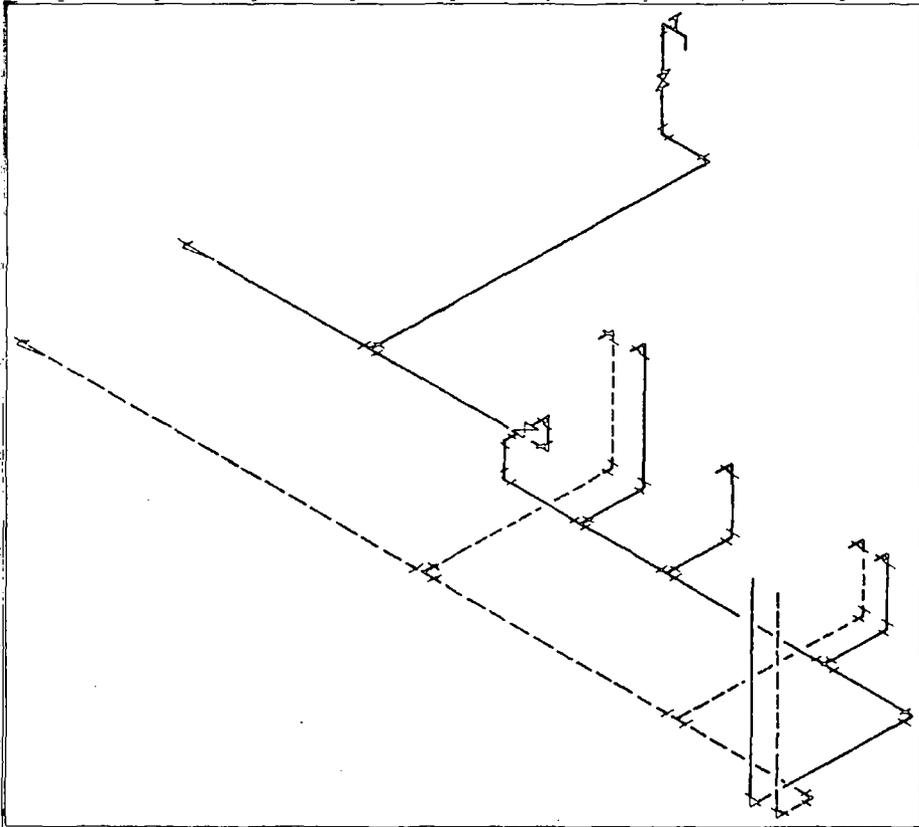




acodal
SECCIONAL VALLE DEL CAUCA

200 90MA

Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental



MANUAL DE INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS



**Asociación Colombiana de Ingeniería
Sanitaria y Ambiental**

MANUAL DE INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS

15N 8081
200 GOMA

RECONOCIMIENTO :

El presente Manual constituye una herramienta práctica de consulta para el diseñador de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias ya que los diferentes temas tratados en el mismo son el resultado práctico del ejercicio profesional de sus autores.

ACODAL-Seccional Valle del Cauca agradece la valiosa colaboración de los Ingenieros Guillermo Garcia, Adolfo Duque, Fernando Gallego, Maria Helena Manrique, Bernardo Lenis, Armando Lenis, Virgilio Gonzalez, Carlos Dierolf, Lucero Acevedo, Norberto Urrutia y Leonardo Sanz por su aporte para lograr editar este Manual.

CONTENIDO

1. Introducción
2. Descripción del Proyecto Arquitectónico
 - 2.1. Ubicación del Proyecto
 - 2.2. Tipo del Proyecto
3. Información requerida
 - 3.1. Información de servicios de Acueducto y Alcantarillado
 - 3.2. Coordinación Técnica
 - 3.2.1. Proyecto Arquitectónico
 - 3.2.2. Proyecto Estructural
 - 3.2.3. Proyecto Eléctrico
 - 3.2.4. Proyecto de Aire Acondicionado
 - 3.2.5. Estudios de Suelos
4. Alcance del Diseño
 - 4.1. Conexiones Domiciliares
 - 4.1.1. Conexión Domiciliar de Acueducto
 - 4.1.2. Conexión Domiciliar de Alcantarillado
 - 4.2. Sistemas de la Red Hidrosanitaria
 - 4.2.1. Sistema de suministro de Agua Potable
 - 4.2.2. Sistema de desague de Aguas Lluvias y Negras
 - 4.2.3. Sistema de Protección Contra Incendio
 - 4.3. Presentación del Informe
 - 4.3.1. Planos
 - 4.3.2. Memoria Técnica
 - 4.3.3. Cantidad de Obra y Presupuesto
 - 4.3.4. Especificaciones Técnicas

Ing. Adolfo Duque
Universidad del Valle

INSTALACIONES HIDRAULICAS

- Consideraciones Generales
- Información requerida
- Sistema de suministro de agua
- Clasificación de Edificaciones
- Discusión sobre Presiones
- Pasos para la elaboración de un Diseño
- Ejemplo de cálculo
- Bibliografía

Ing. Fernando Gallego
Universidad del Valle

MACRO Y MICROMEDICION

1. Generalidades

- 1.1. Qué es un medidor?
- 1.2. Cuándo se debe usar un Medidor
- 1.3. Algunas definiciones necesarias

2. Clases de Medidores de acuerdo al volumen que mide

2.1. Medidores Maestros

- 2.1.1. Medidores hidráulicos
- 2.1.2. Medidores diferenciales
- 2.1.3. Medidores magnéticos
- 2.1.4. Medidores ultrasónicos
- 2.1.5. Medidores proporcionales
- 2.1.6. Otros medidores
- 2.1.7. Exactitud de los Medidores de Caudal que deben medir el agua suministrada al sistema de distribución.

2.2. Medidores grandes

3. Tipos de Medidores; aplicables a medidores grandes y pequeños

- 3.1. Principio de velocidad o Inferencial
- 3.2. Principio volumétrico.

3.3. Medidores de velocidad

- 3.3.1. Chorro único
- 3.3.2. Chorro múltiple
- 3.3.3. Hélice común
- 3.3.4. Hélice Woltman

3.4. Medidores volumétricos

- 3.4.1. Pistón alternativo
- 3.4.2. Disco nutativo
- 3.4.3. Pistón oscilante
- 3.4.4. Pistón rotativo
- 3.4.5. Ventajas y desventajas

3.5. Conclusiones

4. Curvas de exactitud del Medidor

5. Normas y Ensayos

5.1. Normas sobre Medidores para agua fría

5.2. Prueba de Medidores

- 5.2.1. Ensayo de presión hidrostática
- 5.2.2. Ensayo de capacidad nominal
- 5.2.3. Ensayo de presión de trabajo
- 5.2.4. Ensayo de punto de arranque
- 5.2.5. Ensayo de exactitud
- 5.2.6. Ensayo de resistencia

6. Mantenimiento y Selección de Medidores

- 6.1. Mantenimiento de los Medidores Grandes
- 6.2. Mantenimiento de los Medidores Pequeños

7. Selección de Medidores

8. Comentarios sobre Micromedidores en Brasil

Ing. Alejandro Estrada
Universidad de Medellín

CATASTRO Y NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE ACUEDUCTO

1. Diseño de Redes de Acueducto

1.1. Tipo de Redes

1.2. Normas de Diseño de Redes de Distribución

Ing. Alejandro Estrada
Universidad de Medellín

MEDICIONES EN SISTEMAS DOMICILIARES

- Introducción
- Definiciones

A. Selección de Medidores de Agua

B. Dimensionamiento de los Medidores

Definiciones específicas-Características de Medidores

- A. Caudal nominal o máximo**
- B. Caudal normal**
- C. Caudal de arranque**
- D. Límite inferior de exactitud**
- E. Campo de Medición**
- F. Caudal separador**
- G. Error absoluto del medidor**
- H. Curva de pérdida de carga**
- I. Medidor de agua volumétrico**
- J. Medidor de agua de velocidad**

Selección de Medidores

A. Criterios de selección

B. Metodología para selección de un Medidor

- Prueba de presión en los medidores
- Prueba de resistencia o fatiga
- Bases para el dimensionamiento de medidores destinados a conexiones domiciliarias.

- Tabla 3.1.1
- Tabla 3.2.
- Tabla 3.3.
- Tabla 3.4.
- Tabla 3.5.

Ing. Leonardo Sanz
Universidad del Valle

INSTALACIONES SANITARIAS, PLUVIALES Y DE VENTILACION

- I. Información requerida
- II. Consideraciones generales
- III. Acometidas domiciliarias
- IV. Criterios de diseño
 - V. Partes de una red sanitaria
 - VI. Sifón Hidráulico
 - VII. Redes de instalaciones sanitarias
 - VIII. Materiales empleados
 - IX. Convenciones establecidas
 - X. Trazado de las diferentes redes
 - XI. Teoría Sanitaria de Hunter
 - XII. Sistemas Mecánicos de evacuación
 - XIII. Criterios de construcción de un sistema sanitario.
 - Diámetro y salida de los aparatos.
 - XIV. Tablas de cálculo
 - XV. Bibliografía

Ing. Guillermo García
Universidad del Valle

BOMBAS CENTRIFUGAS

- I. Principio de funcionamiento
- II. Partes de una Bomba
- III. Clasificación de Bombas Centrifugas
- IV. Ecuación de Euler
 - V. Curvas características
 - VI. Bombas homólogas y velocidad específica
- VII. Punto real de Operación de un Sistema de Bombeo

Ing. Norberto Urrutia
Universidad del Valle

EQUIPOS DE PRESION

1. Introducción

1. Clasificación y Funcionamiento

1.1. Hidroneumático convencional

1.1.1. Equipo de compresor

1.2. Hidroneumático en membrana (Fig. 2)

1.3. Presión constante (velocidad constante sin tanque)

1.4. Equipo de velocidad variable

2. Factores de cálculo y elección de equipo adecuado

2.1. Multiplicador de servicios-caudal

2.2. Presión necesaria y exigida

2.3. Escogencia de un equipo

2.4. Equipos adaptados para pozo

3. Evaluación Económica

4. Instalación

4.1. Instalación de los equipos de presión diferencial

4.2. Equipo de velocidad variable

4.3. Mantenimiento

Ing. Armando Lenis
Universidad del Valle

SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA, INCENDIO

- Conceptos generales de Hidráulica aplicada a Incendios
- Características y comportamientos del agua en los Incendios
- Incendios en Edificaciones
- Etapas de fuego
- Criterios básicos de Diseño de sistemas Hidráulicos de protección contra incendio.
- Análisis económico de los sistemas de protección contra incendio
- Norma Icontec 1669

Ing. Bernardo Lenis
Universidad del Valle

CONSIDERACIONES TECNICAS Y DE DISEÑO SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIO

Ing. Virgilio Gonzalez
Universidad del Valle

SISTEMAS DE DRENAJE EN EDIFICACIONES

- I. Definición
- II. Tipo de Drenaje
- III. Ecuaciones de Drenaje sub-superficial
- IV. Diseño de Drenajes

Ing. Norberto Urrutia
Universidad del Valle

SISTEMAS SOLARES PARA AGUA CALIENTE Y CALEFACCION DE PISCINAS

- Introducción
- Requerimientos de agua caliente
- Tipo de calentadores

Diseño de circuitos de agua caliente

Sistemas solares para agua caliente

- Introducción
- Colector solar de placa plana
- Sistema solar para agua caliente
- Montaje
- Nociones de Dimensionamiento
- Consideraciones sobre el tipo de tanque

Ing. Carlos Dierolf
Universidad de Purdue - USA

DISEÑO DE PISCINAS

- Generalidades
- A. Descripción del equipo para el tratamiento del agua de una Piscina
- B. Funcionamiento
- C. Dimensionamiento de los Equipos

Anexos.



