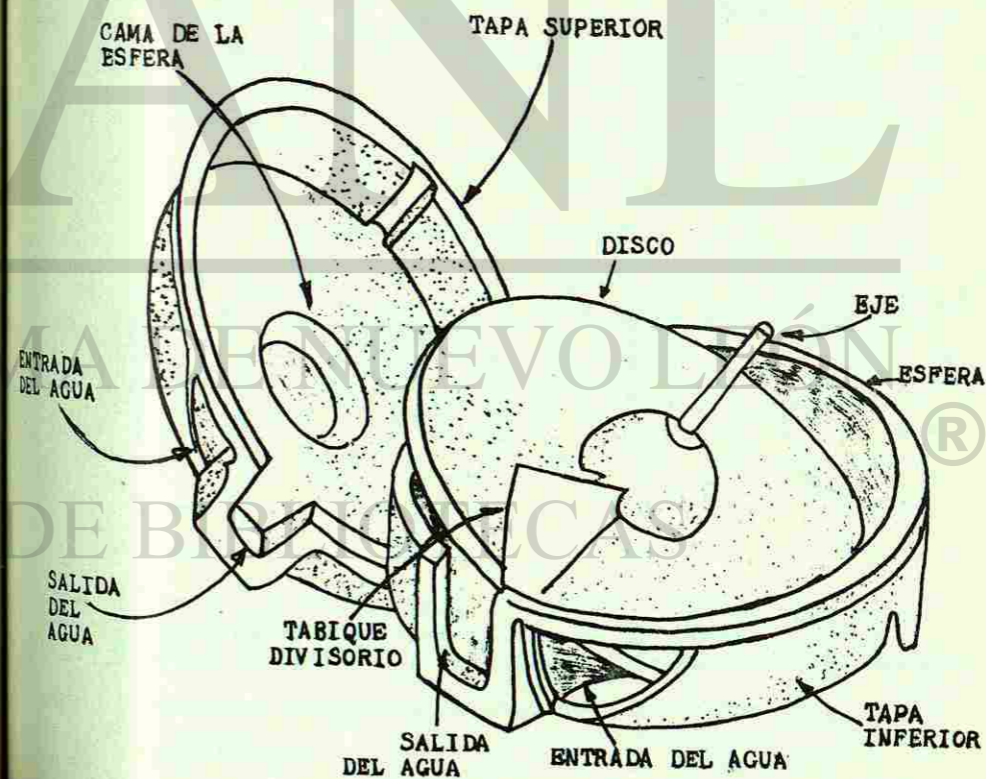
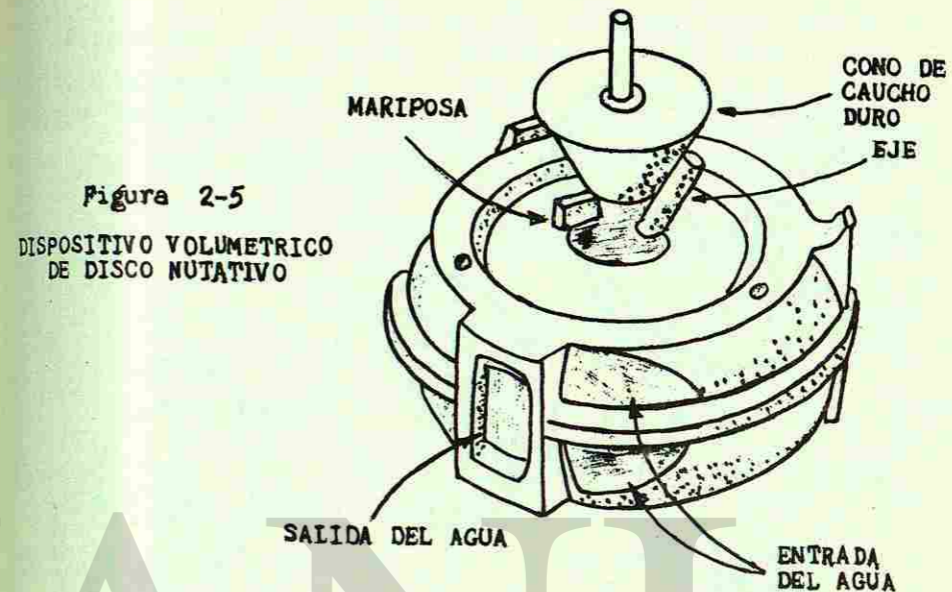
- a) Chorro Único, cabe citar el modelo
- b) Chorro Múltiple
- c) Axiales

Con variante del medidor de chorro único, cabe citar el modelo de "Chorro Doble".

La forma como estos aparatos trabajan es la siguiente:

#### 1o. Medidores de Chorro Único- (fig. 2.7)

Consta de una rueda de aspas o turbina, de eje vertical situada dentro de una cámara provista de un orificio de área determinada por donde entra el agua tangencialmen-





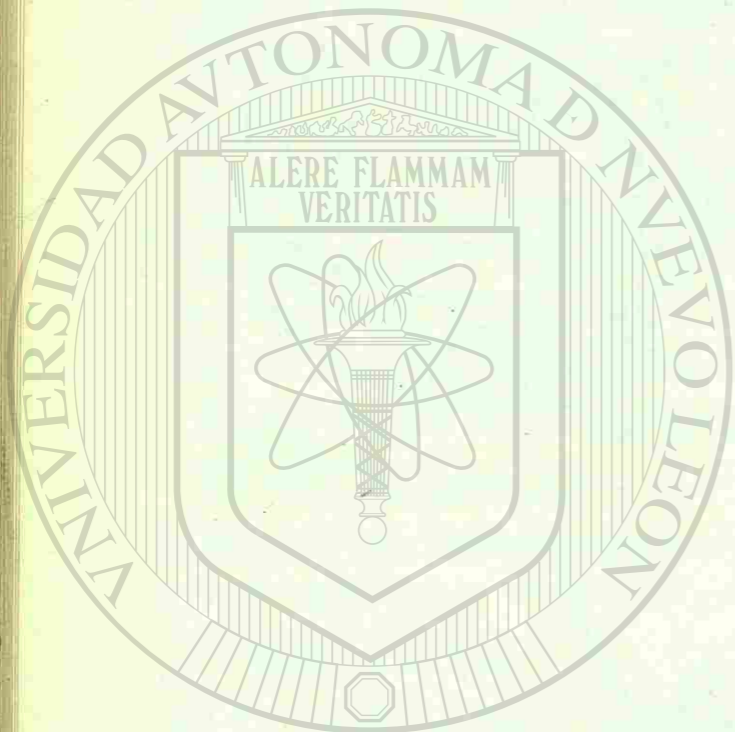
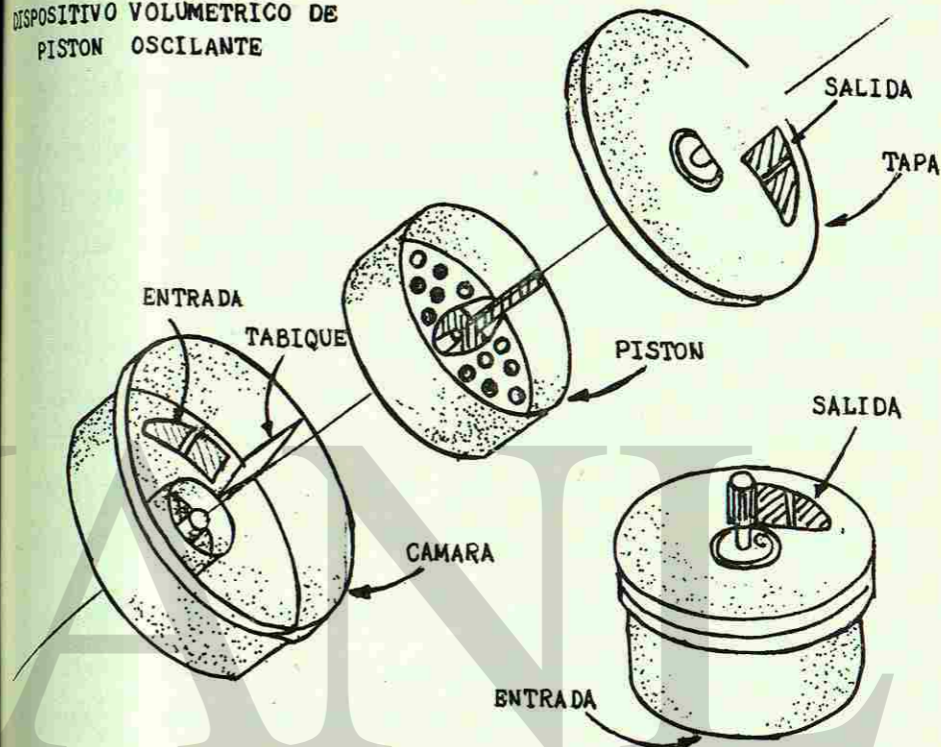
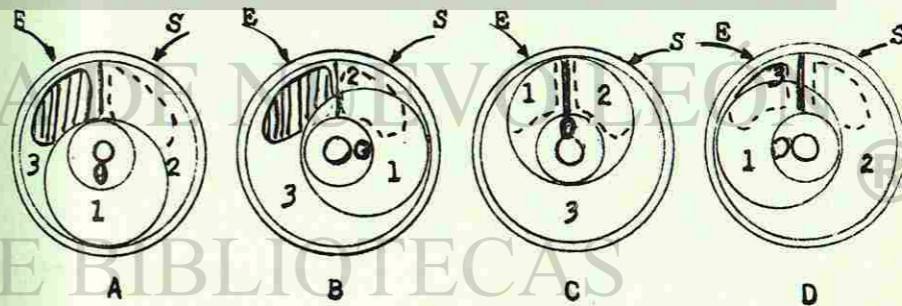


Figura 2.6  
DISPOSITIVO VOLUMETRICO DE  
PISTON OSCILANTE

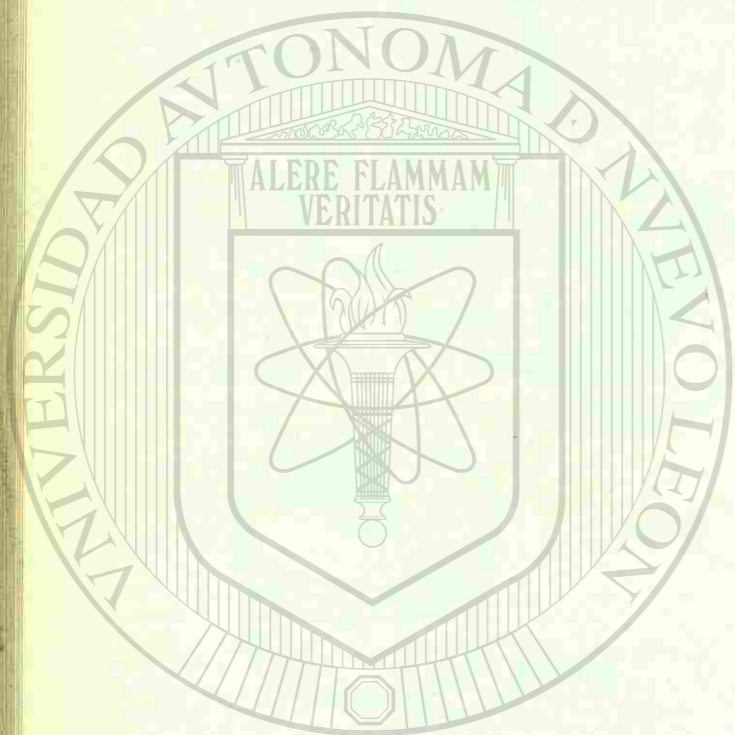


FUNCIONAMIENTO DEL PISTON



- |   |  |
|---|--|
| <p>A - 1 Está lleno totalmente<br/>2 Está recibiendo agua<br/>3 Está desaguando</p> <p>B - 1 Recibe y desagua al tiempo<br/>2 Desagua<br/>3 Recibe agua</p> | <p>C - 1 Recibe agua<br/>2 Desagua<br/>3 No recibe ni desagua</p> <p>D - 1 Recibe agua<br/>2 Desagua<br/>3 Recibe agua</p> |
|---|--|





te a la rueda. Como el área del orificio es constante, la variación del caudal será proporcional a la velocidad del agua y por tanto el número de revoluciones de la turbina.

La cámara del medidor es generalmente la misma caja del aparato. Esta requiere maquinarse convenientemente. La turbina es de plástico o de caucho duro y gira sobre un pivote engastado en material suficientemente como para reducir el desgaste a un mínimo. El extremo superior del eje remata en un piñón que trasmite el movimiento al registrador. La pérdida de carga en este modelo es menor que en los volumétricos y admite por tanto dimensiones proporcionalmente inferiores.

#### 2o.- Medidores de Chorro Múltiple (fig. 2.8)

Consta también de una turbina, lo mismo que los anteriores, pero ella va dentro de una cámara construida generalmente en plástico o en caucho duro. Esta turbina lleva en contorno una serie de orificios oblicuos de entrada y salida, dando así origen a múltiples chorros que accionan la turbina, en forma más regular y equilibrada que en los de chorro único.

El pivote, la turbina y el eje son de características similares al anterior.

#### 3o.- Medidores Axiales (fig. 2.9)

Son realmente una forma de los de chorro único, pero difieren de ellos, en que, éste va en la dirección --



del eje y no tangencialmente. Por tanto, los de chorro único es mejor denominarlos tangenciales.

Se fabrican normalmente para grandes gastos, tales como fábricas, etc.

#### 4o.- Medidores de Dobre Chorro (fig. 2.10)

Son una variante de los de chorro único, a los cuales se les ha adicionado un segundo orificio más pequeño, a la entrada y una válvula, en tal forma que, en gastos bajos, iguales o inferiores a la capacidad del orificio pequeño, esta válvula permanece en su posición normal cerrando el orificio grande. Cuando los gastos son superiores, la válvula se abre y el agua pasa por el conducto de diámetro mayor. De esta manera se logra que, la velocidad en los gastos bajos sea alta y por tanto aumenta la sensibilidad del aparato.

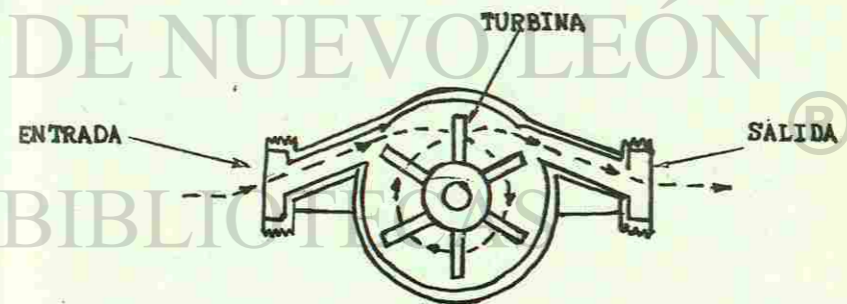
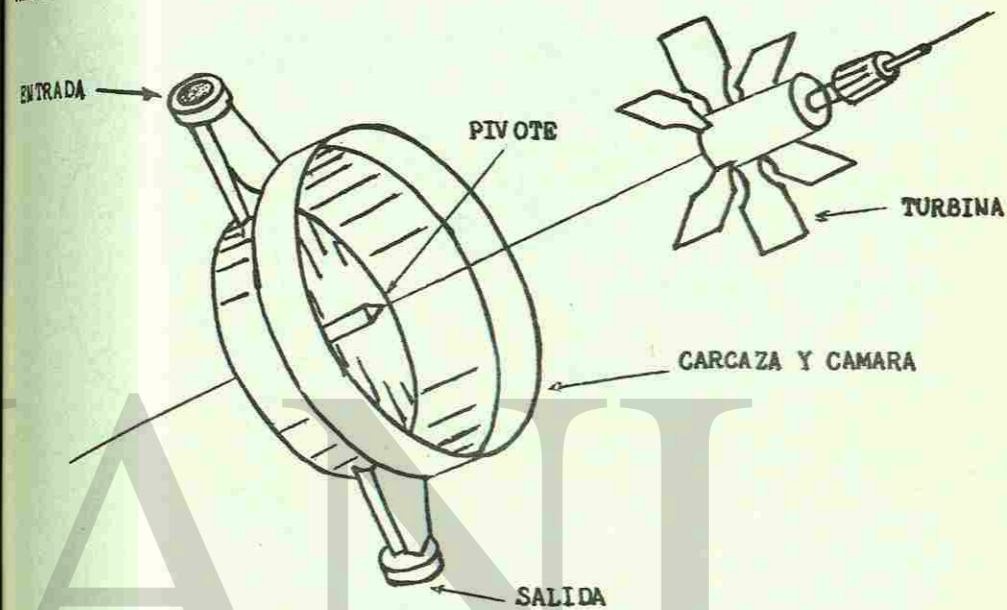
#### 2.6- Medidores de Doble Chorro (fig. 2.10)

Son una unidad constituida por dos medidores en paralelo, uno volumétrico y otro de velocidad. El primero trabaja a gastos bajos y el segundo a gastos altos. Una válvula accionada por el mismo flujo de agua, pone a funcionar uno u otro aparato de acuerdo con el gasto. Se construyen en diámetros de 2" y mayores y se emplean para aquellos casos en que el consumo se sucede dentro de un amplio campo de variación.

#### 2.7- Medidores Proporcionales (fig. 2.12)

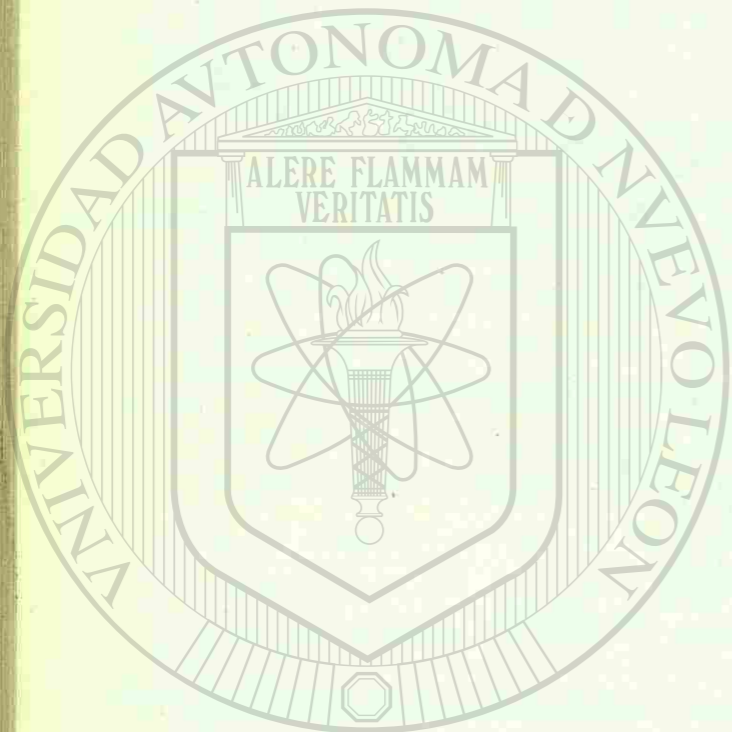
Este tipo de aparato se diseña para medir grandes gas-

Figura 2.7  
MEDIDOR DE CHORRO UNICO



DETALLE DEL FUNCIONAMIENTO

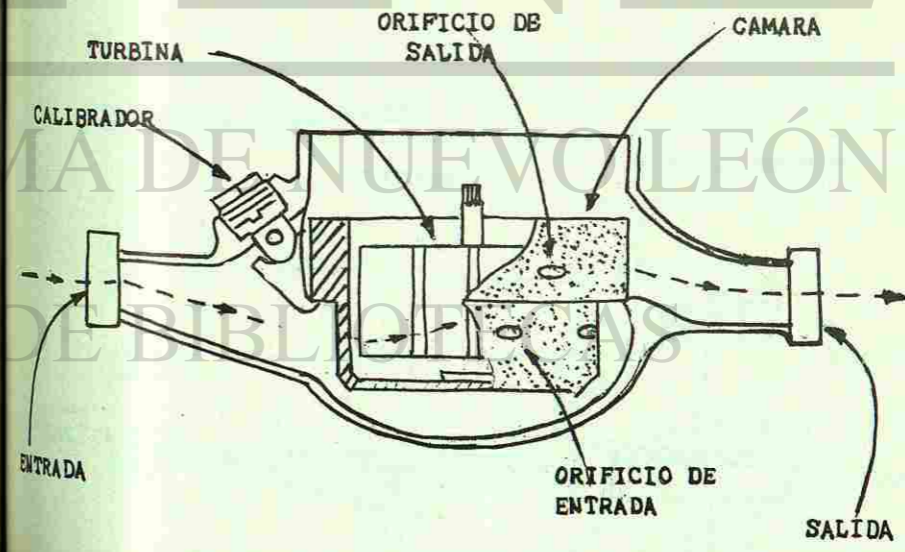
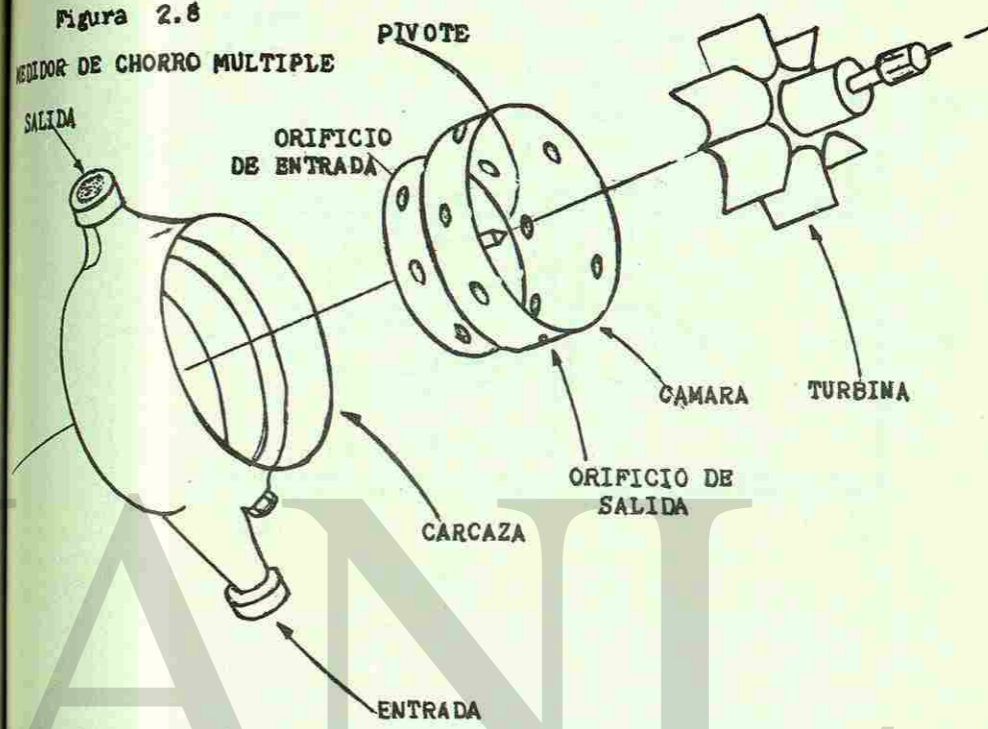




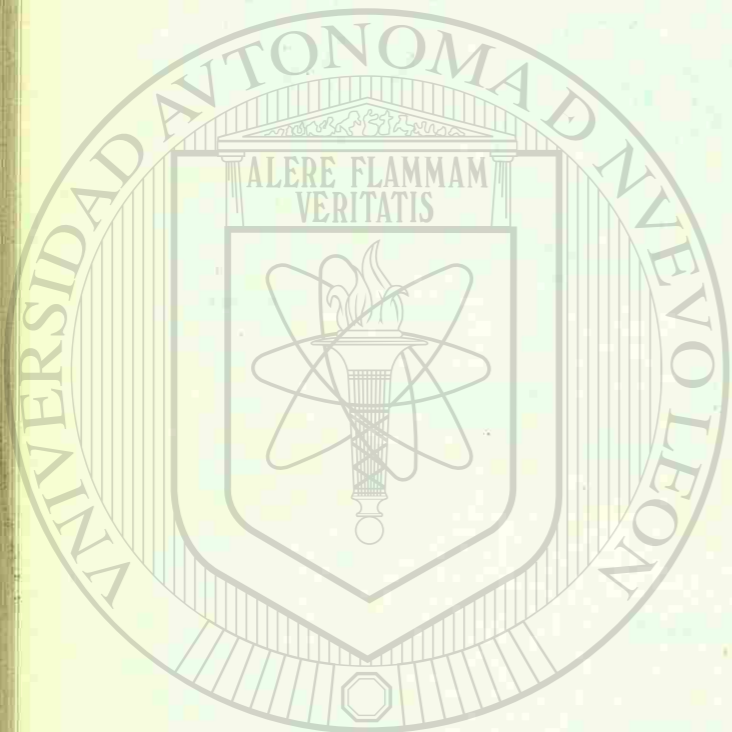
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 2.8  
MEDIDOR DE CHORRO MULTIPLE







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

FIGURA 2.9  
MEDIDOR  
AXIAL

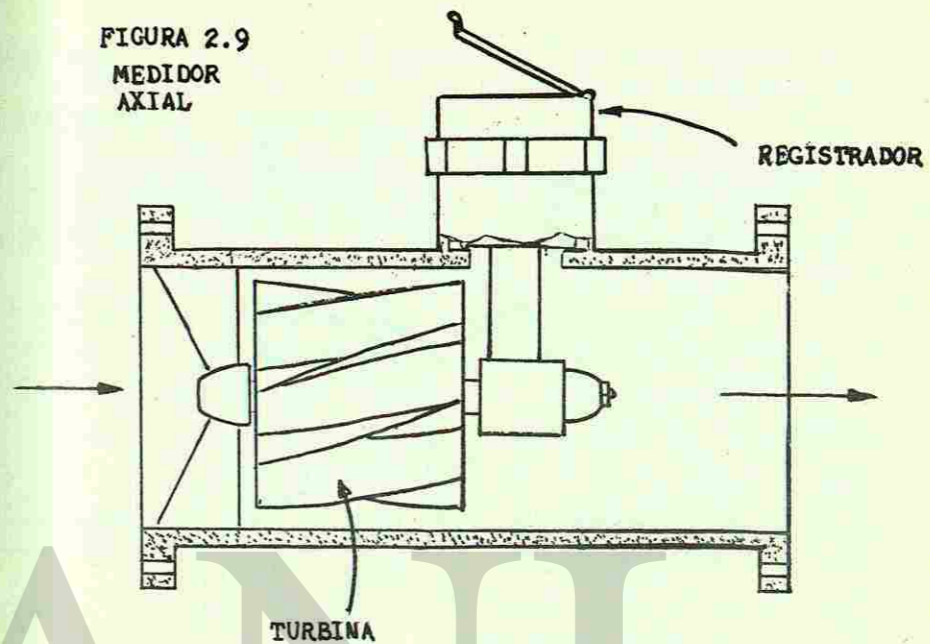
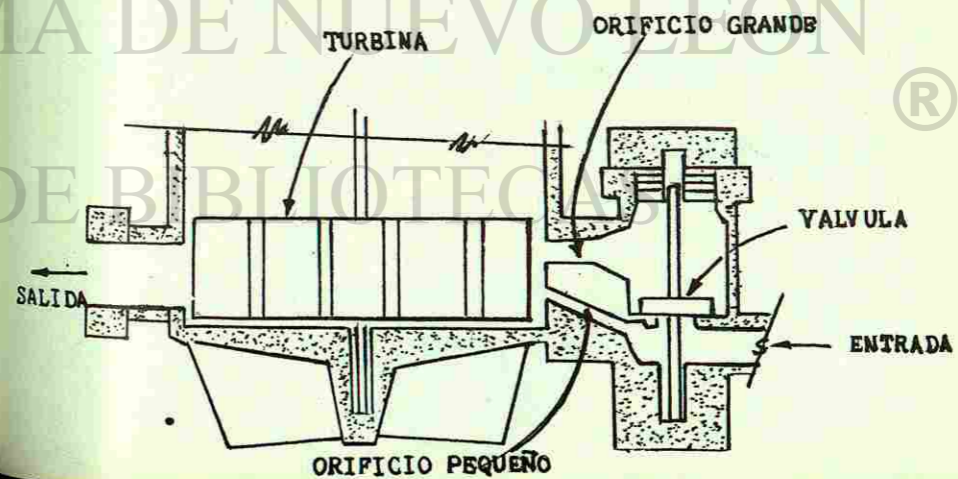
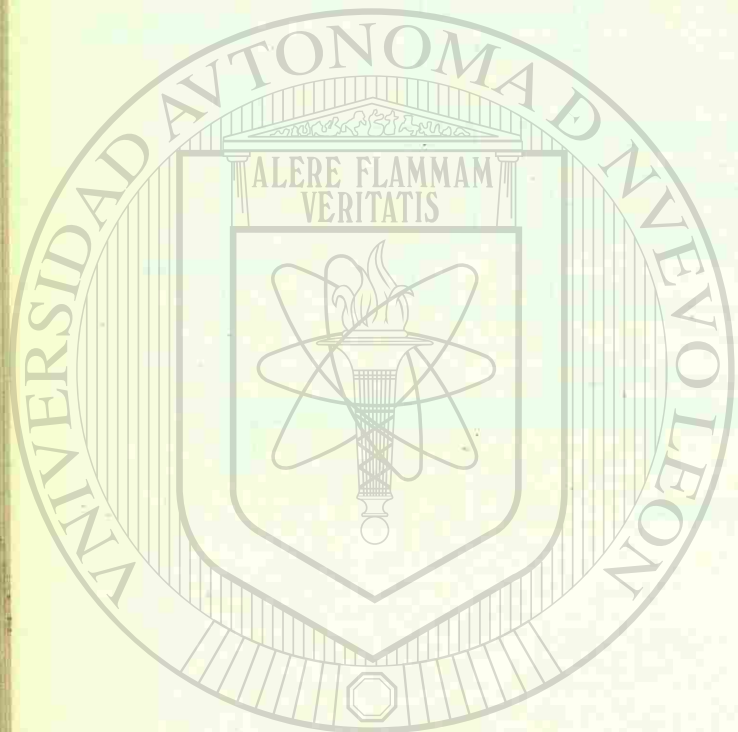


FIGURA 2.10

MEDIDOR DE DOBLE CHORRO







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

FIGURA 2.11

MEDIDOR COMPUESTO

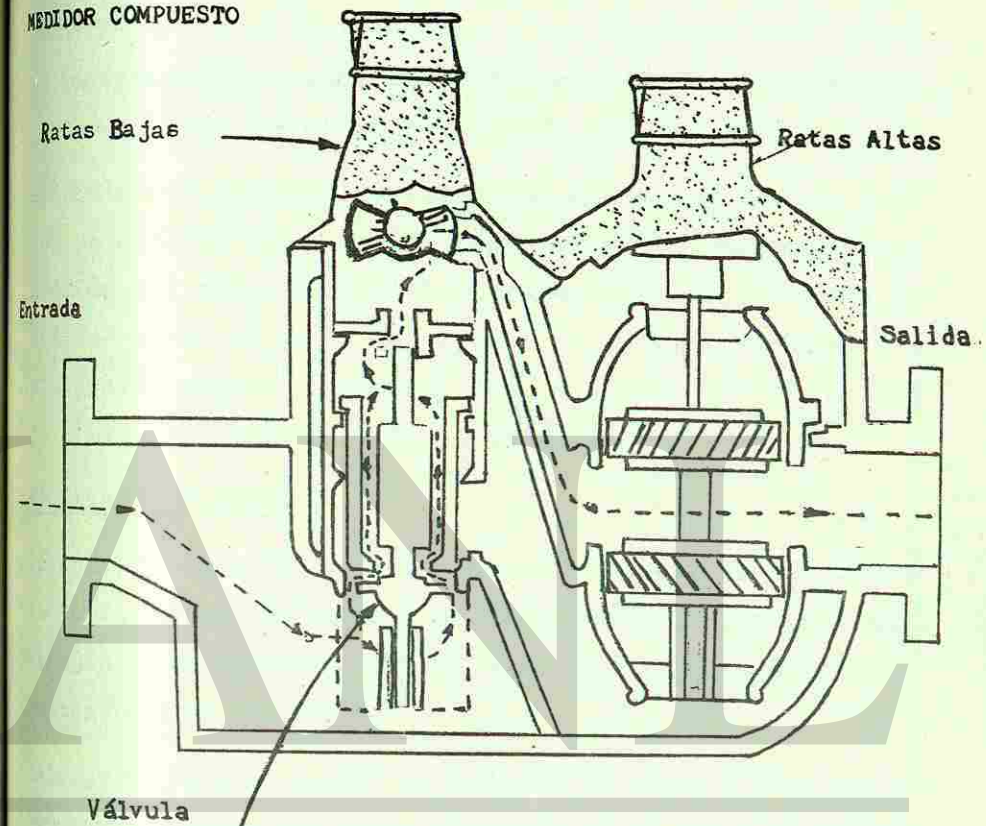
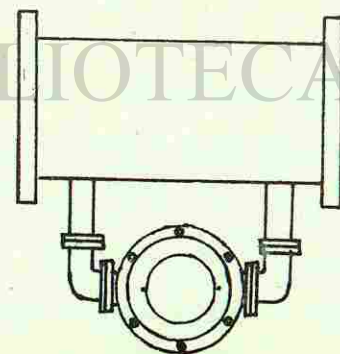
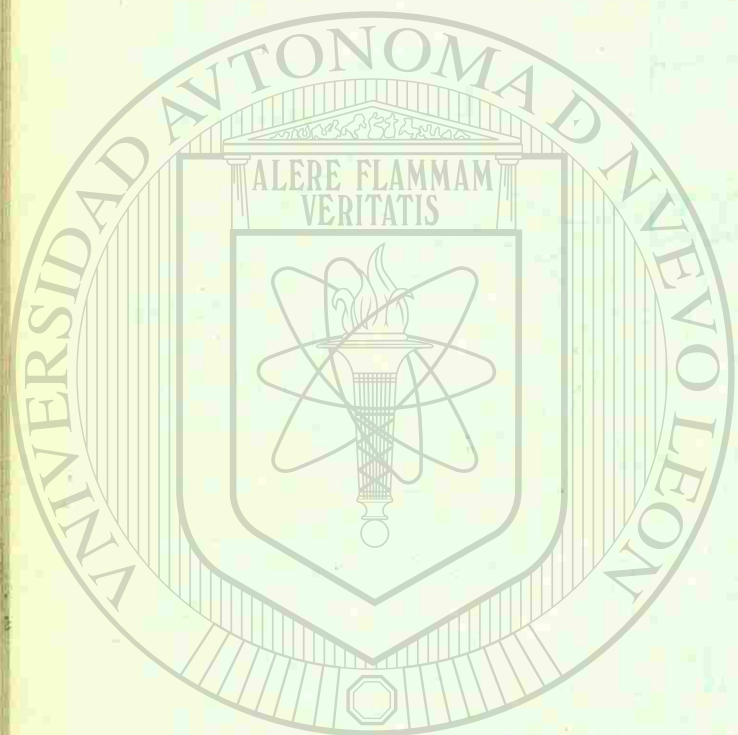


FIGURA 2.12



MEDIDOR PROPORCIONAL.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

tos de agua con pérdida de carga mínimas. Su nombre se debe a que la medida se hace desviando una parte del agua, de la línea aforada, hacia un "by-Pass" provisto de un medidor pequeño, calibrado en tal forma, que registra el paso total en proporción al agua derivada.

Generalmente adoptan la forma compuesta, es decir, tienen un medidor para gastos pequeños y una válvula diseñada de tal modo que con los grandes gastos funcione el medidor proporcional. Se emplean en líneas destinadas a protección contra incendio, líneas que requieren un flujo libre con baja pérdida de carga.

#### El Tren de Piñones

Tienen por objeto, no solamente transmitir el movimiento de la cámara de medida al registrador, sino reducir el número de revoluciones de ella al de las agujas del indicador del registro.

Así, por ejemplo, si en un medidor de disco, éste de 1.500 revoluciones por cada 100 Lts. de flujo y la aguja del indicador da una revolución para registrar los 100 lts., el tren de piñones debe transmitir las nutaciones del disco al registrador y reducir además las 1.500 revoluciones a una. ®

Cuando los medidores son de esfera húmeda, el tren de piñones se encuentra siempre sumergido en el agua, como el resto de las partes.

En los medidores de esfera seca, la zona correspondiente al tren de piñones se encuentra siempre dentro del -



agua, pero los fabricantes adoptan, unos el sistema de encerrar los piñones dentro de una caja con grasa y otros los dejan libremente dentro del agua.

En general la práctica seguida por la industria Norteamericana, es la del tren de engranajes encerrado en aceite. Se considera que, en esta forma, se logra evitar el desgaste y la corrosión y aumentar, además, la sensibilidad del medidor.

Los medidores Europeos, normalmente, vienen con los piñones funcionando dentro del agua.

Los piñones encerrados en caja de grasa, se fabrican en bronce, en cambio los modelos con tren de piñones en agua, requieren que éstos sean de níquel o de una aleación que dé garantía o de plástico.

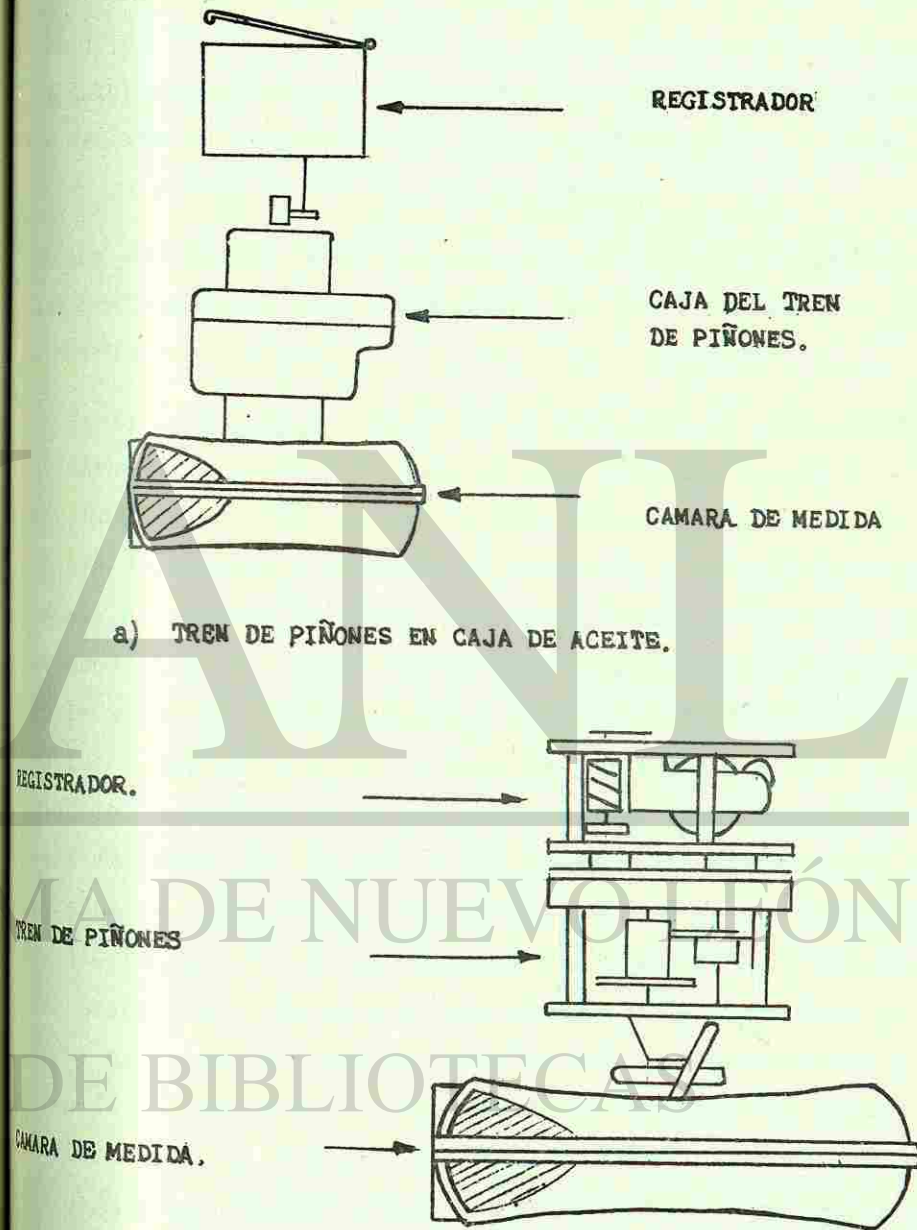
Las especificaciones de la AWWA aceptan tanto los piñones encerrados en aceite como los del tipo abierto al agua.

### 2.9- Disposición General de los Aparatos Medidores

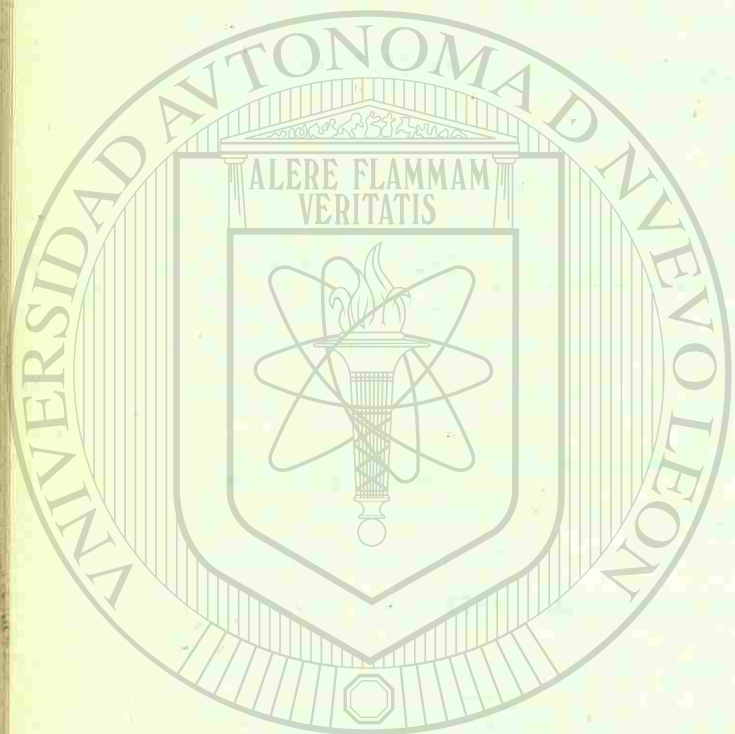
La figura 2.13, da una idea de la forma como usualmente se disponen los contadores, tanto americanos como europeos.

En primer término, los medidores de esfera húmeda, se construyen con dos partes solamente y debido a que la totalidad de sus piezas están dentro del agua, pueden tener la forma más compacta de todos. La parte inferior es una caja de bronce que sirve para alojar el conjunto del medidor. La tapa de la caja, es decir la

FIGURA 2.12 A.







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

pieza superior, sirve solamente para ajustar el vidrio - que tienen normalmente un espesor de más de 1 centímetro. Debajo de él va el empaque que sella el medidor. Este es el único empaque que existe en este tipo de contador. Para abrirle se requiere una llave en forma de hoz, que -- sirve para aflojar el anillo de la tapa.

En los modelos de esfera seca, que son la totalidad de - los Norteamericanos y la mayoría de los Europeos, se encuentran dos formas:

a) La Europea - Este tiene una caja de dos partes solamente. La inferior, que es una caja destinada a llevar las piezas que van en la zona húmeda, es decir, la cámara de medida y el tren de piñones; y la superior que, además de servir de tapa a la caja, aloja la porción correspondiente al registrador. Para separar la zona húmeda de la seca, se emplea en este sistema una lámina doble, entre el registrador y el tren de piñones. La cara superior de la lámina es ciega y solamente lleva un orificio para dar paso al eje del piñón propulsor, que dispone de un empaque cuya forma, más usual, se indica en la figura 2.14.- La cara inferior sirve a los ejes de los piñones del tren. Esta lámina soporta además el registrador y -- forma así una sola unidad consistente en registrador y - tren de piñones. En los bordes superiores de la lámina - divisoria va un empaque que cubre además el contorno de la caja y que se aprieta con la tapa. Para desarmar el - contador se requiere, lo mismo que en el modelo de esfe-



ra húmeda, una llave en forma de hoz.

b) La Norteamericana - La práctica seguida por los fabricantes de Estados Unidos, consiste en disponer el medidor en una caja formada por tres piezas. En general estos contadores tienen dos modelos:

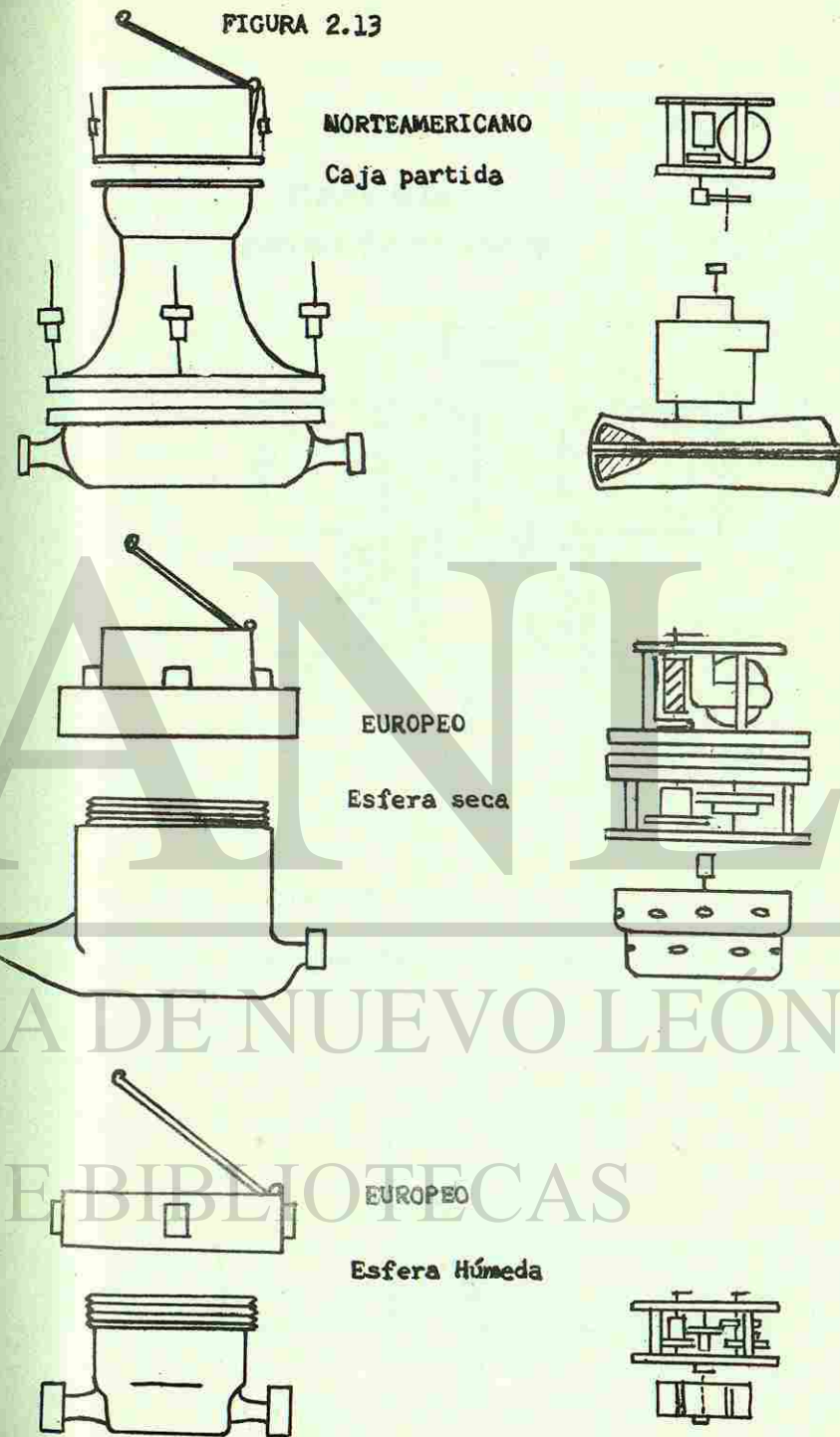
1.- El de caja partida, que se indica en la Fig. 2.13 y en la cual la caja superior aloja el registrador y la inferior está formada de dos partes, la de arriba que lleva la caja del tren de piñones y la de abajo que aloja la cámara de medida.