1

**CONSIDERACIONES GENERALES
EN LA CONCEPCION Y DISEÑO**

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
ACODAL-SECCIONAL VALLE DEL CAUCA

INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS
CONSIDERACIONES GENERALES EN LA CONCEPCION Y
DISEÑO

ADOLFO LEON DUQUE M.
Ingeniero Sanitario

1. INTRODUCCION

La realización de un proyecto arquitectónico para un uso determinado (vivienda, trabajo, recreación, etc.), conlleva la instalación de un determinado número de aparatos sanitarios o de servicio. La existencia de éstos aparatos obliga la instalación dentro de la edificación de un sistema de suministro de agua potable y, de un sistema de desagüe de aguas residuales hasta llevarlas al receptor final previamente identificado.

La instalación del sistema de suministro de agua potable empieza en la acometida domiciliar de acueducto y termina en los aparatos sanitarios o de servicio. En éstos se producen aguas residuales que son transportadas a través de conductos ventilados, que forman el sistema de desagüe que empieza en los sanitarios y termina en la conexión domiciliar de alcantarillado domiciliar o desagüe de la edificación, la cual se prolonga hasta la red de alcantarillado público o el sitio de disposición de éstas.

El proyecto de instalación hidráulica y sanitarias se refiere al cálculo y distribución de todos los elementos: redes de tuberías, accesorios y aparatos de control necesarios para un adecuado funcionamiento de los sistemas de suministro de agua potable y desagües de las edificaciones.

La elaboración de un proyecto de instalaciones hidráulicas y sanitarias implica el desarrollo de una serie de actividades, estrechamente relacionados, las cuales se irán describiendo con el avance de la conferencia.

2. DESCRIPCION DEL PROYECTO ARQUITECTONICO

La descripción del proyecto arquitectónico proporciona inicialmente, en las fases de evaluación de honorarios y de elaboración del Proyecto de Instalación Hidráulica y Sanitaria, el alcance del trabajo requerido.

La descripción tiene dos (2) fases claramente definidas:

2.1 UBICACION DEL PROYECTO

La ubicación o localización del proyecto en zona rural o zona urbana define el diseño de sistemas complementarios de Acueducto y Alcantarillado dependiendo de la existencia o no de éstos.

Un proyecto ubicado en la zona urbana implica la existencia de redes de acueducto y alcantarillado en zonas aledañas al sitio del proyecto y en caso de no existir, la facilidad de conexión a redes próximas a éste.

Un proyecto localizado en zona rural casi siempre implica el diseño y construcción de sistemas propios de abasto y disposición de aguas residuales. En caso de existir, se deben chequear capacidades y vida útil de las estructuras.

2.2 TIPOS DE PROYECTO

De acuerdo a la disposición y grado de ocupación los proyectos se pueden dividir en:

A. Solución Individual

Agrupar los proyectos de vivienda unifamiliar cuyo desarrollo se basa en el diseño de las redes Hidrosanitarias internas hasta entregas a las conexiones externas.

B. Soluciones Múltiples

Se agrupan los proyectos de multifamiliares, donde adicional al desarrollo interno de cada vivienda, se deben solucionar los sistemas de las zonas comunes tales como punto fijo, sótanos, etc.

C. Conjunto de Soluciones

Se agrupan los conjuntos de soluciones individual y/o multifamiliar donde además de lo considerado anteriormente se adiciona los sistemas externos comunes tales como zonas verdes, parqueaderos, piscinas, etc.

3. INFORMACION REQUERIDA

Para la elaboración definitiva de un proyecto de instalaciones hidráulicas y sanitarias de cualquier tipo de edificación es necesario recopilar una información básica a través de consultas, solicitudes formales, trabajos de campo, etc.

De acuerdo a su aplicación esta información puede relacionarse así:

3.1 INFORMACION DE SERVICIOS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

Por medio de esta se conoce con que tipo de servicios se cuenta y las condiciones de operación de éstos; debe solicitarse a la entidad encargada de manejarlos y puede ser: (ver anexos #1).

- Diámetro, clase, localización y profundidad de la tubería de acueducto. Permite conocer la necesidad o no de proyectar extensión de red, tipo de empalme a realizar, diámetro y número de acometidas a proyectar. (ver anexo #2).

- Presión en la red de acueducto, preferiblemente solicitar carta piezométrica donde indique el sitio de medición (ver anexo #3).

- Características de los sistemas de micromedición.
- Clase de alcantarillado existente, localización, diámetro, pendiente, longitud del tramo a utilizar, cotas de terreno y cotas de tubería en la cámara inicial y final del tramo. Toda la información debe ser chequeada IN SITU y amarrarla a las cotas del proyecto.
- Localización, diámetro, pendiente, cotas y número de conexiones domiciliarias si existen.

En caso que el proyecto este ubicado en zona rural, donde no existan redes de servicios, debe solicitarse a la entidad encargada del manejo de los recursos naturales la posibilidad y condiciones del manejo de fuentes de abasto superficiales o subterráneas, y las normas o especificaciones referentes al control y tratamiento de las aguas residuales. (Ver anexo #4).

3.2 COORDINACION TECNICA

La coordinación técnica consiste en la realización de consultas con los demás diseñadores del proyecto: arquitectónico, estructural, eléctrico, mecánico, etc., con el fin de unificar criterios de diseño, interpretación de planos, localización y clase de aparatos, tipos de acabados, tipos de estructura, etc.

Los puntos básicos de esta coordinación se pueden definir así:

3.2.1 Proyecto Arquitectónico

Proporciona información a cerca de la localización y número de los aparatos sanitarios y de servicio a utilizar en el proyecto. Esto permite conocer presiones de funcionamiento, caudales unitarios en los aparatos, especificaciones técnicas en cuanto a localización trazado geométrico y dimensionamiento de las redes.

Igualmente esta coordinación asigna los sitios posibles (ductos, muros, etc.) de localización de elementos fundamentales de un proyecto hidro-sanitario tal como bajantes, columnas de suministro, gabinetes de incendio, tanques de almacenamiento, sistemas de bombeo, etc.

Adicionalmente en esta etapa se puede coordinar, dado el conocimiento del arquitecto del tipo y uso de la edificación, la clase y tipo de materiales a utilizar para los diferentes sistemas diseñados y que se pueden clasificar de la siguiente manera:

- DESAGUES AGUAS NEGRAS: PVC SANITARIA
- DESAGUES AGUAS LLUVIAS Y REVENTILACION: PVC A. LLUVIAS
- SUMINISTRO AGUA FRIA: PVC PRESION
COBRE
GALVANIZADO
- SUMINISTRO AGUA CALIENTE: CPVC
COBRE
GALVANIZADO

- SISTEMA CONTRA INCENDIO: GALVANIZADO
- GIFERIA Y VALVULAS: NACIONALES O IMPORTADAS

3.2.2 Proyecto Estructural

La información del tipo de estructura a utilizar proporciona claridad acerca de la localización y disposición de los elementos que la constituyen, al igual que la interferencia o no con las redes internas de la edificación tales como bajantes, columnas de suministro, columnas de ventilación, conexión a los aparatos sanitarios, etc. Los tipos de construcción de más uso se pueden identificar así:

- Estructura Convencional

Constituida estructuralmente por columnas, losas aligeradas con case-tón de esterilla o prefabricado, de espesor entre 0.3 y 0.5 mt y muros en ladrillo o bloque.

Normalmente las instalaciones sanitarias se dejan incrustadas en las losas dado el espesor de esta y las hidráulicas se localizan ranuran-do los muros y pisos facilitados por el espesor de estos.

- Estructuras Prefabricadas y Mampostería Estructural

En este tipo de estructura constituida por losas macizas de espesor entre 0.1 y 0.15 mt y muros reforzados, los desagües se proyectan

descolgados utilizando cielos falsos en las zonas de baños y oficinas. Las hidráulicas igualmente se pueden descolgar o incrustar en la losa y la localización de las conexiones a los aparatos sanitarios esta supeditado a la interferencia con elementos estructurales en los muros al igual que la localización de bajantes y columna- de suministro.

3.3 PROYECTO ELECTRICO

Básicamente con esta coordinación se define la localización de aparatos de servicio con conexión eléctrica. tales como calentadores, trituradores, sistema de bombeo; igualmente se puede asignar la utilización de espacios para usos definidos tales como: bajantes, columnas, cajas de medidores, etc.

3.4 PROYECTO DE AIRE ACONDICIONADO

La coordinación con ésta fase del proyecto, cuando se requiera, esta destinada a definir la ubicación del desagüe y abasto de los equipos a instalar. También es necesario definir las zonas de instalación de ductos de aire acondicionado para evitar la interferencia con redes de desagüe y/o hidráulica descolgadas.

3.5 ESTUDIO DE SUELOS

La formación del estudio de suelos es fundamental para definir de acuerdo a los niveles de la edificación y a los del nivel freático, la necesidad o no de sistemas de drenaje por debajo de la estructura más baja y/o en los muros de contención.

4. ALCANCE DEL ESTUDIO

Una vez analizada la información básica recopilada debemos afrontar la fase de diseño propiamente dicha, la cual la podemos dividir como sigue:

4.1 CONEXIONES DOMICILIARES

Corresponde a la parte de la instalación que conecta las redes internas de la edificación con las redes públicas o exteriores de servicio de acueducto y alcantarillado.

4.1.1 Conexión Domiciliar de Acueducto

Por medio de ella se abastece de agua potable la edificación y su instalación conlleva la existencia de un medidor que registre el consumo, el cual debe quedar localizado al frente del sitio de conexión a la red.

La conexión a la tubería matriz se hace utilizando accesorios de derivación (collerín, conexión múltiple) hasta de diámetro de $\varnothing 2"$, la conexión de diámetros mayores se hace instalando una tee del diámetro de la tubería matriz reducida al diámetro de acometida requerida.

Normalmente el material utilizado es tubería de cobre pero igualmente se puede ejecutar con tubería plástica restringiendo su uso en zonas donde las características del suelos o la existencia de roedores puede deteriorar su estado.

Su diámetro esta determinado por la presión disponible en la red y por el caudal a transportar en limitaciones de velocidad máximo de flujo.

4.1.2 Conexión Domiciliar en Alcantarillado

Es el conjunto de tuberías de gres o de cemento, en una pendiente mínima del 1%, que conduce las aguas servidas y/o pluviales provenientes de la edificación hacia el alcantarillado municipal. La conexión a este debe hacerse un ángulo de 45°, en el sentido de flujo de la red y haciendo coincidir las claves de los tubos. En ningún caso se podrán hacer conexiones de diámetro igual o mayor al diámetro de la red pública.

El punto divisorio entre la red municipal y la red privada lo demarca la caja de inspección domiciliar, que debe encontrarse ubicada en la zona de antejardín de la edificación. Esta debe construirse en ladrillo o en concreto, repellada y esmaltada en todas sus paredes interiores y su fondo debe estar provisto de sus respectivas cañuelas. Esta estructura se debe rematar con una tapa de concreto reforzado de 2500 psi y espesor de 10 cms.

A partir de éste punto las tuberías aguas arriba serán consideradas instalaciones sanitarias y su construcción, mantenimiento y reparación

correran por cuenta del usuario, agua abajo serán redes municipales.

4.2 SISTEMAS DE LA RED HIDROSANITARIA

De una manera muy general se puede definir que los sistemas que conforman la red hidrosanitaria de una edificación están agrupados de la siguiente forma:

- Sistema de suministro de agua potable
- Sistema de desagüe de aguas lluvias y negras.
- Sistema de protección contra incendio.

La composición y definición de los elementos básicos de los sistemas nombrados se pueden describir como sigue:

4.2.1 Sistema de Suministro de Agua Potable

Es el sistema encargado de transportar el agua potable a todos los sitios de la edificación que la requieran, básicamente esta compuesta por:

- Tanque de Almacenamiento

Cuando el aprovisionamiento de agua potable no es constante o cuando la presión de servicio es insuficiente, o cuando la demanda instantánea sea muy alta, o cuando ocurran varios de éstos casos se presentan la

necesidad de utilizar tanques de almacenamiento solos o acoplados a sistemas de bombeo.

El volumen total de agua que debe almacenarse en el tanque o los tanques cuando hay más de uno, debe ser igual por lo menos al consumo de un día y dependerá del destino de la edificación; en caso de diseñar tanque subterráneo y elevado, el volumen total debe repartirse en estos.

- Bombas y/o Equipos de Presión

Las bombas y equipos de presión son elementos destinados a la elevación de aguas a los sitios que la requiera y a la presión mínima necesaria para un buen funcionamiento de los aparatos que la utilicen.

Para su diseño es necesario conocer los consumos máximos y el tiempo durante el cual se puede sostener ese consumo máximo.

Al diseñar el equipo se debe determinar el tipo, su caudal, cabeza dinámica total y cantidad, así como también los controles necesarios para su funcionamiento.

- Medidores

Se utilizan para que registren el gasto o consumo de cada instalación lo cual tiende a disminuir como es lógico, el desperdicio de agua.

Su selección se debe hacer teniendo en cuenta el caudal, pérdidas de presión, y su consecución en el mercado.

- Redes de Distribución de Agua Fria

Las redes de distribución son todas las tuberías y accesorios que llevan el agua desde el sitio de abastecimiento hasta los aparatos sanitarios. Su diseño comprende dos etapas básicas:

- Localización y distribución de la red.
- Dimensionamiento.

El trabajo de localización y distribución debe hacerse buscando la vía más directa posible de conexión a los aparatos, garantizando con esto mejores presiones de funcionamiento y mayor economía en la construcción.

En la etapa de dimensionamiento se debe tener en cuenta la presión disponible y los límites de velocidad en las tuberías.

- Redes de Distribución de Agua Caliente

El diseño de las redes de agua caliente se hace siguiendo el mismo procedimiento que para las redes de agua fría. El calentamiento del agua se puede hacer por medio de sistemas solares, sistemas eléctricos individuales o sistemas centrales con calderas.

Con el fin de obtener un servicio relativamente rápido de agua caliente se recomienda instalar sistemas de calefacción lo más cerca posible de los puntos de suministro.

4.2.2 Sistema de Desague de Aguas Negras y Lluvias

El sistema de desague es el conjunto de tuberías y accesorios que conducen las aguas residuales y/o aguas lluvias, desde los sitios donde se producen hasta el sitio de conexión al alcantarillado municipal.

Su diseño debe garantizar que se transporte total y rápidamente las evacuaciones sin peligro de obstrucciones, además de impedir el escape de malos olores, gases de alcantarillas, y el paso de insectos o roedores al interior de la edificación.

Un sistema de desague de aguas negras y lluvias está conformado básicamente por :

- Ramales de desague: Tubería horizontal entre el aparato y el bajante.
- Bajante: Tubería vertical que recibe la de los ramales de desague.
- Colector principal: tubería horizontal que recoge la descarga de los bajantes hasta llevarla a la caja domiciliar.

La red de reventilación esta compuesta por bajantes y ramales horizontales que se comunican con los ramales y bajantes de aguas negras.

El diseño de las redes de desague y reventilación, como en el caso de las redes de suministro, debe hacerse en dos etapas:

- Localización y distribución
- Dimensionamiento.

La localización y distribución se debe basar en la distribución y limitaciones arquitectónicas y estructurales, buscando un desarrollo lógico desde el punto de vista hidráulico y económico. El dimensionamiento se hace con base en el caudal y la pendiente necesaria para que fluya por gravedad.

Cuando la edificación tenga uno o más sótanos y el nivel freático interfiera en ellos, es necesario diseñar un sistema de drenaje que lo controle y evite las filtraciones derivada de esta situación.

Generalmente la evacuación de estas aguas se hace mediante sistemas de bombeo, los cuales se pueden utilizar para desaguar las redes sanitarias de aparatos localizados por debajo del nivel de conexión por gravedad al alcantarillado municipal.

4.2.3 Sistema de Protección Contra Incendio

Dependiendo del tipo, uso y altura de la edificación se selecciona el sistema de protección contra incendio.

Un buen diseño debe proveer cantidad, presiones, y medios de distribución, los cuales dependen de:

- Tanque de Almacenamiento

Debe garantizar un volumen de agua tal que la edificación se pueda abastecer durante el tiempo promedio de llegada al sitio del cuerpo de bomberos.

- Sistema de Bombeo

Este equipo debe proporcionar agua en la cantidad recomendada y a las presiones que garanticen un buen funcionamiento del sistema. Adicionalmente debe estar provisto de sistema automático de encendido para que su puesta en marcha no sea una actividad de difícil ejecución.

- Redes de Distribución

Es el conjunto de tuberías y accesorios, de material resistente a la acción del fuego y totalmente independiente del sistema de suministro de agua potable, del cual se pueden abastecer de agua los elementos (mangueras, rociadores, etc.) dispuestos en el interior de la edificación para control en una emergencia de incendio.

Las redes según sus características de funcionamiento se pueden clasificar así:

- **Humedas:** Permanecen llenas de agua y funcionan al abrir cualquiera de las salidas.
- **Secas:** Permanecen sin agua pero conectadas a dispositivos que garantizan el acceso de esta en el momento que sea requerido.

Cualquiera que sea la característica, su diseño debe hacerse siguiendo las etapas de:

- Localización y distribución.
- Y dimensionamiento,

con sus respectivas limitaciones arquitectónicas y estructurales, y condicionadas a los requerimientos de caudal y presión.

- **Accesorios**

Son los dispositivos especiales de uso y/o acceso, que deben ubicarse en sitios de fácil localización y entre los cuales podemos enumerar a:

- **Siamesa de Alimentación:** localizada generalmente en la fachada de la edificación y para uso exclusivo del Cuerpo de Bomberos.
- **Mangueras:** localizados en zonas comunes de la edificación y en puntos que garanticen su llegada a cualquier sitio de esta.

- Rociadores: dispositivo mecánico localizado en el círculo del área que se protege y que funcionan automáticamente por incremento de la temperatura tope.

4.3 PRESENTACION DEL INFORME

La ejecución de un proyecto de ingeniería implica la preparación de informe final, el cual debe ser lo suficientemente claro y conciso para que pueda ser utilizado con facilidad en las etapas de aprobación (ver anexo #5) y/o construcción posteriores.

Un informe final bien preparado debe contener:

4.3.1 Planos

Generalmente elaborados en papel calco para facilitar su publicación y/o futuras correcciones, y cumpliendo una serie de requisitos más de orden práctico que técnico que podemos resumirlos así:

- Las dimensiones del pliego serán de 100x70 cms. para tamaño standard y de 70x50 cms. para tamaño mediano, dependiendo éste del tamaño de las plantas del proyecto. Se debe proveer de una margen en sus cuatro lados (ver anexo #6) y de su rótulo de identificación ubicado en la esquina inferior derecha (ver anexo #7) donde deben estar consignados en lo posible los siguientes datos:

- Nombre del proyecto
- Contenido de la plancha
- Nombre del proyectista y matrícula
- Nombre de la empresa consultora
- Número del plano, escala y fecha de elaboración
- Los planos por lo general deben ser elaborados en escala 1:50 y la localización general 1:100.
- En la plancha del primer piso, debe figurar la localización general del proyecto con la ubicación de las conexiones domiciliarias de acueducto y alcantarillado al igual que la información de las redes públicas existentes y las convenciones utilizadas.
- Las redes proyectadas deben figurar en línea discontinua y las redes existentes, si las hay, en trazos continuos.
- Todo tramo de trazado debe llevar el diámetro, pendiente, material a emplear y sentido de flujo.
- Las redes hidráulicas deben acompañarse de esquemas isométricos; las redes de desagüe de detalles en los casos en que el diseño presente confuciones.