Las dos piezas inferiores corresponden a la zona húmeda, por esta razón, llevan dos empaques, uno en la división de las dos partes y otro en el orificio que da paso al eje del piñón propulsor, perforado en la parte superior, empaque que normalmente es del tipo indicado en la figura 2.15. Las dos piezas inferiores van unidas con cuatro o seis tornillos grandes que se aflojan con una llave de copa con volcedor en forma de berbiquí.

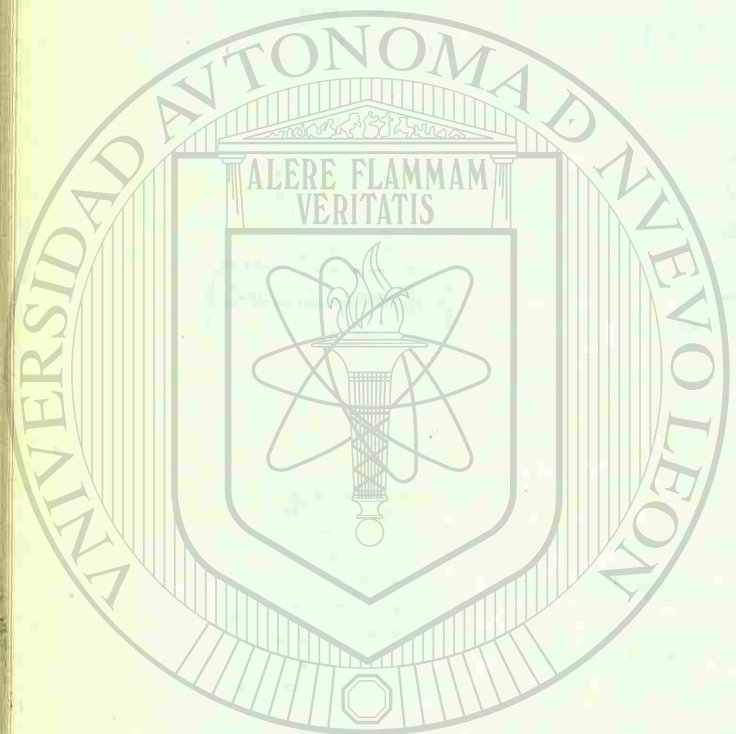
El registrador se une con dos tornillos, normalmente a la caja inferior.

2.- El modelo de caja contra heladas, tiene también tres piezas pero la inferior es realmente una tapa provista de tornillos que protegen el medidor en caso de congelarse el agua en su interior. La pieza de la mitad, a diferencia del de caja partida, aloja el

FIGURA 2.13







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 2.14  
EMPAQUE TÍPICO EUROPEO

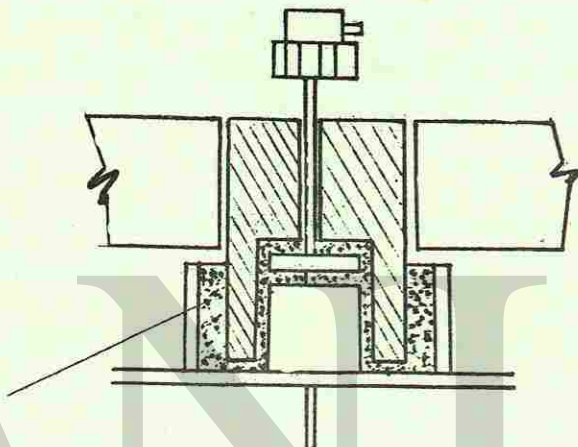
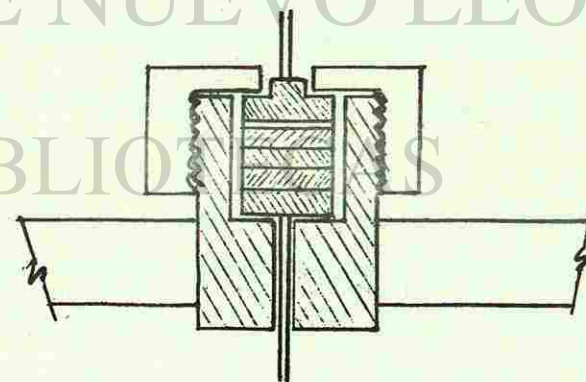


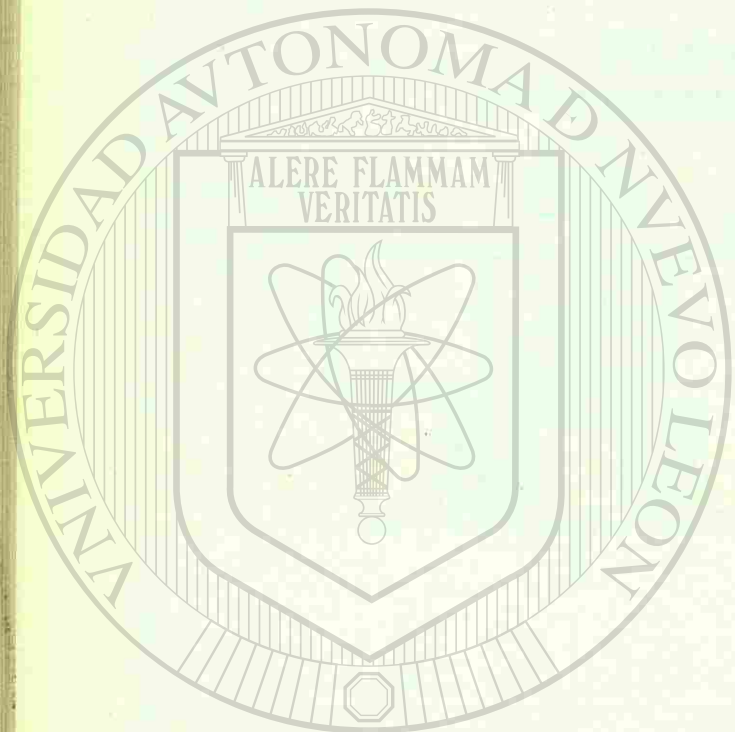
Figura 2.15

Empaque típico Americano



®





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

tren de piñones y la cámara de medida. Este modelo no lo indicamos en la figura 2.13 por considerarse sin interés para la zona tropical.

#### Modelos Recientes

Después de la última guerra Mundial, se han producido varios modelos que se han lanzado al mercado en los últimos años. Estos nuevos son unos Norteamericanos y otros Europeos.

De acuerdo con las informaciones que disponemos, podemos citar los siguientes:

1o.- Norteamericanos - Las reformas más interesantes logradas en estos modelos son:

- a) La transmisión magnética.
- b) El registrador sellado
- c) La lectura remota

2o.- Europeos - Conocemos de éstos,

- a) El modelo JSM de la Kent - Inglaterra.
- b) El modelo TRN, aquámetro de Suiza.

Algunos detalles principales de estas innovaciones son los siguientes: <sup>®</sup>

1 - La transmisión magnética.- Ha sido lanzada ya por varios fabricantes Norteamericanos y por lo que hemos podido conocer, sabemos que existen dos formas:



a) La adoptada en el modelo "Sealed Register" de la Rockwell Manufacturing Co.

b) La adoptada por firmas como la "Badger Meter Mfg. Co."

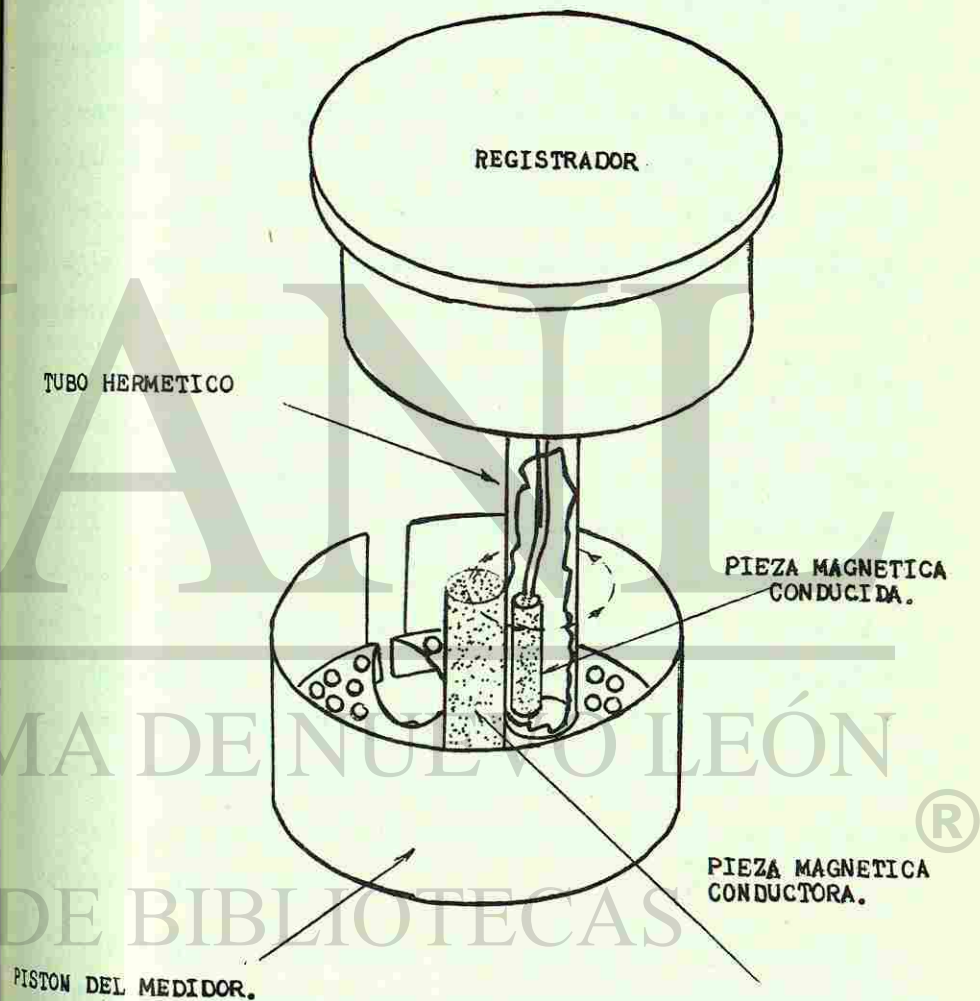
La primera, es decir la de la Rockwell, corresponde a un medidor de tipo pistón oscilante en el cual, como lo indica la fig. 2.16, el eje del pistón que transmite el movimiento a la mariposa, es una pieza magnética que gira siempre en contacto con un tubo hermético, dentro del cual se encuentra alojado el eje propulsor que, en esta parte tiene la forma de un manubrio provisto en su extremidad de una pieza magnética que permanece en contacto con las paredes del tubo y por tanto, es arrastrada por el eje del pistón, haciendo así girar el eje de propulsión.

Con este diseño, se consigue eliminar el empaque que separa las dos cámaras, la húmeda y la seca y reducirlo a uno que no está sometido a movimiento ninguno y que trabaja solamente como un sello del orificio. La segunda, o sea la adoptada por las otras casas citadas, está dispuesta de la siguiente manera: (véase fig. 2.17).

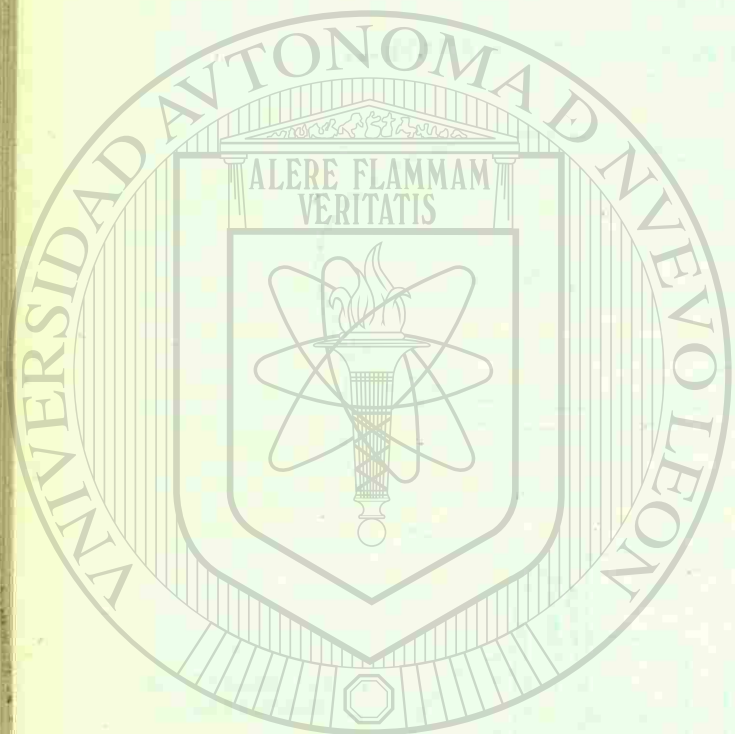
a) La cámara húmeda no tiene orificio de comunicación con el registrador.

b) El eje de propulsión, correspondiente a la cámara de medida, remata en una pieza de imán permanente.

FIGURA 2.16  
TRANSMISION MAGNETICA DE LA ROCKWELL.







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

te fabricada con arcilla magnética, la cual queda enfrentada a una similar que posee el extremo del eje -- propulsor en el registrador, en tal forma que cuando -- aquella gira, arrastrada a ésta, transmitiendo así el movimiento. Con este sistema se elimina totalmente el empaque del eje propulsor.

La transmisión magnética ha logrado en esta forma suprimir uno de los mayores problemas que se presentan en la conservación de los medidores, cual es el del empaque del eje y ha permitido además, desarrollar fácilmente el sistema de registrador sellado.

2.- El Registrador Sellado - De acuerdo con todo lo que se ha visto hasta ahora, en los medidores -- de esfera seca, el tren de piñones quedaba dentro del agua y el registrador directamente en la atmósfera. -- Los modelos con tren de piñones en caja de aceite, -- han logrado aislarlo del agua, dentro de la misma cámara húmeda del medidor. Los modelos de Registrador -- Sellado, lanzados recientemente, han permitido un paso más consistente en:

- a) Reunir en un solo compartimento el registrador<sup>®</sup> y el tren de piñones.
- b) Aislar totalmente del agua y de la atmósfera los dos mecanismos, a base de sellar completamente el conjunto.

Esto lo ha facilitado la transmisión magnética en modelo como el "Sealed Register" de la Rockwell y el --



"Easy-Read" de la Badger. Solamente tiene el contador dos partes, una el registrador sellado y otra la cámara medida. El proceso de conservación y mantenimiento se reduce pues a la cámara. Los fabricantes garantizan una larga vida al registrador sellado y consideran que, el tren de piñones y el mecanismo registrador al no estar en contacto con la atmósfera ni con el agua, quedan libres de la acción del polvo y otras impurezas y además trabajan con una mayor precisión. Existen además otros modelos como el de Hersey y el de la Neptune que permiten ajustar la precisión del registrador sellado y aún cambiar el vidrio y sellar el nuevo.

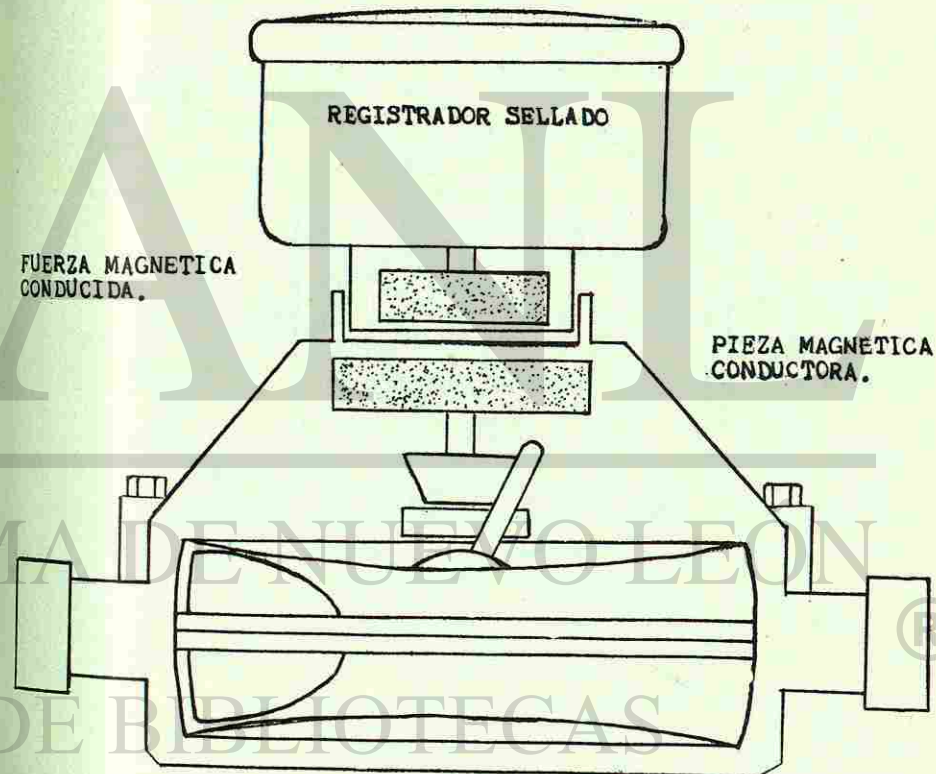
3.- El Medidor JSM. de Kent - Este contador, lanzado recientemente al mercado, es de tipo pistón oscilante y tiene las siguientes innovaciones:

1o.- El agua atraviesa longitudinalmente el aparato y no normalmente como se sucede en los modelos convencionales. Esta circulación es bastante lógica, si se tiene en cuenta que en los medidores de pistón, el agua entra a la cámara por debajo de ella y sale por la parte superior.

2o.- El tren de piñones, fabricado en plástico, está reducido a dos ruedas helicoidales y dos tornillos sin fin. Este tren va armado sobre el registrador sellado, en la parte exterior.

FIGURA 2.17

TRANSMISION MAGNETICA DE LA BADGER





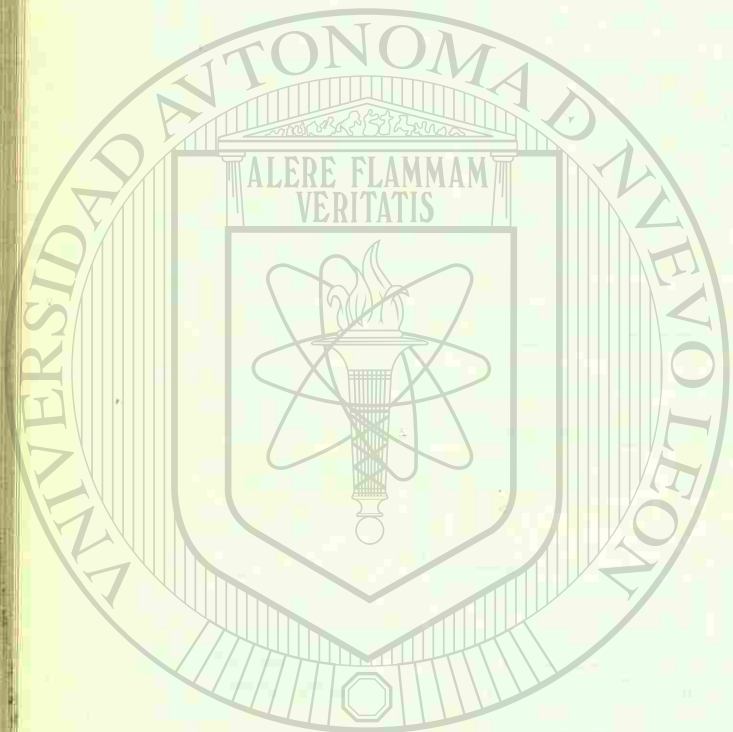
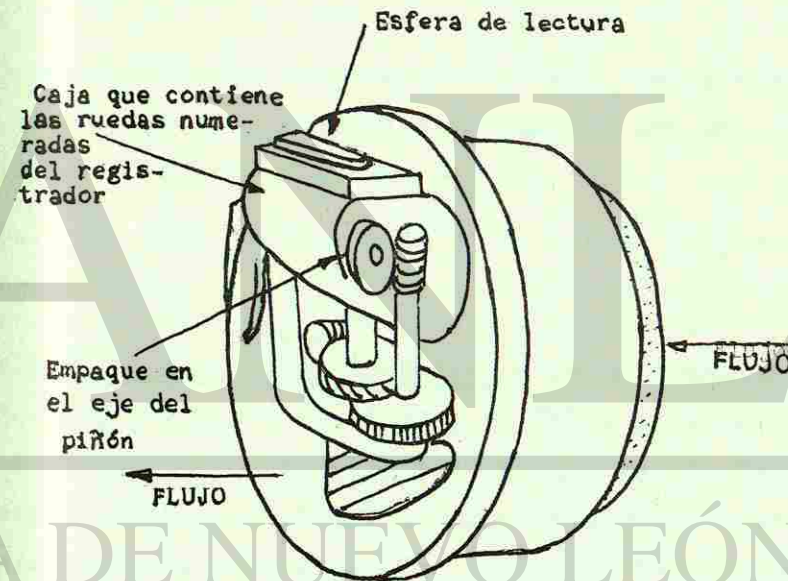


Figura 2.18  
Esquema del interior de un  
Contador Kent JSM

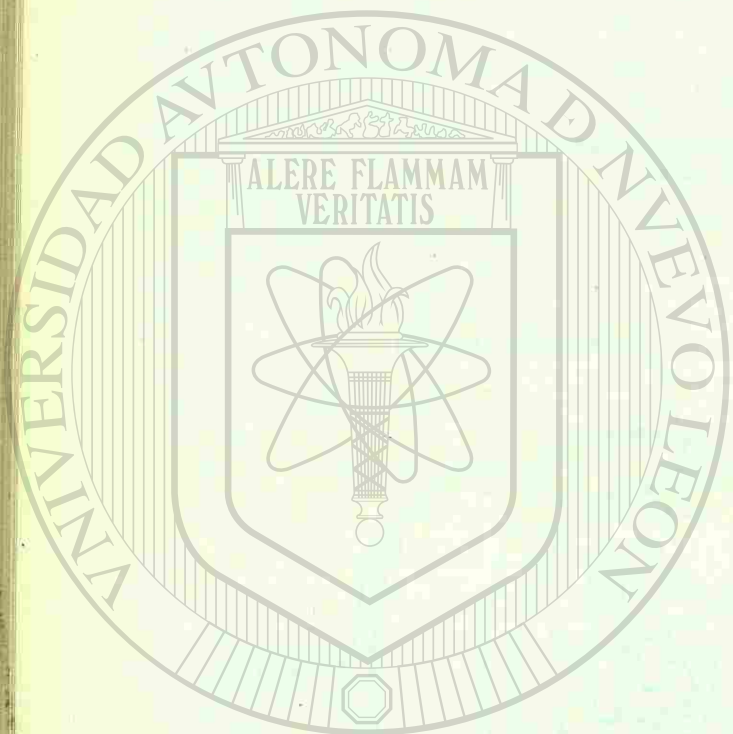


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL

30.- El registrador, donominado "Fluido Sellado", es una caja de plástico transparente donde se alojan las ruedas numeradas de lectura recta, la caja está -- llena de un líquido lubricante. Como el registrador va dentro del agua, la caja está provista de una bolsa -- que iguala las presiones.

40.- El vidrio y el muestrario están reducidos a una ventanilla de 3 cm. x 1 cm., donde aparecen los números.

50.- El contador en esta forma tiene tres piezas fuera de la carcasa, que son: la cámara de medida, el registrador y una cuña que los asegura.

60.- El único empaque está en el eje de piñones del registrador.

4.- El Modelo TRN de Aquámetro - Es un contador de velocidad que tiene dos tipos, el TRN-E 2 de chorro único y el TRN de chorro múltiple. La innovación de este aparato consiste en haber situado dentro del agua y al mismo nivel, el registrador y el tren de piñones, sin que sea de esfera húmeda. El registrador va encerrado en una caja de plástico transparente pero sin líquido, abierta a la atmósfera. Tiene pues el Kent - JSM un solo empaque. El modelo TRN-E 2, de chorro único, es el más pequeño contador de velocidad de esfera seca; ha logrado la disposición de sus partes las ventajas del tamaño del de esfera húmeda.



5.- La lectura remota - Es un accesorio que puede agregarse a los medidores, cuando se instalan en el interior de los edificios, con el fin de leerlos desde fuera. Un dispositivo electro-magnético accionado por el contador, sin que le represente esfuerzo adicional, generar la corriente para transmitir la lectura. Tenemos información dos modelos, el "Read-o-Matic" de Badger que sitúa un cuadrante registrador fuera del edificio y el "Teleread" de la Buffalo Meter Co. que instala un "Socket" en el exterior del edificio, donde el lector conecta un dispositivo que le da la lectura.

2.11- Comparación de los distintos tipos de Medidores.

Es interesante, después de la rápida ojeada que se ha dado al conjunto de tipos y modelos, mostrar algunas ventajas y desventajas en forma comparativa y resumida. Las observaciones más importantes creemos que son las siguientes:

1o.- Los norteamericanos solamente fabrican medidores volumétricos para bajos consumos, tales como los residenciales.

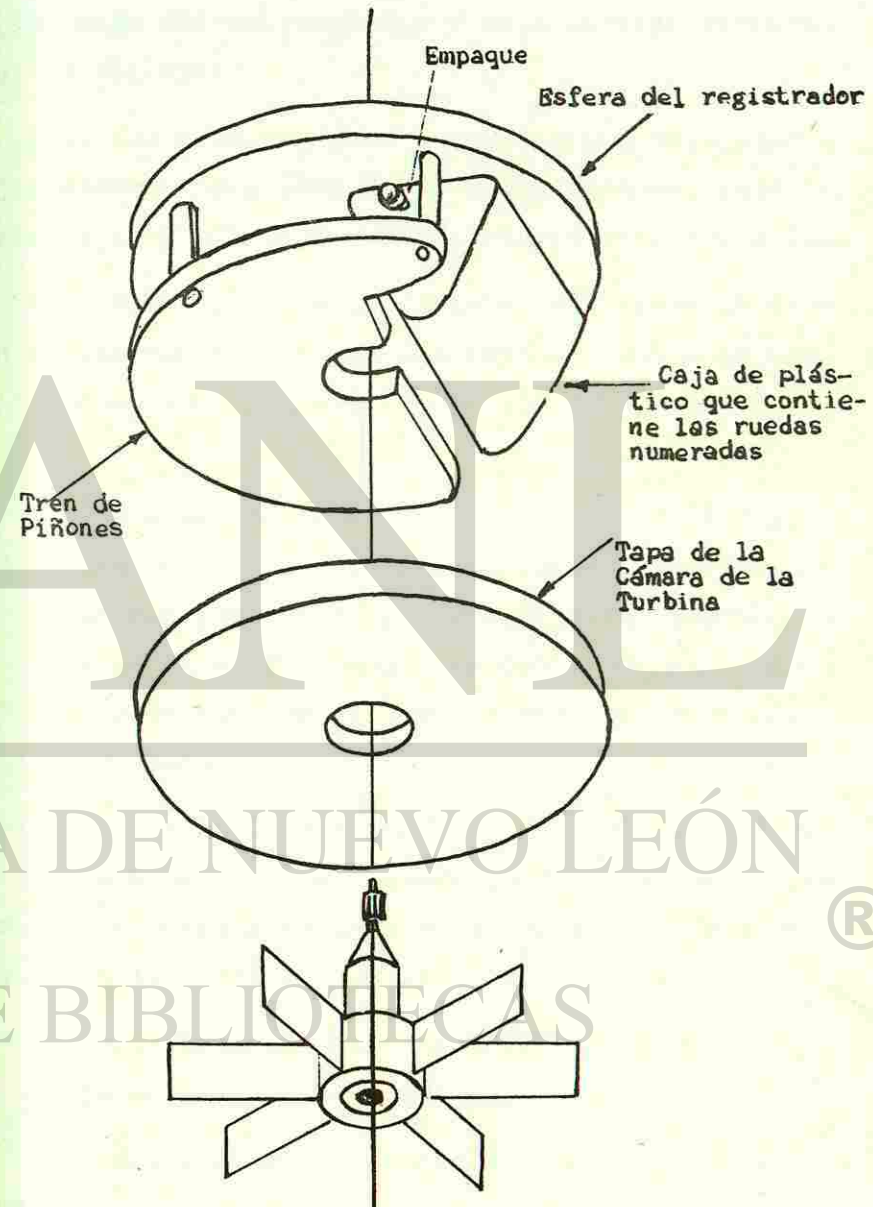
Los tipos de velocidad se fabrican en U.S.A. para grandes gastos y diámetros de 2" y mayores.

2o.- Los Europeos, fabrican los dos tipos en contadores pequeños y además utilizan el modelo de esfera húmeda.

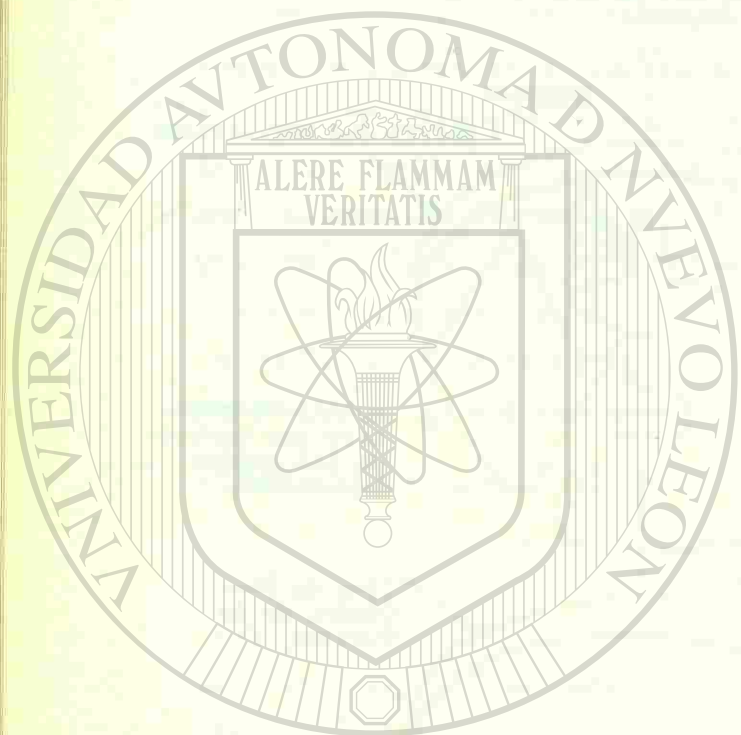
3o.- Es aceptado universalmente que, el contador

Figura 2.19

Un detalle del modelo TRN-E de marca Acuametro







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

más sensible y de mayor precisión en gastos bajos, es el volumétrico y entre éstos el de pistón oscilante.

4o.- También se reconoce que en gastos altos, el más indicado por su precisión y baja pérdida de carga es el de velocidad.

5o.- Los consumos para incendios que requieren flujos elevados con pérdida de carga mínimas, solo es aconsejable aforarlos con medidores proporcionales.

6o.- El medidor de disco nutativo, tiene la ventaja de ser exacto a todos los gastos, dentro de sus límites normales, y además es sensible a pequeños flujos.

7o.- Los medidores volumétricos, tanto de disco como de pistón, tienen el inconveniente de trabarse fácilmente con partículas y sedimentos muy pequeños que lleva el agua. Esto ocasiona dos problemas, uno fallas de servicio domiciliarias y otro, el no registro de consumos.

La experiencia en Bogotá con cerca de 100.000 medidores volumétricos es que, alrededor del 5 al 6%, dejan de registrar mensualmente y no menos de 50 aparatos, producen interrupciones de servicio diariamente.

8o.- Los medidores más baratos que se consiguen son los de velocidad de chorro único.

9o.- Estos aparatos tienen la ventaja de trabarse menos que cualquier otro modelo.



10.- Los medidores de chorro único tienen el inconveniente de ser los menos sensibles y menos precisos a gastos bajos.

Ensayos verificados por nosotros en Bogotá, colocando en serie contadores volumétricos de tipo disco con otros de velocidad de chorro único en residencias normales, arrojaron diferencias del orden del 6%, en menos para los de velocidad.

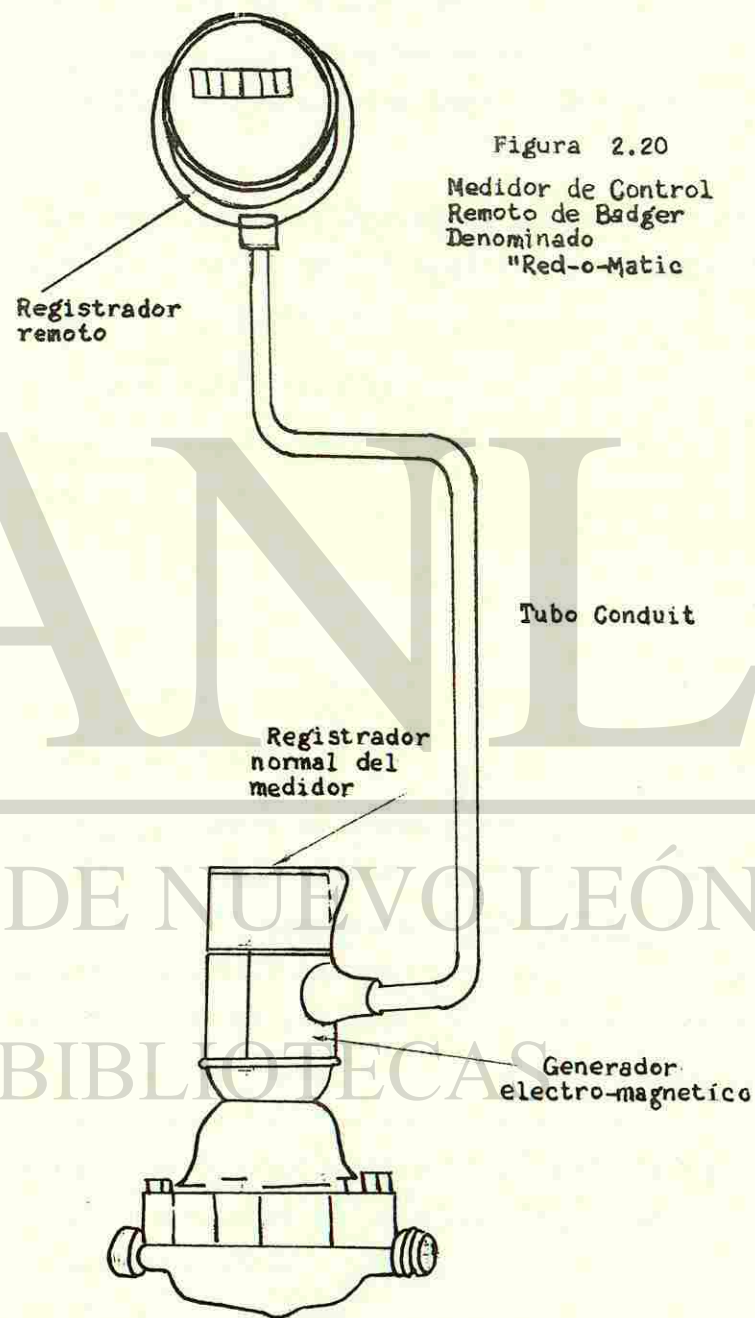
11o.- Los medidores de esfera húmeda son los de mayor sensibilidad, pero tienen el inconveniente de mancharse y dificultar la lectura.

12o.- El registrador de lectura circular tiene la ventaja de ser un mecanismo menos complicado que el de lectura recta y permite leer a pesar de empañarse el vidrio. Pero, es en general mucho más fácil, la lectura recta, y tiene menos peligro de equivocaciones.

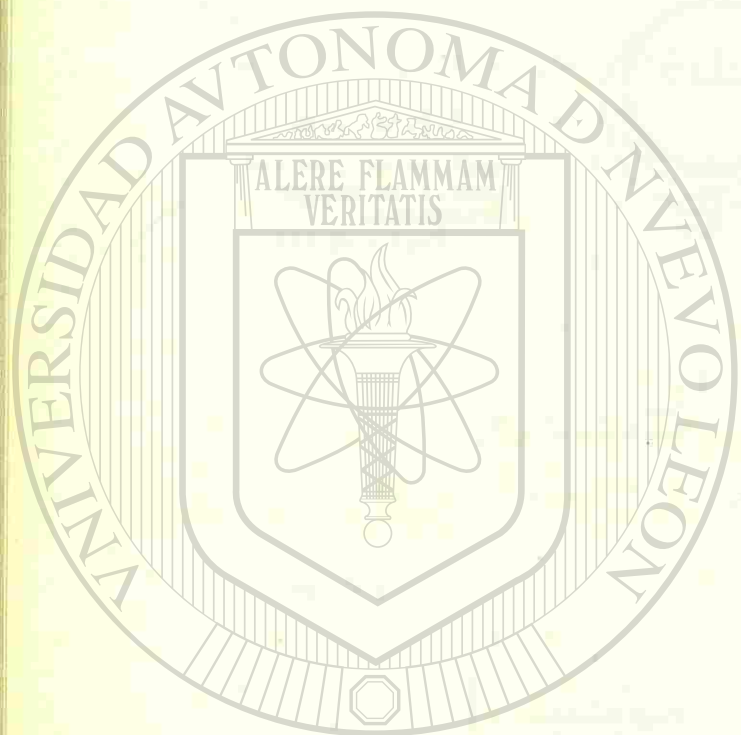
13o.- El modelo de Caja Partida es el más ventajoso para desarmar el medidor y más todavía para hacerlo en terreno.

14o.- Las cajas de dos piezas, unidas con rosca, requieren retirar el medidor de la instalación, para desarmarlo, de lo contrario puede dañarse ésta.

15o.- Los empaques del eje propulsor en los contadores de esfera seca son uno de los grandes problemas de los contadores. La experiencia en Colombia ha enseñado que falla más el empaque del tipo europeo que







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

que el Norteamericano.

17o.- La Empañada del vidrio es una de las causas mayores de problema en la lectura, en este sentido el registrador sellado y los modelos Kent y Aguámetro, -- son una solución.

18o.- Los registradores sellados, no permiten regresar a ceros la indicación del registro y en algunos modelos no permiten calibrar el contador.

#### Características de los Medidores

Todo medidor está caracterizado o mejor definido cuando se conocen:

- a) Su capacidad
- b) Su sensibilidad
- c) Su precisión
- d) Su pérdida de carga.

1.- Capacidad - Esta no queda definida por el -- diámetro. Se denominan capacidad o gasto nominal de -- un medidor, el gasto de agua que, al pasar por él, -- produce una pérdida de carga definida previamente por las especificaciones. En los medidores europeos se -- acepta como pérdida de carga para el gasto nominal, -- 10 mts. Los americanos dan 15 psi., es decir, más o menos lo mismo y para los volumétricos mayores, los de velocidad y los compuestos se aceptan con 20 psi y -- los destinados a incendios o sea los proporcionales --



4 psi, solamente.

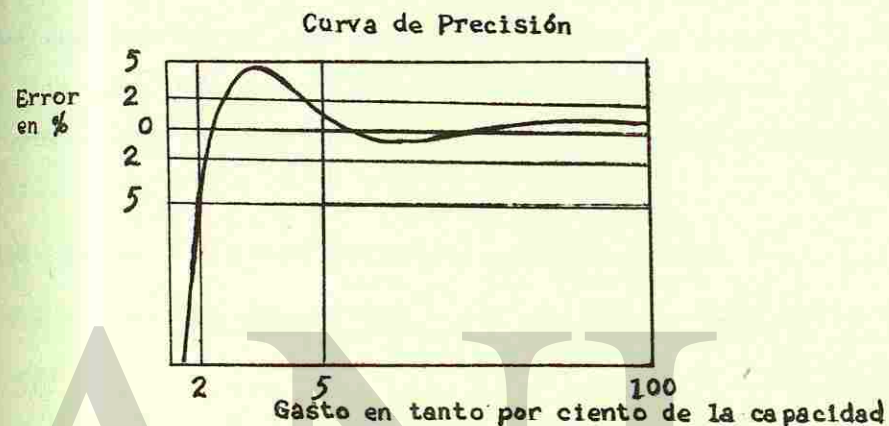
2.- Sensibilidad - Es el gasto mínimo a la cual empieza a registrar un contador, sin tener en cuenta la precisión del registro. Este valor por lo general es el 1/2 % de la capacidad Nominal.

3.- Precisión - Es el porcentaje que registra el medidor con relación al volumen que ha pasado por él. Por ejemplo; si pasan 100 litros por el contador y éste registra solamente 80, su precisión será del 80 %. El error expresado en % es la diferencia entre 100 y la precisión. En el ejemplo anterior el error de registro será del 20 %.

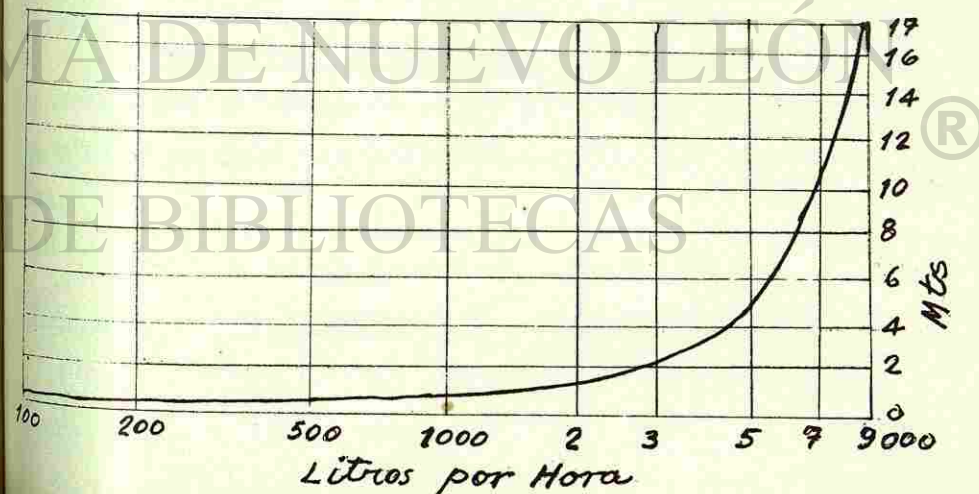
4.- Límites de precisión - La precisión varía con la razón de flujo. Las especificaciones de distintos países, establecen los límites entre los cuales se aceptan estas variaciones. Así:

a) Las Normas DIN, Alemanas establecen que, el error no debe pasar de 5% para gastos comprendidos entre el 2% y el 5 % del gasto nominal y debe encontrarse entre 2% para los gastos superiores al 5% del nominal. La razón igual al 2% del Gasto Nominal, se denomina "Límite Inferior de exactitud" y la del 5%, "Límite Superior de Exactitud". La figura 2.21 ilustra la forma que debe tener una curva de precisión, de acuerdo con estas normas y la fig. 2.22 da un ejemplo de la curva de precisión de un medidor Aquámetro, modelo TNR-E 2 de 3 m.<sup>3</sup> por hora de capacidad.