4.3.2 Memoria Técnica

Es la sustentación teórica con fórmulas y cálculos aritméticos del dimensionamiento de las redes en los planos. Se debe complementar con cuadros de cálculo, tablas de referencia, y una descripción de la metodología y materiales a utilizar, y servicios existentes.

4.3.3 Cantidades de Obras y Presupuesto

Consiste en la elaboración de un listado, donde aparecen todos los materiales a instalarse y trabajos a ejecutarse, discriminados por actividad, los cuales al ser valorados con precios usuales en el comercio de la zona del proyecto, presentan la magnitud del costo de ejecución de los trabajos.

4.3.4 Especificaciones Técnicas

Es un documento de referencia para la elaboración de la propuesta de construcción, y para los procedimientos y pruebas en la etapa constructiva.

Se pueden incluir en él temas como:

- Obligaciones del contratista
- Alcance de los trabajos
- Materiales a instalarse
- Procedimientos de ejecución de trabajo
- Características de elementos especiales
- Protección a los trabajos ejecutados
- Inspección y pruebas
- Desinfección de las redes
- Medida y forma de pago.

ANEXO No. 1



EMCALI
Empresa Municipal de Cali

GERENCIA DE PLANEACION Y DESARROLLO

Cali, _____

REF: Posibilidad de servicios públicos - consulta N°: _____

Sector: _____

Atentamente, se cotiza a usted que el lote ubicado en el sector _____

entre los puntos de coordenadas (o dirección) _____

con un área de _____ M² del plano de Cae y propuesto de _____

Para la posibilidad de los servicios públicos, discriminados de la siguiente forma:

POSIBILIDAD DE SERVICIOS	Asesoría	Alcantarado	Energía	Teléfono
Proyecto				
A corto plazo (entre 1 y 2 años)				
A mediano plazo (entre 3 y 5 años)				
A largo plazo (mayor de cinco años)				
Ver observaciones				

CONSULTADO PARA: _____

OBSERVACIONES:

ANEXO No. 2

	EMCALI ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO	SOLICITUD DE EXISTENCIA DE REDES		No.			
		ELABORADA	EL	DIA	MES	AÑO	
C. PUEBLO DEL SERVICIO		BARRIO O URBANIZACION					
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE		DIRECCION Y TELEFONO A INFORMAR					
FIRMA DEL SOLICITANTE		FIRMA Y SELLO OFICIAL VERIFICABLE		No. DE PISOS			

DATOS DE SECCION INSTALACIONES AC. Y ALC.

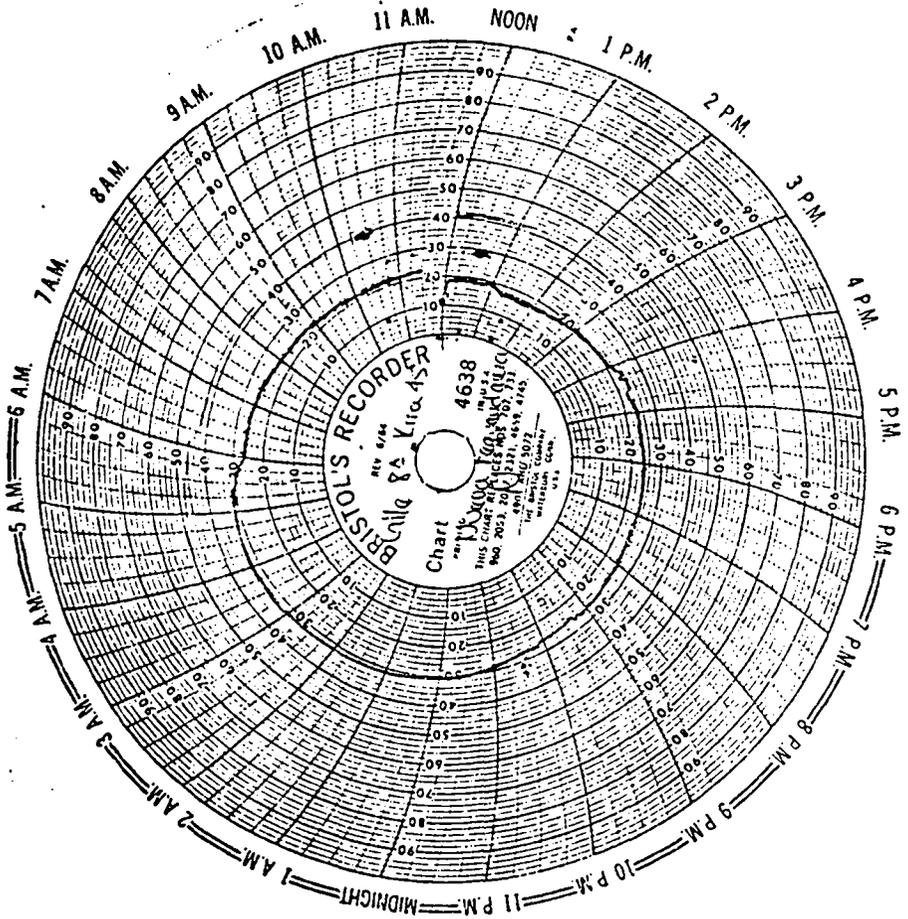
ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO
EXISTE RED SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	EXISTE RED SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
REQUIERE CARTA DE PRESIONES SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	TIPO
NOTA : Si recibo de pago de la carta de presiones se debe exigir a la entrega de la solicitud al interesado y devolvérselo para que éste la presente cuando solicite la matrícula de agua.	SANITARIO <input type="checkbox"/>
	PLUVIAL <input type="checkbox"/>
	COMBINADO <input type="checkbox"/>

Esta solicitud debe acompañarse con el certificado de Demarcación expedido por Protección Municipal y un esquema sencillo de localización.

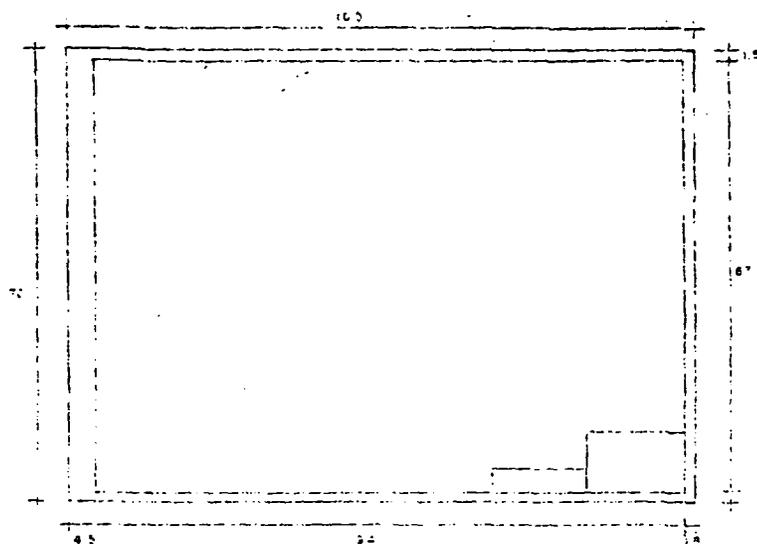
OBSERVACIONES :

_____ INGENIERO DE INSTALACIONES AC. Y ALC.	_____ INSPECTOR
--	--------------------

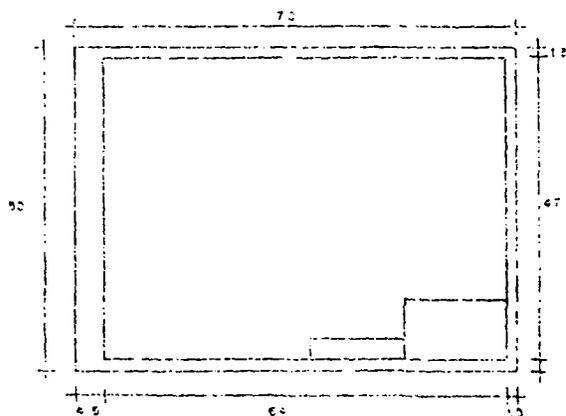
ANEXO No. 3



ANEXO No. 6



PLANCHA TAMAÑO STANDARD



PLANCHA TAMAÑO MEDIANO

EMCALI		NOMBRE EMPRESA INGENIEROS SANITARIOS	
SOLICITUD No.	FECHA:	OBRA:	DIRECCION:
Vº Bº		CONTIENE:	
OBSERVACIONES:		Proyecto:	
		Cálculo:	
		Medición:	
REVISIONES:		Firma:	
		Dibujos:	
		Escala:	
		Fecha:	
		Planchas:	

ANEXO No. 4-1

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA - CVC
SUBDIRECCION DE RECURSOS NATURALES

CONCEPTO TECNICO

El Subdirector de Recursos Naturales de la Corporación Autónoma Regional del Cauca - CVC - en atención de la solicitud suscrita por el señor ERNESTO FORERO., quien obra en su propio nombre como propietario de un predio ubicado en el Corregimiento de Arroyohondo, Municipio de Yumbo, Departamento del Valle del Cauca, emite el siguiente concepto para el Departamento Administrativo de Planeación Municipal de Yumbo, en relación con el proyecto de construcción de una bodega. El predio tiene un área de 9.474.86 m².

ASPECTO AGUAS SUPERFICIALES

El lote se puede abastecer de las aguas del acueducto de EMCALI.

Area para Mantenimiento

Por el lote no discurren cauces de agua de uso público.

ASPECTO AGUAS SUBTERRANEAS

No es factible la construcción de un pozo pequeño o profundo dada las malas condiciones hidrogeológicas de la zona y la gran cantidad de pozos que existen alrededor del lote.

Nivel Freático: 15.0 m. aproximadamente de la superficie a la altura del predio.

ANEXO No. 4-2

CONCEPTO TECNICO

ASPECTO CONTAMINACION

Según los ensayos de percolación reportados, el suelo presenta características de buena permeabilidad, siendo factible la disposición de las aguas residuales mediante tanque séptico. Campo de infiltración.

El área requerida para el sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas es de 407 m² aproximadamente.

De llevarse a cabo la construcción de la bodega, el propietario deberá presentar el proyecto del sistema de tratamiento de aguas residuales (memoria de cálculo y planos) ante la Sección Control de la Contaminación de la CVC para revisión y aprobación, anexando el esquema básico expedido por el Departamento Administrativo de Planeación Municipal de Yumbo.

Cuando se construyan las obras de alcantarillado y el sistema de tratamiento de aguas residuales de la zona, se suspenderán las unidades de tratamiento de aguas residuales construidas en el predio.

ASPECTOS RECURSOS NATURALES

Debe sembrarse en los linderos árboles de urapán, guayacán o frutales.

2

INSTALACIONES HIDRAULICAS



CONFERENCIA DE
INSTALACIONES HIDRAULICAS

Fernando Galleo
Guillermo Garcia
Ingenieros Sanitarios
Universidad del Valle

INDICE DE MATERIAS

- I.- CONSIDERACIONES GENERALES
- II.- INFORMACION REQUERIDA
- III.- SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AGUA
- IV.- CLASIFICACION DE EDIFICACIONES
- V.- DISCUSION SOBRE PRESIONES
- VI.- PASOS PARA LA ELABORACION DE UN DISEÑO
- VII.- EJEMPLO DE CALCULO
- VIII.- BIBLIOGRAFIA.

CONSIDERACIONES GENERALES

La Existencia de aparatos sanitarios dentro de las edificaciones requiere de un sistema de suministro de agua potable a presión. El proyecto de Instalaciones Hidráulicas se refiere al diseño y distribución de redes de tubería, accesorios y elementos de control necesarios para hacer posible el servicio de suministro de agua atendiendo a los siguientes principios:

Todos los aparatos sanitarios deben ser abastecidos con una cantidad de agua a presión y a velocidad adecuada, para que su funcionamiento sea satisfactorio y no produzca ruidos durante su uso.

La distribución de redes de tubería para la alimentación de agua, debe hacerse lo más corto y directo posible por sitios de circulación, evitando los recorridos por dormitorios y habitaciones.

Todo cuarto de baño debe llevar una llave de paso directo que lo aisle del resto del sistema para permitir las reparaciones de los aparatos sanitarios, sin afectar el suministro de agua al resto de la edificación.

Igualmente la cocina y la zona de oficios, debe llevar su llave de paso directo, con el mismo fin.

Todas las salidas de agua de la red de suministro deben estar diseñadas en un material resistente a los impactos y que permita la adherencia con el concreto con el fin de evitar las roturas en el momento del montaje de los aparatos sanitarios.

Igualmente todas las salidas de agua de la red de suministro deben permanecer debidamente taponadas con un material resistente a los impactos, durante todo el periodo que dure la construcción, para evitar las averías futuras de los aparatos sanitarios cuando se pongan en funcionamiento.

Todas las llaves de paso deben estar ubicadas en las inmediaciones del sistema que controla y sobre la pared, evitando colocarlas en el espacio destinado a la ducha, por cuestiones de seguridad y estética.

Una vez construido el sistema de redes de distribución de agua potable, se deberá someter a una presión hidrostática de 100 PSI durante cuatro horas, para detectar cualquier filtración que haya quedado en ellas.

Una vez construido el sistema de redes de agua a presión y después de la prueba hidrostática, esta red debe permanecer con agua de la red de acueducto durante todo el tiempo que dure la construcción, para así poder detectar cualquier fuga posterior a la prueba hidrostática.

Para fines prácticos de este libro se considera la existencia de un sistema público de acueducto y por lo tanto no se hará referencia al diseño de plantas de tratamiento de agua potable.

INFORMACION REQUERIDA

Un primer paso para iniciar el proyecto de Instalaciones Hidráulicas es la recopilación de planos y datos con el fin de estudiarlos y llegar a un conocimiento completo del proyecto. Como complemento a esta información se debe obtener de las Empresas Municipales la información necesaria sobre las redes de acueducto, información denominada en nuestro medio "Posibilidad de Servicios" y "Datos Básicos" y deben contener la siguiente información:

Existencia de la red de Acueducto y si está en servicio.

Localización con respecto a la calzada, al cordón del andén y profundidad de la misma.

Carta de presiones reciente de la red durante 24 horas.

Posibilidad de suministro de agua para el proyecto de acuerdo a las densidades establecidas.

En caso de no tener la información completa de Empresas Municipales, el Ingeniero debe realizar una visita al terreno y obtener los datos faltantes que le permitan desarrollar su trabajo de diseño.

La distribución de todos los elementos que constituyen las redes de suministro de una instalación hidráulica deberán de hacerse de acuerdo al diseño arquitectónico y que no interfiera con el diseño eléctrico.

SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AGUA

Convenciones utilizadas.

Partiendo de la existencia de una red de acueducto público desde el cual puede construirse una acometida domiciliar para alimentación de la edificación, el ingeniero deberá desarrollar un diseño de las instalaciones hidráulicas y a elaborar los planos respectivos que generalmente deben utilizar las siguientes convenciones.

---- A.F- 0" - Tubería agua fría.

---- A.C- 0" - Tubería de agua caliente.

---- III ----- Unión universal.

Unión de flanches.

---- I ----- Unión simple.

- Tee con derivación lateral.
- Tee con derivación hacia abajo.
- Tee con derivación hacia arriba.
- ___I Codo de 90 grados.
- ___/ Codos de 45 grados.
- Codo bajando.
- Codo subiendo.
- x----- Llave(válvula) de paso directo.
- Válvula de globo.
- o----- Válvula de cheque.
- Válvula de seguridad.
- Filtro.
- Válvula termostática.
- u----- Válvula reguladora de presión.
- Manómetro.
- : 1----- Medidor(contador) de agua.
- o--- Grifo.

Materiales Empleados.

Para la construcción de las Instalaciones hidráulicas los materiales mas usados son:

Tubería de hierro galvanizado con accesorios del mismo material y uniones roscadas, requiriendo herramientas y mano de obra especializada. Material pesado y resistente a las altas temperaturas y a los impactos, características que lo hacen apto para la conducción de agua caliente y apetecible durante la construcción. Muy propenso a las incrustaciones, a la oxidación y a la corrosión, acortando peligrosamente su periodo de vida útil, con las lógicas consecuencias para los usuarios del inmueble, relativamente más económicos que el resto de material disponible en el mercado.

Tubería de policloruro de vinilo rígido (PVC) con accesorios del mismo material y uniones soldadas en frío. Material muy liviano, resistente a la oxidación, a la corrosión y a las incrustaciones, es delicado y comparativamente poco resistente a los impactos, característica por lo cual se hace necesario protegerlo en obra y colocar los terminales en material metálico. No recomienda su fabricante someterlo a temperaturas mayores de 65 grados centígrados.

Tubería de policloruro de vinilo clorado (CPVC) con accesorios del mismo material y uniones soldadas en frío, aptas para conducciones de agua caliente.

Tubería de cobre tipo M con accesorios del mismo material o de bronce y uniones soldadas en caliente con estaño 50% y plomo 50%. No se corroe, no se oxida y no se incrusta, ni tiene límites de temperatura. Resistente a los impactos aunque no tanto como el material galvanizado. Relativamente el más costoso de los tres antes mencionados y por las características anteriores necesita una mano de obra muy especializada y más costosa.

Partes de una Red.

Esquemáticamente toda red de distribución de agua en el interior de un edificio, se puede dividir en tres partes principales:

DISTRIBUIDORES.

Denominase distribuidores, de una red de agua, al conjunto de tuberías horizontales que enlazan la acometida domiciliar con las columnas de suministro. Están colocados generalmente en el primer piso o en el techo del sótano. En los sistemas que requieren almacenamiento elevado, los distribuidores se encuentran en la azotea o en la planta más alta de la edificación.

COLUMNAS.

Denominase columnas de distribución al conjunto de tuberías verticales que enlazan los distribuidores con las ramificaciones. En el origen de cada columna, debe instalarse una llave de paso directo con el fin de poder aislar parte de la red en caso de una reparación.

Estas columnas deben quedar ubicadas en los buitrones que permitan una circulación de aire en sentido vertical que evapore eventuales condensaciones de humedad atmosférica, en las paredes exteriores de la tubería.

RAMIFICACIONES.

Demominase ramificaciones al conjunto de tuberías horizontales que enlazan las columnas de suministro con los aparatos sanitarios. Las ramificaciones generalmente están colocadas en los pisos de las unidades particulares de servicio. En el origen de cada una de estas ramificaciones, debe instalarse una llave de paso directo con el objeto de poder sacar del servicio solamente esta parte de la red cuando se presente algún daño.

Tipo de Redes.

En instalaciones hidráulicas los tipos de redes más conocidos y más usados dentro de la construcción son los siguientes:

RED RAMIFICADA O PIE DE OCA.

Este primer tipo de red (mostrado en la figura No. 1) es el más usado en nuestro medio, por ser el más económico pero presenta el inconveniente de tener que privar del servicio a la totalidad de la edificación en caso de presentarse algún daño en el distribuidor.

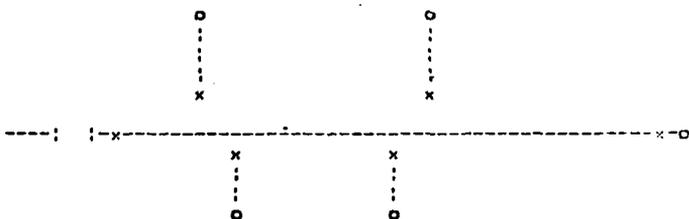


figura No. 1 red ramificada o pie de oca.

RED DE ANILLO O CIRCUITO CERRADO.

Este sistema presenta las ventajas, que mediante un juego de llaves de paso directo, estratégicamente ubicadas, permite las reparaciones de un daño en el distribuidor, manteniendo alimentada todas o casi todas las columnas de la red, siendo la distribución de agua más uniforme y la disposición en circuito cerrado amortigua los efectos del golpe de ariete (ver figura No.2).

RED DE MALLA.

Este sistema considerado el más completo y por lo tanto el más costoso, contempla distribuidores tanto en el primer piso (cielorazo del sótano) como en el último piso (azotea) intercomunicados por las columnas de suministro, tiene las mismas ventajas del tipo anterior, pero le adiciona un mayor grado de flexibilidad para la prestación del servicio y para las reparaciones ya que el fluido en cualquier punto de la malla viene de diferentes direcciones (ver figura No. 2).