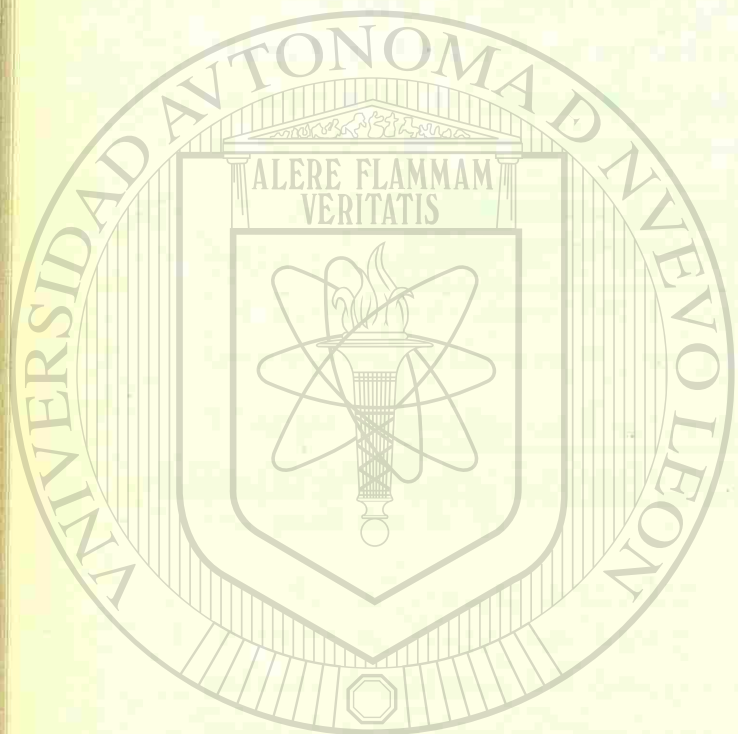
Figura 2.21



Pérdida de carga de un Medidor Badger de 5/8







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

b) Las Normas Norteamericanas Establecen lo siguiente:

1.- Medidores de disco - La precisión debe estar comprendida entre el 98.5 % y el 101.5 % para gastos comprendidos entre los "Límites Normales de Prueba" y no debe ser inferior al 95 % para la razón mínima de prueba". Los valores de estos límites son los siguientes:

DIAM. plgs.	Límites Normales de prueba GPM.-	Razón Mínima de Prueba GPM.
5/8	1 - 20	1/4
3/4	2 - 30	1/2
1	3 - 50	3/4
1 1/2	5 - 100	1 1/2
2	8 - 160	2
3	16 - 300	4
4	28 - 500	7
6	48 - 1.500	12

2.- Medidores de Velocidad - La precisión debe en este caso encontrarse entre 97 y 103 y para el gas to mínimo no debe ser inferior al 95%. Los límites son:

DIAM. plg.	Límites Normales de Prueba G P M.	Razón Mínima de Prueba G P M.
1 1/2	12 - 100	7
2	16 - 1600	10



DIAM. plg.	Limites Normales de Prueba G P M.	Razón Mínima de Prueba G P M.
3	24 - 350	15
4	40 - 600	20
6	80 - 1.400	30
8	144 - 2.500	50
10	224 - 3.800	75
12	320 - 5.800	100
16	400 - 11.500	150

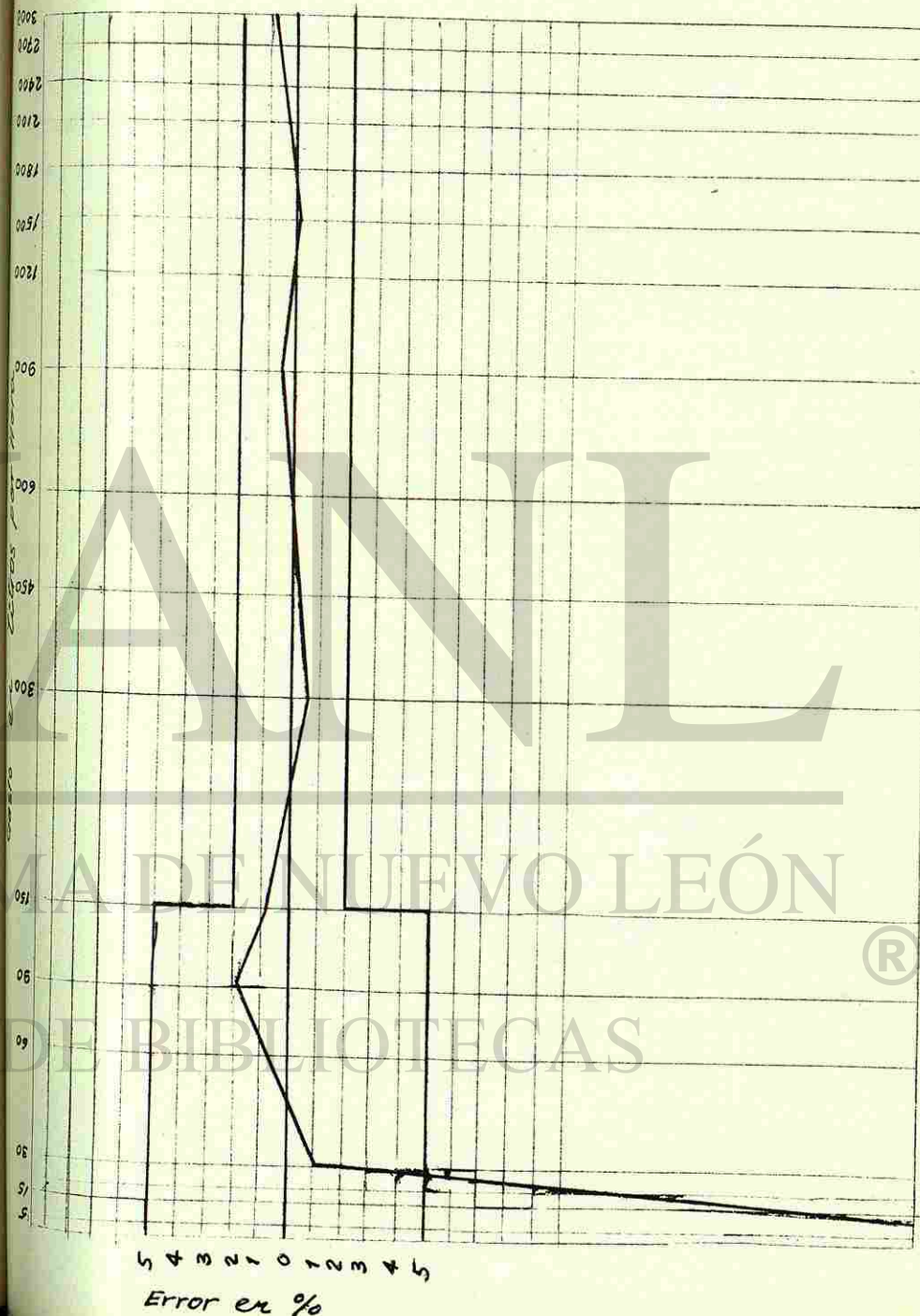
Normas similares dan para los repuestos y proporcionales.

5.- Pérdida de carga - La pérdida de carga es uno de los valores característicos más interesantes para la selección de medidores. En la fig. 2.22 se da un ejemplo de curva de pérdida de carga para un medidor 5/8 Marca - Badger, de disco.

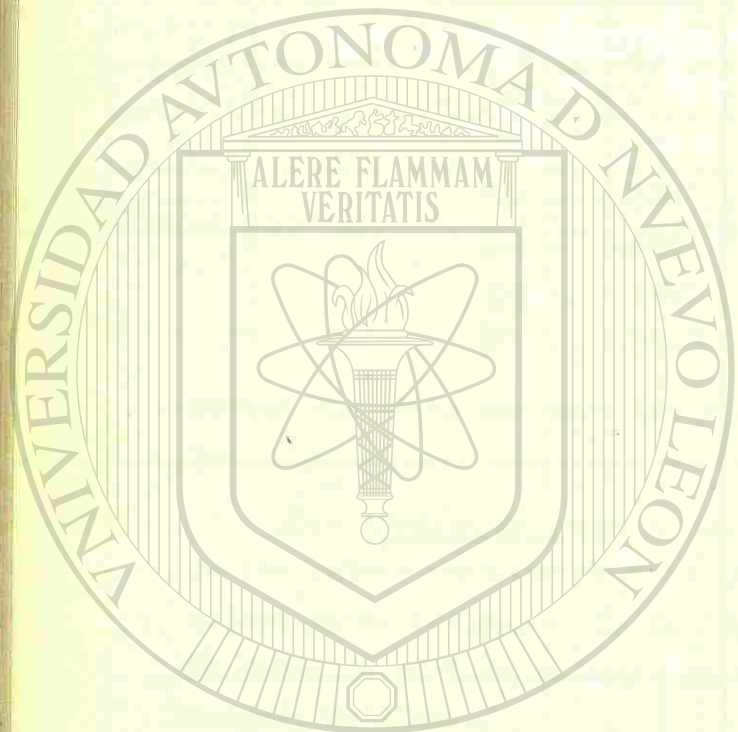
### 2.13- OBSERVACIONES -

Las descripciones que se han hecho de los distintos tipos de Medidores y las definiciones é indicaciones sobre sus características, son los conocimientos que consideramos debe poseer por lo menos quien, tenga que atender al programa de Medidores en un Sistema de Agua. Esperamos que el resumen hecho, haya sido suficientemente claro y sirva de base para que los interesados indaguen más sobre este tema que nos parece bastante complejo.

Fig 2.22 - Medidor Acuametro







El estudio de los aparatos medidores deben llegar hasta los materiales que cada marca y modelo emplea, así como a las características mecánicas que se hayan adoptado en cada uno. El interés que a esta materia se dedique, redundará en economía, en aumento de ingresos y en un mejor servicio de agua.

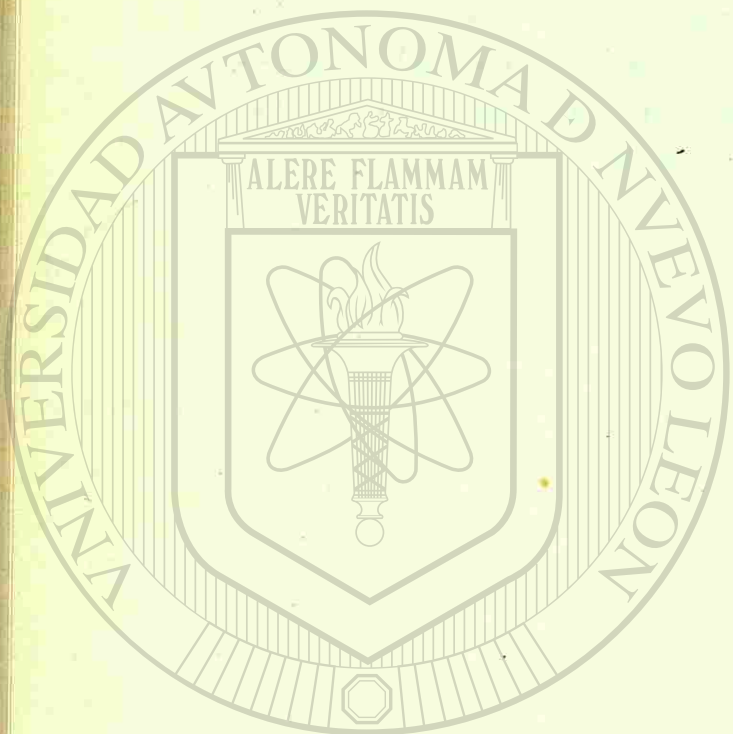
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 3.- Selección de Medidores.

Introducción.- La selección del contador es uno de los problemas más importantes en un programa de Medidores.

Se presenta no solamente en el momento de iniciarlo, si no durante todo el tiempo de su desarrollo y del éxito de su solución, dependerá en gran parte la economía en la conservación y el recaudo de dineros.

A pesar de que no existen normas fijas para hacerla y ella resulta de la consideración de varios factores, - trataremos de dar algunas indicaciones al respecto, basadas en nuestra experiencia en la ciudad de Bogotá.

Planteamiento del Problema. En general la selección de un medidor, consiste en determinar el tipo y la capacidad más adecuada para cada caso. Esta determinación - requiere hacerse en dos ocasiones:

a) Cuando se inicia un programa de instalación de medidores y por tanto se necesita adquirir un gran número de aparatos para desarrollarlo.

b) Cuando se va a conceder un nuevo servicio a los suscriptores y entonces debe escogerse el aparato que más le convenga a la Empresa de Servicio y al suscriptor. ®

Los dos casos presentan diferencias fundamentales que obligan a estudiar el problema de distinta manera. Al iniciar un programa es necesario, no solamente adquirir un número crecido de aparatos, sino seleccionar marcas



y modelos. En cambio cuando se va a instalar uno en un nuevo servicio, que es un caso presentado a diario no se trata de adquirir unos aparatos, sino de elegir el más conveniente para ese fin.

En el primer caso se deben tener en cuenta las condiciones generales de la ciudad y estudiar las ofertas que se amolden más.

En el segundo, debe partirse de un análisis de las modalidades particulares del suscriptor y escoger sobre esta base el tamaño y tipo de aparato.

### 3.3- Factores que influyen en la selección de Medidores.

La determinación del tipo y del tamaño de los aparatos, depende en general de los siguientes factores, principalmente:

- 1- Condiciones de la Ciudad.
- 2- Calidad del agua que se va a medir.
- 3- Precisión que se requiere.
- 4- Uso y consumo del agua.
- 5- Tarifas y costo de los aparatos.

Las condiciones de la ciudad deben tenerse muy en cuenta al seleccionar los aparatos que en ella se vayan a utilizar. No es lo mismo adquirir medidores para la ciudad capital de un País, que hacerlo para una población pequeña. En la primera se logrará disponer de personal capaz de operarlos, en cambio en la segunda, circunstancias de diversos orden, entre otras económicas,

no lo permitirán y por tanto los aparatos tienen que ser muy sencillos, de fácil reparación y de relativamente poco cuidado. Por otra parte en nuestras pequeñas poblaciones de América Latina, el nivel de vida es bajo comparado con el de las grandes ciudades, lo cual se refleja en condiciones diferentes de consumo. Al paso que en estas las demandas residenciales pueden ser altas, en aquellas no alcanzarán esos valores. Por esta razón, los aparatos deben ser de un diseño que se acomode a todas estas modalidades.

La calidad de agua es todavía más importante en la elección de los contadores. Si la población en cuestión no dispone de agua filtrada, consideramos inconveniente desde todo punto de vista, emplear tipos de medidor que se afecten y traben con los sedimentos que lleva el agua. Creemos que, discutir un cinco o diez por ciento de más o de menos en la precisión, no tiene importancia ante el hecho de una gran cantidad de aparatos que no registran y cuyo error llega al 100% en esa forma. En Bogotá, que dispone de agua filtrada, es normal tener mensualmente entre 5 y 6 % de medidores trabados. Nos hemos tratado de explicar este fenómeno dándole como causa la velocidad, relativamente alta, del agua en la red, ya que nuestras tuberías son en un 75% a 80% de 4" y menos, cuando tenemos entendido que en U.S.A. lo normal, es tener el 100% en 4" y más. En algunos tramos donde el problema es frecuente, aumentando el diámetro de las tuberías principales, se ha logrado corregir la anomalía.



La trabada de los medidores no solamente afecta el registro de los consumos sino que, además crea problemas de fallas en el servicio de los domicilios. Por ejemplo en los contadores de disco, has posiciones de éste que interrumpe totalmente el paso del agua y otras que producen pérdidas de carga grandes, bajando así la presión de servicio.

La precisión con la cual los medidores deban registrar los consumos, es un punto decisivo en la selección del tipo de aparato que sea más conveniente adoptar. Puede decirse que un medidor es preciso cuando:

- a) Registra con suficiente exactitud a determinados gastos.
- b) Esa exactitud abarca un amplio campo de flujos.
- c) Ella se mantiene por muchos años.

Las condiciones a y b están normalmente determinadas por las especificaciones de diseño, en cambio la c depende de la construcción misma del aparato, de los materiales empleados del cuidado que se haya puesto en su fabricación y de la calidad de agua que se vaya a medir.

Las especificaciones Norteamericanas para consumos domésticos, solamente aceptan contadores volumétricos. No sucede lo mismo en otros Países, y como en Latinoamérica, empleamos medidores fabricados en diversas partes del Mundo, el tipo volumétrico o el de veloci-

dad, es un problema que se presenta siempre a quien tiene que decidir un programa de instalación. La norma Norteamericana parte desde luego de la exactitud de los registros. Sin embargo, el medidor de velocidad es más barato y trabaja más con aguas no tratadas que el volumétrico. Para decidirse entre uno y otro tipo es pues necesario, previamente, establecer el grado de exactitud que debemos aceptar.

Como bases que creemos puedan servir para formar un criterio en este sentido a quien tenga que afrontar el problema, consideramos interesantes los siguientes puntos de vista:

10.- De acuerdo con lo establecido en la Introducción de este trabajo, (Art. 1.1 - a ), la primera de las finalidades que se persigue con un sistema de medidores es evitar el desperdicio. Consideramos nosotros, que, esto se logra por intermedio del sistema, sin necesidad de medir hasta la última gota. El contador tiene la ventaja de que su sola presencia en la puerta del edificio, hace las veces de un vigilante silencioso que influye psicológicamente sobre el suscriptor y lo va educando en el consumo del agua y en su economía. Si es suficiente la economía que se logra sin medir las gotas de agua, no se requerirá un grado exagerado de precisión.

20.- Normalmente las tarifas de un Acueducto establecen un consumo mínimo como derecho correspondiente a



un valor también mínimo que el suscriptor deba pagar. Si el consumo no excede de este mínimo, es decir si el suscriptor no desperdicia el agua, no se necesita una gran precisión como para medir gotas de agua de exceso.

3o.- En una misma ciudad es posible establecer grados diferentes de precisión para los medidores, de acuerdo con el tipo de consumo de los suscriptores. - En Bogotá, hemos observado que un 25% de los suscriptores, más o menos, consumen cerca del 50% del agua en la ciudad. Sobre esta base es lógico que el 25% de los contadores tengan un grado de precisión mayor que el 75% restante. Esto nos ha llevado a la conclusión de que en Bogotá pueden utilizarse dos tipos de contadores, unos (los menos) más precisos que otros.

4o.- No hay duda de que la exactitud de la medida aumenta los ingresos de una Empresa de Sistema de Agua y en este sentido es necesario pedir la máxima precisión posible. Pero no debe perderse de vista que, si lograr los máximos ingresos requiere gastos superiores al aumento en los recaudos, la precisión hasta esos límites, no será lógica y no tiene objeto.

La influencia que el uso y el consumo del agua puedan tener en la selección de los medidores, se desprende de las características mismas de los aparatos. Son necesarios tipos y capacidades diferentes de contador para una residencia que para una fábrica.

Cuando se vaya a establecer un sistema de medidores en una población, antes de seleccionar el tipo y tamaño - más adecuados de contador, es conveniente estudiar las modalidades del consumo que predominen en ella. Solo de acuerdo con esto y con normas que daremos adelante, se llegará a escoger un medidor adecuado.

Cuando se vaya a conceder un servicio nuevo a un suscriptor que se salga de las condiciones normales, como una fábrica, un bloque multifamiliar, un hospital, etc., antes de fijar el tipo de aparato y su capacidad, debe tratarse de estudiar las características de su consumo y elegir así un aparato que mida dentro de las normas de precisión, con la mínima pérdida de carga y con los menores costos de conservación. Daremos adelante detalladamente, el método para esto.

Las tarifas y el costo de los medidores se conjugan entre sí, desde un punto de vista económico, para decidir sobre el tipo adecuado de contador. Puede decirse que, el medidor debe amoldarse a la tarifa y la tarifa al medidor.

Si las tarifas establecen un valor elevado para el metro cúbico no hay duda que el contador debe ser muy preciso y sensible. Pero si el valor del metro consumido, es bajo, no será necesario un medidor de especificación tan extremas.

Por otra parte existen tipos de tarifas diferenciales que cobran el consumo de agua con valores unitarios di-



ferentes, de acuerdo con modalidades determinadas. Por ejemplo en Colombia, el cobro del servicio se hace clasificando los suscriptores en categorías, de acuerdo con su capacidad de pago. Así, en Bogotá, unos pagan \$ 0.10 col. ( US. \$0.01) por metro cúbico y otros más y los de la mayor categoría llegan a \$0.60 col. ( US. \$0.06).

Se ha encontrado que, más o menos, el 25% de los suscriptores quedan clasificados en la categoría más alta, consumen cerca del 50% del agua y pagan alrededor del 65% de los ingresos, es lógico que el tipo del medidor, para los de esta categoría, deba tener especificaciones diferentes al resto, ya que cada aparato controla más agua y dé mayor valor unitario.

Generalmente la tarifa refleja el costo del agua, por tanto donde ésta es escasa, el metro cúbico tendrá un valor naturalmente muy elevado. En Colombia existen sitios donde el metro cúbico llega a valer \$5.00 col. (US. \$0.50) y más. En estos casos, no hay duda que debe seleccionarse un aparato que garantice las más estrictas especificaciones de precisión y sensibilidad.

El costo de los aparatos medidores, debe considerarse, no con su valor de adquisición solamente, sino con un costo anual.

En esta forma el costo por año de los contadores, será igual a los gastos de conservación más los de financiación y depreciación es decir el valor de adqui-

sición dividido por la vida. Esto indica que, un contador de mayor valor de adquisición pero que tenga una vida más larga y menores gastos de conservación, tendrá un costo anual menor que otro de más bajo valor de adquisición con vida más corta o con mayores erogaciones por concepto de conservación.

La vida de un medidor es pues un factor definitivo en su costo, sin embargo creo conveniente hacer las siguientes observaciones en este sentido:

a) En principio, la vida de un contador no necesita ser mayor de 20 á 25 años, porque, por una parte cada generación debe pagar los costos que le corresponden a ella, y no los de la siguiente y por otra, el aparato va destinado a un domicilio que normalmente, debe amortizarse en ese tiempo.

b) Entre dos contadores que con costos de conservación similares, el uno tenga una vida probable doble de la del otro, parece mejor inversión el de menor vida, porque, resultando iguales los costos anuales, habrá una inversión inicial menor y por otra parte, cuando sea necesario la restitución podrá llegarse a un modelo mejor y más adecuado, cosa que en el otro caso, quedaría diferida por un largo tiempo, pudiendo llegar a ser absoluto, antes del término de vida calculado.

#### Selección de Medidores para iniciar un programa.

En este caso es necesario llegar a determinar los tipos, tamaños, marcas y modelos de los aparatos que se



vayan a emplear la cantidad que deba adquirirse, depende en primer lugar del programa que trate de desarrollarse. Este programa puede tener una de tres formas:

a) Completar el sistema hasta llegar a que los suscriptores estén 100% medidos.

b) Establecer el sistema para toda una población llegando desde un principio hasta el 100%.

c) Establecer el sistema para una población, sin llegar al 100%, desde un principio.

En el primero y segundo casos, el número de medidores necesarios debe fijarse sobre dos bases:

1.- Aparatos que se requieren para llegar a que toda la ciudad tenga contador.

2.- Aparatos que se requiere tener en existencia normal en los Depósitos de la Empresa para atender las nuevas instalaciones a medida que ellas se vayan presentando y así mantener el 100% medido.

En el tercer caso, el programa debe establecer el criterio para medir el agua, es decir, fijar el tipo de suscriptores a los cuales vaya a dotarse de contador.

En esta forma, la cantidad estará dada por el número de aparatos necesarios para hacer la instalación a los abonados actuales, que estén dentro de las condiciones establecidas y por el número necesario, para tener la existencia que permita atender las nuevas -

solicitudes, a medida que ellas se vayan presentando.

Para seleccionar los aparatos, creemos conveniente proceder en la siguiente forma:

1o.- Hacer un análisis de las condiciones particulares de la localidad, estudiando los tipos de vivienda, las fábricas, el comercio, etc., Con este análisis puede llegarse a concluir:

a) Tipos de consumidores por uso y por probable consumo.

b) Diferencias entre consumidores de tipo doméstico.

2o.- De acuerdo con los resultados de ese análisis, será posible llegar a formarse un criterio sobre la capacidad de los medidores que cada grupo necesita y entrar entonces a estudiar el grado de precisión que se encuentre más conveniente.

3o.- Se debe llegar en esa forma a clasificar los aparatos en dos:

a) Uno se puede considerarse como el standard para la población y que será el que se instale a la mayor cantidad de abonados, es decir, a los suscriptores normales. Generalmente este aparato va destinado a las viviendas individuales que hasta ahora son las que predominan en las ciudades.

b) Otro constituido por aparatos de diferentes ti



pos y tamaños destinados a los suscriptores que se salgan de las condiciones normales.

40.- Es posible hacer un estudio más a fondo, sobre el tipo de medidor conveniente al grupo a. Puede que en esta forma se llegue a encontrar que es mejor utilizar dos tipos de aparato diferentes en especificaciones, de acuerdo con las modalidades del consumo y de las tarifas.

50.- Definidos, en esa forma, los tipos y tamaños de aparato, es necesario establecer las especificaciones de cada uno. Estas deben contemplar principalmente,

a) El tipo (volumétrico, velocidad, compuesto, etc.).

b) Los materiales con los cuales estén construidas las diferentes partes y la presión de trabajo.

c) Los diámetros de cada tipo (conexiones), la rosca y sus accesorios.

d) La capacidad nominal y los gastos entre las cuales debe trabajar.

e) El grado de precisión.

f) La calidad de agua con la cual debe trabajar.

g) Si se encuentra conveniente, puede utilizarse especificaciones determinadas como AWWA, DIN, BRITISH, etc.

60.- Con estas especificaciones y la cantidad de cada tipo, es posible abrir la licitación. En los pliegos correspondientes debe estipularse como obligación al proponente, el envío de muestras suficientes de cada tipo, para examinarlas y probarlas.

70.- Las muestras enviadas deben examinarse y analizarse cuidadosamente parte por parte, observarse su construcción y demás detalles mecánicos, pensarse en sus posibles fallas y someterse a pruebas de precisión y pérdida de carga.

80.- Al pasar las muestras de los contadores por el Banco de Pruebas, para efectos de determinar la precisión y su pérdida de carga, es muy probable que todos den resultados ampliamente satisfactorios y la selección en esta forma se dificulta mucho.

Con el fin de resolver estas dificultades, hemos empleado en Bogotá, un método consistente en someter los aparatos a una prueba de desgaste. El procedimiento empleado es el siguiente:

a) Se prueban primero los contadores en el Banco, trazando las curvas de precisión y de Pérdida de carga y se determina su sensibilidad.

b) Se colocan en un dispositivo que les permita trabajar continuamente a una razón igual a 1.5 ó 2 veces la capacidad nominal de ellos durante un tiempo que equivalga, en metros cúbicos registrados a 6 ó 10 años



de trabajo en terreno. Por ejemplo un contador de 3 m.c. por hora de capacidad se pone a trabajar a 5 m.c., por hora continuamente, durante un tiempo tal, que registre 3,650 metros cúbicos pasados. Esto equivale a 6 años trabajando en una casa cuyo consumo sea de 1. m.c. por día. En este caso la prueba duraría cerca de un mes.

c) Terminada la prueba de desgaste, se llevan los contadores nuevamente al Banco y se vuelven a trazar sus curvas de precisión y pérdida de carga y se determina la sensibilidad.

d) La comparación de las pruebas a y d indicará cuales de los aparatos conservaron mejor sus características. Además se pueden desarmar después y observar el estado de desgaste de sus piezas y determinará así, cuáles son los puntos débiles.

e) Durante la prueba h es posible, una dos ó tres veces, suspenderla y pasarlos por el Banco. De esta manera se puede formar una mejor idea del trabajo de ellos.

Los resultados obtenidos con una prueba de desgaste como la descrita, creemos que permita seleccionar un contador que, cumpliendo con las especificaciones establecidas, garantice, hasta donde sea posible, las características de precisión, sensibilidad y pérdida de carga, durante un período de tiempo relativamente largo.

9o.- Una vez así, seleccionados los aparatos, es posible llegar ya al progreso de adquisición. En este punto es interesante considerar la conveniencia de adquirir el mismo tipo en dos marcas diferentes. Debe pensarse en que el empleo de muchas marcas no es recomendable en la práctica. Generalmente son de una buena solución por que permiten mantener una competencia de precios entre los proveedores. Una sola puede convertirse en un verdadero monopolio, de hecho, que no dá buenos resultados.

En Bogotá, se tuvo una sola marca hasta el momento en que fué necesario contrarrestar el alza continua de precios, introduciendo una segunda de características similares, con lo cual se logró que, durante quince años, los contadores mantuvieron un precio constante a pesar de las alzas en el País de origen.

10o.- Al colocarse el pedido, además de las especificaciones previamente establecidas y de otras condiciones que se crea conveniente exigir, es necesario estipular en él que, los medidores deben ser en un todo iguales a la muestra que ellos remitieron, indicando además, las modificaciones al modelo, si éstas han sido convenientes. Los revisores que se nombren deben tomar una muestra antes del despacho para ser examinada y confrontada en el taller de la Empresa.

Por todo lo que se ha dicho, es posible concluir que la selección de los medidores para desarrollar un programa, es un problema no solamente técnico, sino económico,



que requiere un cuidadoso estudio y ojalá se adelante por personal suficientemente capacitado. El cuidado que en esta selección se ponga, es de tanto interés como lo sería al seleccionar las bombas para el Abastecimiento ó los equipos de tratamiento.

### 3.5- Selección del Aparato Medidor para una determinada conexión.

La elección del contador que debe instalarse en una conexión domiciliar determinada, es un problema que se presenta diariamente en la práctica de los sistemas de Medidor, bajo dos formas diferentes:

- a) Conexiones domiciliarias de consumo normal.
- b) Conexiones de consumo fuera de lo normal.

El primer caso no presenta dificultad ninguna, una vez que se ha determinado el medidor standard en la ciudad. Basta solamente saber que se trata de un servicio que se encuentra dentro de las condiciones que, de acuerdo con lo establecido anteriormente se consideran normales. Cuando se han establecido dos tipos de aparatos como normales, por ejemplo, uno para casas obreras y otro para residencias de mayor categoría, no hay tampoco problema para la selección.

En cambio, en el segundo caso, es decir las conexiones cuyo consumo se sale de lo normal, el problema es más complicado y requiere algún cuidado la selección.

El procedimiento que debe emplearse para esto, requiere en general dos etapas, una primera antes de instalarse, que puede considerarse tentativa y otra de confrontación y ajuste luego de un cierto tiempo de servicio.

Los detalles del procedimiento pueden resumirse de la siguiente manera:

10.- Si la conexión domiciliar corresponde a una edificación provista de un tanque o si es directa, los procedimientos de tanteo varían.

20.- Cuando la conexión es de servicio directo, es decir no dispone de un tanque intermedio, el contador debe ser capaz de atender la demanda máxima simultánea con una pérdida de carga tal, que permita la presión residual mínima necesaria en los aparatos de servicio, digamos tres a cinco metros.

30.- Para lograr lo anterior, es necesario determinar primero la demanda simultánea máxima y los diámetros de la tubería más convenientes. Luego calcular las pérdidas de carga producidas por la tubería y sus accesorios, partiendo de una presión igual a la normal en el sector o mejor, menor de la normal. Esta pérdida de carga no debe ser nunca superior a la que se necesite para obtener la presión residual, especificada, sobre los aparatos de consumo y debe dejar además un margen suficiente para el aparato medidor.

Este margen, de acuerdo con las curvas características



típicas de los modelos de contadores disponibles, permitirá tantear el tamaño para la pérdida de carga y el gasto máximo.

40.- El medidor así seleccionado debe cumplir además la condición de que el gasto máximo simultáneo de la demanda, no pase de la capacidad nominal de él. Las normas americanas recomiendan no operar contadores en forma continua a más de un quinto de su capacidad nominal. Gastos iguales a esta capacidad solo deben aceptarse como los máximos a que puede trabajar, durante ciertos intervalos de tiempo.

Otras normas, tales como las Europeas, recomiendan lo siguiente:

- a) Gasto Momentáneo - igual al característico.
- b) Gasto Horario - Es un gasto que puede presentarse varias veces en el día, sin que su suma exceda en duración de una hora se considera que debe ser la mitad del característico.
- c) Consumo por 10 horas. Es la cantidad máxima que se recomienda debe pasar por día si está sometido a 10 horas continuas de servicio. Los gastos horarios equivalentes deben corresponder a pérdidas de carga entre 0.30 mts. y 0.90 mts.
- d) Consumo Mensual - Se considera que el registro mensual de un aparato debe no pasarse de 10 á 15 veces el consumo por 10 horas.

Las recomendaciones anteriores tratan de lograr que, el contador sufra lo menos posible en tal forma que, su precisión se mantenga durante un período grande tiempo y no se acorte su vida.

Una vez que el aparato se ha instalado, es conveniente, pasado un cierto tiempo en que se considere que está ya la conexión en servicio pleno (por ejemplo, una fábrica en producción), entrar a confrontar si las condiciones de trabajo quedaron similares a las supuestas.

Para ésto, es conveniente hacer aforos de los gastos de trabajo y puede procederse de dos maneras:

a) Si no se dispone de aparatos especiales, debe usarse un cronógrafo y leerse el contador cada media hora o cada hora.

Simultáneamente con las lecturas debe medirse el gasto con el cronógrafo. Esto permitirá trazar una curva aproximada de demandas horarias.

b) Si se dispone de un registrador de gastos, el trabajo será más fácil y la curva permitirá conocer más exactamente las condiciones de la demanda. Como resultado, puede llegarse a cambiar el contador por otro que dé más garantía. El registrador de gastos permite estudiar por varios días sucesivos, el consumo.

Nosotros hemos empleado en Bogotá, el registrador de gastos denominado "Meter Master" producido por F. S. Rainard & Co., de Hartford, Conn. Este aparato se co-



necta al medidor en la manecilla que registra los litros, por medio de un cable de transmisión similar al de los velocímetros, de los automóviles, y transforma el movimiento rotatorio de la manecilla en uno de vaivén de la aguja inscriptora, así resulta un gráfico en la carta con inscripciones en forma de "V", de tal manera que cada "V" representa un consumo igual al círculo de la manecilla. El aparato viene con cartas para 6 y 24 horas y existen varios modelos, unos para medidores compuestos, otros para medidores simples y otros registran simultáneamente presión y gasto. Fuera de la Brainard, hay otras marcas que producen aparatos similares, entre ellas, hay una que dispone de un tipo de aparato que puede colocarse dentro de la cajilla, directamente sobre el medidor.

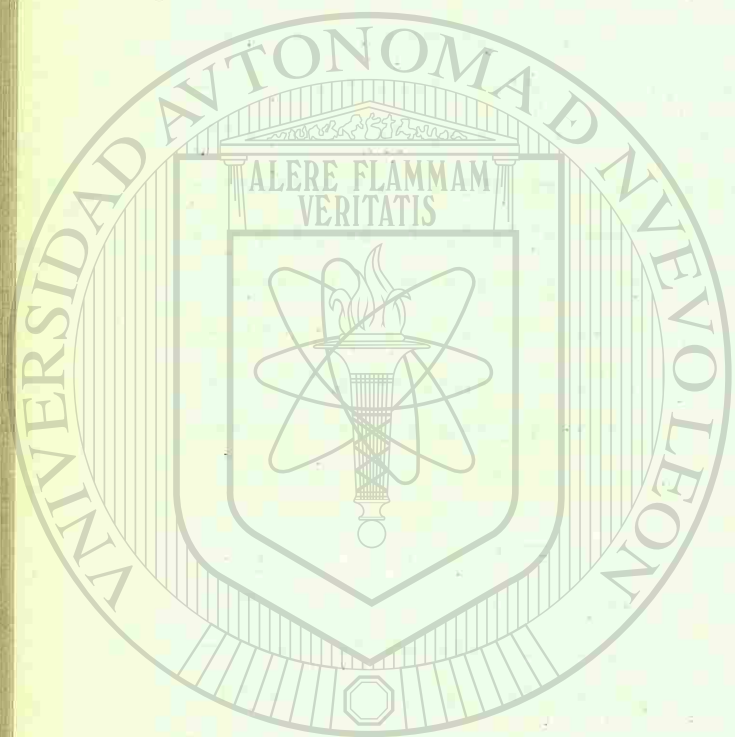
Quando las conexiones domiciliarias tienen tanque interior, la determinación del contador puede hacerse teniendo en cuenta el volumen del tanque para calcular la tubería, en tal forma que ésta sea capaz con la presión normal de la red en el Sector, de llenar el tanque en un determinado tiempo. Este caso es muy frecuente en Bogotá y es práctica nuestra que el tanque tenga un reserva igual a un día de consumo de la edificación y que la conexión sea capaz de llenarlo en 12 horas. Como el tanque se abastece con una válvula de flotador, ordinariamente nos resulta un medidor compuesto como el más adecuado, ya que el flotador hace variar los

gastos desde unas gotas de agua hasta la capacidad del orificio totalmente abierto.

Este estudio de los contadores para las conexiones de alto consumo, es de gran utilidad y sus resultados se traducen en economía de conservación y en mayores ingresos. Muchas veces se encuentran contadores sobrecargados con una precisión baja y con el estudio de gastos se logra cambiarlo por uno adecuado. Nosotros podemos citar el caso de Cervecería Bavaria que, con un contador sobrecargado, estaba registrando casi un 40% menos del agua consumida. Esta conexión pasaba de los 3,000 m.c. diarios.

Si no se dispone de contadores compuestos, es posible reemplazarlos por varios en paralelo, dotando a cada uno con una válvula de cheque, aguas adelante. Con este sistema, trabajan simultáneamente, uno, dos ó varios, según la rata.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### 4.- Instalación de los Medidores.

##### Introducción.

El establecimiento de un sistema de Medidores requiere fundamentalmente, la existencia de un aparato contador en las conexiones domiciliarias, para aforar el consumo de cada uno de los suscriptores. La instalación de estos aparatos es pues uno de los primeros puntos que debe contemplar cualquier plan de Medidores que vaya a desarrollarse.

Trataremos a continuación, de dar una serie de indicaciones y recomendaciones sobre distintos aspectos del problema que se presenta, cuando se ataca esta parte del plan.

##### Bases para el Programa de Instalación de los Medidores.

El sistema de Medidores puede introducirse en un Sistema de Agua de dos maneras:

a) Dotando a la totalidad de las conexiones domiciliarias de un aparato contador, es decir, instalando el 100% de los Medidores.

b) Dotando de contador a un porcentaje solamente --<sup>®</sup> del total de conexiones.

En el primer caso la instalación de los aparatos en los domicilios de los consumidores, es una cosa que presenta dificultades de diversos ordenes que, solamente una programación adecuada del trabajo, puede resolver.



En el segundo caso, las dificultades son todavía mayores y el programa de trabajo solo puede establecerse conociendo previamente la política o criterio que se haya tenido al adoptar esa forma. Consideramos en este sentido solamente dos modalidades:

1.- Instalar Medidores únicamente en conexiones de alto consumo.

2.- Instalar Medidores a una parte de la población, pero manteniendo siempre un porcentaje fijo medido.

De resto, otro caso que se presente lo consideramos como una etapa del plan necesario para llegar al 100% de contadores.

Cualquiera que sea el caso, el programa de instalación de contadores debe contemplar los siguientes puntos.

1.- Plan permanente de instalación de aparatos.

2.- Orden y prelación en la instalación de los contadores a los suscriptores actuales.

3.- Especificaciones sobre la manera de localizar e instalar el contador en los domicilios.

4.- Método de Trabajo.

El desarrollo de cada uno de estos temas, que se hará en los numerales que siguen a continuación, tratará de contestar hasta donde la extensión del presente trabajo lo permita, las dos preguntas básicas que, forzosamente se hace quien tenga a su cargo la ejecución de

un programa de instalación de medidores:

a) Cómo se instalan los contadores.?

b) Cuál se instala primero.?

#### Programa permanente de Instalación de Contadores.

Cuando en un sistema de agua se decide a medir el agua que vende a sus abonados, adopta un sistema que abarca no solamente a los suscriptores actuales, sino a los que permanentemente vayan surgiendo a medida que el servicio se desarrolla, de acuerdo con el crecimiento de la ciudad. Por esta razón tenemos que decir que, el programa de instalación de contadores es permanente, o sea, se inicia en un momento dado y continúa indefinidamente.

Este criterio de plan permanente y no de una cosa accidental u ocasional, como puede ser la instalación de un equipo de bombeo o la construcción de una planta de tratamiento, no solamente es característico del sistema de medidores, sino que define el método que debe seguirse en su desarrollo.

Para llegar al mejor procedimiento que deba emplearse en la instalación de contadores, es conveniente dividir los suscriptores en dos:

a) Actuales.

b) Futuros.

La instalación de medidores a los suscriptores futuros,



consideramos nosotros que constituye lo que se puede llamar el Programa Permanente.

La dotación de contadores a las conexiones domiciliarias actuales, es un programa accidental que debe desarrollarse en determinado tiempo y una vez cumplido, desaparece el problema. A este programa lo podemos denominar de Actualización.

Tanto el programa permanente como el de actualización, se inician cuando se decide adoptar el sistema de medidores. Pero el plan permanente empieza y sigue indefinidamente hacia el futuro, en cambio el de actualización, arranca en ese momento y va hacia el pasado, hasta terminar.

En la práctica la iniciación de los dos programas solo puede hacerse cuando estén listos todos los elementos, es decir, los aparatos, las especificaciones y los equipos de conservación.

Una vez logrados estos elementos, el programa permanente debe iniciarse inmediatamente, es decir no debe demorarse porque cada nuevo suscriptor a quien no se le instale contador, vendrá a aumentar el problema del programa de actualización, y éste, entonces, nunca terminará.

Si todos los elementos necesarios para iniciar los planes, están listos, el programa permanente es muy fácil de desarrollar. Basta fijar una fecha a partir de la cual, todo nuevo suscriptor lleva contador en su conex-

ión domiciliar y colocarlo simultáneamente con la ejecución de ésta.

En esa forma se logrará que, a pesar de las demoras que el programa de actualización, pueda tener, cada día la ciudad disponga de más medidores.

Se ve pues que el criterio de dividir en dos el programa de instalación de medidores, es una solución que garantiza la culminación del plan. Nosotros tenemos como experiencia el caso de Bogotá. En esta ciudad se inició la instalación de contadores en 1.930, a base de planes periódicos. En 1.938 éstos se intensificaron y se adoptó una política consistente en instalarle aparato a determinadas conexiones nuevas. En 1.945 se dispuso que la ciudad debería tener un 90% de conexiones medidas, se hizo un plan para completarlas pero no se lograba alcanzar este número porque el procedimiento empleado era el de hacer planes periódicos de ajuste. Solo hasta 1.950, cuando se adoptó la política de tener 100% de instalaciones medidas y se inició el plan permanente, fué posible que toda la ciudad dispusiera de contadores.

Es claro que la instalación de los medidores pueda hacerse a base de planes periódicos, por ejemplo anuales, que vayan ajustando el porcentaje de conexiones medidas, pero este sistema tiene tres graves inconvenientes:



- a) Es más difícil.
- b) No garantiza el cumplimiento del programa.
- c) Es más costoso.

Es más difícil porque equivale a transformar el plan permanente en una serie de planes de actualización que vienen todas las complicaciones de una cosa que se organiza por corto tiempo, desaparece y luego vuelve a iniciarse. No garantiza el cumplimiento del programa porque requiere listados para su ejecución que siempre presentan una serie de anomalías y su control es difícil. Finalmente es más costoso, porque vale más instalar un contador, después de hecha una conexión, que simultáneamente con el trabajo de ella.

Por todas estas razones, nosotros consideramos que la mejor forma de atacar el programa de instalación de contadores, es dividirlo en dos, uno de actualización y otro permanente, é iniciar el último lo más rápidamente posible, a base de no hacer nuevas conexiones domiciliarias, a menos que se les instale contador simultáneamente.

El programa permanente puede aplicarse no solo a los sistemas que adopte el 100% de medidores, sino también, en aquellos casos en que se use un porcentaje más bajo o que solo se instale a determinadas conexiones. En el primer caso, basta ordenar contador diariamente al número de las nuevas conexiones, correspondientes a cada día, que sea igual al porcentaje que se quiera tener. Por

ejemplo sí se trata de mantener el 80% de conexiones medidas y un día se presentan 10 nuevas conexiones, - el plan permanente se cumple, instalando contadores a 8 de ellas. En el segundo caso, basta ordenar la ejecución de nuevas conexiones con contador para aquellas que reúnan los requisitos establecidos. Por ejemplo, - si el plan contempla instalar medidor a las fábricas - solamente, el programa permanente se cumplirá colocando contador cada vez que se haga la instalación de servicio a una nueva Fábrica.

#### Programa para la actualización de Contadores.

Con la introducción del Programa Permanente, la actualización de contadores, es decir la instalación de aparatos a los suscriptores actuales se facilita mucho.

El programa queda reducido a instalar contador a aquellas conexiones que existían el día que se inició el plan permanente. Las dificultades se presentan en estas condiciones, solamente en el orden y prelación que deba seguirse, en la forma de instalarnos y en la manera de ejecutar el trabajo. Trataremos a continuación solamente la parte referente al orden y prelación, dejando los otros puntos para estudiarlos adelante.

Para desarrollar el programa de actualización, debe seguirse un orden determinado, de lo contrario, se corre el riesgo de dejarlo incompleto, de no registrar-



parte de los suscriptores medidos y de elevar los costos del plan.

Este orden puede establecerse de varias maneras diferentes:

a) Cubriendo la ciudad en forma continua, de extremo, iniciando de Norte a Sur ó de Oriente a Occidente.

b) Cubriendo la ciudad, también en forma continua, pero iniciando simultáneamente en los dos extremos.

c) Instalando contadores por sectores definidos, en un orden fijado por determinadas condiciones, por ejemplo, primero el Sector comercial, luego el industrial etc.

d) Instalando primero los contadores correspondientes a los suscriptores que se supone sean los de mayor consumo, como por ejemplo, primero las fábricas, luego los hospitales, enseguida edificios multifamiliares., etc.

e) Siguiendo el orden indicado en uno cualquiera de los puntos a, b, c, pero haciendo simultáneamente la instalación de los contadores indicados en el punto d. Por ejemplo, se puede empezar cubriendo la ciudad de Norte a Sur, pero al mismo tiempo iniciar la instalación de medidores en las fábricas, hospitales, etc.

Se ve que, en todos estos procedimientos se trata de seguir un orden que garantice el mínimo de errores - tanto en registro ó en omisiones. Algunos de ellos - están basados en la necesidad, muy lógica de dar prelación a los mayores consumidores, sistema ese, que presenta la ventaja de lograr más rápidamente el efecto de los contadores, bien sea ingresos o economía de agua. Otros como el indicado en el punto c, son de gran utilidad cuando los contadores se instalan en una población que no dispone de 24 horas de servicio, debido a los desperdicios de agua. En este caso se pueden seleccionar, como sectores de prelación, aquellos que dispongan de mayor número de horas de servicio, - con lo cual es casi seguro que en poco tiempo se va logrando eliminar la falla del agua en toda la ciudad y el efecto es todavía más notorio si este sistema se aplica, iniciando simultáneamente la instalación de aparatos a los grandes consumidores.

Es decir que, en el programa de actualización de contadores, el orden es algo importante como la prelación y que las dos cosas reunidas, con un buen criterio, no solamente conseguirán que el plan se adelante con la mayor rapidez y con el mínimo de errores y omisiones, sino que sus efectos en poco tiempo serán sorprendentes. El gráfico 4.1 es un ejemplo de lo sucedido en Bogotá entre los años 1.939 y 1.942, cuando un programa de instalación de 20.000 medidores, hecho a base de



seleccionar los suscriptores, redujo en menos de tres años, el consumo en un 25%, retardando así la copada del Acueducto. La Guerra Mundial impidió a partir de 1.942, continuar el plan y entonces el consumo subió de nuevo.

4.5- Localización é instalación del contador en las conexiones domiciliarias.

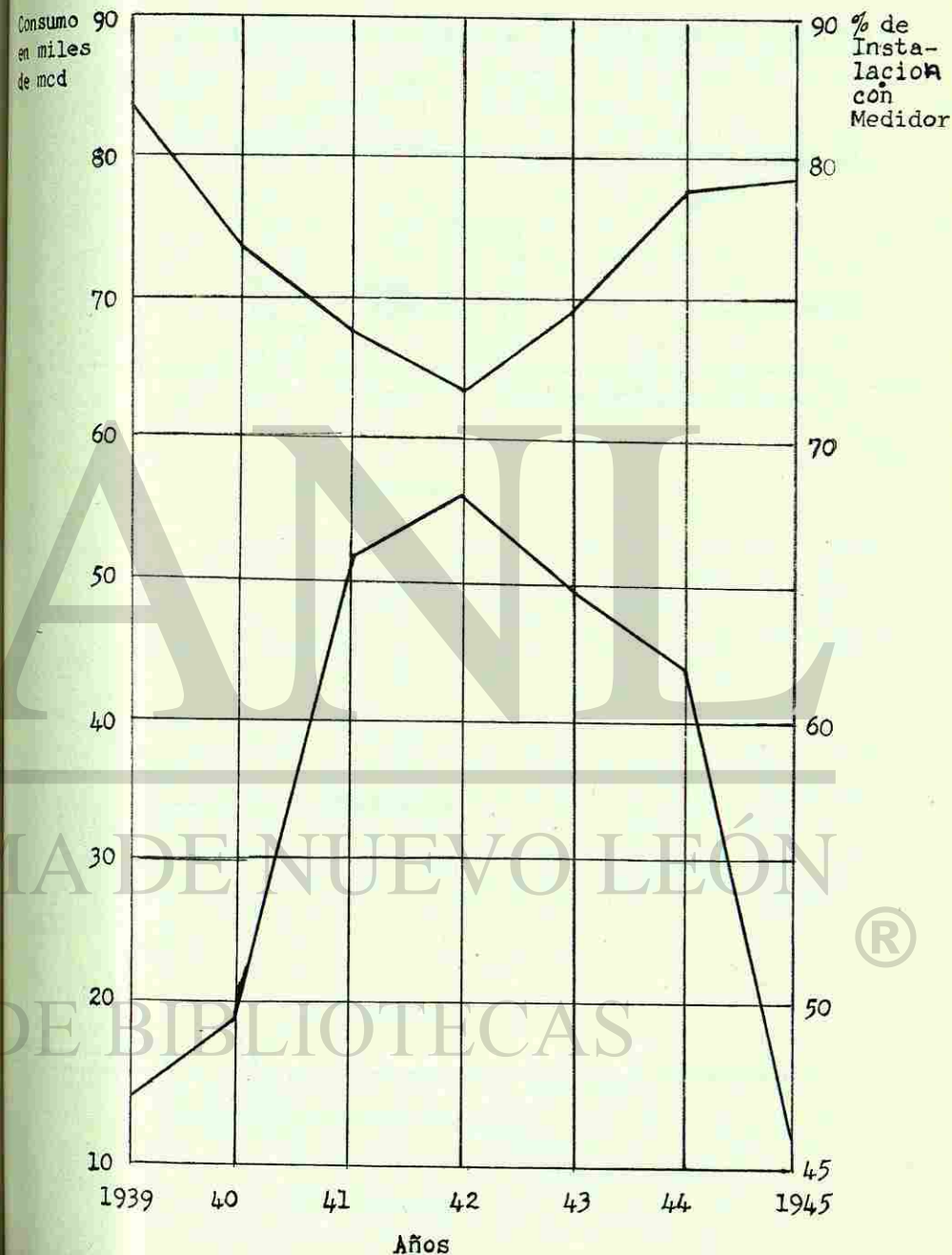
Para iniciar cualquiera de los programas de medidores se necesita, previamente como ya lo indicamos, tener definidas claramente las normas y especificaciones referentes a la instalación de los aparatos en los domicilios. Estas normas y especificaciones son de un interés especial para el buen resultado del sistema de medidores porque, de lo bien o mal instalados que ellos queden, dependerá:

- a) Su conservación.
- b) Su lectura.

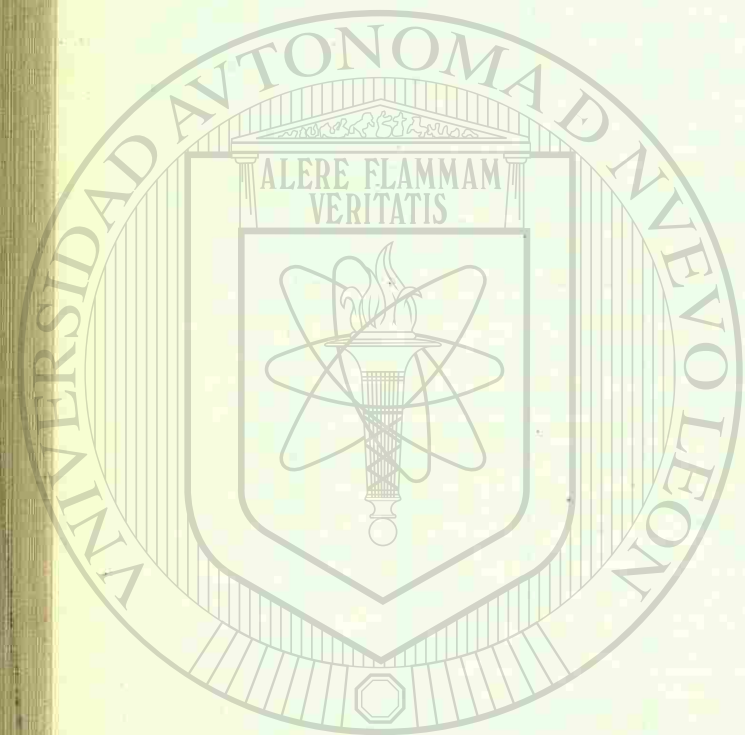
y por tanto, todas las partes restantes del sistema. Para elaborar estas normas consideramos que el análisis de los siguientes puntos, basado en nuestra experiencia en materia de instalación, conservación y lectura, constituyen una buena base.

1.- Localización de los contadores.- En primer término, los aparatos pueden situarse con relación al edificio, en una de dos maneras.

Figura 4.1





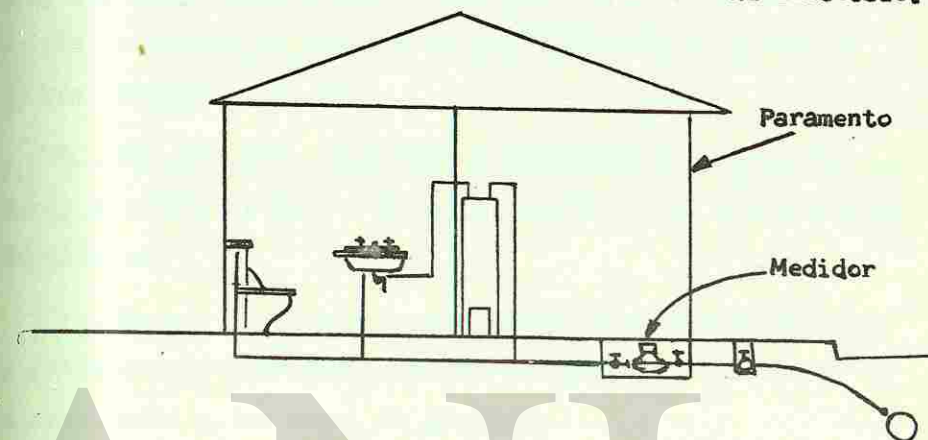


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

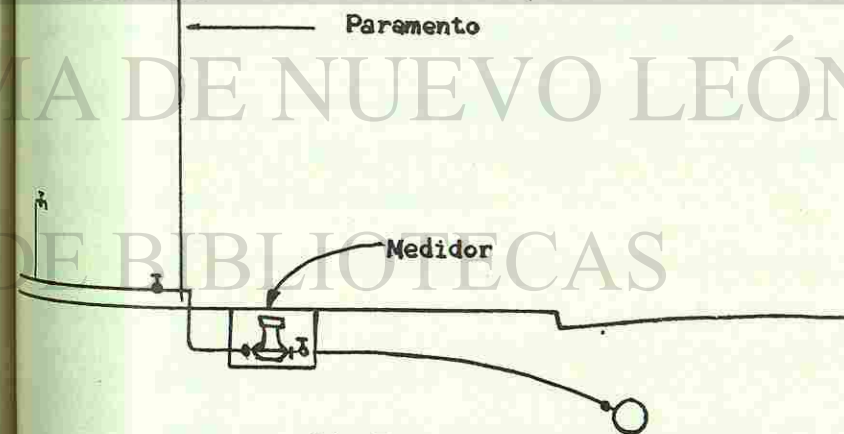
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

FIGURA 4.

LOCALIZACION DEL CONTADOR CON RELACION AL DOMICILIO.

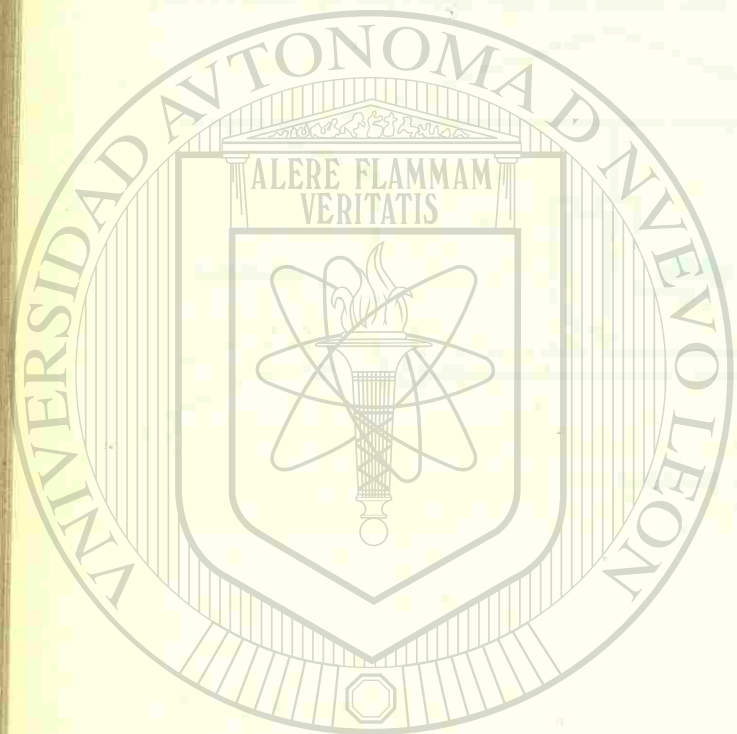


a) Interna



b) Externa.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

- a) Dentro del Domicilio.
- b) En la vía pública.

Ambos sistemas tienen sus ventajas y sus inconvenientes. La instalación dentro de los domicilios presenta las siguientes ventajas:

1.- El contador está menos expuesto a daños, deterioro, corrosión, etc., en el interior, que sobre la vía pública.

2.- No es posible el robo, porque el aparato queda al cuidado del suscriptor quien en estas condiciones será responsable, en caso de pérdida.

3.- Por la misma razón cualquier daño hecho intencionalmente al contador, puede achacársele al suscriptor, cosa que generalmente no es posible cuando se encuentra en la vía pública.

4.- Puede, según las condiciones de la edificación, instalarse sin cajilla, lo cual representa un menor valor inicial y un menor costo de conservación.

A pesar de esta serie de ventajas, la instalación interna del contador tiene por otra parte, los siguientes inconvenientes, principalmente:

1.- La lectura presenta dificultades, debido especialmente a que.

- a) Es más demorada
- b) Puede no lograrse porque no hay nadie en el domicilio.



c) Es posible que requiera varios viajes.

2.- Es forzoso que un empleado de la Empresa tenga que entrar al interior del domicilio, cosa que trae una serie de consecuencias inconvenientes.

3.- La revisión del aparato y algunas reparaciones necesitan que varios trabajadores de la Empresa, entren al domicilio y en caso de un robo suele culparse a ellos.

4.- Un escape en el contador puede afectar la estructura del edificio. El suscriptor en este caso, hará responsable a la Empresa porque en principio, él no debe tocar el aparato.

5.- Es más fácil hacer fraudes en el consumo. Si el contador no queda debidamente instalado, es posible burlarlo.

En cuanto a la localización de los medidores en el exterior de los edificios, sobre la vía pública, el pro y el contra del sistema puede resumirse así:

1.- Ventajas:

a) La lectura es más rápida y no requiere para nada la presencia del suscriptor en la casa.

b) El lector nunca puede disculparse de la no lectura de un contador por la ausencia del suscriptor, cosa generalmente difícil de comprobar.

c) Las revisiones y reparaciones del contador se facilitan especialmente porque, no hay que entrar a ningún domicilio, no ocasionan molestias al suscriptor y pueden hacerse libremente a cualquier hora y en cualquier momento.

d) Los escapes del contador muy rara vez afectan la estructura de los edificios.

e) Queda eliminada prácticamente la ingerencia del suscriptor en el aparato. Cualquier cosa que él haga en el contador, estará vigilada por los vecinos y por los transeúntes.

2.- Inconvenientes:

a) El contador queda sometido a una serie de acciones exteriores, que lo afectan de diversas maneras, tales como el barro, la tierra, la lluvia, aguas negras, impactos. etc.

b) El roto total o parcial es posible y puede llegar a ser frecuente.

c) A pesar de la rapidez en las lecturas, éstas pueden dificultarse a que no se logre localizar el contador correspondiente, por estar tapado o mal situado etc.

d) Puede dar origen a confusiones, especialmente cuando hay varios contadores cercanos y la lectura es posible cargársela al suscriptor que no le corresponda.



e) La instalación es más costosa ya que siempre requiere una cajilla y una tapa y su diseño necesita espesores mayores y materiales mejores para protegerlo de las acciones exteriores.

f) La vía pública sufre en su estética y en su comodidad con una serie de tapas y cajas generalmente colocadas en forma desordenada y de diseño poco agradable.

g) La conservación es más costosa ya que el aparato queda sometido a más probabilidades de accidente, requiere una limpieza mayor y más compleja y además, como siempre tiene una caja se aumenta por este concepto.

La nieve en los países de la zona templada, ha obligado en muchos sitios, a instalar los contadores dentro del interior de los domicilios, pero recientemente se ha introducido el dispositivo de lectura remota, tendiente a eliminar las dificultades que el sistema representa para la lectura. Por medio de él, ésta se logra hacer muy fácilmente desde afuera, manteniendo el medidor interno (Veáse art. 2.10 - 5.).

Para complementar la información referente a ventajas y desventajas del contador interno o externo, consideramos interesante citar aquí, el caso relatado por el Ingeniero Oswaldo Bahamonde, de la OMS, sucedido en Quito, donde inicialmente, los contadores se localizaron sobre la vía pública y el problema de robos y sabotaje-

fué tan frecuente que, para resolverlo hubo que trasladarlos al interior, con gran éxito.

La práctica seguida por el Acueducto de Bogotá, consiste en la localización externa de los aparatos y es pues, hasta ahora, la única que hemos experimentado.

A nosotros nos parece que la práctica más recomendable, depende en gran parte de las condiciones locales y que la medida que puede ser efectiva en un sitio, no es conveniente en otro. El buen criterio del encargado de un programa de instalación, será el mejor medio para decidir esta alternativa.

En los casos de edificios multifamiliares, que detallaré en el último Capítulo de este trabajo, nos ha parecido más conveniente usar el contador dentro del edificio, pero fuera de los apartamentos. Actualmente en Bogotá, estamos haciendo nuestros primeros ensayos en este sentido.

La localización de los contadores, cuando se hace en el exterior de los domicilios, requiere varias consideraciones adicionales que pueden resumirse en dos:

a) Una tendiente a buscar la mejor situación con relación a la zona de la vía, comprendida dentro de los linderos de la finca que se afora.

b) Otra que trata de situarlo en las mejores condiciones respecto de la vía pública misma.



Es natural que el contador trate de situarse dentro de la zona comprendida por los linderos de la finca, porque evita confusiones, es más fácil de leer y reduce el costo de las tuberías de conexión.

Pero a pesar de esto, para efecto de comodidad en la lectura y facilidad de encontrarlo y distinguirlo, consideramos que no es suficiente situarlo dentro de esos linderos y que es necesario buscar una norma que determine la mejor posición dentro de ellos.

El contador debe encontrarse fácilmente, cuando:

- a) se va a leer
- b) Se va a revisar o reparar.
- c) Se va a suspender el servicio.

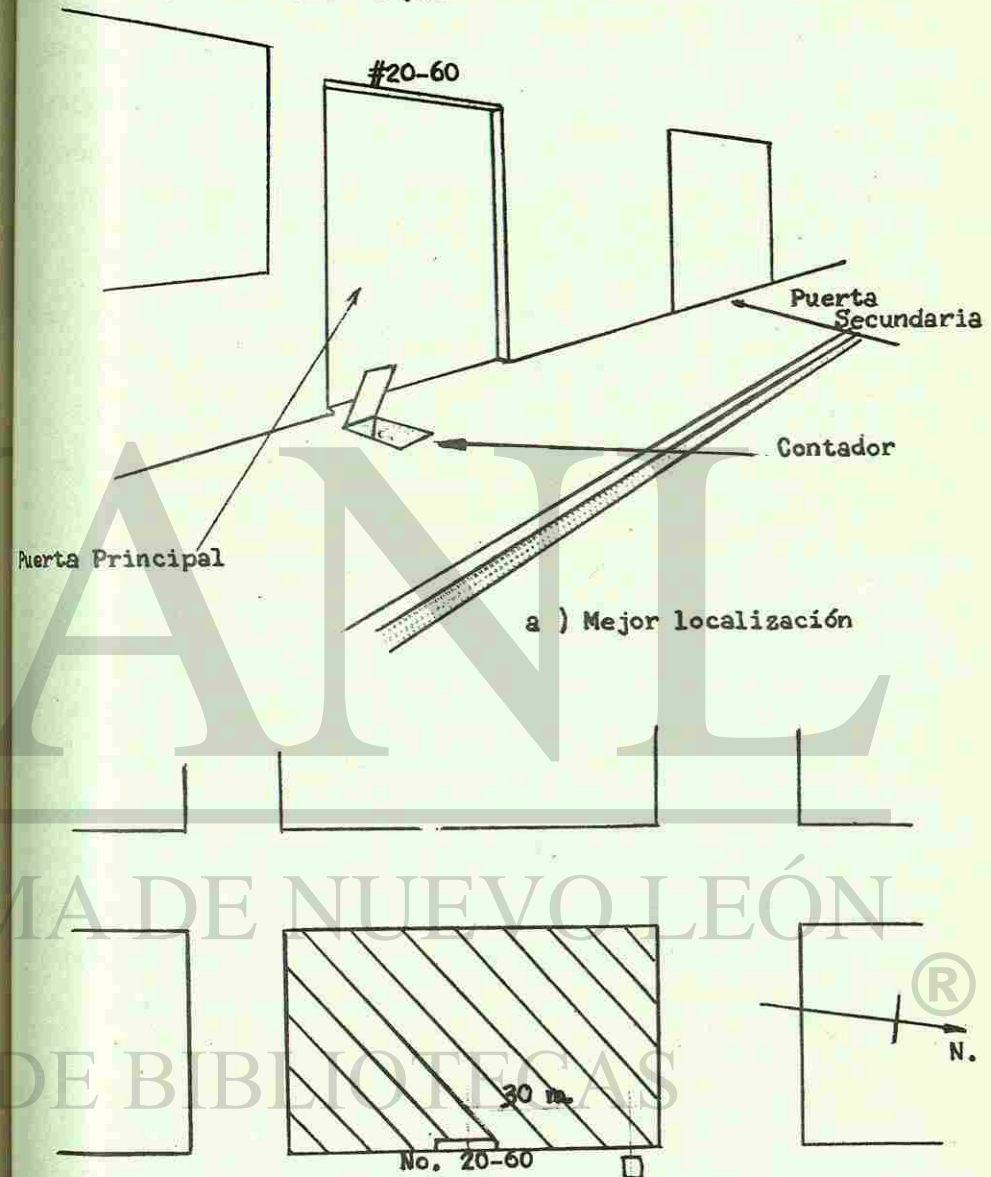
En todos estos casos, el empleado encargado del trabajo se orienta por una dirección que corresponde al número de una puerta. No hay duda que, si el contador se sitúa frente a esa puerta o al lado de ella, se localizará rápidamente y no habrá confusiones.

Esta práctica se emplea en Bogotá, desde que se inició el sistema de medidores y es reglamentaria. Las modalidades de ella son las siguientes:

1.- Todo contador debe quedar situado al pie de una puerta que tenga nomenclatura.

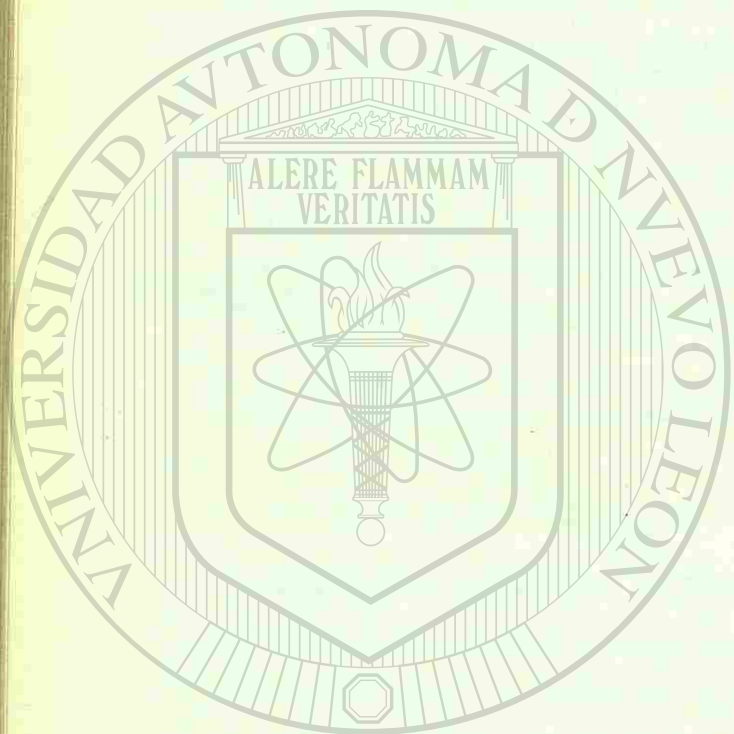
2.- Debe escogerse de preferencia la puerta principal del domicilio. En caso de que esto no sea posible -

FIGURA 4.2



b) Caso de una finca muy grande.  
-Requiere la indicación en la Cartera -





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

o sea inconveniente, debe usarse la del garaje.

3.- Cuando no se emplee la puerta principal, en la cartera de lectura, es necesario indicar además de la nomenclatura de la puerta principal, la que corresponda al contador, así por ejemplo, Avenida de las Américas - No. 20-60- entre por el No. 20-66-

Es claro que esta norma debe cumplirse en todos los casos, sin embargo existen algunos, donde ó es difícil -- adaptarla ó no es conveniente. En general puede decirse que la posición del contador debe corresponder con la forma más económica de la distribución interior de tuberías. En las residencias normalmente ésta queda bien, si se adopta la puerta principal o el garaje. En cambio en grandes bloques, que ocupen una manzana entera o en general que estén limitados por varias vías, la puerta principal o sea la que dá la nomenclatura de la propiedad, puede no ser la más adecuada para el contador, desde este punto de vista, pero entonces puede situarse en cualquier otro punto a condición de quedar claramente establecida la localización en la cartera, donde debe indicarse la distancia a ella o a una esquina, por ejemplo, "Avenida de las Américas No. 20-60, entre 30 mts. al Norte."

El sistema de localizar la posición del contador con las puertas, consideramos sea la más clara y sencilla. De lo contrario será necesario detallar en las carteras de lectura, la situación de cada uno de los conta-



dores, cosa que en la práctica, puede dar origen a una gran cantidad de problemas. Nosotros creemos que si no se adopta un método similar al indicado, la situación resultante es bastante complejo y requerirá, probablemente, hasta esquemas de localización que deben llevar los lectores y los que van a revisar los contadores, - cada vez que tenga que intervenir con determinado medidor.

Situar al contador frente a las puertas o al lado de ellas, es posible cuando se desarrolla el programa permanente. En cambio cuando se trata del programa de actualización, en general no se logra porque en este caso es necesario colocar el aparato sobre la conexión domiciliar existente la cual, puede no estar hecha de acuerdo con la norma. Tratar de aplicarla en estas condiciones, obligará a cambiar todas las conexiones, cosa que afectaría el costo total del programa, en una suma de dinero que consideramos elevada.

Sin embargo el desarrollar los programas de medidores, nosotros nos atrevemos a recomendar, que en el programa permanente se emplee siempre la norma, aún cuando en el de actualización no se pueda hacer lo mismo. Con esta práctica se logrará que, lentamente, la ciudad vaya teniendo sus contadores bien localizados y cada vez haya menos de ellos en condiciones inconveniente.

Con relación a la vía pública misma. El medidor puede situarse de muchas maneras pero solamente una ó dos -

de ellas son aceptables. En primer lugar, el contador debe situarse sobre al andén y no sobre la calzada, - porque, el tránsito de vehículos.:

- a) Hace incómoda y peligrosa la lectura.
- b) Obliga a usar cajas con diseños estructurales capaces de resistir cargas pesadas e impactos grandes.
- c) Quedan más expuestos a recibir tierra, barro y aguas, lluvias, especialmente cuando se sitúan en la zona de las cunetas.

Por tanto, el contador debe quedar en la vía pública, situado siempre sobre la zona de andenes. Pero siempre sobre el andén del lado del domicilio que se haya aforar. Colocarlo en el andén contrario es una práctica que tiene inconvenientes tales como:

- a) Confusión de los aparatos. Nunca se sabe cuál es el de determinado domicilio.
- b) Los escapes que sufra la conexión domiciliar al atravesar la calzada, ocasionados por el tráfico, la corrosión, etc., serán aforados por el contador y se le cargarán al suscriptor siendo así que no está en sus manos evitarlos.
- c) La repartición de las cajas de los contadores, en la vía pública, quedaría concentrada en un solo andén, lo cual no tiene lógica.

En la zona del andén, el contador puede situarse del lado del paramento, en el centro, o del lado del sar-



dinel. Nosotros nos inclinamos más por la práctica consistente en colocarlo del lado del paramento y nos parece que debe rechazarse siempre la localización en la zona central del andén. Las razones son las siguientes:

a) Es más clara la posición con relación al domicilio, sobre todo en caso de andenes anchos.

b) Cuando se está leyendo o revisando o reparando, se incomoda menos a los peatones.

c) Es más difícil que los vehículos pasen por encima de las cajas y las destrocen a ellas y probablemente al contador también.

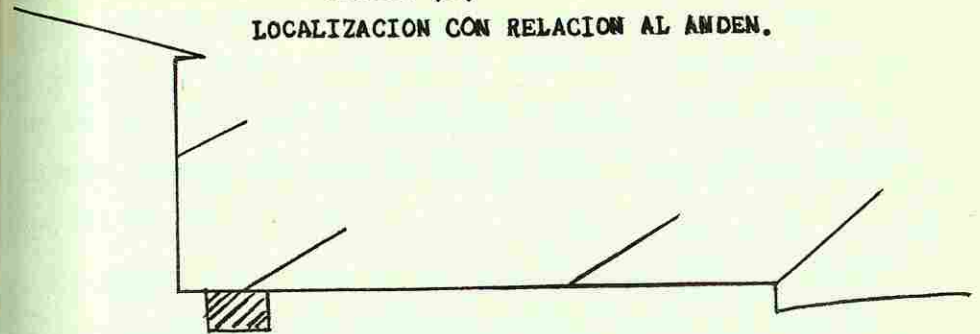
d) La posición en la zona central, no es conveniente por muchas razones, entre otras cosas porque son un verdadero peligro de accidentes para los peatones.

e) La posición del lado del sardinel tiene con relación a la del paramento, dos desventajas principalmente como, estar más expuestas a la acción de los vehículos y más confusas de localizar.

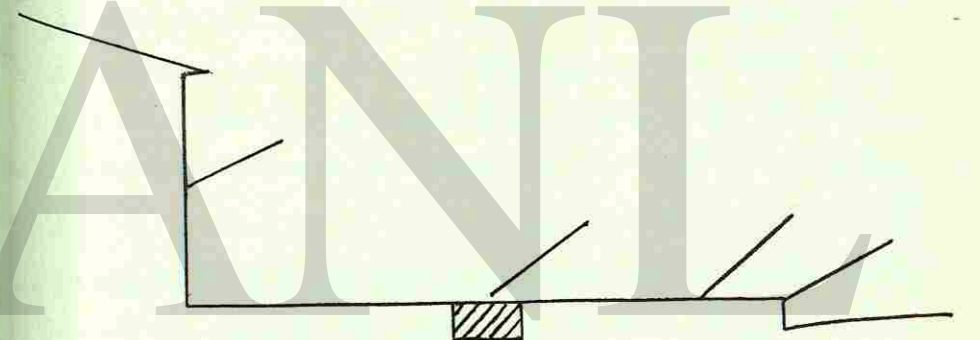
Pero en general puede utilizarse si no es posible, la primera.

Al iniciar el programa de medidores, debe fijarse claramente la posición de los contadores, del lado del sardinel ó del paramento y una vez adoptada debe continuarse así indefinidamente, porque:

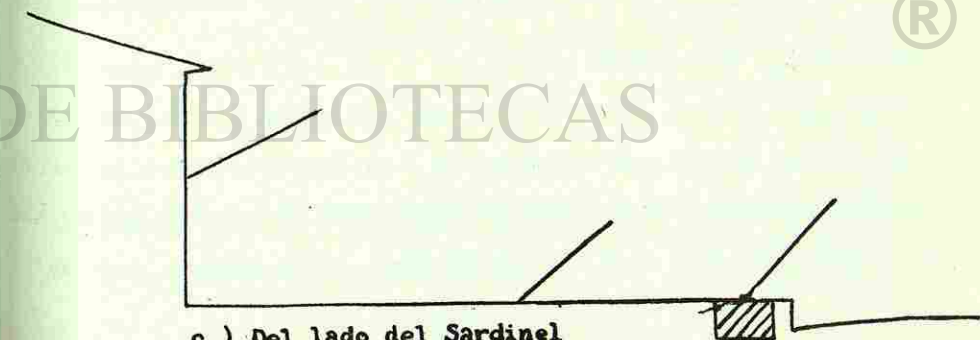
FIGURA 4.4  
LOCALIZACION CON RELACION AL ANDEN.



a) Del lado del paramento  
- Es la mejor -

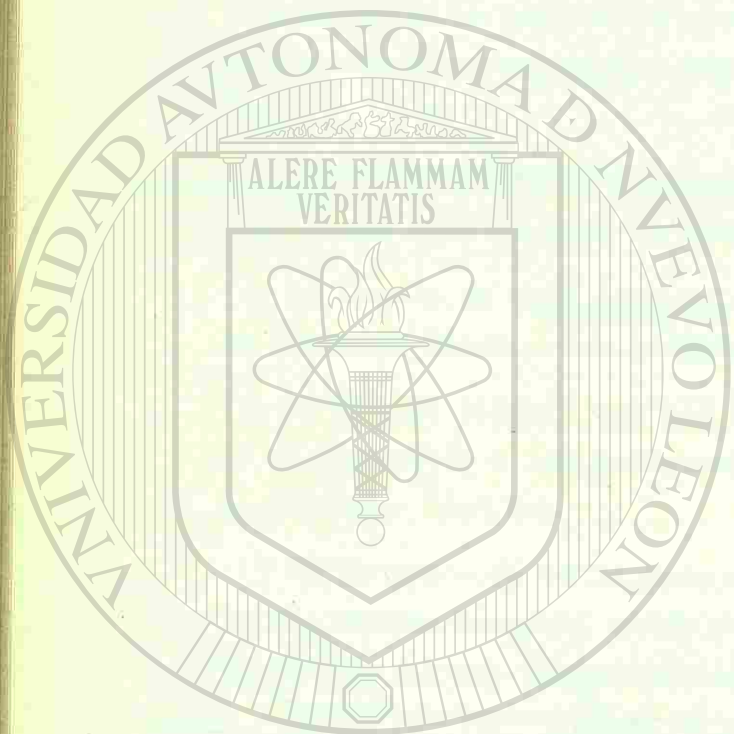


b) En el centro  
- No debe hacerse -



c) Del lado del Sardinel  
- Tiene varios inconvenientes





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

a) Los contadores pueden quedar con el muestrario en sentido contrario al que la lectura. (Al hacer el pedido de aparatos debe indicarse siempre sí el muestrario debe quedar mirando hacia la entrada o hacia la salida del agua.

b) Habrá confusión en la localización los contadores, especialmente en andenes anchos, porque nunca se sabrá si quedan del lado del paramento o del sardinel. Cuando los contadores se localicen del lado del paramento, debe quedar una distancia fija entre la caja y el paramento del domicilio y esta distancia debe ser lo menor posible dentro de las facilidades que permita el trabajo de plomería. En Bogotá la norma en este sentido es situar las cajas a 0.30 mts. de distancia del paramento.

Las distancias muy grandes tienen el inconveniente doble de que la caja puede quedar en la zona central del andén por una parte y además, de que los escapes en el tramo de tubería entre el paramento y la caja que no puede controlar el suscriptor, son mayores y van a quedar registrados en el contador. ®

Finalmente con relación a la localización de los contadores en la vía pública, es interesante definir la profundidad, esta profundidad debe estandarizarse para que las cajas tengan dimensiones fijas y así logren fabricarse, además ella debe permitir que las lecturas y



las reparaciones se hagan fácilmente. Una profundidad de 0.25 a 0.30 mts. del eje de la tubería de la conexión, con relación al nivel de la rasante del andén es la más recomendable.

Cuando el contador quede situado en la puerta de un garage, es indispensable localizarlo en una zona fuera de la acción de las llantas de los carros.

En resumen, la localización de un contador en la vía pública, debe hacerse de tal manera que:

- a) Permita determinar fácil y rápidamente el domicilio al cual pertenece.
- b) Quede protegido contra los riesgos de impactos, lluvias, aguas negras, etc.,
- c) Siga normas fijas en toda la ciudad.
- d) Quede a una profundidad conveniente que facilite la lectura y las reparaciones.

## 2.- Accesorios que necesita el Contador.

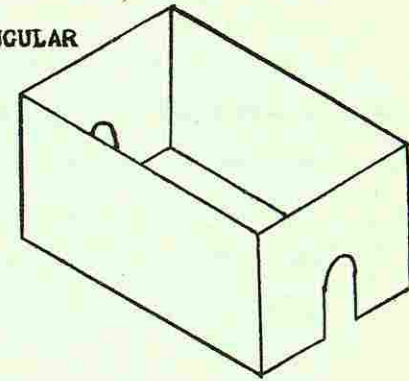
Para que un contador quede instalado en forma adecuada, es decir que pueda leerse, revisarse y repararse fácilmente, debe disponer de los siguientes elementos:

- a) Caja con tapa.
- b) Uniones para empalmarlo con la tubería de la conexión y para retirarlo fácilmente.
- c) Válvulas o registros para control del agua, que permitan revisarlo o repararlo.

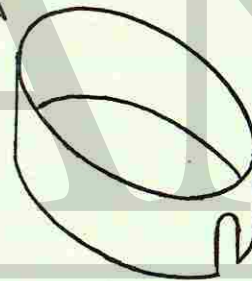
FIGURA 4.5

FORMA DE LAS CAJILLAS

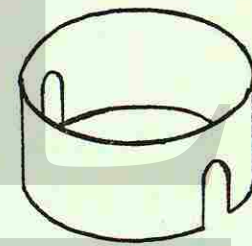
a) RECTANGULAR



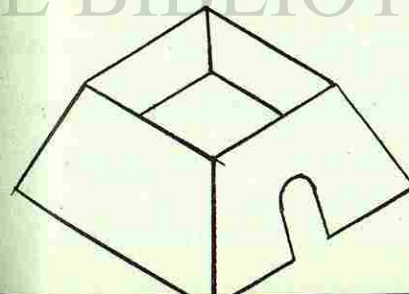
b) ELIPTICA



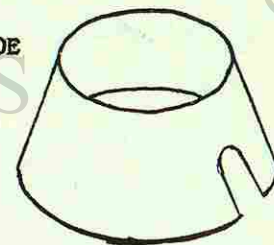
c) CIRCULAR



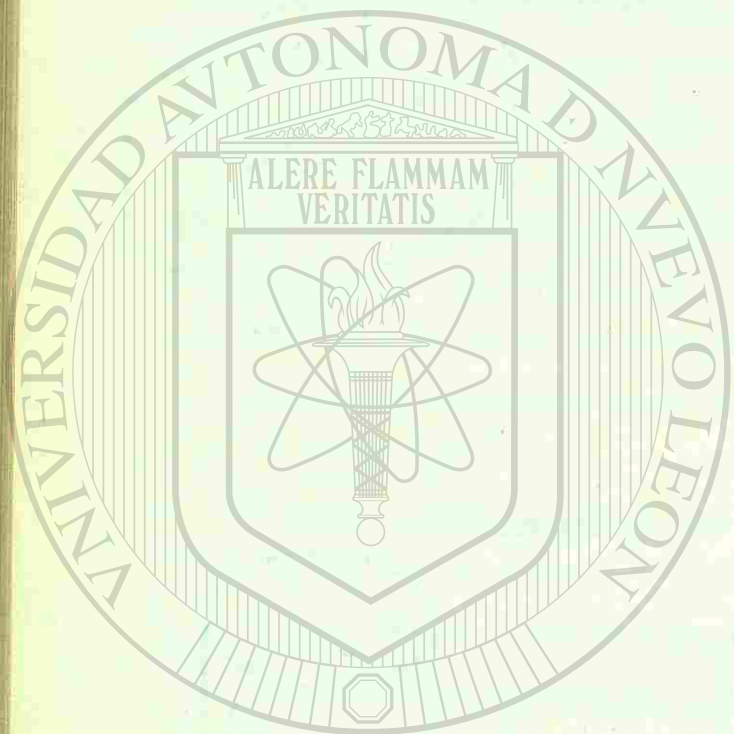
d) TRONCO DE PIRAMIDE



e) TRONCO DE CONO. ®







Los detalles más importantes de estos accesorios, se --  
indicarán a continuación:

1.- Cajas. Tienen por objeto alojar el medidor dentro de una cavidad en el subsuelo de la vía. En estas condiciones deben diseñarse para contener el terreno lateralmente y para evitar que la cavidad quede destapada a fin de que la tierra, piedras, basura, etc., no la llenen y además para que ella no constituya un peligro para los transeúntes.

Las cajas están formadas en dos partes:

- a) La cajilla.
- b) La tapa.

Daremos a continuación los detalles importantes de cada una.

a) Cajillas - Están construídas como un cajón que no posee tapa ni fondo. Pueden adoptar la forma de un prisma, de sección rectangular, de un cilindro de base circular o elíptica o de un tronco de cono con las mismas bases o de un tronco de pirámide.

La sección elíptica tiene sobre la rectangular la ventaja de necesitar menos materiales. Los troncos de cono o de pirámide, son más lógicos, ya que la abertura superior no necesita las mismas dimensiones del fondo.

Los materiales más adecuados son:

- 1.- Ladrillo.
- 2.- Concreto.



3.- Asbestos cemento.

4.- Fundición.

Los dos primeros creemos que sean los más usados por su bajo costo y por la facilidad de construirlos. La de asbestos cemento, además de su valor, tiene el inconveniente de ser frágil, a menos que se haga de espesor suficiente y entonces resulta de muy alto costo. La de fundición presenta una serie de ventajas, pero es también de valor elevado.

Nosotros tenemos experiencia en las de ladrillo y en las de concreto.

Las de concreto presentan las siguientes ventajas:

- a) Precio bajo.
- b) Posibilidad de prefabricarse.

Las de ladrillo no pueden prefabricarse y requieren además mortero para pegarlas.

Nosotros consideramos que para desarrollar un plan de contadores, la caja más adecuada en el programa de actualización es la de concreto prefabricada. En cambio en el programa permanente, puede utilizarse una u otras, según el número diario de conexiones que se hagan. En las poblaciones pequeñas donde un nuevo servicio se concede, por ejemplo, una vez al mes, puede ser más indicada la de ladrillo, que se fabrica en el sitio. Cuando se trata de una ciudad grande donde el

número de conexiones por día llega a ser de diez o más, no hay duda que la prefabricada es más conveniente.

Las cajas prefabricadas tienen sobre la de ladrillo, la ventaja de lograr una uniformidad completa, no solo en sus dimensiones sino en la forma. Las de ladrillo pueden no quedar iguales unas a otras y es fácil que el obrero cambie sus dimensiones. Requieren pues un control sobre la obra de mano en el terreno y por otra parte hacen más lento el trabajo de instalación del contador y necesitan el empleo de pequeñas cantidades de cemento y arena, que en la práctica constituyen un problema más de control. Sería conveniente al emplearlas, utilizar una plantilla o formaleta que uniformara su perfil y sus dimensiones.

Las dimensiones de la cajilla deben ser las mínimas posibles, pero tales que permitan hacer fácil la colocación y el retiro del contador y además operar las válvulas de control que en ella se instalen.

Nosotros empleamos en Bogotá, para contadores de 5/8" - americanos y para los europeos, una cajilla de concreto prefabricada de 0.50 mts., de largo por 0.33 mts. de ancho y 0.30 de altura.

Para contadores mayores, las cajas prefabricadas, son más difíciles de diseñar. Tal vez el sistema más cómodo sea el de anillos que se superponen. Pero como estas conexiones son mucho menos frecuentes que las del medidor



normal, no se ve inconveniente en fabricarlas de ladrillo en el sitio. Estas cajas requieren que se haga un diseño standard para cada diámetro y tipo de contador. La figura 4.6 da una idea del tipo de diseño que hemos adoptado en Bogotá.

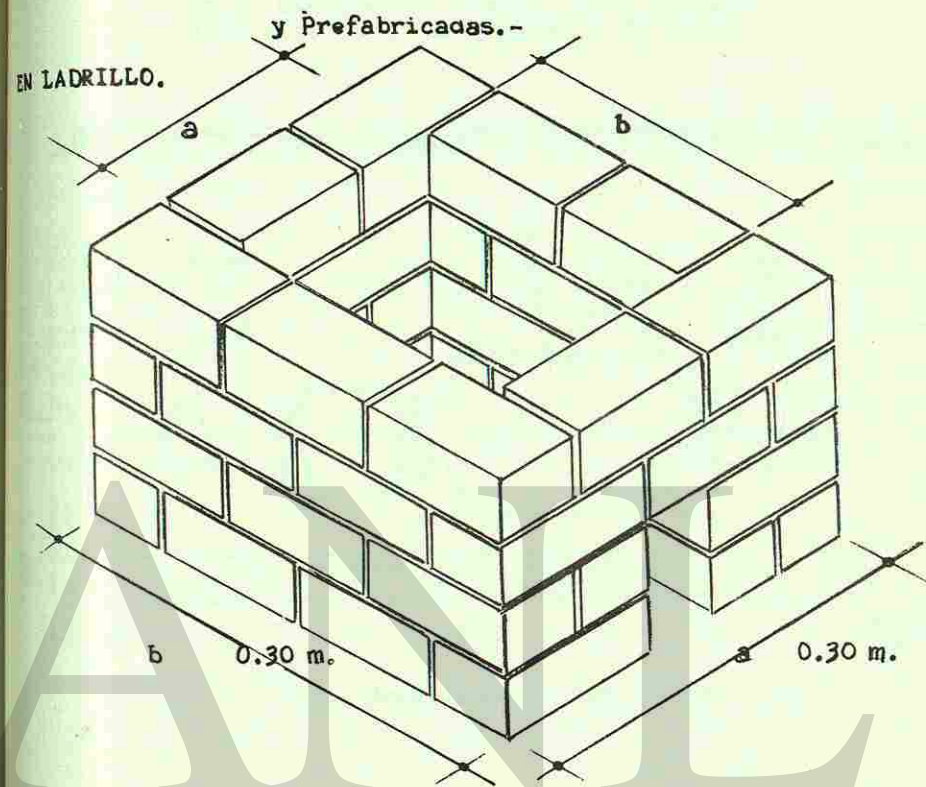
Las cajillas prefabricadas deben llevar todas, dos ranuras. Una correspondiente al sitio de entrada de la tubería y otra al de salida. Esta ranura debe diseñarse en tal forma que la cajilla no quede apoyada en la tubería.

Para tratar de reducir las dificultades que presenta el control de obra de mano en la instalación de los medidores, en Bogotá sustituimos desde hace diez años, la ranura por un orificio circular de unos 0.05 mts., de diámetro. Así se obliga a que el contador quede desde un principio, con su profundidad normal. La ranura permitía al obrero, variar esa profundidad. Se ha llegado a pensar que la forma más conveniente sería la de entregar la cajilla en una unidad, con el contador ya instalado en ella.

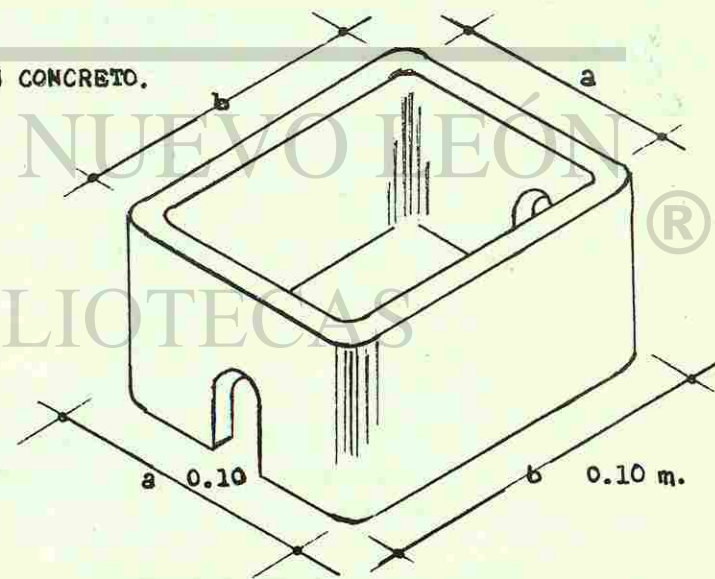
En las cajillas de ladrillo, es necesario dejar a la entrada y a la salida, una separación entre los dos ladrillos, para dar paso al tubo. La separación debe ser tal, que la tubería pase libremente sin que las paredes de la cajilla vayan a apoyarse en ella.

Los espesores de las cajillas prefabricadas deben dise-

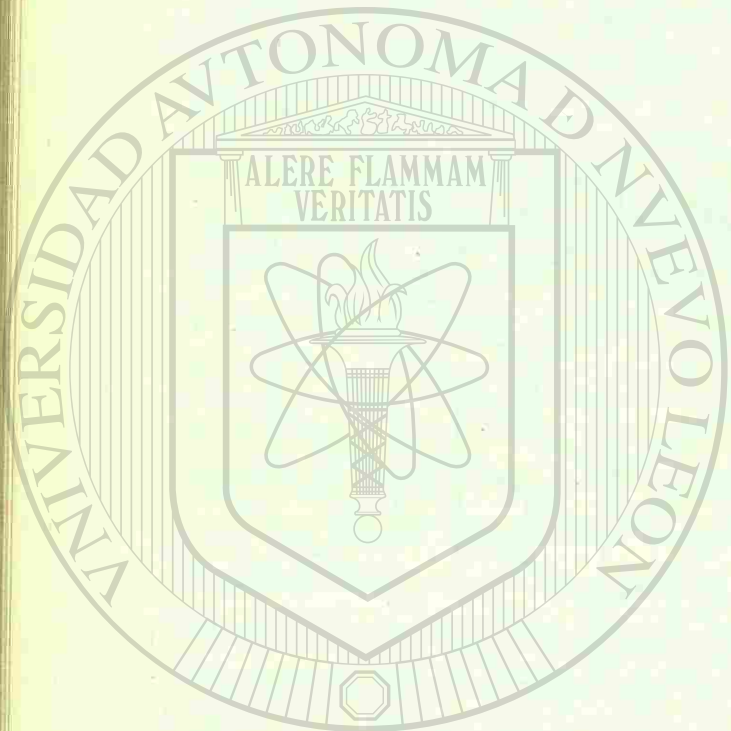
FIGURA 4.5-A-



PREFABRICADA EN CONCRETO.





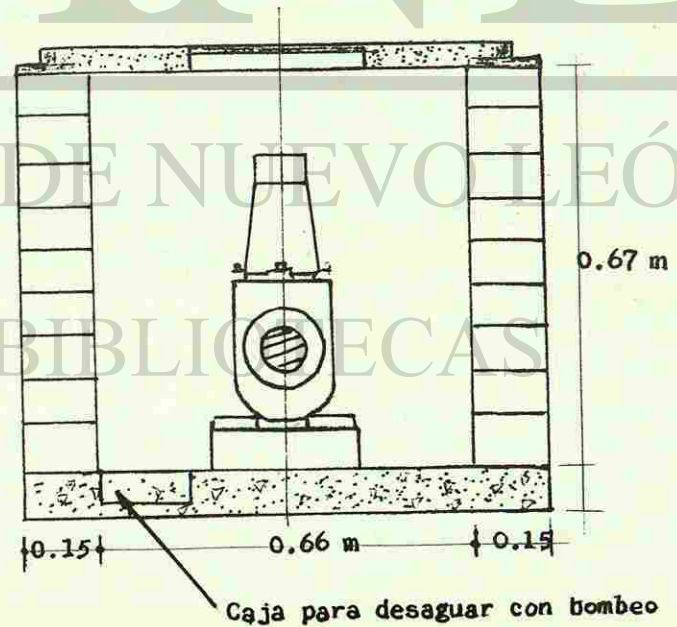
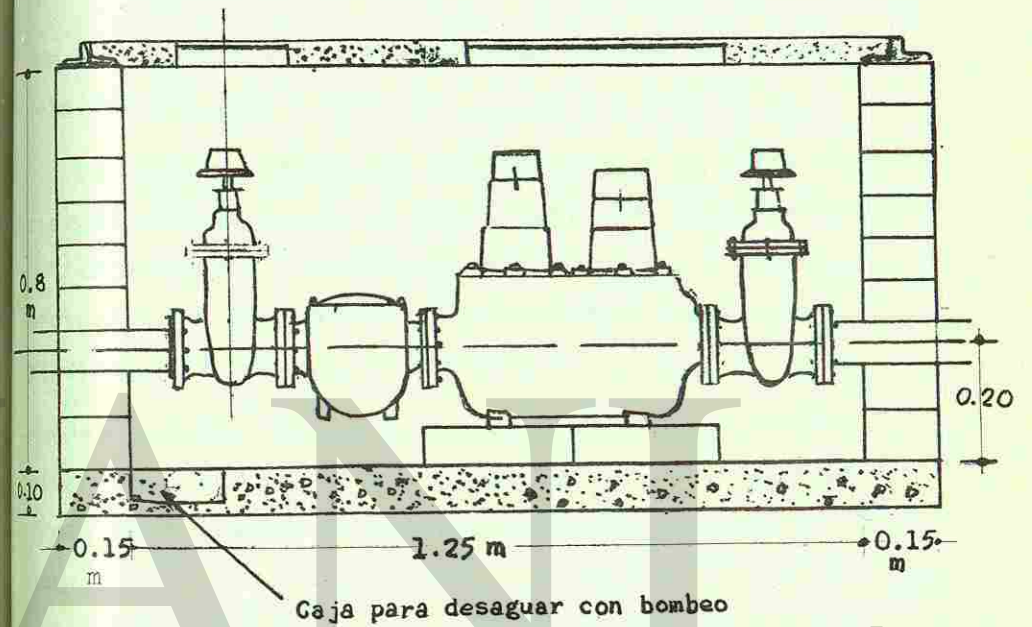


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

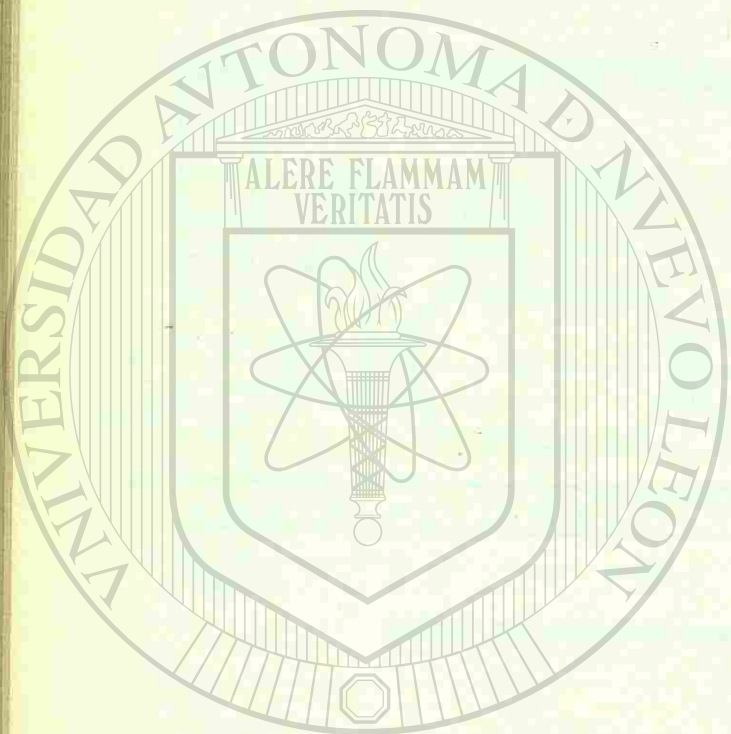
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 4.7

Caja Standard en Bogotá, para medidor compuesto de 2" con válvulas de brida







ñarse para resistir los impactos del transporte y en general, del manejo de ellas. Las de concreto no necesitan refuerzo de varillas.

Con las dimensiones empleadas en Bogotá, este espesor debe ser de unos 4 cm.

b) Tapas. Tienen por objeto cubrir la parte superior de las cajillas en forma tal, que protejan al contador contra los elementos y acciones extraños, provenientes del exterior, permitiendo leer, revisar y reparar fácilmente el aparato.

Pueden construirse en concreto o en fundición. Con bisagras o sin ellas y al instalarse, su cara superior, debe quedar coincidiendo con la rasante del andén.

La experiencia nuestra en Bogotá, ha sido desde un principio con tapas de fundición, provistas de bisagras, hemos ensayado de concreto, fabricadas con un marco construido en perfiles angulares de 1" a 2", pero hasta ahora los mejores resultados se han logrado, tanto en costo como en resistencia, duración y acabado, con las de fundición. ®

Si se utilizan las bisagras, la tapa más adecuada es la de forma rectangular. Con diseños elípticos o circulares, las bisagras son difíciles de construir y demantener.

Cuando se emplean las bisagras, éstas deben quedar si-



tuadas fuera de la tapa como lo indica la figura 4.7, de lo contrario puede levantarse al paso de los transeúntes, dando origen a accidentes.

El empleo de bisagras tiene una doble ventaja:

a) La caja se mantiene siempre cerrada.

b) Se evitan hasta un máximo, los robos.

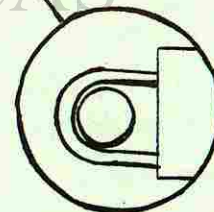
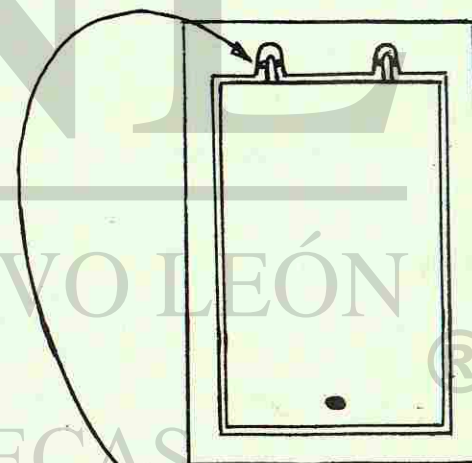
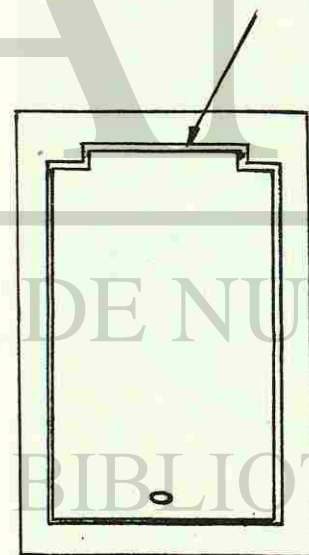
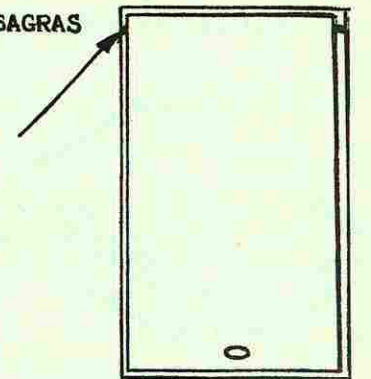
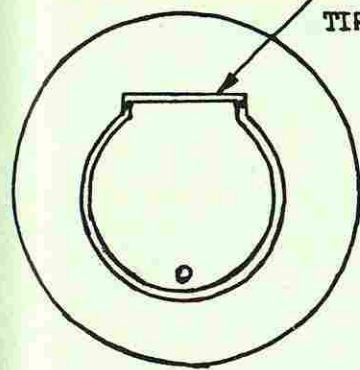
Se mantiene siempre cerrada porque es más fácil para el lector hacerlo, cuando ella dispone de bisagras, — hasta un golpe con el pié. En cambio la otra. Al terminar la lectura hay que buscarle su acomodo para cerrarla.

En el diseño de las tapas debe ponerse siempre el máximo cuidado. Las que se rompen crean uno de los mayores problemas en el mantenimiento de los contadores y constituyen además, un verdadero peligro para los peatones, ya que dejan abierto un rato cada cinco o diez metros, de tamaño suficiente como para provocar accidentes delicados. Una economía mal hecha con ellas, puede verse anulada y superada con el costo de las indemnizaciones que se paguen.

Cuando los contadores se instalen en sitios desprovistos de pavimento o en zonas verdes, una práctica que a nosotros nos ha dado buenos resultados, consistió en rodear la tapa con un marco de concreto de unos 8 cms. de espesor y de más o menos un metro de lado. Este marco

FIGURA 4.

TIPOS DE BISAGRAS





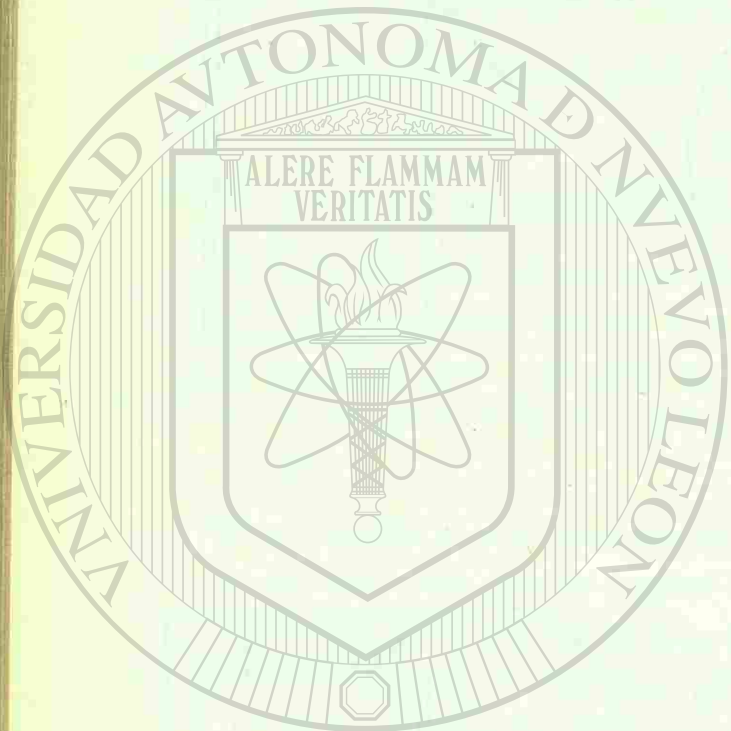
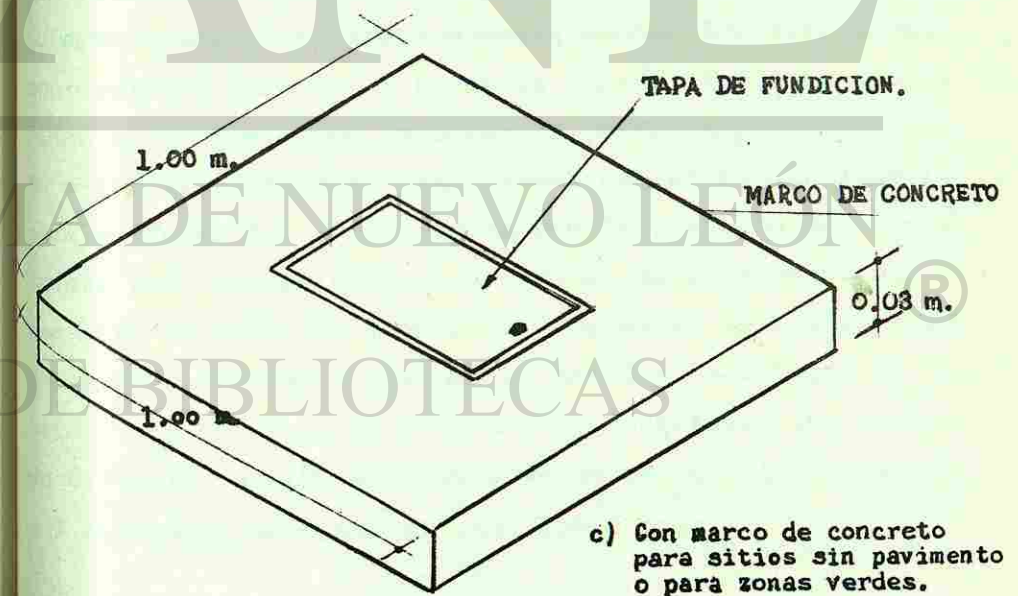
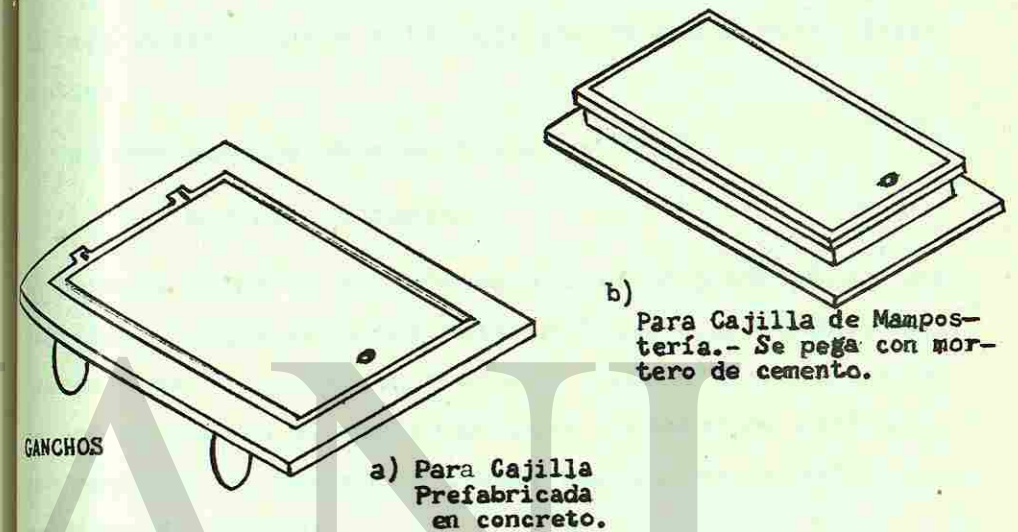
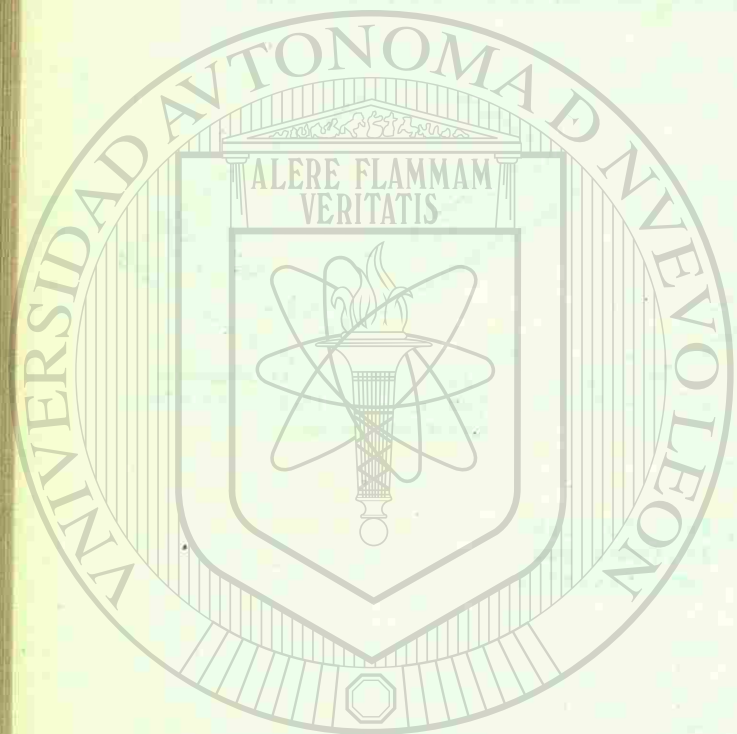


FIGURA 4.9

FORMA DE SUJETAR LAS TAPAS A LA CAJILLA.







puede prefabricarse y entonces debe reforzarse con unas varillas que la protegen contra los impactos en el transporte.

La tapa puede pegarse a la cajilla, de dos maneras diferentes:

- a) Con unos ganchos en forma de "U".
- b) Con mortero de cemento.

La primera forma es muy cómoda cuando se prefabrican las cajillas, porque entonces ésta se funde directamente sobre la tapa. Pegarlas con mortero tiene el inconveniente de ser necesario el empleo en cada contador de cantidades pequeñas de cemento y arena, que son un verdadero problema de control.

Las cajas para contadores mayores del tamaño normal, requieren tapas construídas especialmente. Nosotros tenemos empleado para ésto, tapas de diseño standard, fabricadas en concreto con un marco de perfil angular de 2". En ellas va montada la tapa normal de las cajas, localizada en forma tal que coincida con la posición del contador. Así, cuando éste va a leerse, se abre solamente esa tapa pequeña. La grande solo necesita retirarse cuando se va a reparar o revisar el medidor. Las tapas se fabrican con un ancho de 0.80 mts. y longitudes que varían de 0.50 mts. a 0.80 mts. De acuerdo con el tipo y tamaño del contador, se combinan una, dos ó tres.



3.- Uniones.- Sirven para insertar el contador en la tubería de conexión al domicilio, de tal manera que permitan retirarlo y volverlo a instalar fácilmente.

Son en general de dos clases:

a) Los Racores.

b) Los Yugos.

Los Racores son niples de bronce, de unos diez cms. o menos de largo rematados con rosca en una punta y con un reborde en la otra, donde queda retenida una tuerca loca que se enrosca en el terminal del contador (Véase fig. 4.). Esta pieza trabaja como una universal y permite, aflojando la tuercas solamente, retirar el aparato. Requieren un empaque entre el terminal del contador y el reborde del niple.

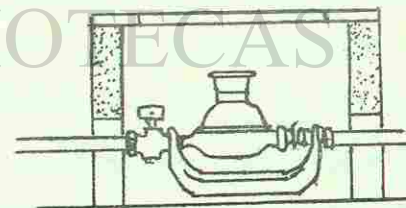
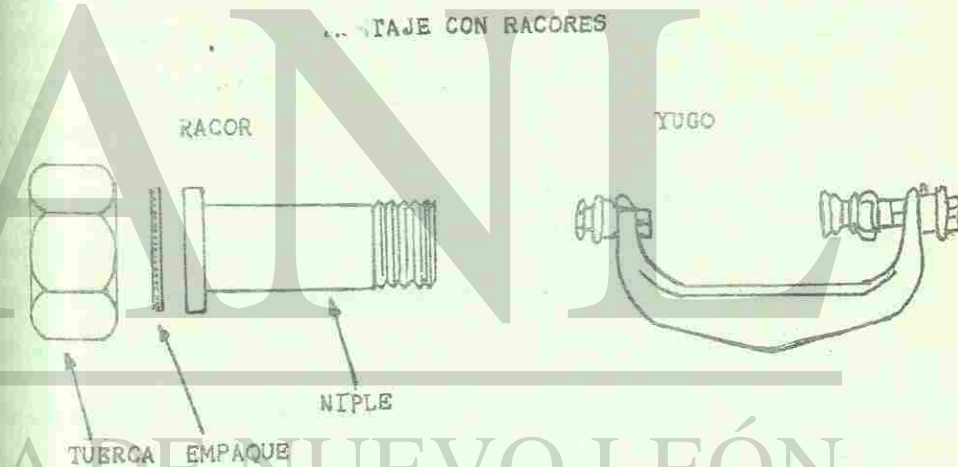
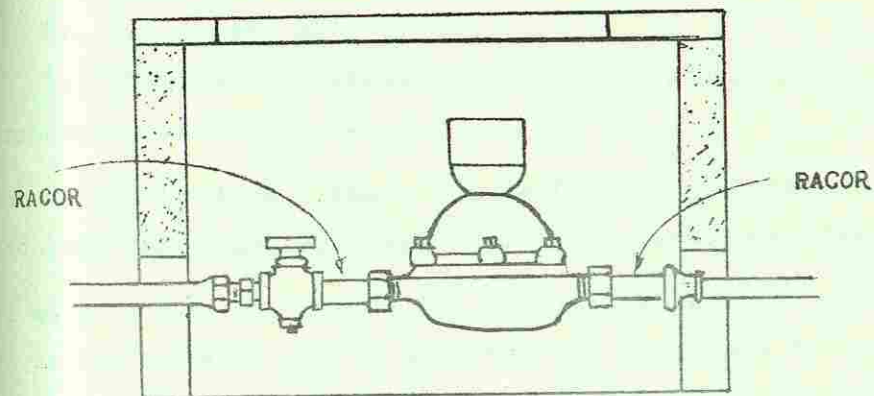
Los yugos son unas piezas generalmente de fundición en forma de "C" alargada que llevan a cada lado conexiones para la tubería y soportan entre sus brazos el contador, comprimiéndolo por medio de un tornillo ajustable. Los yugos pueden llevar el registro de control montado en él (Ver Fig. 4.).

Las características de los sistemas de unión son las siguientes:

a) Racores:

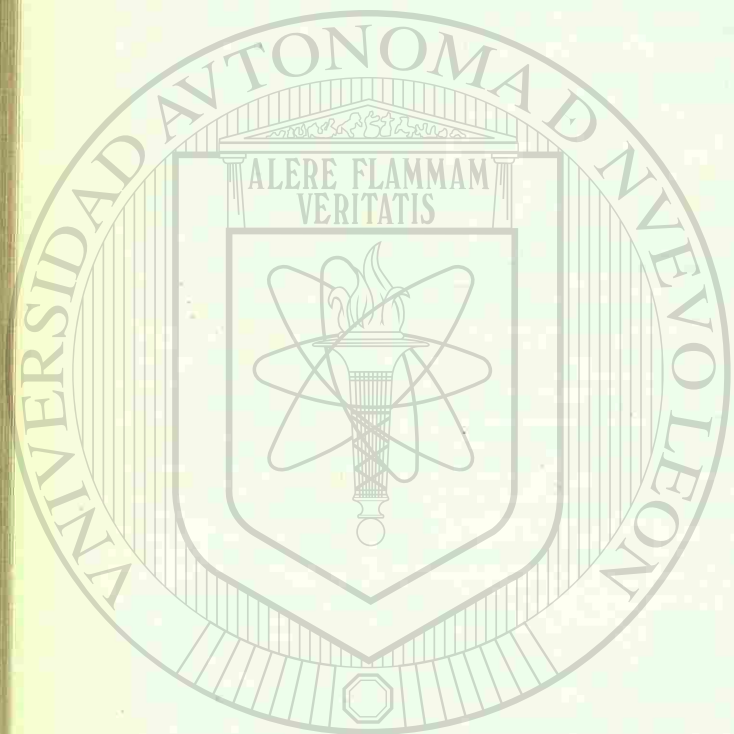
- 1.- Mantienen tensionado el contador.
- 2.- Son de bajo precio.
- 3.- No absorben los esfuerzos de la tubería.

Figura 4.10  
YUGOS Y RACORES



MONTAJE CON YUGO





b) Yugos:

- 1.- Mantienen comprimido el contador.
- 2.- Son de más alto precio.
- 3.- Absorben los esfuerzos de la tubería y no los transmiten al contador.

Los racores vienen normalmente de fábrica con los contadores. Los yugos requieren adquirirse separadamente.

El mayor inconveniente de los racores, a pesar de su bajo costo, está en que no absorben los esfuerzos de la tubería y en esta forma, el contador puede aflojarse dando lugar a escapes ó cuando se retira, se acorta la distancia y no puede volverse a colocar sin hacer una reforma en ella.

En cambio, el yugo de dos puntos fijos que no varían con los esfuerzos producidos en las tuberías y permite fácilmente ajustar y mantener la distancia necesaria para el contador.

En Bogotá, hasta ahora, solo hemos empleado los racores pero sus resultados pueden apreciarse con los datos suministrados por la clasificación de 11.613 daños presentados en las conexiones domiciliarias durante los años comprendidos entre 1.953 y 1.957, en la cual se encontró que el 34% de los daños correspondían a los racores, siendo el 25% solamente por concepto de racor flojo.

Nosotros, en estas condiciones hemos pensado que, a pesar de que el yugo eleva bastante el valor inicial del-



contador, puede reducir ventajosamente, los costos de mantenimiento. Además facilita mucho el trabajo de quitar y poner el contador.

La casa norteamericana "The Ford Meter Box Co. Inc." de Wabash, Indiana, tiene a la venta una caja toda de fundición, diseñada en tal forma que hace élla las veces de yugo y reduce a un mínimo la totalidad de las dimensiones.

Los yugos en general, deben ser de fundición pero las piezas de conexión al contador y a la tubería, deben fabricarse en bronce.

#### 4.- Válvulas de Control.

Tienen por objeto, principalmente suspender el servicio en la conexión cuando se revisa o se repara el contador, pueden ser necesarias dos válvulas, una aguas arriba del medidor y otra aguas abajo. La primera interrumpe el paso de la red al domicilio y la segunda evita que cuando se está en reparación, pueda devolverse del interior hacia el contador.

Normalmente toda conexión domiciliar debe llevar dos válvulas de control, una situada en la vía pública que controla la Empresa y otra en el interior del domicilio que controla el suscriptor. Si el contador se instala entre las dos válvulas, se logra aprovecharlas para sus funciones.

En estas condiciones es posible al instalar los contadores, seguir una de las siguientes prácticas.

a) Montar dentro de la caja solamente el contador con sus accesorios de conexión y aprovechar las válvulas de control de la Empresa y del Suscriptor, en los puntos normales de la caja.

b) Montar el contador y la válvula de control de la Empresa dentro de la caja, dejando la del suscriptor fuera, pero en el interior del edificio.

c) Montar en la caja del contador, dos válvulas, una aguas arriba y otras aguas abajo, pero dejando una tercera en el interior del domicilio para que la controle el suscriptor.

La primera forma tiene la ventaja de que, para retirar el contador se necesita operar una válvula a cierta distancia de él que generalmente queda profunda y requiere una llave especial.

Así se evitan más los robos y alteración de los aparatos. Pero presenta inconvenientes tales como dificultar y demorar los trabajos de revisión y reparación del contador y además aumenta el número de cajas en la vía, creando mayores problemas de conservación.

La segunda tiene la ventaja de eliminar una caja en la vía y de facilitar los trabajos en el contador, pero en cambio hace más sencillo el robo y el fraude en el contador.



La tercera facilita mucho los trabajos de revisión y reparación y a pesar de que aumenta el costo por adicionar una válvula más, esto se necesita en algunos casos como veremos adelante.

En Bogotá se emplea la segunda con los contadores normales, y la tercera con los de tamaño mayor.

Los modelos de yugos que fabrican las casas especializadas vienen con diseños para la segunda ó para la tercera forma.

#### 5) Accesorios para prueba.

En los contadores de cierto tamaño (mayores de  $\frac{3}{4}$ " ) es conveniente dejar dentro de la caja una tee con tapón para facilitar las pruebas que se hagan en el terreno, a los contadores.

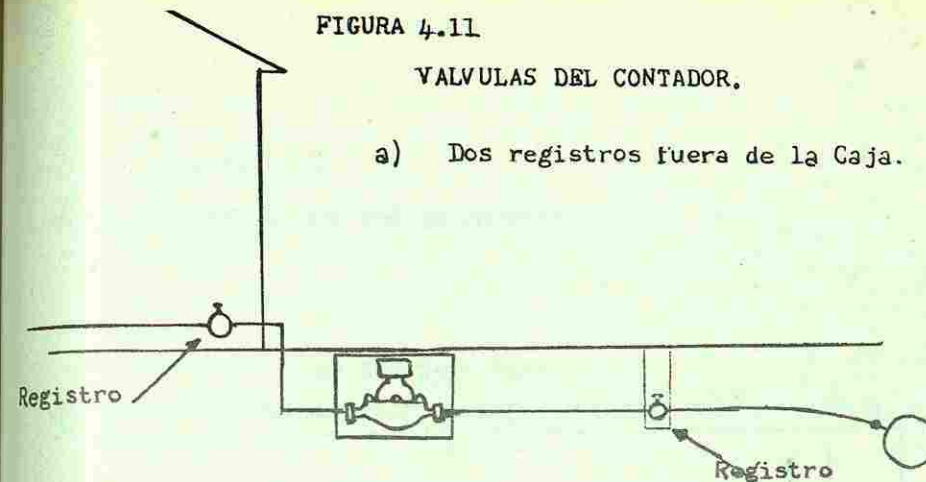
Estas tees tienen la ventaja doble de hacer que no sea necesario retirar el contador para los ensayos y además facilita las conexiones que en ese momento se requieren.

Este montaje en medidores de 1" y aún de 2" de disco, no es esencial pero es conveniente. En los contadores grandes es casi indispensable porque desmontarlos es muy difícil. Algunos modelos especialmente los compuestos, vienen con un orificio y un tapón que en esta forma hacen innecesaria la tee. El orificio para la prueba no se requiere que sea mayor de 2".

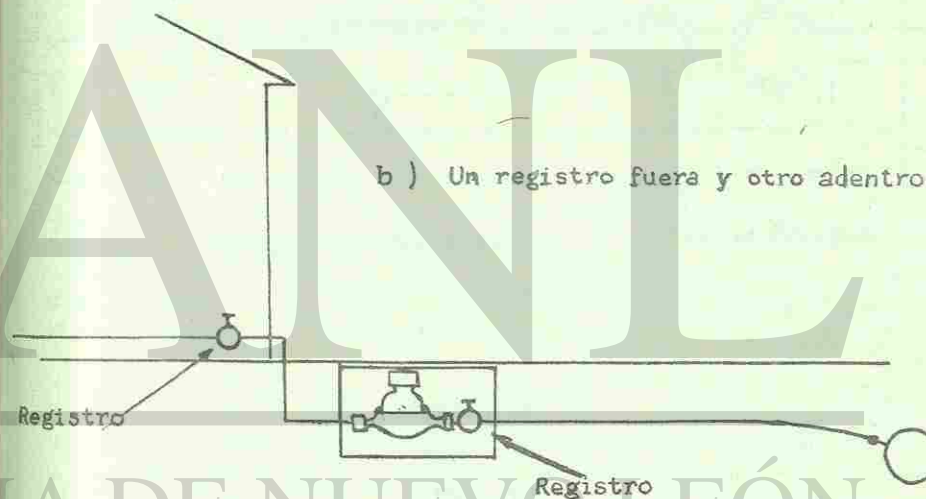
FIGURA 4.11

#### VALVULAS DEL CONTADOR.

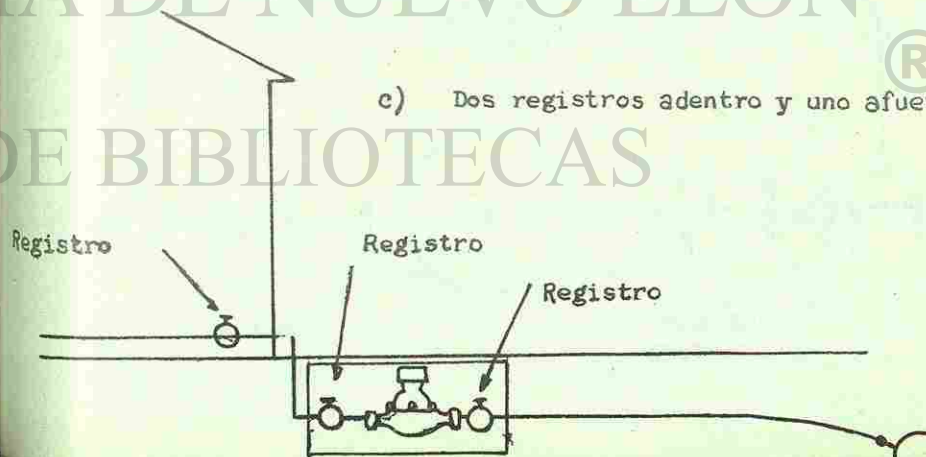
a) Dos registros fuera de la Caja.



b) Un registro fuera y otro adentro.



c) Dos registros adentro y uno afuera





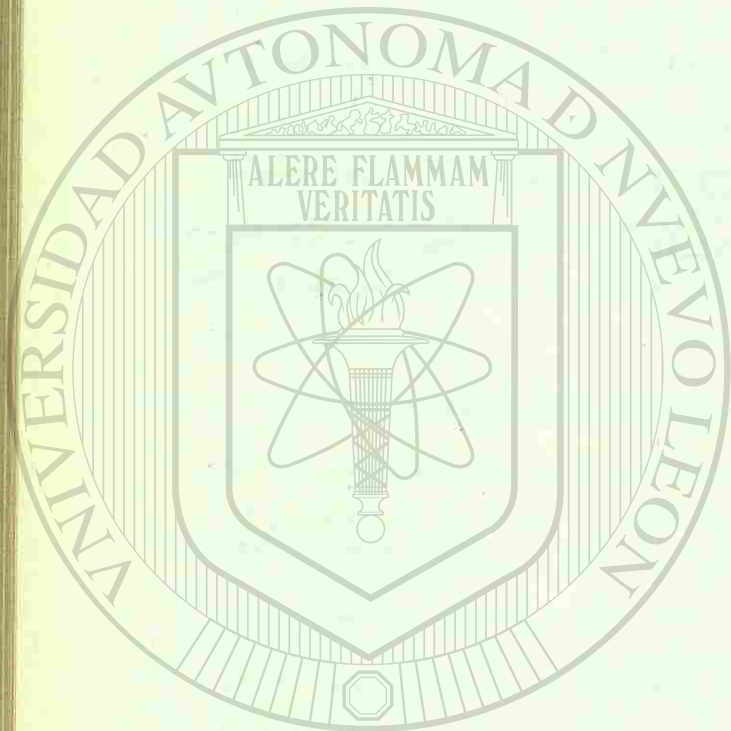
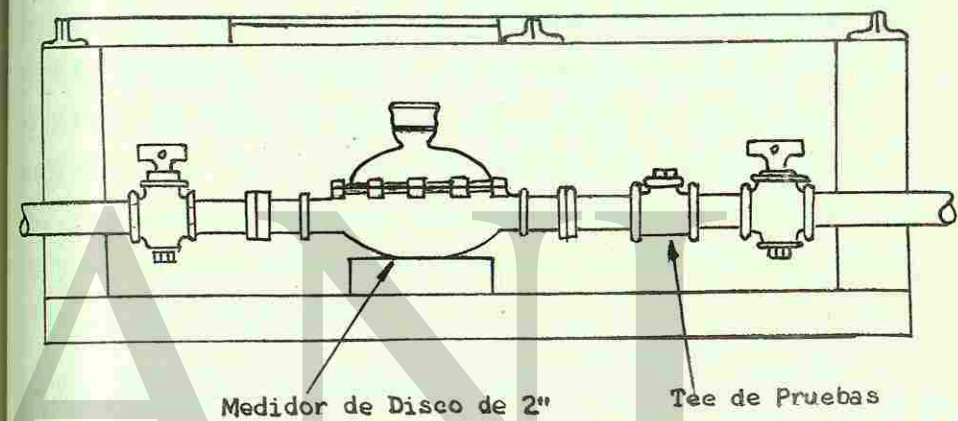


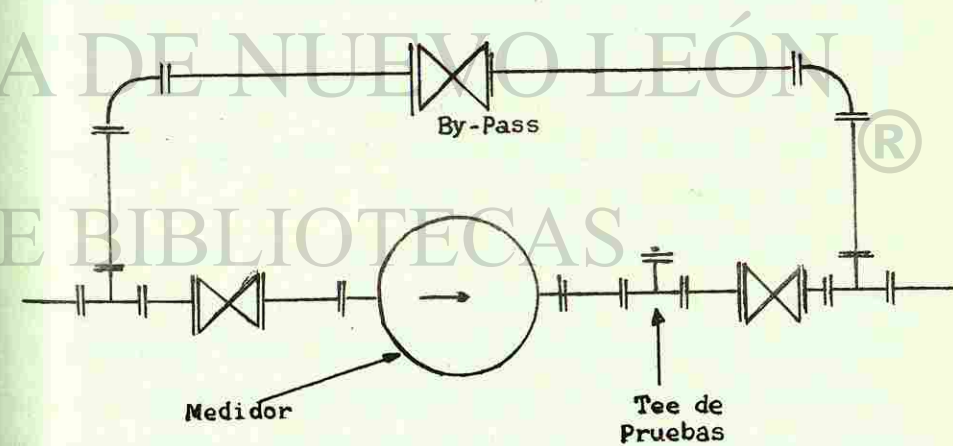
Figura 4.12

EJEMPLO DE MONTAJE CON TEE DE PRUEBAS

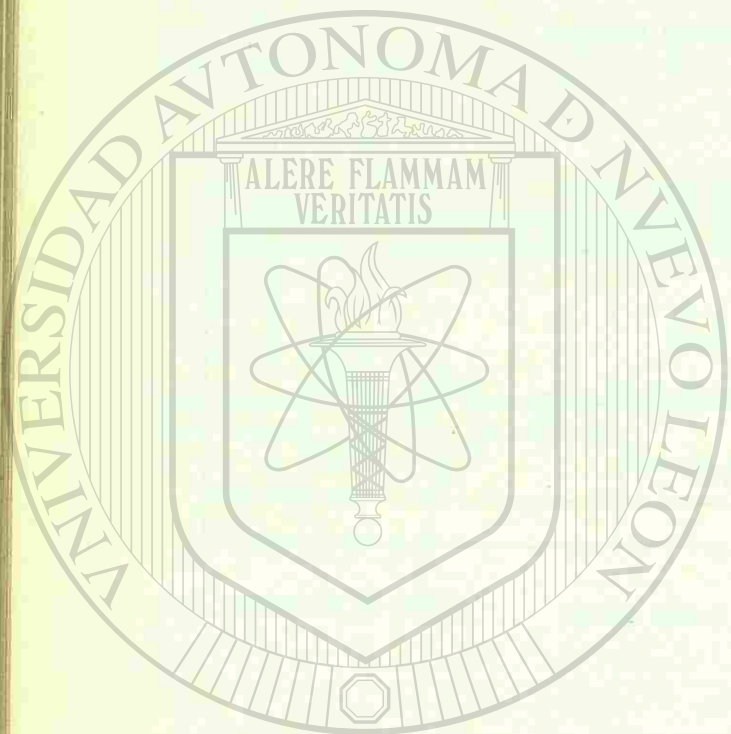
a) Sin By - Pass



b) Con By-pass







El montaje de las tees hace necesario la válvula de --  
aguas abajo, dentro de la caja, para facilitar en cual-  
quier momento el trabajo de las pruebas sin que el sus-  
criptor intervenga.

Además de la tee puede ser recomendable la adición de --  
un "by Pass" tomado aguas atrás de la primera válvula y  
conectado nuevamente aguas adelante de la segunda, des-  
tinado a no interrumpir el paso del agua al domicilio --  
mientras se hace la prueba del contador. Nosotros no --  
empleamos en Bogotá este "By Pass" por tener tanque to-  
das las conexiones domiciliarias y además porque se pue-  
de prestar a fraudes que, a pesar de los sellos, son di-  
fíciles de controlar.

#### Plan y Métodos de Trabajo.

El desarrollo del programa permanente de instalación --  
de contadores no presenta mayores problemas de trabajo,  
ya que, de acuerdo con todo lo que hasta ahora hemos --  
tratado, él debe verificarse simultáneamente con el es-  
tablecimiento de cada una de las nuevas conexiones domi-  
ciliarias que vayan presentándose.

Sin embargo, es interesante anotar aquí que, si el plan --  
permanente no se hace, porque se cree conveniente se---  
guir un sistema de planes periódicos de actualización, --  
entonces en el momento de adoptar una ciudad el sistema  
de contadores, debe procederse a establecerse como nor-  
ma, que toda nueva conexión lleve ya los accesorios co-  
rrespondientes y quede así lista para instalarle conta-



dor en cualquier momento.

Para facilitar este trabajo se recomienda al hacer la conexión, introducir dentro de la caja (Fig. 4.12) un accesorio prefabricado, compuesto del registro de control y una unión empalmados entre sí, por dos niples y una universal, tales que den la longitud entre extremos del racor, del futuro contador y permita desarmarse fácilmente sin necesidad de excavaciones ni reformas a las tuberías del servicio domiciliario.

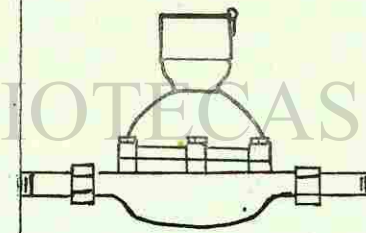
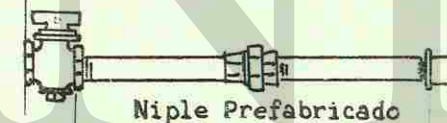
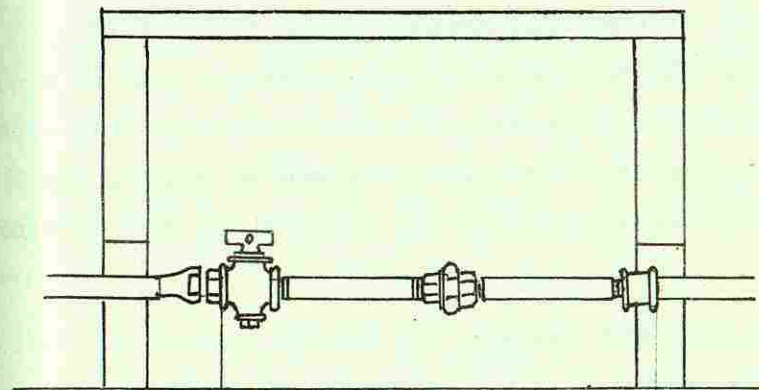
Cuando se desarrollan los programas de actualización - en cambio, es indispensable el estudio previo, la adopción y la organización de un plan de trabajos completo, que garantice la instalación adecuada de los contadores dentro de un plazo determinado, con los mínimos costos y con la seguridad de que se han evitado todas las omisiones y por tanto se han colocado todos los aparatos - que debían instalarse.

Este plan depende en primer término del programa adoptado y de la ciudad. La organización será diferente si se instalan siguiendo sectores definidos en forma continua o si se van colocando salteados en determinadas conexiones o si se trabaja simultáneamente en ambas formas.

Las siguientes recomendaciones para la ejecución de los trabajos, pueden ser una buena ayuda para éxito de un programa.

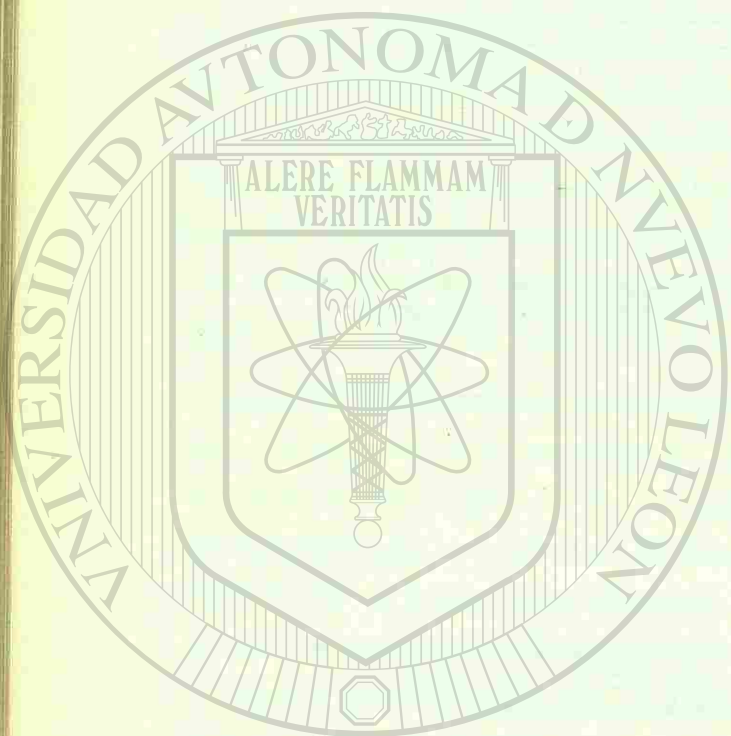
1o.- Si se adoptan sectores definidos, lo mejor es

Figura 4.13  
Detalles del Niple Prefabricado



Dimensión básica  
para construir el  
niple





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

desarrollar el trabajo en forma continua, es decir, --  
manzana por manzana o cuadra por cuadra.

2o.- El trabajo hecho manzana por manzana tiene la  
ventaja de dar una mayor seguridad en los resultados y  
permite evitar muchas incomodidades a los habitantes --  
del lugar ya que se pueden concentrar los trabajos en --  
un solo de los dos andenes de la vía dejando libre el  
otro.

3o.- El trabajo cuadra por cuadra, facilita más --  
su ejecución desde el punto de vista un mayor rendi-  
miento. En este caso será mejor seguir primero las --  
calles de una dirección y luego las transversales a --  
éstas.

4o.- Para instalar el contador, es necesario bus-  
car primero la conexión domiciliar correspondiente. Si  
ésta dispone de válvula de control, es relativamente --  
fácil de localizar y se reduce notablemente el trabajo.  
Si no existe esa válvula o está perdida, es necesario  
hacer una investigación previa. Para ésto es convenien-  
te entrar al domicilio y ver la forma como está dispues-  
ta su instalación interna, lo cual puede dar una buena  
orientación. Si con ésto no se aclara, es necesario rom-  
per longitudinalmente la vía frente al domicilio, hasta  
encontrarla. No se ve otra solución.

5o.- Una forma de proceder en el plan, cuando unas  
conexiones se encuentran sin necesidad de investigación



y otras nó, puede ser, hacer las primeras y organizar simultáneamente una cuadrilla de investigaciones para las segundas. En esta forma el plan avanzará con mayor rapidez.

6o.- Al instalar el contador es necesario estar seguro del domicilio que le corresponde, ésto no es difícil relativamente ya que, al suspender el servicio para hacer el trabajo, puede comprobarse pero de todos modos, es necesario siempre porque es muy probable que las conexiones domiciliarias no sigan una norma regular en su localización.

7o.- Una vez encontrada la tubería de la conexión, es necesario determinar si requiere un cierto trabajo para adaptarla a las especificaciones que le fijaron para la instalación del contador. Además puede suceder que sea indispensable por el estado de las tuberías, rehacer completamente la conexión. Esto complica notablemente el trabajo y hacer ver lo difícil que es calcular el costo y duración del programa.

8o.- Para llegar a un plan adecuado y tener ideas concretas sobre costos y duración, se ve, de acuerdo con lo anterior, que es muy conveniente antes de elaborar el plan, hacer unas manzanas de ensayo en varios puntos de la ciudad. Este trabajo, que tendrá así las características de un muestreo, interpretado con buen criterio, dará la mejor pauta para los detalles del plan.

9o.- Antes de ejecutar cualquier trabajo de plomería, debe hacerse primero todas las excavaciones necesarias para los contadores comunes al tramo de tuberías comprendidas entre válvulas que sirvan para suspender el servicio. Esto dá idea de que.

a) Si las conexiones disponen de válvula de control se podrá hacer el trabajo de plomería, de una en una, sin perjudicar simultáneamente el servicio de varios suscriptores.

b) Si no existen los registros, es necesario hacer el trabajo de plomería simultáneamente para los contadores con cierre común, a fin de evitar suspensiones frecuentes y molestas a los mismos suscriptores. Además ésto obliga a modificar el plan de trabajo adoptándolo a las modalidades del cierre de válvulas.

c) Cuando sea necesario un cierre para varias conexiones al tiempo, es forzoso organizar el trabajo de plomería simultáneamente en todas, incluyendo renovaciones de tubería y reformas. Un buen método para acelerar el restablecimiento del servicio en el tramo, consiste en taponar rápidamente, en la tubería principal, las conexiones que sea necesario renovar é instalar el registro de incorporación, así se elimina la parte más demorada dentro del tiempo de suspensión del servicio.

d) Cuando el registro de control no esté colocado en el sitio adecuado, lo mejor es emplearlo para hacer el cierre durante el trabajo, e instalar un nuevo y



luego abrir el viejo, dejándolo así perdido.

10.- Cuando toda la obra de plomería esté terminada, puede procederse a la colocación de la respectiva cajilla. Este trabajo requiere un doble cuidado:

a) Centrar la cajilla debidamente para que luego no se presenten problemas en la operación del contador.

b) Nivelarla para que coincida con la rasante del andén. El trabajo de nivelación requiere que el contador se haya colocado a la profundidad especificada. Tanto este nivel como el de la cajilla, pueden establecerse por medio de un hilo que una el borde del andén contra el paramento y la parte superior del sardinel. La tapa de la caja debe coincidir con el hilo.

Cuando la zona no disponga de rasantes definidas, como sucede cuando no hay andenes ni pavimento, debe emplearse una tapa provista con marco de concreto. El nivel debe establecerse de acuerdo con el de la entrada al domicilio.

11.- Luego de instalada debidamente la caja, debe procederse a los rellenos compactados y a la reparación del pavimento.

12.- De cada medidor instalado debe pasarse un informe al Departamento respectivo de la Empresa, que indique, por lo menos, la dirección del domicilio, el diámetro del contador, el número de serie y la fecha en que se dió al servicio. Para facilitar este control, es conveniente que

antes de iniciar el trabajo se haya elaborado un listado con los domicilios donde deben instalarse los contadores y estos listados se devuelven con los informes adjuntos.

De acuerdo con todas estas recomendaciones se ve que, la organización de un programa de actualización de medidores, requiere:

a) Un equipo de investigación de conexiones.

b) Un equipo de obreros para excavaciones y rellenos.

Puede ser necesario además, el uso de compresor, para la rotura de pavimentos.

c) Un equipo de plomeros para instalar los contadores y reformar las conexiones.

d) Un equipo para reparación de los pavimentos.

Además, es indispensable un almacén o depósito de materiales y de los contadores, un camión para transportarlos a los sitios respectivos y un volquete para el movimiento de tierra.

Debe existir además, una oficina con personal suficiente para elaborar las órdenes de materiales y llevar el control del trabajo y de los materiales gastados. Ella debe disponer de un personal de inspectores que lleven el control en terreno y pasen las informaciones correspondientes. En la Oficina es conveniente tener un plano donde se vaya señalando el avance del



del trabajo y se facilite así el control de ejecución del plan.

Para determinar el número de empleados, obreros, vehículos, equipos, etc., necesarios, lo mejor es, repetimos, hacer unos ensayos previamente en terreno y de acuerdo con los resultados y rendimientos, proceder a la organización que sea necesaria para desarrollar el trabajo total en determinado tiempo.

Generalmente los plazos que se piden, para llevar a cabo un programa de actualización, son relativamente cortos. Por ésto es conveniente para su debida organización, seguir procedimientos como:

a) Aprovechar hasta donde sea posible la organización existente en la Empresa, sin entorpecer su marcha normal y sin perjudicar el desarrollo del plan.

b) Emplear más bien un sistema de trabajo por contrato. Este sistema tiene la ventaja de dar mayor rapidez y reducir el control de calidad de trabajo, solamente ya que el contratista se encarga de vigilar el rendimiento de su personal.

Los precios pueden establecerse a base de ensayos hechos previamente con personal por administración y es conveniente simplificarlos en pocos items como por ejemplo.

a) Instalar contador con caja y accesorios, reparando pavimento, etc.

b) Lo mismo pero renovando la conexión.

c) Lo mismo pero acondicionando la conexión.

Este sistema ha sido empleado en Bogotá, desde hace más de veinte años, con resultados ampliamente satisfactorios.

Finalmente, la instalación de los contadores implica, que cuando los primeros entren a trabajar, estén ya en la Empresa, funcionando las siguientes organizaciones:

a) El Taller de Medidores, para despachar al terreno de los aparatos. Estos, tanto para garantía de la Empresa como del suscriptor, deben revisarse antes de ser instalados.

b) Una organización para atender reclamos en terreno.

Los contadores pueden trabarse, el mismo día de instalados y dejar así sin servicio el domicilio. El reclamo del suscriptor requiere por ésto, que haya un equipo de personal capaz de destrabar el aparato.

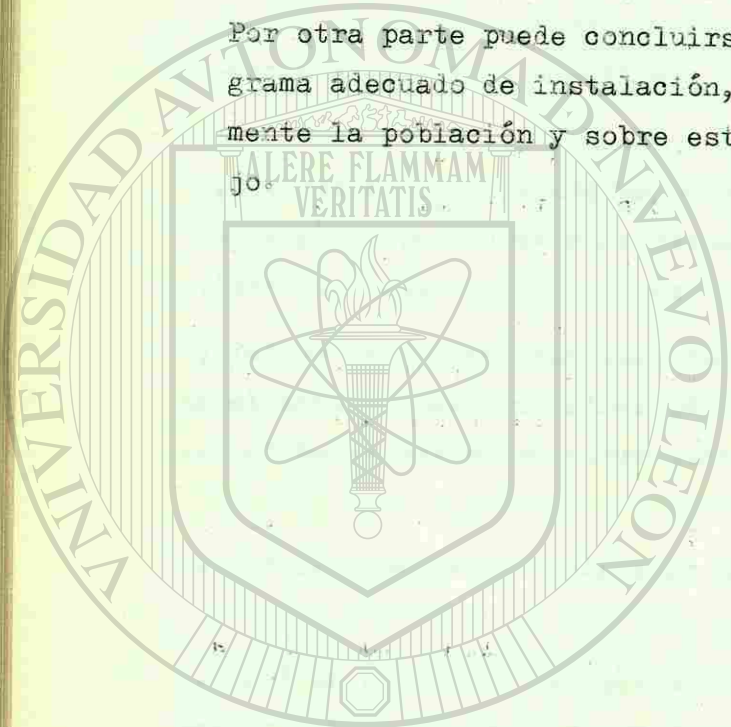
c) Una oficina donde se vayan registrando, los datos suministrados por el personal encargado de desarrollar el plan, con el fin de ir iniciando el proceso de lectura, facturación, etc.

Todos los sistemas aquí descritos, como esenciales para la instalación de los contadores, hacen ver la importancia tan grande que este trabajo tiene en el establecimiento de un sistema de medidores. Sin un buen



Montaje los aparatos no funcionarán, no podrán conservarse y su resultado así será el de un gasto inútil.

Por otra parte puede concluirse que para hacer un programa adecuado de instalación, hay que estudiar previamente la población y sobre esta base, planear el trabajo.



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

##### 5.- Conservación y Mantenimiento de los Contadores.

###### Importancia de la Conservación en el sistema de Medidores.

La finalidad que se persigue con la instalación de los contadores en los domicilios, es la de registrar, como ya lo hemos explicado, los consumos correspondientes a cada uno de los suscriptores de un Sistema de Agua.

Pero esta función que es la base de todo el sistema, no se cumplirá si los aparatos:

- a) No se puede leer
- b) No funcionan
- c) No registran dentro de los límites de precisión especificados.

Cualquiera de estas condiciones que no se cumpla, bastará para anular la totalidad del sistema y para hacer inútil el empleo de los contadores.

Es claro que, como ya se dijo, los primeros requisitos para lograr ese intento, son los de seleccionar e instalar correctamente los aparatos. Pero, no es suficiente tener instalados muy bien unos aparatos muy buenos, como no lo es tener un automóvil de la mejor fabricación en un estupendo garaje, si nunca se lava, se engrasa, se revisa y se repara.- Los medidores para cumplir su cometido, requieren lo mismo que los automóviles y que cualquier mecanismo, una labor permanente de



mantenimiento y reparación.- Intentar hacer economías en un sistema, no dándole a los contadores el servicio que ellos requieren, es desconocer su existencia y -- anular completamente su efecto. Más aún, se dijo en el primer capítulo, que una de las finalidades de los contadores era la del cobro equitativo y si ellos no se pueden leer o no funcionan o registran mal, el cobro a los suscriptores estará basado en un sistema arbitrario, que dependerá de lo que quiera fijarles el empleado encargado de las liquidaciones y que les dará derecho a exigir una tarifa fija la cual, en estas condiciones, será la más equitativa.

Cuando una Empresa se decide a establecer el sistema de medidores, debe proceder como cuando un individuo se decide a comprar un automóvil para su transporte, tiene que aceptar como un costo del vehículo lo que le demanda su conservación y mantenimiento y no puede desconocer el gasto correspondiente sin ser víctima de una absurda economía.

Como un ejemplo de lo que representa en el sistema de Medidores de un sistema, el abandono de los aparatos contadores, puede citarse el caso encontrado por el personal del Instituto Nacional de Fomento Municipal, en una población de las costas Colombianas, donde todas las conexiones estaban dotadas de medidor, pero.

- a) casi ninguno registraba.
- b) Los que se obstruían eran desarmados por los --

suscriptores, quienes dejaban dentro de la caja sus mecanismos, para poder disfrutar del poco servicio.

c) Las cajas en su mayoría estaban llenas del barro que les echaban los cangrejos, alojados debajo de ellas.

d) El encargado de liquidar, inventaba las lecturas y acomodaba los consumos por suposiciones tales como el número de personas que él calculaba había en los distintos domicilios y por los que llegaban o se iban.

Se logró establecer el taller y practicar una primera revisión, pero el problema no ha sido posible resolverlo completamente, debido a la falta de personal que la Empresa no está en capacidad de nombrar porque no le alcanza su presupuesto.- Sin embargo, se calcula que el costo del sistema de medidores, por suscriptor y por mes, puede pasar allí de \$1.00 col.- La población desde luego, sufre de un racionamiento permanente.

Probablemente la situación que vive esta población se está reproduciendo en otras muchas y los administradores de sus Acueductos no han llegado a darse cuenta de lo que representa el sistema de medidores, ni de que éste no funciona, si no existe una adecuada organización para su mantenimiento y reparación.

Bases para un programa de mantenimiento y reparación.

De acuerdo con lo expuesto en el punto anterior, los programas y las correspondientes organizaciones para el buen mantenimiento y la reparación de los contadores, --



deben establecerse con la finalidad de conseguir que, en forma permanente, todos los aparatos medidores:

- a) Se puedan leer
- b) Funcionen y registren
- c) No interfieran el servicio de agua a los suscriptores.
- d) Registren con la debida exactitud.

Si estos cuatro puntos se logran a cabalidad, no hay duda de que se ha conseguido una organización adecuada para el mantenimiento y la reparación.

Por otra parte, los trabajos que se necesita desarrollar, para obtener estas finalidades, pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- a) Rutinarios
- b) De emergencia

Con los del primer grupo se trata de prevenir oportunamente, que se presenten anomalías en la buena marcha del sistema de contadores, por ejemplo, revisando periódicamente el funcionamiento de los aparatos a varios gastos, para evitar que lleguen a registrar con una exactitud por debajo de la adoptada.

En cambio, con los del segundo, se trata de corregir oportunamente también, las anomalías que se vayan presentando. Por ejemplo, destrabar un contador tan pronto como se encuentre que ha dejado de registrar.

De estos dos grupos, los trabajos que incluye el primero, con los más difíciles de organizar y de controlar. No sucede lo mismo con los del segundo, porque entonces las consecuencias de él, obligan generalmente a actuar de inmediato, corrigiendo la anomalía.

En los trabajos rutinarios, es necesario elaborar un plan y desarrollarlo metódica y pacientemente. En los de emergencia no es posible un programa y se requiere una organización capaz de atender permanente y oportunamente, las fallas que se vayan presentando.

De acuerdo con esto, el plan de organización para las labores de mantenimiento y reparación, debe resultar de adaptar los procedimientos de rutina y emergencia, a las finalidades anotadas.

En algunas cosas será posible aprovechar la organización de otras dependencias de la Empresa, para ciertas labores que en el fondo son comunes y pueden realizarse mejor en esa forma.

Pero en general debe partirse de que la adopción de un sistema de medidores en un Acueducto, no se logra realizar si se limita únicamente a instalar los aparatos en los domicilios y no se integran las dependencias que estos aparatos requieren para cumplir sus funciones.

#### Equipos de trabajo para el mantenimiento y la reparación.

Tanto las labores de rutina como las de emergencia, destinadas al mantenimiento y reparación de los contadores



en un sistema de agua requieren una organización integrada por equipos de trabajo con funciones claramente definidas y que estén constituidos por elementos como siguientes:

- a) Personal debidamente adiestrado
- b) Herramientas adecuadas
- c) Instrumentos de comprobación y medida
- d) Talleres con dotación apropiada
- e) Vehículos para transporte del personal y de los elementos de trabajo.

La magnitud de los equipos y la cantidad de elementos con los cuales se integran, dependen del tamaño de la red que se considere y del total de medidores instalados. Pero en general los equipos necesarios, sea cualquiera su magnitud, pueden agruparse de la siguiente manera:

#### 1.- Equipos de Reclamos -

Destinados a atender las fallas de los servicios domiciliarios, ocasionados por los contadores.

#### 2.- Equipos para mantenimiento de Cajas y Tapas -

Para mantener en buen estado las cajas de los contadores y sus tapas.

#### 3.- Equipos para destrabe de contadores -

Organizados para restablecer el funcionamiento de los contadores que por una u otra razón, dejan de regis-

trar los consumos.

#### 4.- Equipos de Revisión -

Cuya finalidad es practicar periódicamente inspecciones en terreno a los aparatos, con el objeto de verificar su estado y exactitud y de producir los ajustes correspondientes.

#### 5.- Equipos de Reparación y Taller -

Integrados por personal, herramientas instrumentos y taller especializados en la reparación, calibración, ajuste y pruebas de los contadores.

Todos estos equipos giran alrededor de un centro común que es el Taller, el cual, no solamente repara y comprueba los aparatos, sino que da las orientaciones necesarias para la buena marcha del sistema total. Puede decirse que, en estas condiciones a pesar de que las modalidades de los distintos equipos varíen de acuerdo con la localidad, la organización de la Empresa, el número de contadores, etc., el Taller, siempre y en todas partes, será un organismo esencial para la buena marcha de todo Acueducto que adopte el sistema de Medidores.

Es claro que en una población pequeña, un tré de equipos, como el que se acaba de describir, puede resultar una organización desproporcionada con ella, pero existen formas y métodos que permiten simplificar el sistema, sin perder las bases fundamentales y aún en estas



circunstancias, el Taller, por pequeño que sea, constituirá la clave de los contadores.

Por estas razones en el presente trabajo dedicaremos un capítulo especial al tema de Talleres.

Para que los equipos detallados arriba, puedan realizar sus funciones, es necesario que ellos reciban las informaciones sobre los problemas que se vayan presentando. Las fuentes de esta información son:

a) Los lectores - Que tienen que visitar uno por uno todos los contadores, con frecuencias mensuales. Ellos pueden anotar simultáneamente con la lectura, las principales anomalías que encuentren y que normalmente son las siguientes.

1.- En las Cajas:

Sin tapa

Rota

Desnivelada

Consumida

Llena de barro o de agua

No existe.

2.- Escapes de agua

Por las conexiones

Por el Medidor

3.- En el Contador:

Sello roto

Vidrio roto

Vidrio empañado

Lectura ilegible.

Para facilitar el trabajo del lector, es posible adoptar una clave para cada tipo de daño, empleando para éste una letra o un número.

b) La Sección de Liquidación.

Quando se confronta la lectura actual con la del mes anterior, para determinar el consumo, puede resultar igual, indicándose así que el aparato se trabó.- Esta información debe suministrarse inmediatamente al Taller.

c) El Público.

Puede dar dos clases de información.- Una cuando le falla el servicio y otra cuando su cuenta sube del valor normal. La primera debe atenderse inmediatamente para restablecer el servicio. La segunda generalmente da origen a una revisión del aparato.

d) El personal de Revisiones.

Quando en desarrollo de sus programas rutinarios encuentra anomalías, daños y aparatos en malas condiciones, que es necesario reparar.

e) Los programas de rutina.

Que se hacen expresamente para observar el funcionamiento de los contadores.

Establecer las tramitaciones para que estas informaciones lleguen a su destino y crear los equipos y el Taller



necesarios para atenderlas, debe ser el punto de partida para la organización y funcionamiento del sistema de mantenimiento y reparación de los contadores.

Daremos a continuación los detalles de los distintos -- equipos y funciones.

#### 5.4- Atención de Reclamos -

Es esta una de las funciones de emergencia originada -- por la obstrucción o por la trabada del contador que de -- ja sin servicio un domicilio. La atención de estos ca-- sos tiene una doble finalidad. Por una parte y primero -- que todo, trata de restablecer el servicio al suscrip-- tor. Debe atenderse a la mayor brevedad posible. Por -- otra parte indica que hay un aparato que puede no estar -- registrando y por tanto requiere que se haga funcionar -- inmediatamente.

La organización correspondiente para la atención de es-- tos casos, no puede establecerse directamente en el Ta-- ller por las siguientes razones:

a) Cuando el suscriptor avisa que falló su servicio, no se sabe cual sea la causa.

No solamente se produce por culpa del contador sino que, puede tener diversos orígenes. Por tanto se necesita -- hacer previamente una revisión. De ella puede concluir-- se que el medidor está obstruido o trabado.

b) Estos casos tienen una urgencia y una prelación

mayor que las de muchos otros, por eso es más convenien-- te que sean atendidos por el personal que está encarga-- do de resolver estas emergencias.

c) Desde el punto de vista de las relaciones públi-- cas, no es aceptable que un trabajador de la Empresa va -- ya a resolver un problema y tenga que llamar a otro --- porque él no lo puede hacer. Fuera de que ésto represen -- ta un doble costo de mantenimiento.

Estas razones son suficientes para sostener que el man-- tenimiento de los contadores, cuando se debe a obstruc-- ciones o trabadas de los aparatos, que dan origen a fa-- llas del servicio de agua, deben quedar a cargo del per-- sonal que atiende los reclamos en general, pero este -- personal debe entonces tener un entrenamiento suficien-- te como para hacer debidamente, las limpiezas del conta-- dor.

Es muy importante hacer notar que, si estas fallas no -- se atienden con la mayor rapidez, lentamente el público -- irá descubriendo cómo la causa del mal servicio, son -- los contadores y tratará el mismo de desarmarlos para -- resolver su problema. Tal parece que sucedió en el caso -- de la población colombiana que citamos en el artículo -- 5.1.- Es decir la falta de una conservación del conta-- dor desmoraliza al público.

En Bogotá, que tiene 125000 contadores y 1600 km. de -- red, repartidos en una extensión de 7000 Hectáreas, re--



cibe diariamente entre 50 y 100 reclamos por causa de los medidores y éstos son debidamente atendidos por dos equipos provistos cada uno, de una camioneta con radioteléfono y dos o tres obreros que en esas condiciones, son capaces de atender de 10 a 15 casos diarios por trabajador.

#### 5.5- Mantenimiento de Cajas y Tapas -

Con esta función que podría establecerse en cierta forma, a base de programas de rutina, se trata de conseguir que la lectura de los contadores no se vaya a dificultar por causa de las cajas que lo alojan en la vía pública.

Los problemas que más frecuentemente ellas presentan y que pueden afectar la operación de lectura, son:

- a) Cajas tapadas que no se encuentren.
- b) Tapas rotas que permiten la entrada de tierra y de basuras a la cajilla, tapando el contador.
- c) Cajas llenas de tierra.
- d) Cajas inundadas con agua.

Las causas que dan origen a estas fallas son muy variadas, pero pueden citarse las siguientes como principales:

- 1.- Las calles sin pavimento y sin rasantes definidas, que tapan con tierra la caja y la ocultan. (En el art. 4.6 se indicó un procedimiento para colocar las cajas en forma tal que se evite este problema).

2.- La repavimentación de los andenes que se hace extendiendo la nueva capa de pavimento encima de las cajas y las desaparece.

3.- La subida de vehículos al andén que rompe las tapas y da así origen a que la cajilla se llene de tierra, muchas veces exprofesamente los mismos vecinos --- echan la tierra para evitar accidentes, en lugar de dar aviso, o si lo dan no se atiende oportunamente.

4.- Terrenos no porosos que retienen el agua de lluvia permanentemente entre la caja. (En estos casos debe construirse un dren a la caja).

Para atender el mantenimiento de las cajas, es posible organizar un equipo especial destinado a esta labor. -- Ese equipo puede estar construido por:

- 1.- Camión de 3 a 4 ton.
- 1.- Chofer
- 2.- Obreros

Arena, cemento y tapas.

Es conveniente que el chofer sea responsable de la ejecución del trabajo y los obreros estén bajo sus órdenes.

Estas funciones pueden desarrollarse en forma rutinaria a base de recorridos, programados en orden, por los distintos sectores de la Ciudad. Pero si se tiene en cuenta que los lectores visitan una vez al mes los aparatos, es más lógico aprovecharlos para que ellos den las informaciones y entonces el equipo trabaja con funciones de ---



emergencia.- La anotación que tenga que hacer el lector, no entraba las lecturas.

Este equipo de tapas es más conveniente que funcione bajo dependencia directa del Taller. Así se logra -- que se dedique exclusivamente a estas funciones y no que lentamente vaya abandonándolas.

En poblaciones pequeñas no se requiere la creación de un equipo especial. Es suficiente que, el personal de mantenimiento general de la red, lo haga, pero el Taller debe tener un control sobre el cumplimiento -- oportuno de las órdenes correspondientes.

Las informaciones suministradas por los lectores deben revisarse de vez en cuando, recorriendo la zona, al día siguiente de la lectura. Así se evitará que -- ellos puedan dar informaciones tendenciosas.

Una vez recibida la información, las cajas deben repararse inmediatamente y el trabajo debe concluirse, en todo caso antes de la lectura siguiente, de lo contrario la información puede repetirse y a la larga los -- lectores se desmoralizarán, fuera de que los consumos cobrados no corresponden con los reales.

#### 5.6- Destrabe de contadores -

Cuando al hacer la liquidación del consumo, con los <sup>da</sup>tos tomados por los lectores, aparece que:

- a) La lectura es igual a la del mes anterior.

- b) La diferencia de lectura arroja un valor muy bajo con relación a consumos anteriores.

La sección correspondiente de la Empresa debe pasar inmediatamente, la información de estos aparatos al Taller para que se proceda a revisarlos y repararlos si es el -- caso, ya que se interpreta el fenómeno como producido -- por una trabada del contador.

La atención de estos casos debe hacerse a la mayor brevedad posible. El problema del medidor trabado puede dar -- origen a tres lecturas por lo menos, que no correspondan con los consumos reales. En efecto, el contador puede -- dejar de registrar pocos días antes de la lectura anterior a la que descubrió la anomalía, por tanto esa estará ya afectada. Desde luego, la segunda, que dió un valor igual a la otra y finalmente, si se hace el trabajo antes de la tercera, ésta tampoco registrará el verdadero consumo. Una demora mayor de un mes, puede afectar -- por lo menos cuatro lecturas y si se sucede el caso en muchos contadores, el cobro no se verificará sobre valores reales y puede como es lo más frecuente, bajarse el ingreso mensual de la Empresa.

Para realizar el trabajo de revisión y reparación necesario, puede adoptarse uno de dos procedimientos:

- a) Retirar el contador y llevarlo al Taller para -- revisión y reparación.
- b) Revisar en el terreno directamente los contado--



res y si es posible, repararlos allí.

El primer procedimiento es mas aconsejable cuando el número de contadores trabados, que aparece mensualmente, es muy pequeño. Entonces la fórmula más adecuada consiste en tener en el Taller, una existencia de aparatos en buen estado de funcionamiento y disponer de una cuadrilla de obreros que lleve medidores de estos al terreno y los cambie por los que están sin registrar.

Cuando se trata de una población pequeña, este trabajo puede hacerse a pie, y si hay que transportar varios medidores, puede utilizarse una carretilla. Si la Ciudad es grande y el número de contadores es pequeño, puede utilizarse una bicicleta con canasta o un triciclo con caja, para ésto, si la cantidad de contadores es grande, en las ciudades hay que emplear vehículos para transportar el personal y los contadores.

La experiencia de Bogotá, cuando se empleó este sistema, dió un rendimiento cercano a treinta o treinta y cinco aparatos por obrero, en jornada de ocho horas.

El segundo procedimiento hay que utilizarlo cuando el número de contadores es grande. En este caso conviene emplear un vehículo provisto de un banco de trabajo portátil, dotado de un pequeño equipo para desarmar y lavar los aparatos.- Este equipo debe situarse en un punto apropiado del sector donde se esta trabajan-

do. Allí se llevan los contadores, se lavan y se comprueba que quedan funcionando. Si aparece algún daño diferente, el medidor debe pasarse al Taller y dejar en cambio otro en la conexión domiciliar. Podría emplearse un niple de longitud igual a la del contador, pero este procedimiento tiene el inconveniente de obligar a un segundo viaje. El rendimiento que nosotros hemos observado con obreros prácticos, es de 20 aparatos por obrero, en 8 horas de jornada, pero este número no llega a 10 si ellos no están suficientemente prácticos.

En Bogotá, tenemos actualmente un promedio de cuatro a cinco mil contadores volumétricos trabados y los atendemos con un equipo integrado por una camioneta, un chofer (responsable del trabajo y 10 obreros. El rendimiento llega a 200 aparatos por día, de los cuales un uno por ciento, tienen que ir al Taller.- Cuando el número de contadores aumenta de cuatro mil, es necesario trabajar horas extras. Lo mismo sucede al principio, cuando se cambia el personal por uno menos entrenando.

#### Revisión de Contadores -

Corresponde esta función a un trabajo de los del grupo rutinario, que se establece basándose en dos criterios.

a) Un contador no puede trabajar indefinidamente sin que se le practiquen revisiones que garanticen su



funcionamiento adecuado.

b) Los aparatos de los grandes consumidores deben controlarse frecuentemente para prevenir fallas que afecten sus registros notablemente y puedan llegar a influir en los ingresos de la Empresa.

Por esta razón puede decirse que los equipos de revisión que se establecen, tienen por objeto;

1o.- Vigilar con gran frecuencia, los contadores de aquellos suscriptores que consumen la mayor cantidad de agua y dan por tanto grandes ingresos, para que su funcionamiento sea permanente y sus registros se verifiquen con la mayor exactitud posible.

2o.- Revisar el resto de los aparatos a intervalos convenientemente fijados, como para obtener que ellos funcionen debidamente.

El programa que estos trabajos rutinarios necesitan, requiere para establecerse, dos cosas principalmente.

a) Determinar el período o períodos más conveniente para los distintos tipos de contadores.

b) Fijar el método que debe emplearse en su revisión.

Existen algunas normas y recomendaciones de tipo general, pero se considera siempre que esta revisión rutinaria, depende en su mayor parte de las condiciones

locales de la ciudad.

Las recomendaciones referentes al período más conveniente para revisión, fijan unas, el tiempo máximo que puede trabajar un contador sin necesidad de revisarlo, otras establecen el número de metros cúbicos que puede registrar sin esa revisión.

Las que fijan el límite de tiempo como norma parten de que, cualquiera que sea el consumo, debe llegar un día en que el contador haya de revisarse. Las que utilizan el consumo, parten más bien de aceptar que, cuando un medidor pase de determinado número de metros cúbicos registrados, puede encontrarse ya en malas condiciones.

Ambas normas son lógicas y por tanto deben emplearse en tal forma que, cuando cualquiera de las dos cosas, ó el consumo o el tiempo, se suceda, el medidor debe someterse a revisión.

Sin embargo las recomendaciones que se hacen basándose, bien en tiempo o bien en cantidad registrada, consideramos que deben tomarse solo como orientación, para la iniciación de los programas rutinarios.

El problema de establecer el intervalo de tiempo, es realmente no solo de tipo particular, para cada localidad, sino esencialmente de orden económico.

En efecto, a medida que transcurre el tiempo, en los medidores, por diversas causas, se van afectando sus mecanismos reduciéndose lentamente, su sensibilidad y la



para la precisión de los registros. Por tanto, los ingresos correspondientes van sufriendo una pérdida que llegará a ser grande si nunca se revisan y se ajustan.

En estas condiciones es lógico decir que:

1o.- La revisión rutinaria es necesario hacerla.

2o.- Si es muy frecuente, el costo de este trabajo puede ser superior al valor de la pérdida en ingresos.

3o.- En cambio si las revisiones se hacen a intervalos de tiempo muy distanciados, sucederá lo contrario, es decir, las pérdidas en ingresos serán mayores que los costos del trabajo.

4o.- Por lo tanto existe un tiempo tal que, por encima de él, serán mayores las pérdidas por ingresos y por debajo, resultarán mayores los costos de mantenimiento. Este tiempo límite es pues el intervalo que debe adoptarse como base de los programas rutinarios.

En este sentido es interesante citar aquí, lo establecido por el Sr. Richard V. Ford, en un artículo publicado en 1.957, en "Water and Sewage Works" (No. 104), según el cual, "Los máximos ingresos netos de un Acueducto con medidores, se obtienen cuando los costos de reparación y mantenimiento de sus contadores, son iguales a lo que se dejaría de recaudar si estos trabajos no se llevaran a cabo".

De acuerdo con todo lo anterior, puede concluirse que,

el intervalo entre las revisiones rutinarias depende de varios factores, tales como:

- 1.- Tarifas
- 2.- Calidad del agua.
- 3.- Gastos de consumo
- 4.- Calidad del trabajo en las reparaciones
- 5.- Costo de las revisiones y reparaciones
- 6.- Calidad de los Medidores.

Diversos trabajos se han publicado sobre cálculos efectuados, en este sentido, por varios Acueductos. Se puede citar aquí, como interesante por desarrollar fórmulas de tipo general, uno elaborado por la "Pacific Gas And Electric Co." destinado a los diez Acueductos que controla esa Compañía, en California (El trabajo se puede consultar en Water Works Engineering -Noviembre 1961).

En estos estudios se concluye que, para las condiciones de las localidades analizadas, el período óptimo se encuentra a los 14 o 15 años y el artículo citado dice -- que, aplicando el método a varios Acueductos, se ha encontrado que en ellos varía, entre 10 y 20 años. ®

Para fijar ideas y dar una orientación práctica, creemos que lo más conveniente para los Acueductos, que inician un programa de Medidores, es proceder en la siguiente forma:



1o.- Dividir los contadores en dos grandes grupos así:

- A.- Los de Altos consumos
- B.- Los de consumo normal.

2o.- Iniciar desde un principio la revisión rutinaria para los del grupo A, empleando un período no menor de seis meses y estudiando además la conveniencia, de acuerdo con los resultados que se obtengan, de reducir ese tiempo.

3o.- Adoptar para el resto un intervalo de cinco años para la revisión mientras la experiencia de la población permita fijar el período adecuado.

Aplicando este procedimiento a una ciudad que dispusiera de 300 medidores del grupo A y cinco mil del B, sería necesario practicar diariamente de dos a tres revisiones de los primeros y unas cuatro de las segundas.

Si todos estos aparatos se llevan al Taller, esa dependencia debe diseñarse para atender el servicio de más de 7 a 10 medidores diariamente, fuera de los que llegan por otras causas diferentes a las de la rutina. Pero si los del grupo B se revisan cada diez años, el número se reduce a cerca de 5 diarios.

En cuanto al método que debe emplearse, para realizar el correspondiente trabajo de rutina, se pueden sentar las siguientes bases:

1a.- El ideal sería retirar todos los contadores y llevarlos al Taller para revisión, reparación y ajuste.

2a.- Sin embargo, los aparatos de 2" y mayores, es difícil removerlos y además requieren instalaciones de taller bastante complejas y costosas.

3a.- Por esta razón esos aparatos deben revisarse y repararse en terreno, empleando equipos portátiles.

4a.- Los contadores de tamaño normal deben removerse y llevarse al Taller. Para esto, un método bastante práctico, consiste en tener allí un stock de medidores similares, listo y cambiarlos por los que se retiran. Así se evita una segunda ida del personal al terreno.

5a.- La revisión rutinaria requiere llevar un registro adecuado en el Taller. Este registro es conveniente hacerlo a base de fichas por cada aparato. El exámen periódico de ellas permitirá seleccionar debidamente los medidores para cada programa de trabajo.

Los equipos que el plan rutinario necesita, dependen de las condiciones locales, como son número de contadores, frecuencia, etc., pero de todos modos es indispensable disponer por lo menos de:

a) Un Taller debidamente dotado para reparación, revisión ajuste y pruebas.

b) Un equipo portátil para pruebas y juegos de Herramienta.



c) Personal suficiente y capacitado para el trabajo de campo y de Taller.

d) Vehículos o carretillas para transporte de medidores.

El equipo portátil puede establecerse de tres maneras:

a) Un medidor patrón con orificios calibrados.- Estos dan los gastos de prueba y el contador compara los registros.

b) Un indicador de gastos del tipo "Rotámetro" y un tanque calibrado portátil.

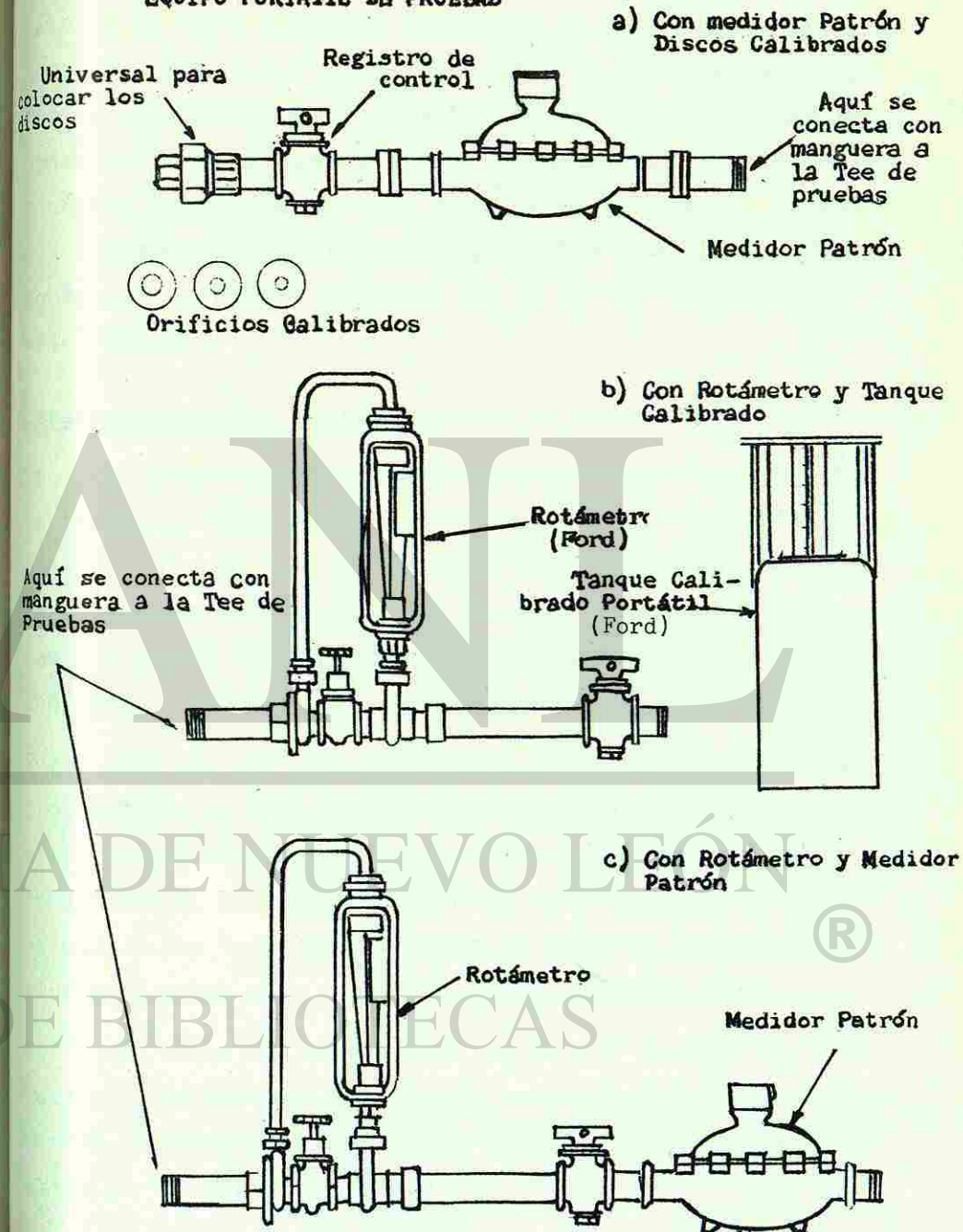
c) Un Medidor patrón y un indicador de gastos.

El equipo que es el más conveniente a juicio nuestro, por que el indicador de gastos da más facilmente la indicación de los flujos que los orificios y el Medidor patrón reemplaza con ventaja al tanque calibrado porque éste necesitaría un volumen grande para hacer pruebas a gastos altos.

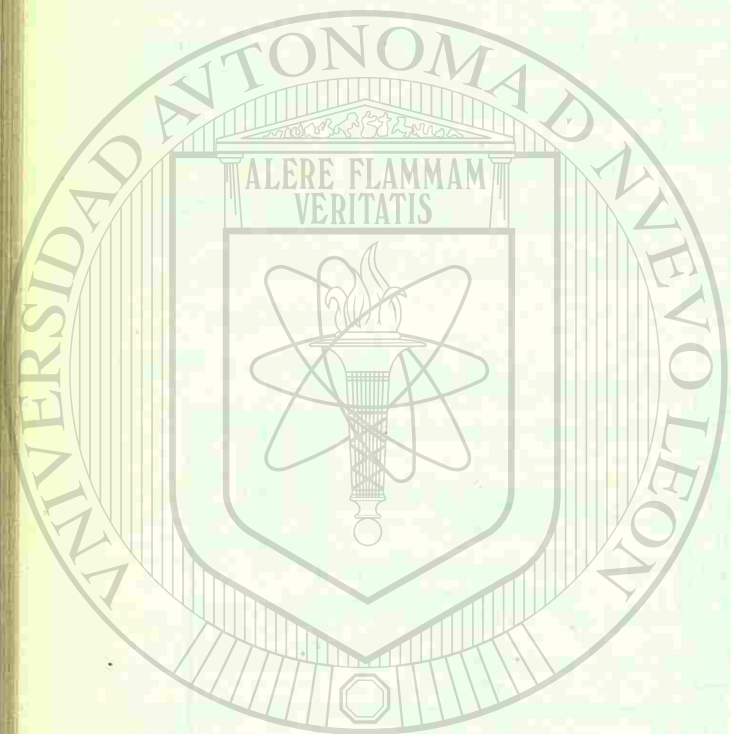
La revisión rutinaria es de gran importancia para el buen funcionamiento de los contadores y es fundamental dentro del sistema de medidores.- En un sistema de agua que tenga el ciento por ciento de los suscriptores medidos, podrá conocerse que tan bueno es el mantenimiento de sus contadores y por tanto, qué tan efectivo su programa, por la relación entre el agua suministrada al total de la población y el agua vendida, es -

Figura 5.1

EQUIPO PORTATIL DE PRUEBAS







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

decir, la suma de lo registrado por los aparatos. El --  
cálculo de esta relación debe hacerse sobre consumos --  
anuales, porque los datos mensuales quedan afectados --  
por la diferencia entre las fechas de lectura de los --  
aparatos domiciliarios y los de totalizadores de las ---  
plantas. Pero debe siempre tenerse en cuenta que en es-  
tos planes, la revisión más importante y a la cual debe  
ponérsele el máximo cuidado, es la de los Medidores de  
alto consumo.

#### Reparación de los Contadores. -

En esta operación, la función que corresponde al equipo  
de trabajo, destinado a corregir cualquier desperfecto  
que se presente en los aparatos Medidores y debe consi-  
derarse, por ésto dentro del proceso de mantenimiento -  
como la parte más importante y fundamental de todo el -  
conjunto.

Puede decirse que las labores de reparación constituyen  
propiamente el mantenimiento de los contadores y que si  
ellas no se establecen debidamente en un Acueducto, la  
conservación de esos aparatos no existirá y el sistema  
de medidores terminará dejando de ser una de sus inver-  
siones vitales para convertirse en un gasto inútil.

Con este criterio deben organizarse los equipos de repa-  
ración y de acuerdo con lo que hemos anotado en varios  
puntos del presente capítulo, es indispensable que ---  
ellos se encarguen de atender:



a) Los contadores que envíe el equipo de reclamos, provenientes de la investigación, que él hace, cuando se presenta una falla de servicio ocasionada por un medidor trabado, no por arena o por otro elemento similar, sino por un daño en su mecanismo.

b) Los contadores que remita el equipo de destrabe y que correspondan a los aparatos que dejaron de registrar.

c) Los que, como consecuencia de las labores rutinarias se retiren para revisar y reparar.

d) Los aparatos sobre los cuales informan los lectores, que se encuentran en malas condiciones y que el taller debe retirar para su reparación.

e) Aquellos aparatos correspondientes a suscriptores que han reclamado por alto consumo y que la sección respectiva solicita se prueben y revisen.

f) Los aparatos que van a instalarse por primera vez y que el Taller debe revisar y probar para que se den al servicio, garantizando su funcionamiento.

Para reparar los contadores que el equipo de reparaciones recibe en estas condiciones, se requiere que él esté integrado por:

1.- Un Taller debidamente dotado y de suficiente capacidad como para atender el volumen de trabajo que se presente.

2.- Un proceso metódico y ordenado de operaciones tales que,

a) Determinen el estado en que llega el contador

b) Corrijan sus defectos

c) Garanticen que queda en condiciones correctas de funcionamiento.

3.- Un personal debidamente capacitado para ejecutar las distintas partes del proceso de operaciones.

4.- Una existencia de repuestos en cantidad suficiente como para cambiar las piezas que se encuentren en malas condiciones.

Si estas partes que integran el equipo, no están todas ó quedan mal establecidas, las reparaciones no darán garantía y prácticamente no existirá la conservación de los medidores a pesar de las sumas de dinero que en ella se inviertan.

La parte correspondiente al Taller, la detallaremos en el Capítulo siguiente y por ahora nos limitaremos a los puntos restantes.

#### 9- Proceso de Operaciones para reparar Contadores. - ®

La serie de operaciones que se sigue al verificar el arreglo de un medidor, es algo de gran importancia y que debe hacerse con el máximo orden y cuidado. Las fundamentales son:



1o.- Prueba inicial - Consiste en examinar el Contador cuando llega a reparación y antes de iniciar cualquier otra operación.

Se hace determinando sus características de funcionamiento en el Banco de Pruebas.

2o.- Desarme y limpieza total de las distintas partes del Medidor.

3o.- Revisión cuidadosa, reparación de partes defectuosas y ensamble.

4o.- Prueba y calibración de acuerdo con las normas de precisión.

5o.- Ajuste.

6o.- Prueba final.

Este proceso debe repetirse con todos y cada uno de los contadores y se ve que puede resumirse en cuatro grupos de trabajo.

- a) Pruebas y calibración
- b) Limpieza
- c) Reparación
- d) Ajuste.

#### 5.10- Pruebas y Calibración.

Las pruebas tienen por objeto determinar las características de sensibilidad, precisión y pérdida de carga.

Las pruebas tienen por objeto determinar las características de sensibilidad, precisión y pérdida de carga.

La calibración es una operación que trata de corregir la precisión, ajustándola a las normas.

Tanto las unas como la otra, son de especial importancia.

Las pruebas son el último término, las que determinan si el contador está o no funcionando correctamente. Son pues el eje de todos los procesos en los medidores. Sin ellas, es imposible lograr que los contadores cumplan a cabalidad su función.- La calibración es una consecuencia de la misma prueba y su importancia es tal que de ella dependen en parte los ingresos de la Empresa y los mayores costos de mantenimiento.

Las pruebas que se pueden hacer a un contador, son tres:

- a) sensibilidad
- b) Pérdida de carga
- c) Precisión.

La de sensibilidad consiste en colocar el contador en el banco de pruebas y pasar lenta y cuidadosamente, partiendo de cero, un flujo creciente hasta que el contador inicie su registro. El gasto a la cuál se suceda esto, será su sensibilidad.



Esta prueba conviene hacerla varias veces en la misma forma y para que sea efectiva se requiere que, el flujo no este sometido a cambios bruscos capaces de producir un impacto que llegue a vencer la inercia del aparato.

La prueba de pérdida de carga, se hace para conocer la ley de variación que sigue al contador a lo largo de su campo de funcionamiento y para determinar su capacidad nominal. Esta, por definición, será la que produzca una pérdida de carga de 10 Mts. La serie de gastos debe escogerse de tal manera que dé un número de puntos suficientes como para trazar la curva. Para esta prueba pueden emplearse dos manómetros, situados en los puntos de entrada y salida del agua al aparato, ellos deben estar debidamente calibrados y ser de un tipo de esfera que permita leer fácilmente valores pequeños. La pérdida de carga estará dada por la diferencia de las dos lecturas, en cada gasto. Para resultados mas precisos, puede utilizarse un manómetro diferencial de mercurio.

La prueba de precisión es la más importante de las tres y la que se hace con mayor frecuencia. Tiene por objeto determinar el porcentaje del agua pasada, que registra a cada gasto.

Esta prueba se necesita hacer en los casos de:

a) Medidores nuevos, con el fin de comprobar sus características y su ajuste.

b) Contadores que correspondan a un reclamo de alto consumo, tendiente a comprobar su correcto funcionamiento dentro de los límites aceptados.

c) Aparatos que llegan para reparación antes de hacerles cualquier otra operación. Esta prueba se llama "de entrada".

d) Medidores reparados, bien para calibrarlos ó bien para aceptarlos, en cuyo caso, se llama "prueba de salida".

Para las pruebas que se hagan en cualquiera de estos casos, se requiere establecer previamente tres normas o factores fundamentales:

1o.- El número de gastos de flujo y su magnitud, a las cuales debe verificarse la prueba para determinar la eficiencia global del medidor.

2o.- Las cantidades totales de agua que, deben pasarse a cada rato de flujo, para que se alcance a estimar debidamente la precisión del contador.

3o.- Los límites de precisión dentro de los cuales debe registrar el medidor en cada gasto, para que pueda aceptarse.

Las siguientes recomendaciones, basadas en parte en el artículo "Recommended Procedure For Testing Water Meters" aparecido como una publicación preliminar en el No. 40 de "Willing Water", propuestas por el "Meter Committee"



de la AWWA, las hemos considerado de gran interés para fijar ideas claras al respecto.

1o.- Número de gastos de prueba.- Tanto en el caso de los medidores volumétricos como en el de los de velocidad, son necesarias para una prueba adecuada, tres gastos que se denominan, "Máximo", "Mínimo" é "Intermedio". - Para los compuestos, se requiere por lo menos una más, o mejor variar más dentro de la zona de cambio.

2o.- Gasto Máximo. - Generalmente se toma para este, el gasto correspondiente a la capacidad nominal del contador, como entre los flujos muy bajos y los gastos bien elevados, existe un punto intermedio de máximo registro, por encima del cual la curva de precisión tiende a ser horizontal, habrá poca diferencia entre las exactitudes, correspondientes a los varios gastos, de esa zona amplia. Por ésto, la selección de un gasto máximo, no es de gran importancia y puede -- pues escogerse una igual a los tres cuartos de la capacidad nominal del contador que, tiene la gran ventaja sobre la otra, de dar menos pérdida de carga cuando se prueban varios medidores en serie y necesita -- por tanto una presión menor. Además, los medidores están diseñados para que solo raras veces trabajen a su máxima capacidad.

3o.- Gasto Intermedio. - Esta debe ser la corres--

Figura 5.2  
Ratas de prueba para medidores de velocidad (Europeos)

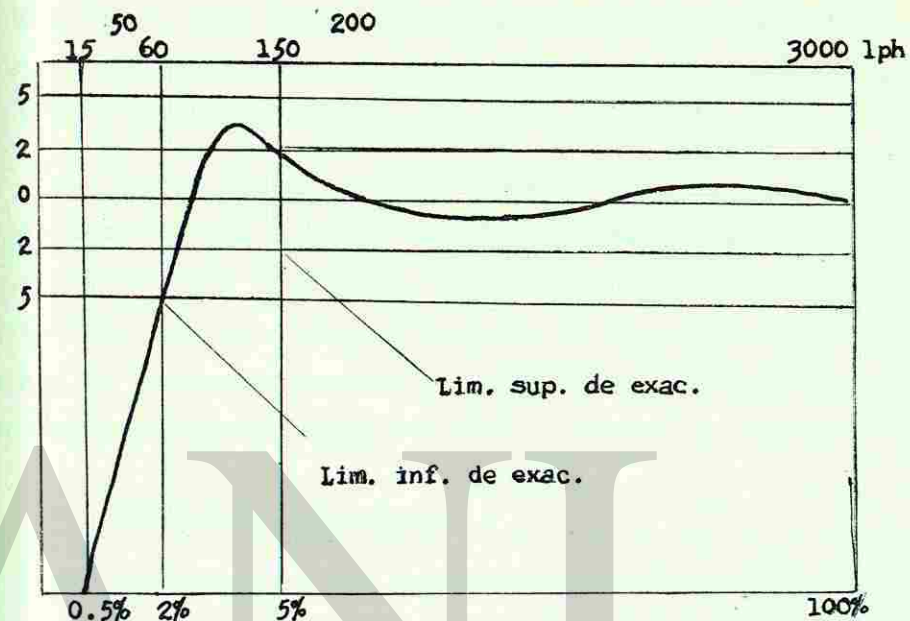
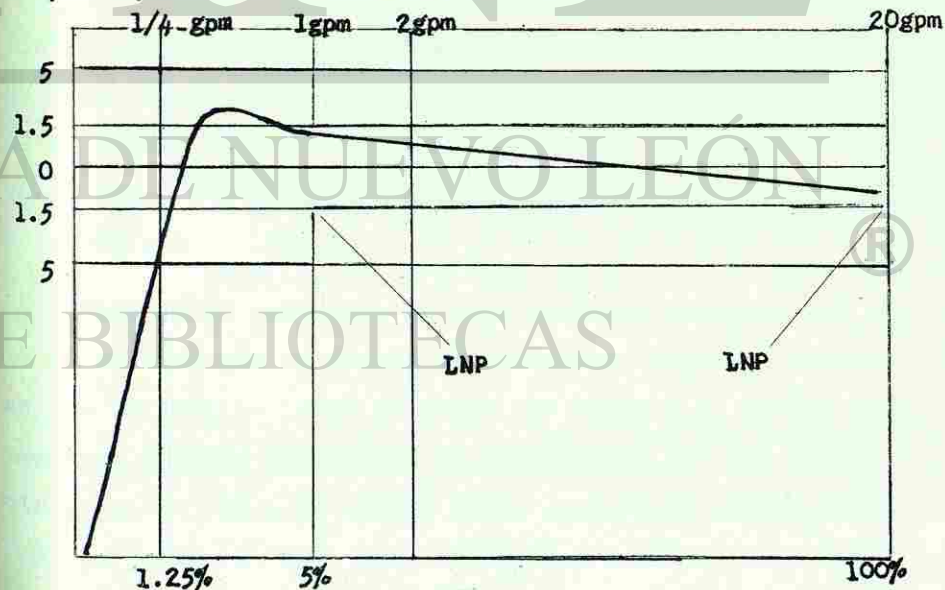
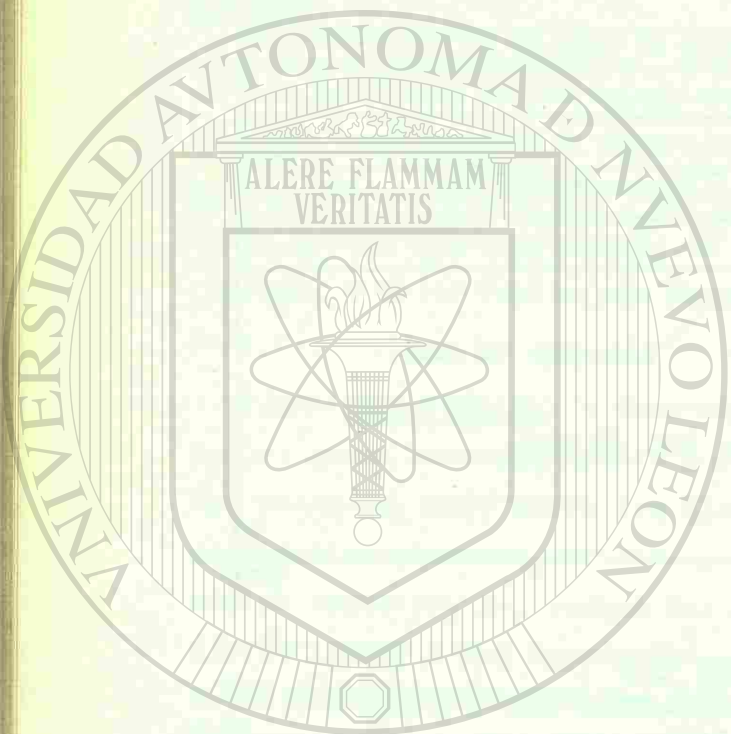


Figura 5.3  
(Amer.) Ratas de prueba para medidores volumétricos de 5/8







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

pondiente al punto máximo de registro o a uno muy cercano a éste, para garantizar que no se presentan sobre registros excesivos a ningún gasto. Es conveniente usar un 10% de la capacidad nominal.

4o.- Gasto Mínimo.- Esta tiene el interés, sobre las otras dos, de que muestra más la calidad de la reparación que se haya efectuado. Debe seleccionarse como para garantizar que el contador no deja de registrar a flujos bajos. Es conveniente usar el gasto límite inferior dada por las especificaciones.

3o.- Cantidades de agua.-

El grado de error que el volumen de agua pasado pueda producir en la apreciación de los registros, depende de la precisión de los equipos de prueba y de la facilidad de visualizar correctamente las lecturas.

Los equipos comerciales pueden dar un error inferior al 0.3%. La precisión de éstos, depende en gran parte de la relación entre la superficie del tanque y su altura. Para una misma sección de la base será más preciso el de mayor altura.

La apreciación correcta de las lecturas depende del tipo de esfera que tenga el registrador. Algunos disponen de manecilla larga y otros de manecilla corta. Además unos vienen graduados en cuadrantes de 100 lts. y otros de 10 lts.- El error mayor estará en el de 100-



que en el de 10.- Es recomendable emplear registradores especiales de prueba, que amplian el campo de las lecturas. Pero en este caso debe procurarse emplear un dispositivo que, amplie los movimientos de la manecilla, sin cambiar el registrador del medidor. De todos modos, úse se o nó registrador de prueba, la cantidad de agua debe pasarse, conviene que corresponda a un número completo de revoluciones de la manecilla, para evitar, que, las desigualadas en la graduación del cuadrante, sean motivo de error.

#### 4o.- Límites de Precisión.

Es conveniente que la precisión para los gastos intermedios y Máximo, sea la aceptada en esas zonas por las especificaciones. Es decir, 98,5 y 101,5 para los americanos y 98 y 102 para los europeos. No sucede lo mismo con el de gasto mínimo.- El medidor nuevo debe tener la exactitud fijada por las normas a ese gasto, pero el que ha sido sometido a reparación, no se considera económico que llegue a un grado de exactitud tan alto. Las recomendaciones en referencia, se inclinan por aceptar una precisión entre el 90 y el 101.5 para los volumétricos, con una buena reparación.- Pero consideran que no ha sido bien ejecutado un trabajo de Taller cuando no se llegue al 80% por lo menos cualquiera que sea la edad del contador.

Basados en esas observaciones, los cuadros de la página siguiente, resumen unas posibles recomendaciones sobre

pruebas de algunos tipos de contador que puedan aplicarse en los varios casos que se presenten.

En los casos de prueba correspondientes a reclamos de los suscriptores, por alto consumo, conviene darle mayor importancia al gasto intermedio de prueba, por corresponder a la zona de sobregistro. Es interesante seleccionar aquí, unos tres gastos de prueba, entre el 2% y el 10% de la capacidad nominal del contador.

La Calibración de los medidores, consiste en ajustar su funcionamiento a las condiciones normales de precisión establecidas por las especificaciones adoptadas.

Este trabajo debe hacerse de acuerdo con los resultados de la prueba. Los Contadores normalmente traen un dispositivo para calibrarlo así :

a) En los volumétricos, son un par de piñones, llamados "De cambio" uno en el registrador y otro en el cuerpo del medidor. Cambiando uno de ellos o ambos, se varía la velocidad del registro.

b) En los de velocidad hay dos tipos, unos con aletas situadas dentro de la cámara de registro que hacen variar la velocidad del agua que pasa por la turbina, de acuerdo con la inclinación que se les dé. Otros tienen a la entrada una pequeña válvula de paso que en unos modelos desvía parte del agua para que no pase por la turbina y en algunos otros, varía la sección de entrada, ajustando así la velocidad.



Una vez hecha esta calibración, se debe repetir la prueba y si no da resultados aceptables, es necesario entrar a hacer un mejor ajuste, probablemente cambiando piezas etc.- De acuerdo con el grado de precisión que se quiera obtener, la calibración puede llegar a costos elevados, por esta razón es muy importante el establecimiento previo de los límites de precisión más convenientes para obtener resultados económicamente aceptables.

Un buen criterio en este sentido puede ser la clasificación de los consumidores, de acuerdo con lo que ellos representen en ingresos para la Empresa.

#### 5.11- Limpieza de los Contadores.-

Es una operación indispensable, antes de iniciar la revisión y reparación y requiere previamente desarmar el contador, para lo cual, debe disponerse de un banco de trabajo llamado "De Desarme".

El procedimiento más sencillo consiste en lavar simplemente con agua, cepillo de cerdas y gasolina, para remover la grasa. Se necesita como equipo un lavadero similar a los lavaplatos de las cocinas, pero más profundo.

Otro método, más rápido y de resultados excelentes, es, el de "Baño de Acido" que sirve para limpiar las partes del contador, que no sean de hierro, y consiste en sumergirlas por un tiempo corto (máximo 1/2 hora), en

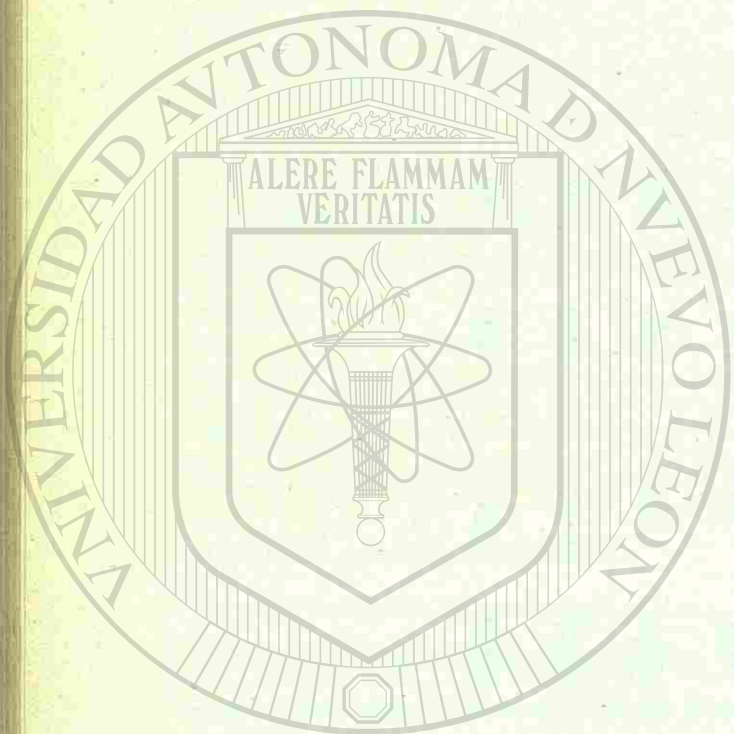
#### PRUEBAS RECOMENDADAS PARA MEDIDORES DE DISCO

DIAM. plg.	MAXIMA		INTERMEDIA		MINIMA	
	Gasto	C/dad.	Gasto	C/dad.	Gasto	C/dad.
5/8	3000	100	500	50	60	10
3/4	5500	100	700	50	120	10
1	9000	100	1000	50	180	10
1 1/2	18000	100	2000	100	300	50
2	20000	100	3500	450	450	50

GASTO en liros por hora.

CANTIDAD en litros.





una solución de 50% de ácido clorhídrico y 50% de agua. Enjuagar luego cuidadosamente con agua caliente y soda y secar después.

Este procedimiento requiere una instalación especial y cuidado al hacerlo. El tiempo que se emplea y el grado de limpieza que se logra, lo hacen mucho más ventajoso que el primero.

Para limpiar y pulir la carcasa de los aparatos, se emplea en algunos Talleres un procedimiento a base de un chorro de arena lanzado sobre el medidor, al cual se le ha quitado el registrador y se ha montado sobre un disco giratorio, dentro de una cámara cerrada, provisto de una ventanilla de vidrio para observar el trabajo.

El equipo necesario es relativamente fácil de fabricar y el acabado que deja el medidor es muy bueno.

El número del Journal de la AWWA, correspondiente al mes de Septiembre de 1.962, trae un informe, del señor Charles L. Stuart - Vicepresidente de la Southern California Water Co. referente al uso de ondas ultrasónicas para la limpieza de contadores, que ellos vienen empleando desde 1.960. El equipo consiste en un generador transistorizado de 1200 W. combinado con un tanque de acero inoxidable de 10 galones de capacidad, que se llenan con una solución de un compuesto para limpieza (se emplea para acelerar el proceso) y donde se introducen todas las piezas desarmadas, de tres contadores



al tiempo. La operación dura 10 minutos y el aparato logra limpiar 72 medidores diarios. El costo del equipo es de US \$2,000.00 y de acuerdo con este informe, los resultados han sido ampliamente satisfactorios y se ha logrado aumentar el rendimiento de lavado, pasando de 40 medidores diarios que se procesaban antes, a 72 en la actualidad.

#### 5.12- Reparación y Ajuste.

Esta etapa se inicia una vez terminada la limpieza del aparato. Consiste en revisar y reparar el contador hasta dejarlo en condiciones tales de funcionamiento que, se consideren pueda cumplir las normas de prueba.

El trabajo debe ser ejecutado por personal capacitado, con las herramientas adecuadas y siguiendo un orden de finido así:

- a) Registrador
- b) Tres de piñones
- c) Cámara de medida y sus elementos.

Cada una de estas partes deben desarmarse totalmente y someterse a una cuidadosa revisión de cada uno de sus elementos, observando su desgaste y cambiando las piezas que no se encuentren en buenas condiciones. En los medidores de disco es necesario hacer una especial revisión de la cámara, el disco, la esfera y el eje, sobretodo en lo referente a desgaste, corrosión y juego que presenten. Cada parte debe armarse, luego de revi-

sadas y separadas sus piezas, con cuidado, comprobando separadamente la suavidad de su funcionamiento.

Si después de armado totalmente el contador, se observa que no funciona o lo hace incorrectamente, debe someterse a un proceso de ajuste.

En esta etapa de la reparación, es conveniente separar las funciones de la reparación y del ajuste, en tal forma que ellas se hagan en bancos diferentes. Al banco del ajuste llegarán los aparatos que no funcionan bien después de la reparación y los que después de la prueba no se logró calibrar adecuadamente. Este banco puede dotarse de una fuente de aire comprimido para hacer comprobaciones rápidas de funcionamiento.

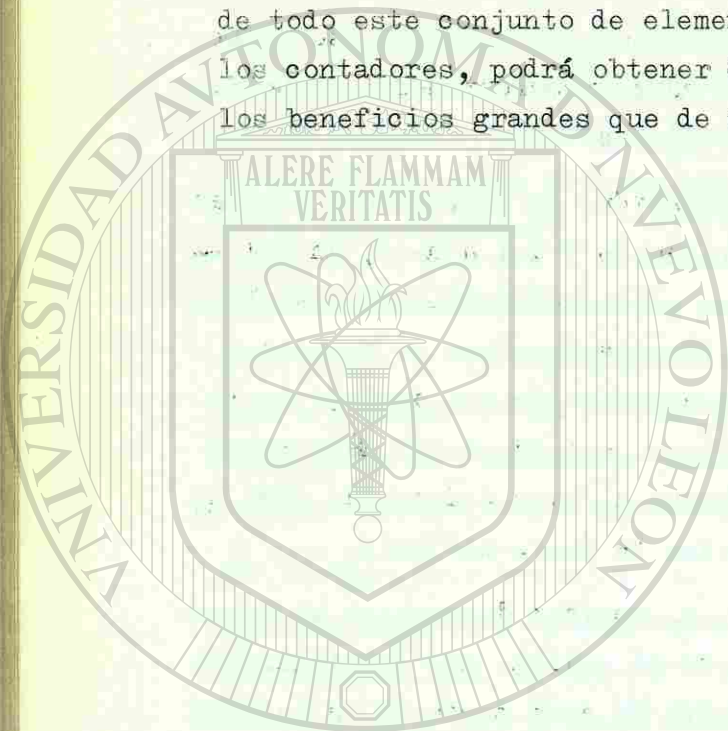
Terminado este proceso, el medidor debe pasar al banco de pruebas para la prueba de salida. Los resultados que se obtengan dependerán en gran parte de la calidad de trabajo que se haya hecho y éste a su vez dependerá, principalmente:

- a) De la habilidad y capacidad del personal.
- b) De la herramienta que se haya empleado.
- c) Del equipo que se disponga.

Este funcionamiento correcto de los contadores y su exactitud de registro, se ve así que solo los logrará un Acueducto cuando su organización de mantenimiento y reparación sea completa y disponga del personal capaz y de las herramientas y equipos adecuados para cada --



trabajo. Por ésto, la administración de una Empresa de servicio de agua, debe saber que, solamente si dispone de todo este conjunto de elementos, una vez instalados los contadores, podrá obtener del sistema de medidores los beneficios grandes que de él se esperan.



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 6.- El Taller de Medidores.-

### Su necesidad, importancia y funciones.

Todo el proceso de reparación y mantenimiento que, a grandes rasgos, describimos en el capítulo anterior, no es posible llevarlo a cabo si no se dispone de los elementos necesarios. Entre éstos, el más importante y que puede considerarse como el punto central, de la medida del agua, es el Taller de Medidores.

Su necesidad se desprende de la esencia misma de los contadores. Estos son unos aparatos que, para su buen funcionamiento requieren que se les controle y se les conserve.

Su mecanismo debe revisarse y repararse y su marcha debe comprobarse y calibrarse. Para lograrlo, es indispensable que exista un local apropiado, dotado de las herramientas e instrumentos necesarios para cumplir con ese requisito y este local, así dotado y debidamente organizado, es lo que denominado Taller.

Su importancia, puede apreciarse, si se tiene en cuenta que todo el sistema de medidores depende del funcionamiento de los aparatos de medida y éste, a su vez depende, del buen servicio que permanentemente se les preste a ellos.

Puede decirse que al adoptar un Acueducto el sistema de medidores, antes de adquirirlos tiene que establecer un centro para iniciar los ensayos de los tipos,



marcas y modelos de los aparatos que va a seleccionar y además, al empezar su instalación en los domicilios, se requiere que ellas lleven una garantía de buen funcionamiento, garantía que solo podrá acreditar la Empresa ante el público, si dispone de un centro como el Taller de Medidores.

Las funciones básicas de él con el mantenimiento, la reparación y el control de los aparatos medidores. En estas condiciones debe pues:

- a) Programar y ejecutar el mantenimiento.
- b) Reparar los aparatos.
- c) Comprobar su buen funcionamiento.

Por esta razón en él convergen todos los reclamos e informaciones sobre el comportamiento de los medidores y de él debe depender, todo el proceso de mantenimiento y reparación.

Para realizar estas labores, debe disponerse de:

- a) Una oficina para el control del sistema de mantenimiento.
- b) Un Taller convenientemente dotado y organizado para revisiones, reparaciones y pruebas.
- c) Un personal capacitado para esas funciones.

Trataremos de dar a continuación, algunos detalles de esta organización.

## 2. Bases para el Taller.

El diseño de esta dependencia consiste en último término, en determinar tres cosas:

- a) Los equipos adecuados para el trabajo de revisión, reparación y prueba.
- b) El local apropiado para ellos.
- c) La distribución más eficiente de los equipos en el local.

Para lograr el diseño más conveniente, debe partirse de las siguientes consideraciones:

1o.- El taller debe planearse para las necesidades de cada sistema de agua teniendo en cuenta, que un sistema de abastecimiento pequeño se reduce en materias de medidores, a un mínimo de necesidades. En cambio el de una ciudad muy grande, requerirá instalaciones extensas y complejas, para servicio de sus contadores. Lo que es superfluo y costoso en uno, es indispensable en el otro.

2o.- Ante todo deben conocerse los programas de trabajo que se van a desarrollar y su magnitud. El tipo y tamaño de los equipos así como las dimensiones del local, dependerán de ellos.

3o.- Es indispensable determinar, previamente, los principales elementos que integran el taller, las zonas de trabajo y las relaciones entre ellas.



40.- El diseño debe corresponder a los planes de medidores que se desarrollan. Por esta razón y teniendo en cuenta que, éstos son permanentes, deberá partirse, no de las necesidades actuales sino de las que se presenten durante un término prudencial.

50.- Es posible llegar a un proyecto de Taller cuyo desarrollo, contemplando las necesidades futuras, se verifique por etapas definidas, que se determinan de acuerdo con el número de contadores en servicio.

60.- Las etapas son una solución racional, de orden económico y constituyen además un argumento para demostrar cómo, siempre es posible, desarrollar un buen programa de mantenimiento, a pesar de disponer de un mínimo de recursos.

### 6.3.- Estudio de las necesidades.-

La capacidad de un Taller es función del número de aparatos en servicio que deba atender. Deben contemplarse dos cosas:

a) El período de tiempo durante el cual el Taller vaya a atender las necesidades.

b) El crecimiento anual del número de aparatos en servicio.

Si se parte de aceptar una vida media para los equipos y el local, no mayor de veinte años, el período para el diseño no debe pasar de este término. Pero,

consideraciones diferentes de orden económico, pueden rebajar el plano a menos años, diez o quince, por ejemplo. Este es un punto que, el encargado de iniciar un plan de contadores, tiene que definir.

El crecimiento anual en el número de aparatos es igual al de suscriptores. Por tanto, se podrá decir que, las necesidades del Taller, deben calcularse de acuerdo con el número de suscriptores que, se estime tenga el sistema de agua al final del período de diseño. Es conveniente para estudiar etapas, determinar las necesidades correspondientes a cada quinquenio, por ejemplo.

Por otra parte el Taller debe atender los programas de revisión rutinaria y las emergencias que diariamente se presenten.

El programa de rutina establece la necesidad de practicar revisiones al cabo de determinado tiempo de funcionamiento. En estas condiciones, el número de aparatos que diariamente deba atender por concepto de rutina, será en promedio el total de los instalados hasta determinar el período inmediatamente anterior, dividido por el número de días del actual, por ejemplo sí, en 1.960 se inició la instalación de contadores en una población y en 1.975, se calcula llegar a tener 30.000 aparatos en servicio, con una revisión cada cinco años, entre 1.975 y 1.980, será necesario revisar 6.000 por año, es decir entre 15 y 20 diarios y si el Taller se -



diseña para atender las necesidades hasta 1.980, debe tener esa capacidad para las revisiones rutinarias.

En cuanto a las reparaciones de emergencia, el problema es más complicado, porque ellas dependen de una serie de factores desconocidos, como son, el tipo y calidad de los aparatos, el agua, la forma como están instalados, etc., Por ésto en la práctica pueden emplearse dos sistemas para determinar la capacidad que deba darse al Taller:

a) Uno indirecto, que consista en valerse de los datos de otras ciudades similares que dispongan ya de medidores y de acuerdo con ellos, diseñar el Taller. Incluso se puede tratar de aprovechar, para el proyecto, el modelo de sus dependencias y acopiarlo a las condiciones y recursos de la que estudia.

b) Otro directo, que podría hacerse así:

1) Estudiar la capacidad necesaria para atender solamente las revisiones rutinarias, con períodos, digamos de cinco años.

2o.- Iniciar la primera etapa del Taller, con una capacidad igual, únicamente, a las necesidades de rutina correspondientes al segundo quinquenio.

3.- Durante estos primeros cinco años, no será necesario atender sino a las reparaciones de emergencia solamente, por lo tanto, el Taller es muy --

probable que tenga suficiente capacidades para ejecutarlas y permitirá así llevar una estadística de éllas, en tal forma que, se logre determinar cuántas se presentan diariamente, por cada cien medidores instalados.

4.- Basándose en estas cifras y en las del programa de rutina, será posible llegar a establecer las necesidades para los ensanches que el segundo quinquenio requiera.

#### Equipos Necesarios:

En el capítulo anterior (art. 5.9) se dijo que el proceso de operaciones para la reparación de contadores, se puede reducir a cuatro grupos de trabajo que son:

- a) Pruebas y calibración.
- b) Limpieza
- c) Reparación
- d) Ajuste

Además, debe tenerse en cuenta que el Taller necesita una existencia de partes de repuestos y una serie de juegos de herramienta, cosas ambas que requieren muebles para contenerlas. Por otra parte, se estableció ya la necesidad de una Oficina, como elemento fundamental para el control en el mantenimiento de los medidores.

De acuerdo con ésto, los equipos que integren el Taller, deben contemplar las necesidades de los grupos de trabajo, las de los repuestos y juegos de herramientas y las



de la Oficina.

Para atender estas exigencias, se requiere tener por lo menos, los siguientes elementos:

- 1.- Banco para desarmar los contadores.
- 2.- Equipo para limpieza de los aparatos.
- 3.- Banco destinado a reparaciones.
- 4.- Banco de Pruebas.
- 5.- Estante para aparatos.
- 6.- Armario para repuestos.
- 7.- Armario para Herramientas.

Además es conveniente dotar al Taller de un banco para trabajos varios.

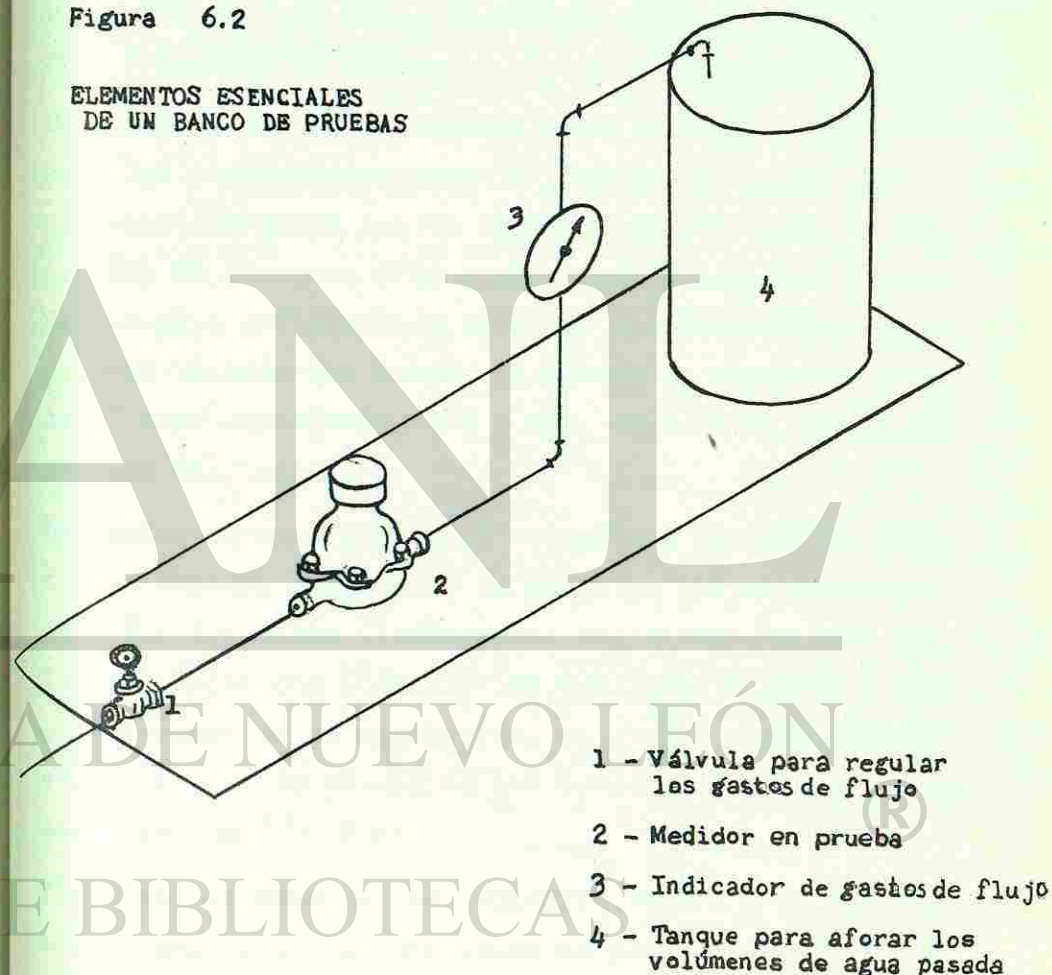
El banco para desarme no puede ser el mismo de reparaciones. Los contadores llegan generalmente llenos de tierra y las reparaciones requieren un aseo completo del sitio donde se trabaja.

Para reparaciones puede emplearse un solo banco o varios. Por ejemplo, uno para las reparaciones de las piezas mayores y otro para los registradores. Además puede ser conveniente disponer de uno adicional para hacer ajustes, dotado de aire comprimido, para facilitar las pruebas. El de reparaciones según la distribución que se dé al Taller, puede tener un pequeño lavadero de limpieza rápida de algunas partes.

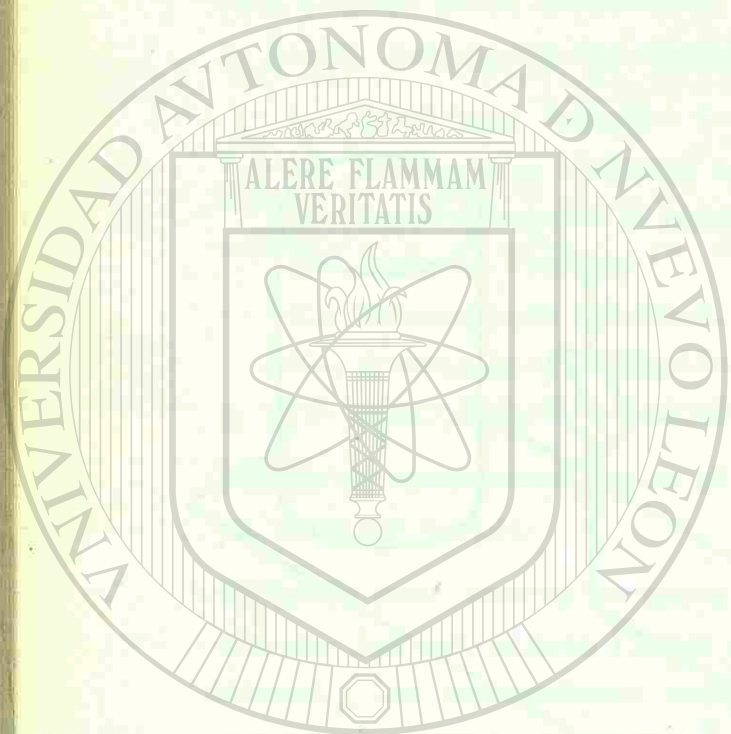
Tanto éste, como el de desarme deben llevar unos dis-

Figura 6.2

ELEMENTOS ESENCIALES  
DE UN BANCO DE PRUEBAS







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

positivos para sostener los contadores mientras se arman y desarman.

Las dimensiones de ellos, dependen en general de la capacidad del Taller, pero un tipo de banco adecuado puede ser de 0.90 mts., de altura por 1.50 mts. de largo y 0.80 mts. de ancho.

En cuanto a equipo de lavado, nos limitaremos a dar aquí las indicaciones para la limpieza con agua. El más sencillo puede ser un lava-platos profundo, de fundición, de concreto o de acero inoxidable. Debe disponer de agua suficiente y tener un bloque de plomo para golpear la caracaza cuando la cámara se encuentre pegada. Pueden instalarse, dos o más, de acuerdo con la capacidad del Taller.

Los estantes para almacenar contadores tendrán un tamaño que depende del número de aparatos que se mantengan en tránsito. Deben diseñarse en tal forma que bien sea, los medidores que lleguen, los que vayan a salir o los que permanezcan en existencia, no queden nunca regados en el Taller. La altura de los estantes conviene que no sea mayor de 1.80 mts.

Para las herramientas es necesario tener, o un tablero o un armario, que las mantenga en orden absoluto y localizadas al alcance fácil de los sitios de trabajo.

En materia de repuestos, la organización puede estable



cerse de dos maneras:

- a) Un depósito solamente.
- b) Un depósito y gavetas en los bancos.

La primera tiene la ventaja de permitir un control completo, pero la segunda economiza una serie de movimientos del personal.

Los repuestos deben almacenarse en armarios provistos de gaveta para todas las piezas pequeñas, debidamente clasificadas de acuerdo con los tipos, tamaño y marcas de contadores. Un buen procedimiento para esto. Consiste en hacer tablero con un medidor completamente desarmado, de cada una de las marcas. Al pié de cada pieza, debe ponerse el número que dé la referencia de la gaveta donde se encuentran esos repuestos. Estos tableros son el mejor catálogo de partes.

#### 6.5- Los Bancos de Prueba.

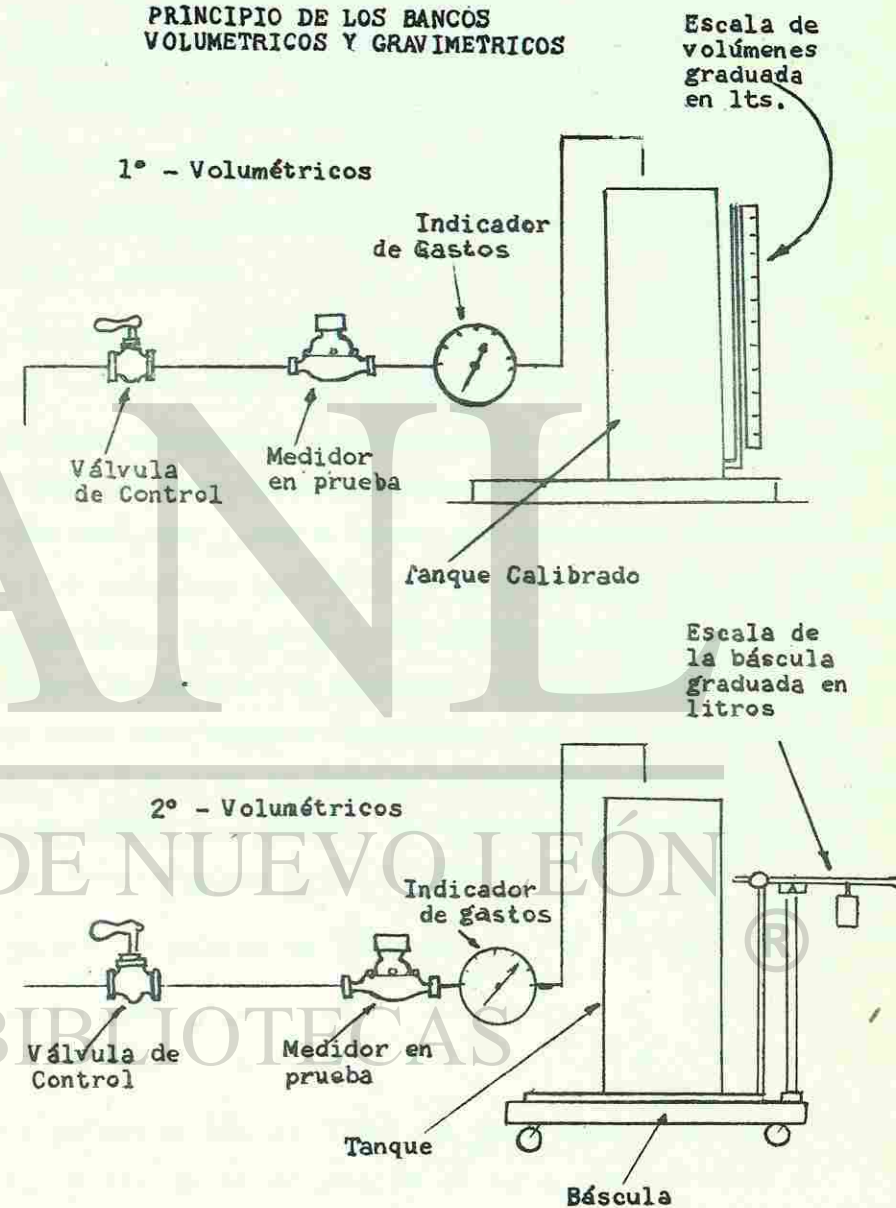
Estos son los más importantes, entre los equipos de un Taller, puesto que por una parte, constituyen el control de las reparaciones y por otra, garantizan al público y a la Empresa, el buen funcionamiento de los aparatos medidores.

Así pues, no es posible montar un Taller sin dotarlo de un dispositivo de prueba adecuado a sus necesidades.

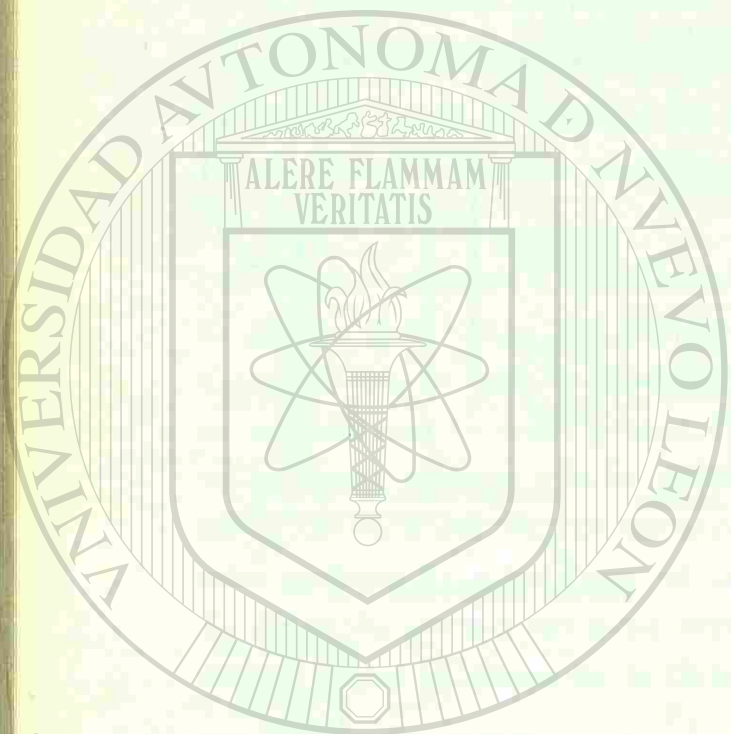
Un banco de prueba para medidores, consta esencialmente de las siguientes partes:

Figura 6.3

#### PRINCIPIO DE LOS BANCOS VOLUMETRICOS Y GRAVIMETRICOS







- a) Una válvula para el control del paso de agua, -- con la cual se regulan los gastos de prueba.
- b) Un soporte para el medidor o los medidores que se vayan a ensayar.
- c) Un indicador de paso de agua.
- d) Un tanque que afore el volúmen total de agua pa- sada por el contador.

Con un equipo así diseñado, se puede probar el funcio- namiento de un contador a varios gastos y determinar = su precisión comparando los datos que arroja el regis- trador del medidor con el volúmen aforado en el tanque. La prueba así, se lleva a cabo, con un patrón absoluto. Es posible hacerlas también con otro medidor que se to- ma como patrón, pero esta comparación es relativa y no dará garantía suficiente a menos que, el contador pa- trón se haya previamente calibrado, con una medida ab- soluta. Por ésto, el sistema de un patrón, sólamente -- puede aceptarse las pruebas de terreno, ya que él se -- habrá calibrado antes en el Taller.

Los equipos de prueba se fabrican en dos tipos: ®

- 1.- Volumétricos.
- 2.- Gavimétricos.

Los primeros dán el total de agua pasado por el - contador midiendo directamente el agua que entró al - tanque, por medio de un indicador de altura, general-



mente, constituido por un tubo de vidrio que va conectado a él. Los segundos, lo hacen en cambio, pesando el agua en una báscula, cuyo brazo va graduado en unidades de volumen y no de peso.

Los volumétricos tienen la gran ventaja de su sencillez y son por esto los más prácticos y comunes.

Los gravimétricos, permiten emplear tanques de dimensiones libres, cosa que no puede hacerse con los primeros, por depender, la precisión en las lecturas de la relación entre la altura y la base. Además la medida del volumen no se afecta con las incrustaciones del tanque -- porque éste se obtiene por medio de la diferencia de pesos entre el recipiente vacío (tara) y con agua.

Los bancos de prueba se construyen para uno, dos o más medidores y generalmente se producen en modelos para medidores no mayores de 1". Para los otros diámetros se considera más económico hacer la prueba directamente en terreno. Algunos traen un aditamento con mangueras que permite probar medidores de 2", colocados en el piso al pie del banco.

Los bancos múltiples, van dispuestos de tal manera, que los contadores se colocan en serie, pero su número en principio no puede pasar de diez, ya que si suponemos -- que se trata de probar contadores de 3 m.c. de capacidad, a un gasto máximo de 3.000 litros por hora, la pérdida de carga de cada aparato, de acuerdo con las espe-

cificaciones, será de 10 mts. Por tanto para que el primer contador de la serie no reciba una presión mayor a la de trabajo, que es de 150 libras por pulgada cuadrada, no podrán probarse, a esa rata, más de diez medidores en serie.

Algunos modelos se fabrican con sus series de a 10, que pueden trabajar independientemente cada una, en las ratas altas o las dos en una sola, para las ratas bajas. Este sistema tiene la ventaja de permitir que el trabajo del operario encargado de las pruebas sea continuo -- ya que, mientras se verifica la prueba de una serie, él puede preparar la de la segunda.

El soporte de los medidores en el banco se hace normalmente por tres sistemas:

a) Apoyándolos sobre unos puentes con empaques y -- ajustándolos con un tornillo colocado en el extremo contrario al del tanque que los comprime como si lo hiciera una prensa de tornillo.

b) Apoyándolos lo mismo, pero prensándolos con un dispositivo hidráulico que los comprime como una prensa hidráulica.

c) Colocando varios yugos en serie. En esta forma -- cada contador se comprime individualmente.

El primer sistema tiene la ventaja de poderse emplear -- con varios diámetros de contador, pero es más lento en --



su maniobra.

El segundo es muy rápido y cómodo pero no permite sino un solo diámetro y un solo tamaño.

El tercero es menos rápido que el segundo pero con él se puede retirar un contador sin afectar a los demás.

Los indicadores de gastos que se emplean son de dos clases:

- 1.- Los orificios calibrados.
- 2.- Los rotámetros.

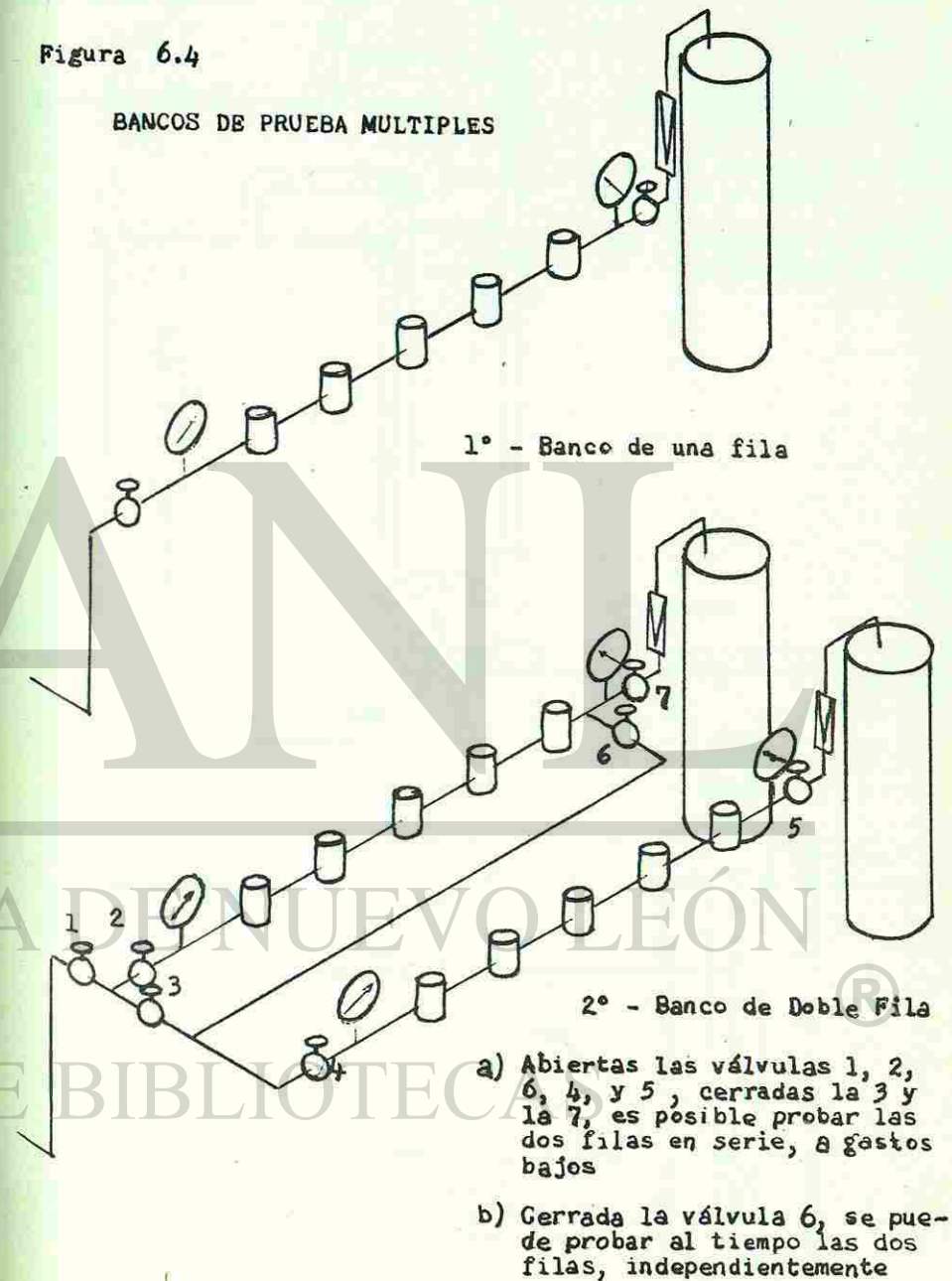
Los orificios calibrados son muy sencillos, pueden construirse incluso con una válvula. Tienen dos inconvenientes, uno, el de la posibilidad de obstruirse, desgastarse o variar sus dimensiones y otro, el de requerir una presión constante detrás de ellos.

Para lograr la presión constante, algunos modelos llevan un tubo de vidrio, colocado a una distancia fija, - aguas arriba de él, este tubo tiene señalado un reparo - que indica el sitio hasta donde debe llegar la columna - de agua para dar el gasto que indica el orificio. Cada - vez que varía la presión a la entrada del banco, es necesario ajustar la columna de agua al reparo, abriendo o - cerrando más la válvula de paso.

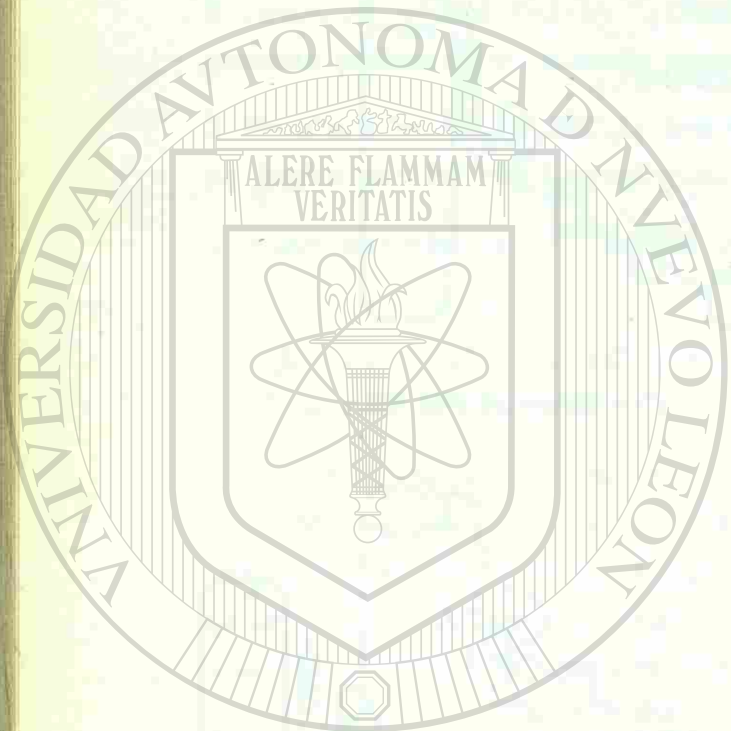
El rotámetro es un aparato muy sensible, fácil de operar y de gran visibilidad. Permite ajustar los gastos al va-

Figura 6.4

BANCOS DE PRUEBA MÚLTIPLES





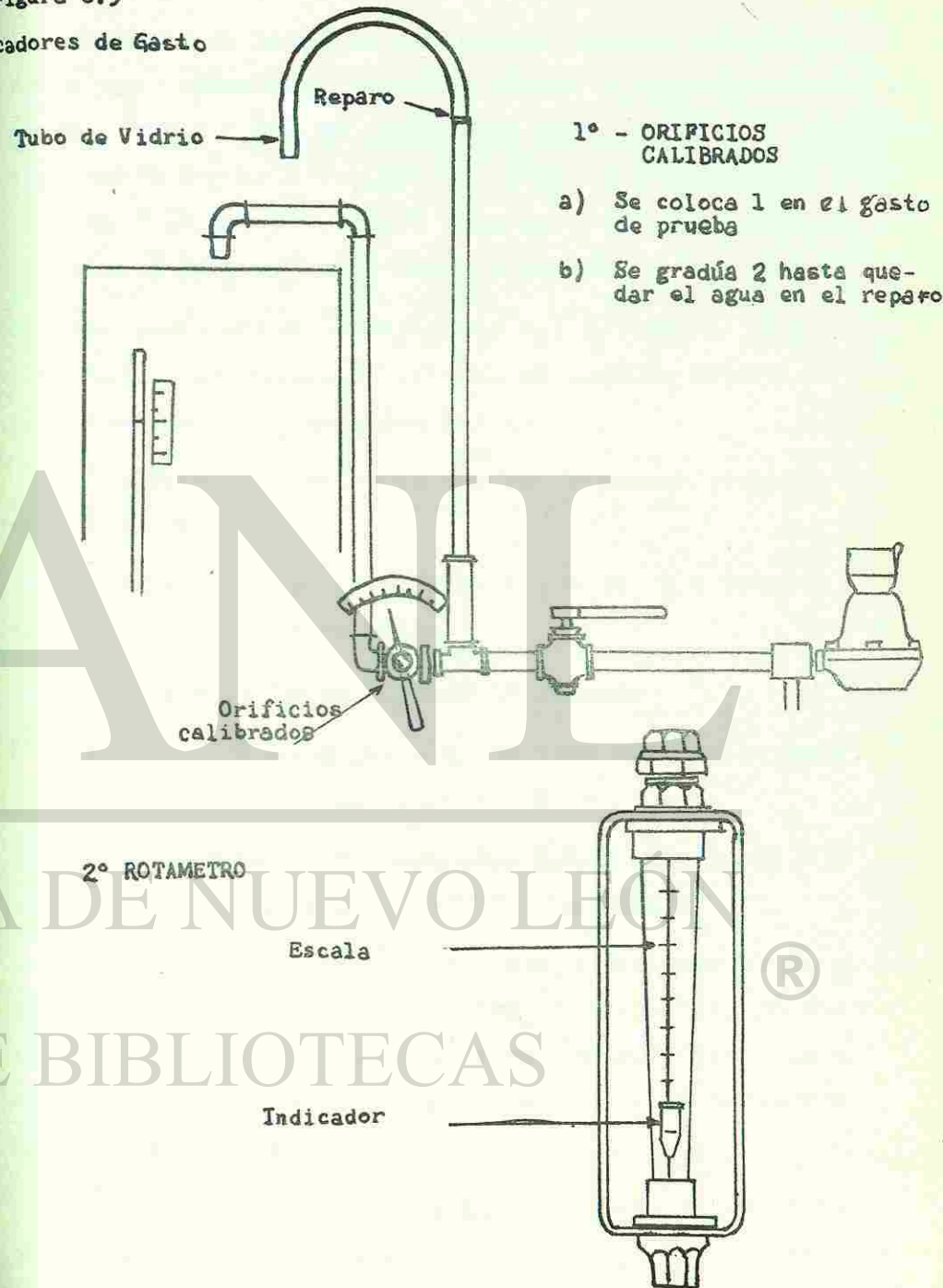


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

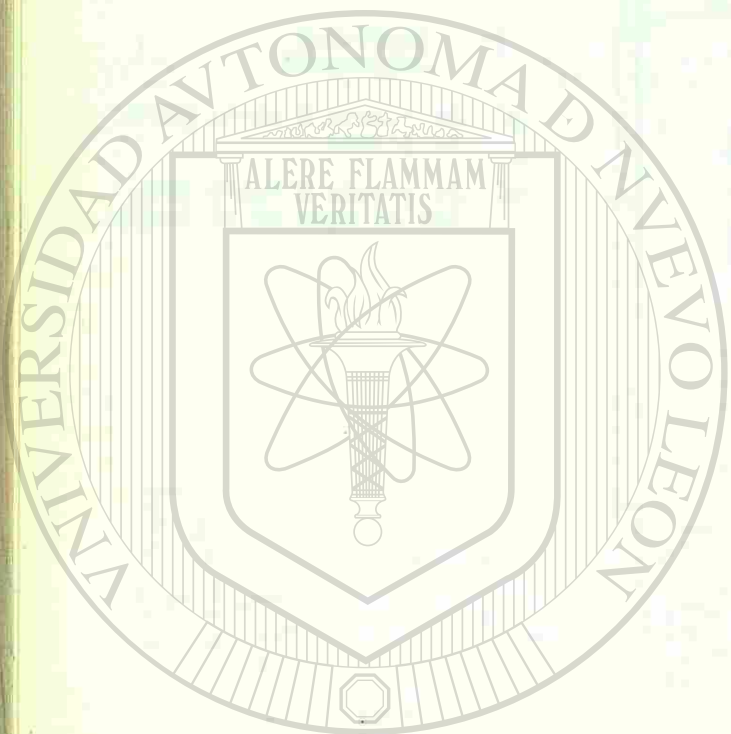
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 6.5

Indicadores de Gasto







lor deseado con bastante precisión. Algunos bancos --- traen dos rotámetros, para dos campos diferentes de --- gastos. Otros traen uno solo, con dos escalas y un pa- so directo provisto de válvula. Según que ésta, esté - abierta o cerrada, se podrá usar un grupo de gastos -- altos o bajos y se leerá una u otra escala.

Una vez establecida la capacidad del Taller, el tipo - y el número de bancos de prueba, es posible fijarlos, partiendo de los siguientes datos:

- a) Número de contadores que van a pasar diariamen- te por el Taller.
- b) Número y tipo de pruebas a que se va a someter cada uno y duración de ellas.
- c) Número de horas diarias de trabajo.

El número de aparatos por día, se toma igual a la capa- cidad que se haya fijado para el Taller.

El número de pruebas por aparato, puede calcularse a - base de tres, una de entrada y dos de salida.

El número de horas diarias de trabajo debe ser el de - la jornada normal en la localidad. Por ejemplo, un Ta- ller que tenga una capacidad de veinte medidores dia- rios con ocho horas de trabajo, requerirá un banco que puede calcularse así:

1o.- Si los medidores se someten a una prueba con- sistente en pasar 100 lts., 20 lts. y 10 lts., a unos



gastos de 2500 lts./ Hora, 180 lts./hora y 60 lts./-- hora, respectivamente, la duración de cada prueba será por lo menos de media hora, teniendo en cuenta el tiempo que tarda en prepararse etc.

2o.- Un banco, en estas condiciones no podrá hacer más de 16 pruebas en las ocho horas. Sin embargo, es conveniente dejar un margen de seguridad y rebajarlas en un 25%, es decir suponer solamente 12 por jornada.

3o.- El número de aparatos que deben probarse si se tienen en cuenta que cada medidor se va a someter a tres pruebas, será de 60 diarios.

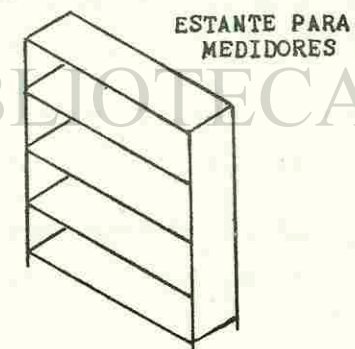
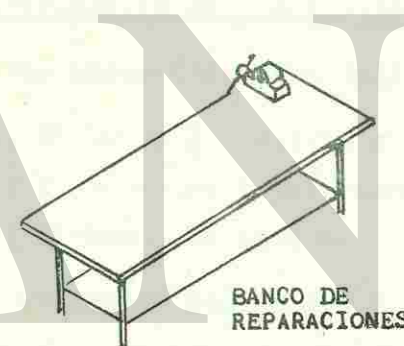
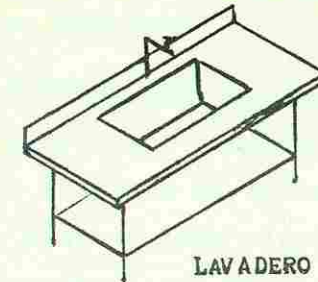
4o.- La capacidad mínima de cada banco, debe ser, de acuerdo con esto, de cinco unidades. Sin embargo es conveniente adquirir uno de ocho, para casos de máxima actividad.

Inversamente un banco de 10 aparatos, haciendo pruebas como las indicadas, con una jornada de ocho horas diarias, puede atender, sin margen para casos especiales, las necesidades de un taller que tenga una capacidad calculada así:

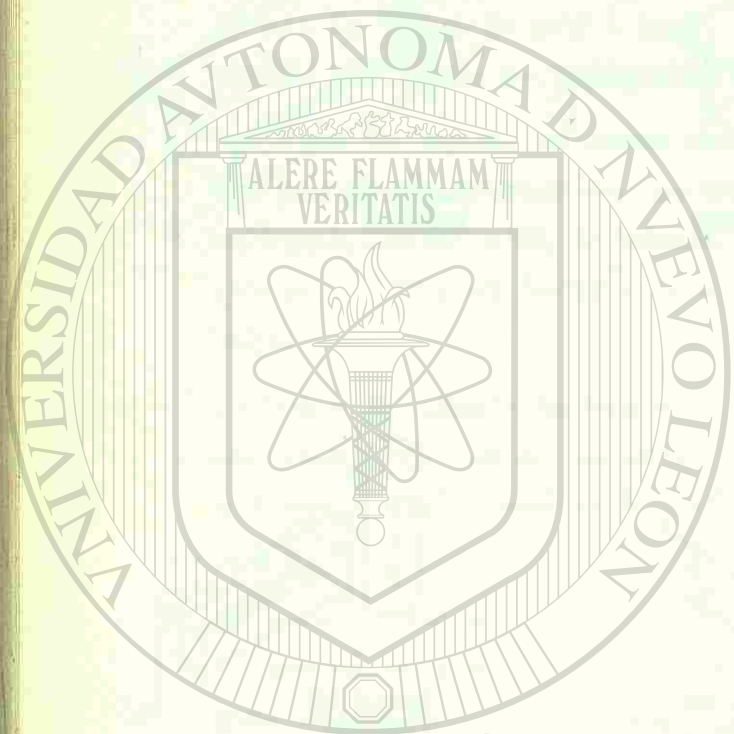
1o.- Número máximo de pruebas diarias, de acuerdo con lo indicado, doce.

2o.- Número de aparatos probados por el banco en el día, ciento veinte.

Figura 6.7  
ELEMENTOS DE UN TALLER







3o.- Número de aparatos a razón a tres pruebas por cada uno, cuarenta.

4o.- Capacidad del Taller, en estas condiciones, - cuarenta aparatos diarios.- Podría pues atender, única mente un programa de rutina a base de revisar los con tadores una vez cada cinco años, en una ciudad que tu viera cincuenta mil Medidores, es decir, que fuera de un tamaño entre cuatrocientos y quinientos mil habitan tes.

6.- La distribución de los equipos y el local. -

Los tres elementos en un Taller de medidores, son:

- a) El banco de desarme y el lavadero.
- b) El banco de reparaciones.
- c) El banco de prueba.

Estos elementos dan origen a tres centros fundamentales de trabajo que son, el de limpieza, el de reparación y el de pruebas. Ellos deben dentro del Taller definirse claramente y disponerse de tal manera, que economicen - espacio, reduzcan a un mínimo los movimientos del per- sonal y faciliten el trabajo logrando así, el máximo de rendimiento.

Las relaciones entre uno y otro centro se ven claramen te, observando el proceso de un medidor:

1o.- Se desarma en el banco de desarme y se pasa al lavadero, para su limpieza total.



2o.- Se pasa luego, al banco de reparación, donde se revisa, se repara y se arma nuevamente.

3o.- Después se coloca en el banco de pruebas donde se prueba y calibra. Según el resultado vuelve al banco de reparación, o se sella y se pasa al estante de contadores arreglados.

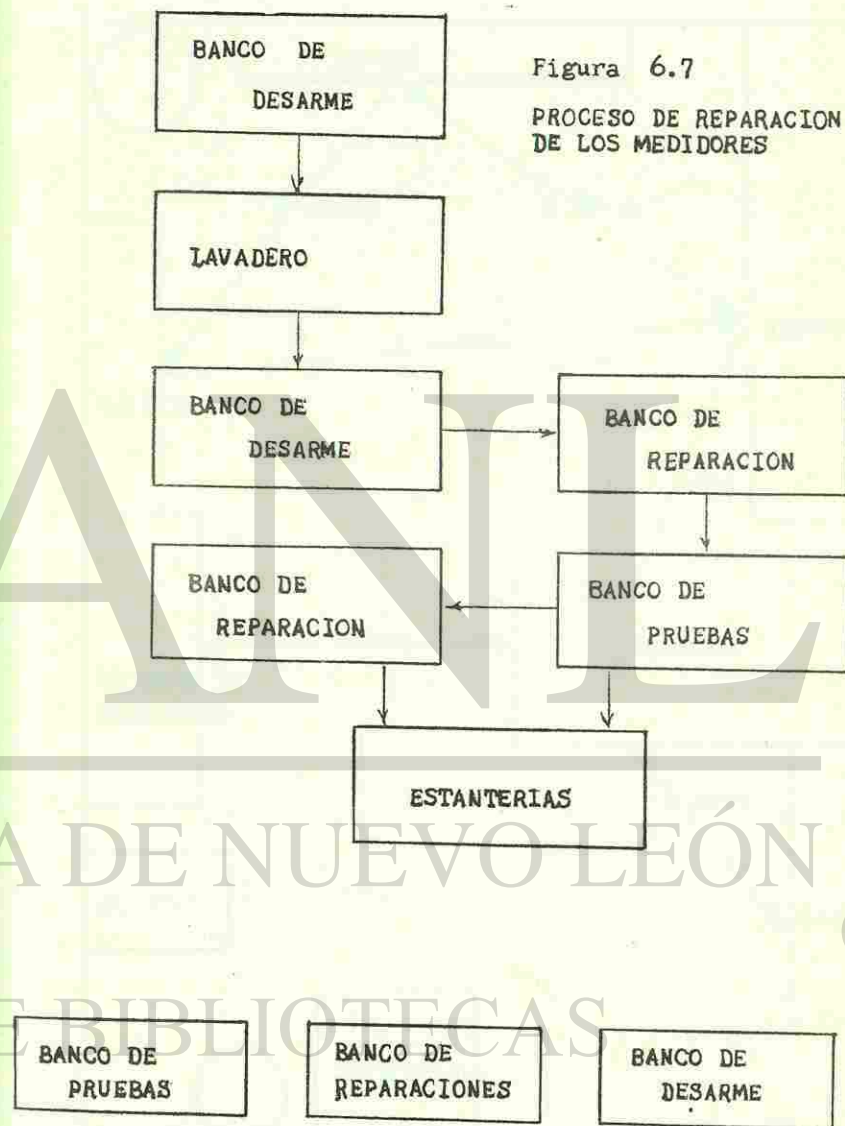
La distribución de los equipos para las relaciones entre los centros de trabajo se realicen con la máxima eficiencia, debe hacerse de tal manera que siempre el banco de reparación quede situado entre el banco de desarme y el de pruebas.

Las distancias entre los distintos equipos, no deben ser ni muy cortas ni muy largas. Si son muy cortas, los espacios de trabajo resultan estrechos, si son muy largas, se aumentan los movimientos del personal. Lo más indicado consiste en dejar separaciones tales que, permitan trabajar cómodamente al personal, en sus sitios y permitir el paso de una o máximo dos personas con cargas en las manos.

Las distribuciones que logran cumplir estos requisitos, son dos:

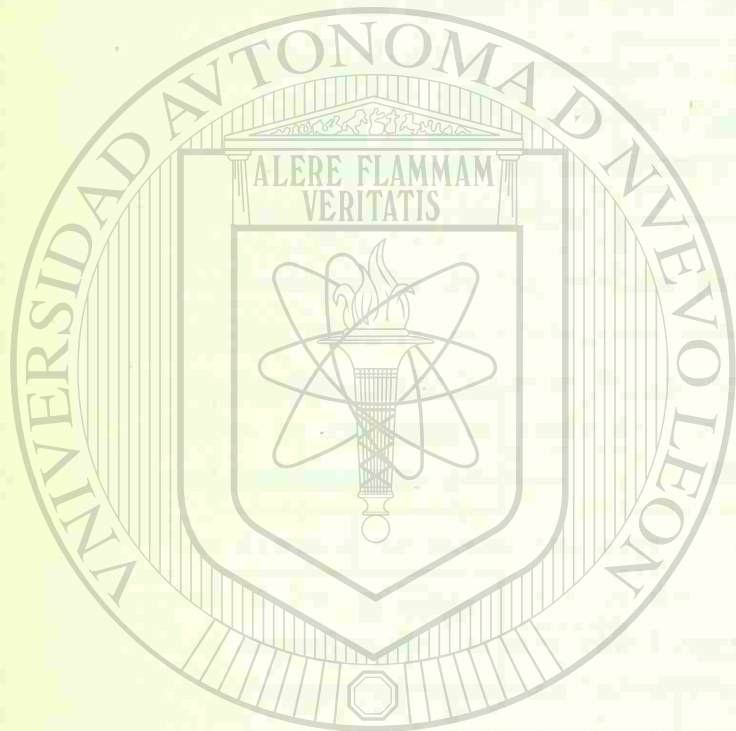
- a) Sin banco auxiliar.
- b) Con banco auxiliar.

La primera, puede adoptar dos formas, una situando el lavadero, el banco de desarme y el de reparaciones en



El Banco de Reparación debe quedar siempre situado entre el de pruebas y el de desarme



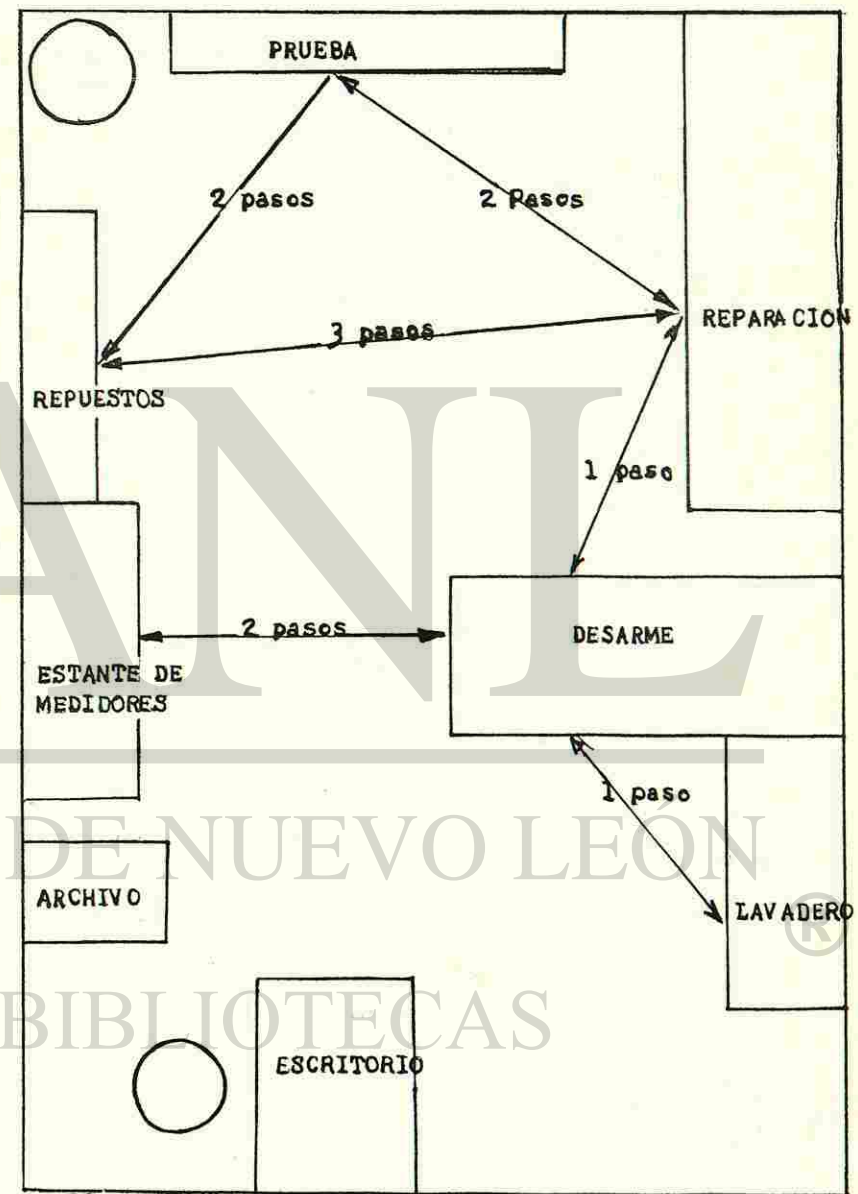


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

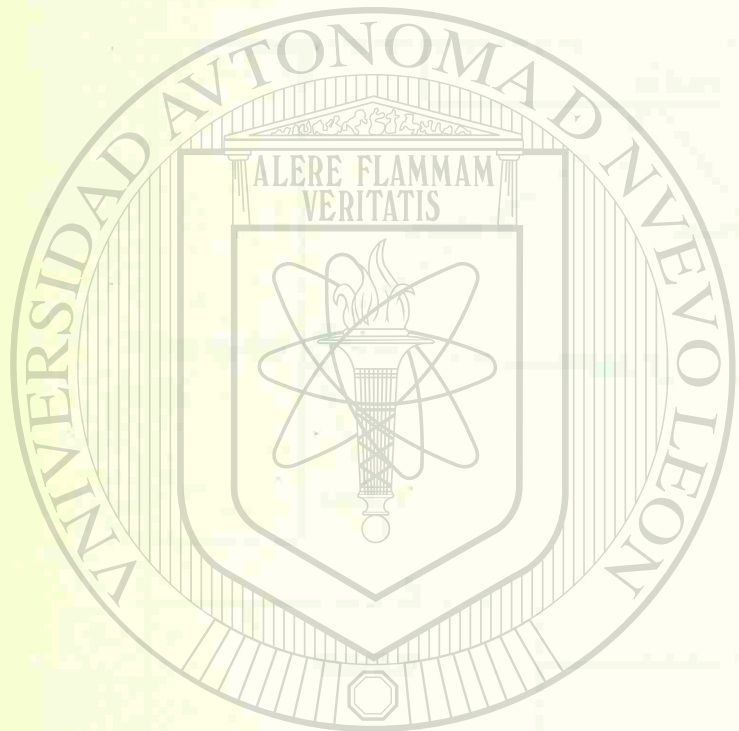
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 6.8

Esquema de movimientos





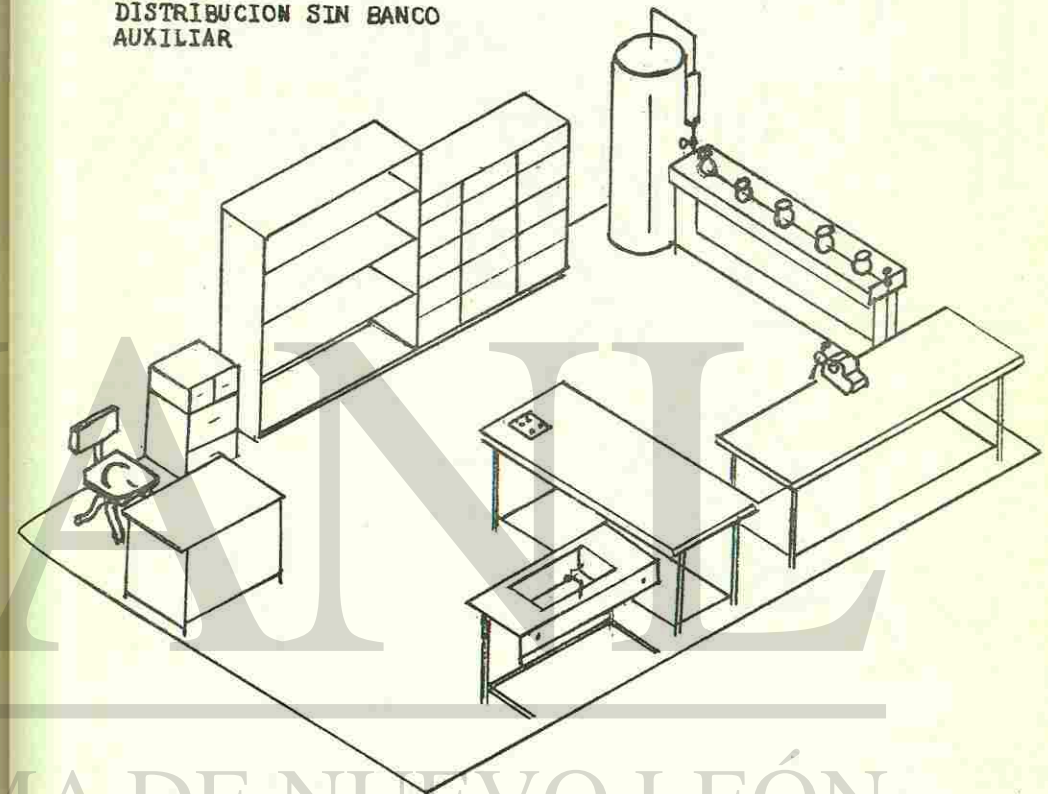


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

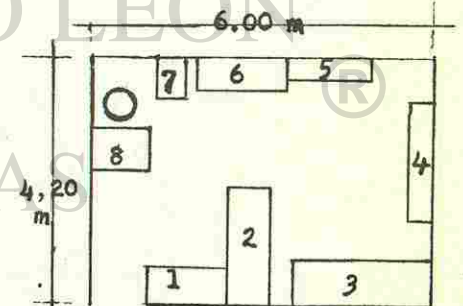
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 6.9

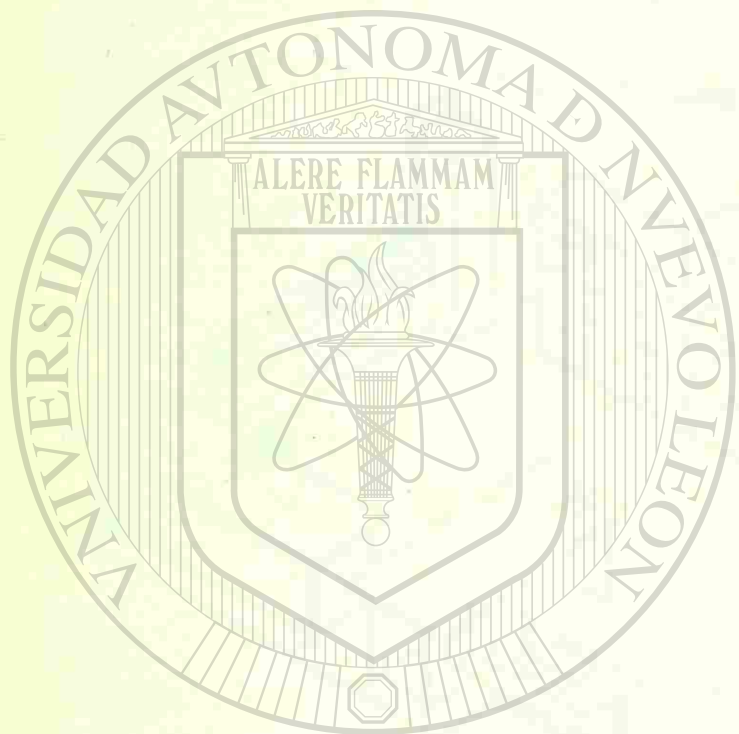
DISTRIBUCION SIN BANCO AUXILIAR



- 1 - Lavadero
- 2 - Banco de Desarme
- 3 - Banco de Reparación
- 4 - Banco de Pruebas
- 5 - Armario de Repuestos
- 6 - Estante para Medidores
- 7 - Archivo
- 8 - Escritorio







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

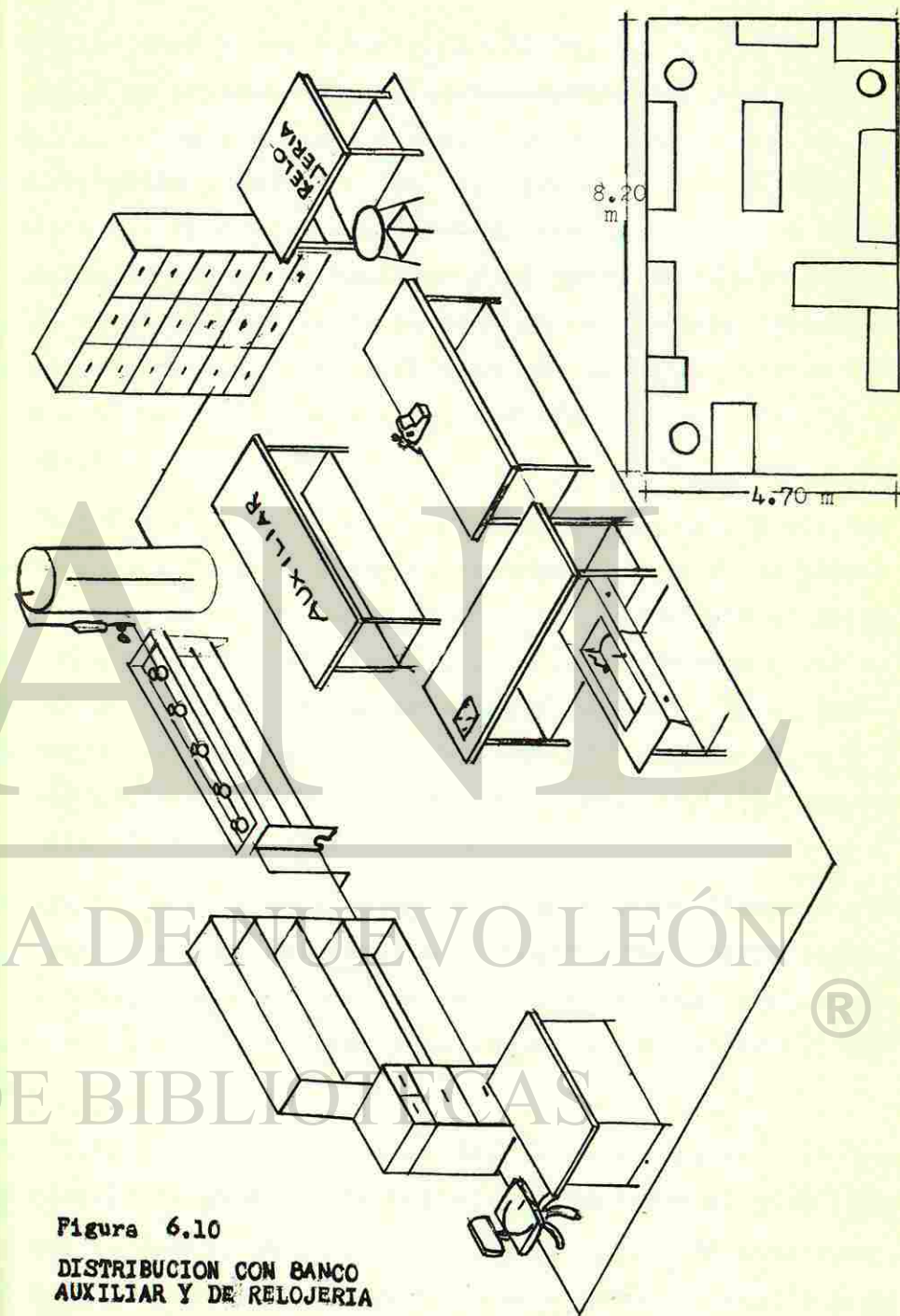
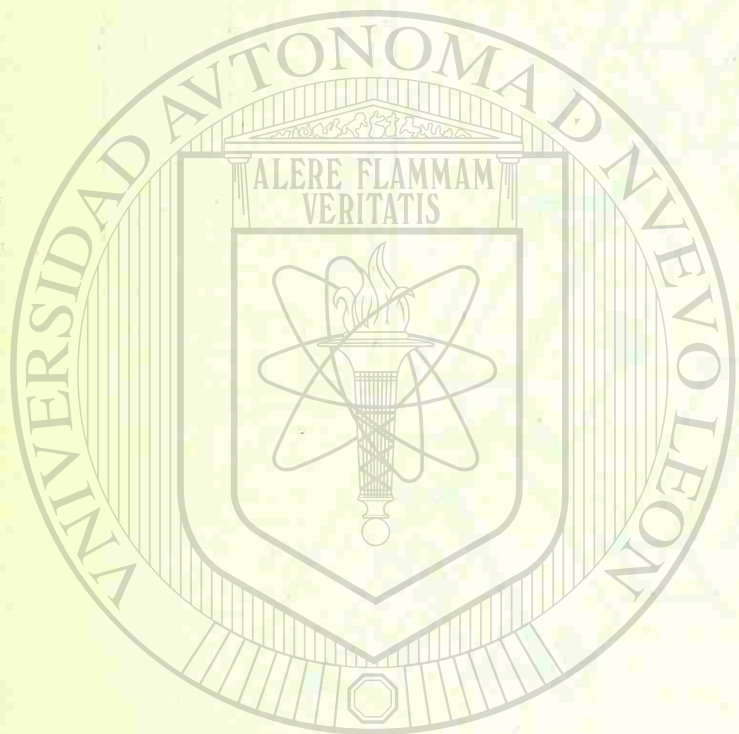


Figura 6.10  
DISTRIBUCION CON BANCO  
AUXILIAR Y DE RELOJERIA





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

una sola línea y uno a continuación de otro en ese orden. El banco de pruebas debe colocarse entonces a continuación del de reparaciones ojala, formando ángulo con él. - Los repuestos y herramientas conviene situarlos al lado opuesto del banco de reparaciones, frente a éste. La otra consiste en situar el lavadero y el banco de reparaciones en la misma línea y el de desarme entre los dos, formando ángulo recto. Esta disposición es más ventajosa porque reduce a un mínimo los movimientos en la limpieza y en la reparación.

La distribución, b, es decir con banco auxiliar, puede hacerse colocando éste entre el de reparación y el de pruebas, así se facilita mucho el paso de los contadores de un centro a otro. En esta distribución pueden situarse los bancos uno a continuación del otro ú opuestos. En el primer caso, el banco auxiliar debe quedar normal a ellos y en segundo paralelamente. Las figuras adjuntas ilustran las distribuciones de cada caso.

Es claro que aplicando estos principios puede llegarse a una serie de distribuciones muy interesantes, sobre todo en los Talleres muy grandes. Pero estas normas consideramos que son fundamentales para lograr el máximo rendimiento.

El local, fijada la distribución, puede diseñarse, dimensionándolo de acuerdo. Pero puede presentarse el caso inverso, es decir, amoldar el taller al local. En este caso es indispensable que él tenga la superficie necesaria y en



tonces se podrán tantear varias distribuciones, de acuerdo con los principios enunciados.

En materia de oficina, el Taller debe disponer por lo menos, de un escritorio y un archivo. El archivo debe contener las fichas de registro de todos los aparatos en servicio con su historia y localización, de manera de poder organizar las revisiones rutinarias.

Es muy importante llevar en la Oficina un Kardex con el movimiento de repuestos, ésto no solamente será útil el control de ellos, sino que permitirá, por una parte, evitar que fallen las existencias y por otra, dar estadísticas de consumo que son de gran interés para los pedidos y para conocer costos.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS









UAN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECA