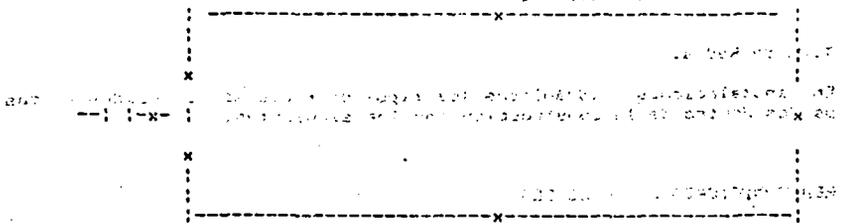


Figura No. 2 red de anillo o circuito cerrado.

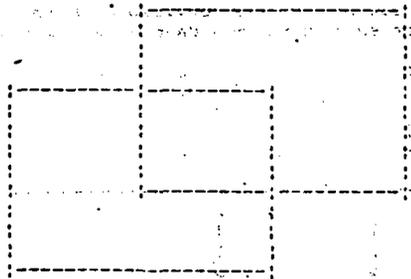


Figura # 3 red de malla.

Clasificación de Edificios

Se puede establecer una clasificación de las edificaciones con base en su altura y para cada uno de los tres grupos se presentan los sistemas de arreglos de suministro y distribución de los elementos básicos, muy definidos a saber:

EDIFICACIONES BAJAS

Se consideran todas aquellas que no sobrepasan los 12 mt de altura, ordinariamente de no mas de cuatro (4) pisos.

Arreglo 1-A. Se hace el suministro de agua directamente desde la red municipal a los apartamentos, empleando solamente la presión de la red. Sus elementos principales son:

Un medidor totalizador a la entrada del edificio, una columna central de distribución ubicada en el punto fijo y medidores individuales a la entrada de cada apartamento (ver figura # 4).

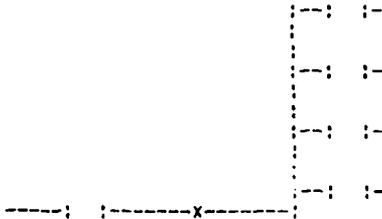


Figura # 4 Arreglo 1-A.

Arreglo 1-B. Se hace el suministro de agua desde la red municipal a un tanque elevado ubicado por encima del techo de la edificación, desde este sale una columna de distribución repartiendo el agua a los apartamentos. Sus elementos principales son:

Un medidor totalizador a la entrada del edificio, una columna de alimentación al tanque, una columna central de distribución del agua y medidores individuales a la entrada de cada apartamento (ver figura # 5).

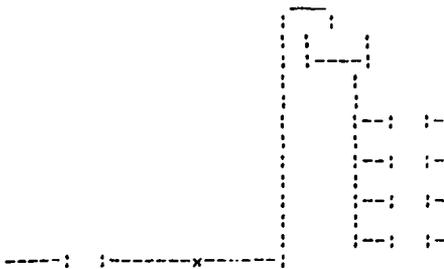


Figura # 5 Arreglo 1-B

Arreglo 1-C. Es una combinación de los arreglos anteriores, y se hace el suministro de agua directamente desde la red municipal a los apartamentos de los dos (2) primeros pisos y esta columna de suministro alimenta igualmente un tanque elevado por encima del techo, desde este sale una columna de distribución repartiendo agua para los apartamentos del tercero y cuarto piso. Sus elementos principales son:

Un medidor totalizador a la entrada del edificio, una columna central de alimentación de los primeros apartanmentos y el tanque elevado, una columna central de distribución del agua para los apartamentos de los últimos pisos y medidores individuales a la entrada de cada apartamento (ver figura # 6).

EDIFICACIONES DE ALTURA MEDIA.

Se consideran todas aquellas que no sobrepasan los 50 mt de altura, ordinariamente de no mas de 15 pisos.

Arreglo 2-A. Normalmente se hace el suministro de agua desde la red municipal hasta un tanque bajo ubicado en el sótano del edificio. Desde este sale una columna de alimentación a un tanque elevado, el agua es impulsada por medio de una bomba. Desde este último sale una columna de distribución repartiendo el agua a los apartamentos. Sus características más sobresalientes son:

Un medidor totalizador a la entrada del edificio, dos tanques de almacenamiento, uno en el sótano y otro en el techo, columna de intercomunicaciones entre los dos tanques, una columna central de distribución de agua y medidores individuales a cada apartamento (ver figura # 7).

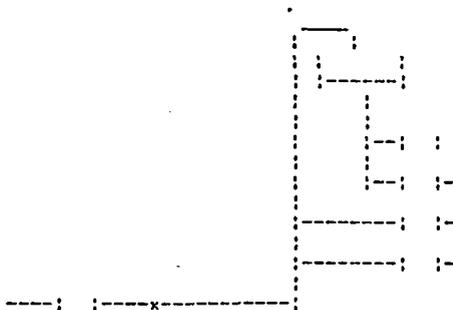


Figura # 6 arreglo 1-C

Arreglo 2-B. Se hace el suministro de agua desde la red municipal hasta un tanque bajo ubicado en el sótano del edificio. De esta sale una columna de suministro de agua directamente a los apartamentos. El fluido es impulsado por un equipo de presión constante. Sus elementos principales son:

Un medidor totalizador a la entrada del edificio, un tanque de almacenamiento en el sótano, un equipo de presión constante, una columna de distribución de agua y medidores individuales a la entrada de cada apartamento (ver figura # 8).

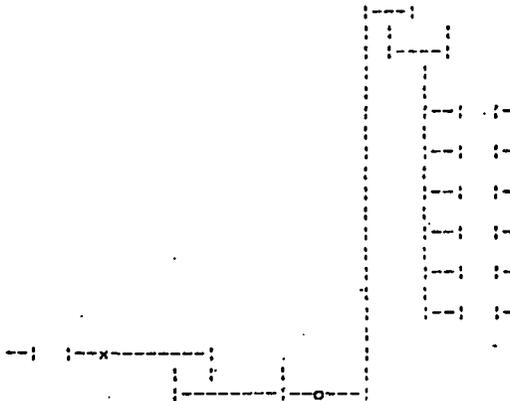


Figura # 7 Arreglo 2-A.

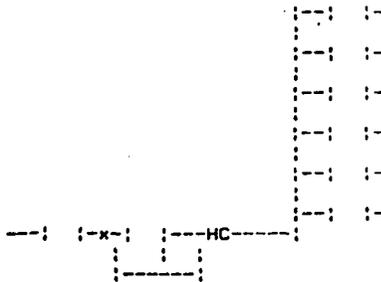


Figura # 8 Arreglo 2-B.

Arreglo 2-C. Se hace el suministro desde la red municipal hasta un tanque bajo ubicado en el sótano del edificio. Desde este sale una columna de alimentación a un tanque elevado, el agua es impulsada por una bomba. Desde este último salen dos columnas de distribución, repartiendo la primera agua a los apartamentos de los últimos dos pisos pasando antes por un hidroneumático que da la presión necesaria al agua. La segunda columna de distribución reparte el agua al resto de los apartamentos por gravedad. Este arreglo busca proteger el diseño arquitectónico desde el punto de vista estético. Sus elementos principales son:

Un medidor totalizador a la entrada del edificio, dos tanques de almacenamiento, columna de intercomunicación entre los dos tanques, una motobomba, dos columnas de suministro, un hidroneumático pequeño y medidores individuales a la entrada de cada apartamento. (ver figura # 9).

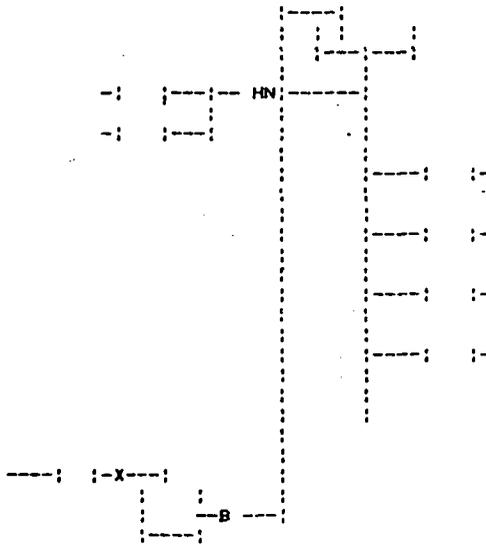


Figura # 9 Arreglo 2-C.

EDIFICACIONES DE GRAN ALTURA

Se consideran todas aquellas que sobrepasan los 50 mts de altura, generalmente más de 15 pisos. Para esta clasificación usualmente se utilizan los arreglos de las edificaciones de altura media, pero zonificando la edificación en dos o más grupos iguales de pisos. La forma de hacer esta zonificación acepta una serie de variantes entre las cuales se deberá escoger la que más se acomode a la disposición arquitectónica y a las necesidades hidráulicas de l proyecto. Entre estas variantes estan las siguientes:

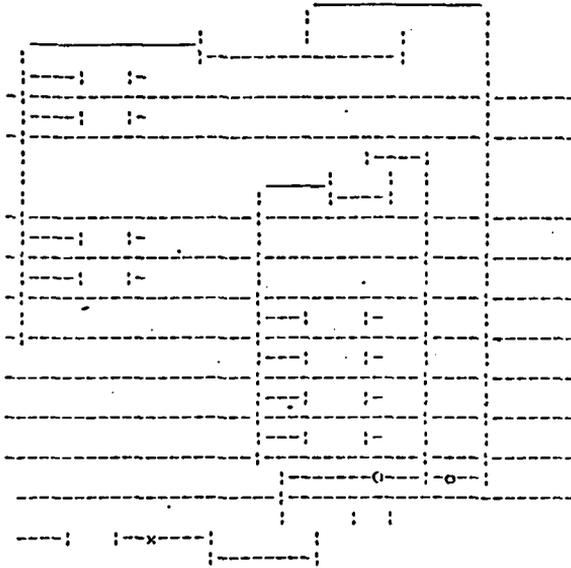


Figura # 10 Arreglo 3-A.

Arreglo 3-A. Se hace el suministro desde la red municipal hasta un tanque bajo ubicado en el sótano del edificio. Desde este salen dos columnas de alimentación, cada una provista de su respectiva motobomba. Una de las columnas alimentará un tanque que se encuentra en uno de los pisos intermedios (generalmente del 15 al 18); la otra alimentará un tanque que se encuentra ubicado en el techo de la edificación. Desde el tanque superior se alimentarán los pisos mas elevados incluyendo dos pisos por debajo del tanque intermedio. El intermedio alimentará el resto de pisos hasta el primero. Sus elementos mas sobresalientes son:

Un medidor totalizador a la entrada al edificio, tres tanques de almacenamiento, dos columnas de intercomunicación entre los tanques, dos motobombas, dos columnas centrales de distribución del agua y medidores individuales a la entrada de cada apartamento (ver figura # 11).

Arreglo 3-B: Se hace el suministro de agua desde la red municipal hasta un tanque bajo ubicado en el sótano del edificio. Desde este sale una columna de alimentación hasta un tanque ubicado en un piso intermedio del edificio. El agua es impulsada por medio de una motobomba. De este segundo tanque sale otra columna de alimentación hasta un tanque ubicado en la cubierta del edificio. El agua es igualmente impulsada por medio de una motobomba. Desde los tanques elevados salen columnas de distribución de agua para los apartamentos. Sus elementos principales son:

Un medidor totalizador a la entrada del edificio, tres tanques de almacenamiento, dos columnas de intercomunicación entre los tanques, dos motobombas, dos columnas centrales de distribución del agua y medidores individuales a la entrada de cada apartamento (ver figura # 12).

Arreglo 3-C: Se hace el suministro de agua desde la red municipal hasta un tanque bajo ubicado en el sótano del edificio. Desde este sale una columna de alimentación hasta un tanque elevado localizado en la cubierta del edificio, el agua es impulsada por medio de una motobomba, desde el último salen dos columnas de distribución, la primera columna alimenta los apartamentos de los primeros pisos pasando antes por una válvula de quiebres de presiones para limitar la presión en los apartamentos hasta un máximo de 50 mt de cabeza, la segunda columna alimenta los apartamentos de los últimos pisos. Sus elementos principales son:

Un medidor totalizador a la entrada del edificio, dos tanques de almacenamiento, columna de intercomunicación entre los tanques, una motobomba, dos columnas de suministro, un válvula de quiebre de presiones y medidores individuales a la entrada de cada apartamento (ver figura # 13).

En todos los casos presentados anteriormente, tanto para edificaciones bajas como intermedias y altas, se presenta que para los pisos superiores no es suficiente la presión producida por el tanque de almacenamiento ubicada en la cubierta. En tal caso hay dos alternativas. La primera es aumentar la altura del tanque con relación al piso del último piso hasta el valor necesario para producir la presión adecuada, esta solución tiene el inconveniente de que en un tanque elevado sobre la cubierta puede afectar la estética del proyecto arquitectónico, la segunda alternativa es instalar un equipo hidroneumático, succionando del tanque elevado y abasteciendo el piso o los pisos en los cuales la presión no es suficiente, igualmente esta solución tiene el inconveniente del mayor consumo de energía y el mantenimiento de los equipos.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CADA ARREGLO.

Analizando cada uno de los arreglos expuestos anteriormente, independientemente de la clasificación baja, intermedia y alta encontramos una serie de ventajas y desventajas de cada una de ellas, que trataremos de dejar consignadas en este ítem.

Los arreglos 1-A y 1-C tienen el inconveniente de que cuando se suspenda el servicio de agua municipal, toda o parte de la edificación queda automáticamente sin agua. La gran ventaja de estos tres arreglos incluyendo el 1-B es que son independientes del servicio de energía.

Los arreglos 2-A y 2-B tienen la gran ventaja de tener volúmenes de almacenamiento para 24 horas y por lo tanto son independientes tanto como el servicio de energía como en el servicio de suministro de agua municipal durante este período.

El arreglo 2-C tiene el inconveniente de depender del suministro de energía, ante un corte de este, el suministro de agua a los apartamentos se suspende automáticamente si la edificación carece de planta de energía de este servicio.

Los arreglos 3-A, 3-B y 3-C tienen el inconveniente de depender del servicio de energía, pero en este tipo de edificaciones altas todos están provistos, por legislación de planeación, de una planta de emergencia de energía al cual deben estar conectados los diferentes componentes eléctricos integrantes del sistema de suministro de agua.

DISCUSION SOBRE PRESIONES

Para el diseño de las Instalaciones Hidráulicas de una edificación urbana, tenemos dos valores que determinan las características de este:

- 1.) Presión disponible al pie de la edificación: "Pr" (m.c.a)
- 2.) Altura del aparato más desfavorable: "A" (m).

Para efectos de comodidad se recomienda usar como unidad de presión los metros de columna de agua (1 m.c.a = 1,422 PSI)

De la comparación de estos dos valores tendremos:

- 1.) $Pr \gg A$
- 2.) $Pr > A$
- 3.) $Pr \leq A$

⚡ : Puede incluso Pr ser un poco mayor que A.

Analizaremos cada uno de estos casos.

1.) $Pr > A$.

En este caso si la presión excede la altura en unos 8,0 m.c.a. y es constante (+ -) durante las 24 Horas. Se puede abastecer directamente de la red y con un dimensionamiento adecuado podremos tener una presión residual para funcionamiento del aparato mas desfavorable de 3,6 m.c.a. aproximadamente, lo cual es razonable.

Si la presión no es constante y ocurre que sólo en determinadas horas (generalmente nocturnas) sobrepasa la altura estática en estos 8,0 m.c.a. Para esta situación se puede recomendar la construcción de un tanque alto con capacidad de almacenamiento de un (1) día, el cual se llena en las horas en que la presión lo permita. Así nos ahorramos sistemas de bombeo con el consiguiente ahorro de energía.

2.) $Pr \gg A$

Cuando esto ocurre y para evitar incomodidades en el servicio se recomienda colocar una válvula reductora de presión y se reduce este caso a $Pr > A$.

3.) $Pr \leq A$

Se abastece directamente de la red hasta los niveles que puedan tener adecuada presión de funcionamiento; Esto puede ser determinado empleando la expresión recomendada por el Ingeniero Bernardo Gomez del acueducto de Bogotá:

$$P = (3N + 6) * 1,2$$

P = Presión de la red en metros.

N = Número de pisos.

Aplicandola para una edificación de tres pisos tendríamos:

$$P = (3*3 + 6) * 1,2 = 18 \text{ mts.}$$

O sea que necesitamos una presión mínima durante las 24 horas de 18 Mts para emplear presión directa de la red en su alimentación.

Para los otros niveles superiores tendremos que elegir una de las siguientes alternativas:

- a) Tanque bajo - motobombas - tanque alto.
- b) Tanque bajo y equipo presurizador.

Los equipos de presión pueden ser de presión constante o de presión diferencial (dependiendo de la marca). Tienen el inconveniente de que si la edificación no tiene planta eléctrica de emergencia, cada que haya un corte en el servicio eléctrico, los usuarios se quedarían sin agua.

PASOS PARA HACER PROYECTOS DE INSTALACIONES HIDRAULICAS

- 1.- Solicitud ante Emcali de la existencia de redes. (debe hacerlo el arquitecto).
- 2.- Solicitud de datos básicos, incluyendo carta de presiones.
- 3.- Visita al terreno para verificación y complementación de datos básicos.
- 4.- Cálculo de la presión de diseño, que es el 80% de la presión mínima que marque la carta de presiones suministrada por Emcali.
- 5.- Determinación del sistema de alimentación para el proyecto apoyandonos en la carta de presiones y en la fórmula de Bernardo Gomez.
- 6.- Determinación de la ubicación de los medidores de agua, tanto el totalizador como los individuales en plena concordancia con el arquitecto.
- 7.- Elaboración del trazado de alimentación de todos los aparatos sanitarios, atendiendose a los siguientes parámetros.
 - a.- Cada unidad particular (Apto, Local), debe tener su medidor individual, plenamente asociado a la unidad que sirve.
 - b.- Despues de cada medidor debe haber una llave de paso que permita la interrupción del servicio.
 - c.- El trazado hidráulico debe hacerse por sitios de circulación evitando pasar por dormitorios.
 - d.- Cada cuarto de baño debe estar provisto de una llave de paso que permita sacarlo de servicio sin interrumpir el resto del suministro a los demas servicios.
 - e.- Igualmente la zona de oficios y cocina deben estar provistas de su llave de paso que cumpla la misma función del punto anterior.
 - f.- Todas las llegadas de agua fría a los aparatos sanitarios deben estar provistas de terminales de hierro galvanizado.
 - g.- Se debe consultar con el arquitecto proyectista, el amoblamiento sanitario para determinar las alturas de las salidas de agua.
- 8.- El arquitecto debe determinar la ubicación de los calentadores de agua.
- 9.- Se debe determinar en este momento el material hidráulico a usar, tanto para el agua fría, como para el agua caliente.

- 10- Se determina por el método de Hunter la demanda de agua, para cada unidad particular típica, para cada unidad particular atípica, para las zonas comunes de servicios y para todo el proyecto.
- 11- Se escoge la unidad particular típica y atípica más desfavorable teniendo en cuenta estos dos (2) parámetros:
 - a.- El apartamento más alto.
 - b.- El apartamento más alejado.
- 12- Se escoge dentro de esta unidad más desfavorable el aparato sanitario (puede ser un grifo) más desfavorable y se le asigna el número uno (1), encerrado en un círculo.
- 13- A partir de este aparato sanitario más desfavorable del apartamento crítico, se empieza a asignar números ascendentes encerrados en círculos, a cada nudo, cada vez que aumente el caudal.
- 14- Se determinan las cinco (5) pérdidas constantes que pueda tener el proyecto.
- 15- Se mide a escala la longitud de tubería horizontal del recorrido de agua desde el totalizador, hasta la unidad crítica más desfavorable y hasta el aparato sanitario más crítico.
- 16- Se asigna un 15% de longitud de tubería adicional para compensar las pérdidas obtenidas en los accesorios.
- 17- Se calcula la longitud equivalente (Lf), sumando la longitud total más el 15% correspondiente a los accesorios.
- 18- Se sacan las pérdidas disponibles (f) para fricción restando de la presión de diseño las pérdidas constantes.
- 19- Se sacan las pérdidas unitarias promedias (J) dividiendo Hf entre Lf, así:

$$J = \frac{H_f}{L_f} = \text{m/m.}$$

- 20- Se calculan las pérdidas variables apoyándose en la teoría de Hunter y las tablas de William-Hazen.
- 21- Dentro del cuadro de cálculos se deben observar las siguientes reglas para que el diseño sea correcto.
 - a.- La velocidad del fluido no debe superar los 2 m/seg.
 - b.- Las pérdidas unitarias por tramo no deben superar en ningún caso el valor de las pérdidas promedias.

22- Si la presión de diseño es superior a las pérdidas totales que la integran, la suma de las pérdidas constantes más las variables, el proyecto está bueno.

EJEMPLO DE CALCULO

EDIFICIO SANTA RITA

1.- GENERALIDADES

El edificio Santa Rita se encuentra ubicado en el barrio del mismo nombre en la avenida del río # 7-76/84 Oeste, en un lote de Área de 468,77 M2

Consta de un bloque de 8 pisos, un apartamento por piso, para un total de 8 apartamentos de 4 alcobas cada uno y 2 sótanos para parqueaderos.

Existe red de acueducto en diámetro 4" y red de alcantarillado combinado. Según datos piezométricos, la presión mínima en el sitio es de 42 metros. Internamente se proyecta alcantarillado separado para desocupar a nivel de la losa del primer piso en tubería PVC-Sanitaria colgada.

Los sótanos se desaguan mediante pozo de succión y sus aguas llevadas a la caja domiciliar ubicada en el primer piso a nivel 0.00.

Se abastecerá todo el edificio del tanque bajo y equipo de presión constante.

Los medidores están ubicados a nivel de sótano No 1.

Presión de trabajo : $42 \pm 0,9 = 37,8$ Mts.

Cálculo del Caudal.

<u>Apto Tipo</u>	<u>Unidades</u>	<u># Aparatos</u>	<u>Total Unidades</u>
Sanitario	3	5	15
Lavamanos	1	6	6
Ducha	2	4	8
Lavadora	2	1	2
Lavadero	2	1	2
Lavaplatos	2	2	4
Bidet	2	1	2
Lavatrapeador	2	1	2
			<hr/>
	TOTAL UNIDADES		41

<u>Anto 1er Piso</u>	<u>Unidades</u>	<u># Aparatos</u>	<u>Total Unidades</u>
Sanitario	3	4	12
Lavamanos	1	4	4
Ducha	2	3	6
Lavadora	2	1	2
Lavadero	2	1	2
Lavaplatos	2	2	4
Grifos	2	2	4
Lavatrapeador	2	1	2
TOTAL UNIDADES			38

<u>Pent House</u>	<u>Unidades</u>	<u># Aparatos</u>	<u>Total Unidades</u>
Sanitario	3	6	18
Lavamanos	1	7	7
Ducha	2	6	12
Lavadora	2	1	2
Lavadero	2	1	2
Lavaplatos	2	3	6
Grifos	2	2	4
Lavatrapeador	2	1	2
TOTAL UNIDADES			53

<u>Zonas Comunes</u>	<u>Unidades</u>	<u># Aparatos</u>	<u>Total Unidades</u>
Sanitario	3	1	3
Lavamanos	1	1	1
Grifos	2	7	14
TOTAL UNIDADES			18

TOTAL UNIDADES : 356 = 6,27 LPS

VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO

Se prevee almacenamiento para satisfacer la demanda de un día de consumo para los 8 apartamentos.

Total habitantes : Apartamentos 9 * 8 = 72
 Administración 8

Total : 80 Personas.

Dotación por habitante = 250 Lts/pers/día.

Consumo = $80 \times 250 \text{ Lts/día} = 20 \text{ M}^3/\text{día}$

Se construirá un tanque de almacenamiento de 20 M^3 en concreto cuyas dimensiones serán:

Largo = 3,50 Mts.

Ancho = 3,50 Mts.

Altura Util = 1,65 Mts.

Borde Libre = 0,30 Mts.

Altura Total = 1,95 Mts.

CALCULO ACOMETIDA

La acometida general a la edificación entra por el nivel 0,00 Avenida del Rio, alimenta las zonas comunes y llenará el tanque bajo ubicado a nivel del sótano No 2, N=5,65.

Se calcula el diámetro de la acometida para llenar el tanque bajo en dos (2) horas.

$$Q \text{ llenado} = \frac{20.000}{2 \times 3600} = 2,77 \text{ LPS} = 44 \text{ GPM}$$

Para tubería C = 150 entonces tenemos un diámetro de 1.1/2"

V = 2,4 m/seg Hf = 0,07 m/m.

Acometida general de 2" V = 3,10 m/seg Hf = 0,12 m/m.

Para la tubería que sale del tanque bajo.

CALCULO DE MEDIDORES

MEDIDOR GENERAL

Para medir un caudal de 6,27 LPS = 22.6 MS/hora, se necesita un medidor Meinecke de 1.1/2", que produce pérdidas de 1,2 m.c.a.

MEDIDOR APARTAMENTO TIPO

41 Unidades = 26 GPM se necesita un medidor de disco de 3/4", que produce pérdidas de 4,58 m.c.a.

MEDIDOR APARTAMENTO PRIMER PISO

38 Unidades = 24 GPM, se necesita un medidor de disco de 3/4", que produce pérdidas de 3,84 m.c.a.

MEDIDOR APARTAMENTO PENT HOUSE

53 unidades = 31 GPM, se necesita un medidor de disco de 3/4", que produce pérdidas de 6,89 m.c.a.

CALCULO DE PERDIDAS

Perdidas fijas	
Profundidad de la red	: 1,20 m.
Perdidas por funcionamiento	: 3,00
Perdidas medidor general	: 1,20
Perdidas por altura	: 33,00

	38,40 m.

Los calentadores solares se alimentarán directamente del tanque.

PERDIDAS EN LA RUTA CRITICA

Se considera la ruta crítica desde el aparato más alejado en el pent house hasta el medidor N-3,10.

TRAMO	UN	D	DIAM	PERDIDAS	-----LONG(mts)-----	PERDIDAS
	GPM	"	M/M	Tubería	tramo	
1-2	2	2	1/2	0.018	7.00	0.130
2-3	4	4	1/2	0.065	1.30	0.080
3-4	6	5	1/2	0.098	1.00	0.100
4-5	8	7	1/2	0.183	3.20	0.580
5-6	8	7	1/2	0.183	0.50	0.090
6-7	14	11	3/4	0.118	5.00	0.590
7-8	41	26	1	0.176	1.20	0.210
8-9	47	28	1	0.202	1.60	0.320
9-m.	53	31	1	0.244	27.00	6.590
TOTALES	*****					8.690

Perdidas por accesorios (13%) = $0,69 * 0,15 = 1,30$ Mts

PERDIDAS TOTALES = 9,99 Mts

CALCULO DEL EQUIPO DE PRESION CONSTANTE

Para un caudal a bombear de 6,27 LPS = 99 GPM tenemos:

Perdidas en la succión:

Altura estática de 0,50 Mts.

Longitud de tubería de 2"	:	1,0 m.
1 Coladera de 2" L.E	:	14,0
1 Valvula de Compuerta de 2" L.E	:	0,4
1 Tee de 2" L.E	:	3,5
		<hr/>
		18,9 Mts.

Para diámetro de 2" y $C = 150$ en las tablas de H.W

$Q = 6,27$ LPS , $V = 3,10$ m/seg $H_f = 0,12$ m/m.

$$\frac{V^2}{2g} = 0,49$$

Perdidas por fricción = $J * L = 2,27$

Altura dinámica de succión $H_1 = 0,5 + 0,49 + 2,27 = 3,26$ m.

PERDIDAS EN LA IMPULSION

Altura estática de impulsión : 27,0 mts.

Perdidas por fricción en tubería de 2":

1 Cheque de 2" L.E	:	6,4 m.
1 Valvula de Compuerta de 2"	:	0,4
9 codos 2x90 r.c L.E	:	15,3
Tubería Recta de 2"	:	25,0
		<hr/>
		47,1 Mts.

En las tablas de H.W para diámetro 2" $Q = 6,27 \text{ LPS}$

$$V = 3,10 \text{ m/seg}$$

$$Mf = 0,12 \text{ m/m.}$$

$$\frac{V^2}{2g} = 0,49$$

Pérdidas por fricción en tubería de 2"

$$47,1 \times 0,12 = 5,65$$

$$\text{Altura dinámica de impulsión} = H = 27 + 0,48 + 5,65 = 33,13$$

Cabeza de la Bomba = $H_1 + H_2 + \text{pérdida ruta crítica} + \text{pérdida medidor apartamento Pent House.}$

$$= 3,26 + 33,13 + 9,99 + 6,89 = 53,27$$

CARACTERISTICAS DE LAS BOMBAS

$$Q = 6,27 \text{ LPS}$$

$$H = 54,0 \text{ Mts.}$$

$$P = \frac{6,27 \times 54}{76 \times 0,6} = 7,4$$

P recomendada = 8 HP

Se recomienda instalar dos (2) equipos de presión marca Peerles.

BIBLIOGRAFIA

- Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias. Eduardo Lloreda
- Manual Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias Acodal
- Instalaciones Sanitarias Angelo Gallizio

3

MACRO Y MICROMEDICION

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
ACODAL-SECCIONAL VALLE DEL CAUCA

CURSO TALLER DE INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS

MACRO Y MICROMEDICION

ALEJANDRO ESTRADA
INGENIERO CIVIL
UNIVERSIDAD DE MEDELLIN

MACRO Y MICROMEDICION

En el presente capítulo se pretende dar a conocer, en forma clara y concisa, la información necesaria acerca de los medidores que se utilizan en los sistemas de acueducto y discutir sobre sus ventajas y desventajas. Contiene generalidades sobre los medidores, clases y tipos de los mismos, normas y pruebas a las que deben someterse y por último, cómo seleccionar un medidor.

1. GENERALIDADES

Para empelzar, es necesario recalcar muy enfáticamente que la medición del agua en un sistema de acueducto es muy importante, ya que suministra datos valiosos para su financiación, administración, operación y mantenimiento. Conocer qué cantidad de agua se potabiliza en las plantas de tratamientos permite un empleo eficiente de los productos químicos, de los reactivos y otros insumos necesarios. Por último, el conocimiento de la cantidad de agua que sale de las plantas y tanques de almacenamiento y del volumen de agua facturado a los usuarios, permite calcular la cantidad no contabilizada y suministra datos para el cálculo de la demanda futura.

1.1 ¿QUE ES UN MEDIDOR?

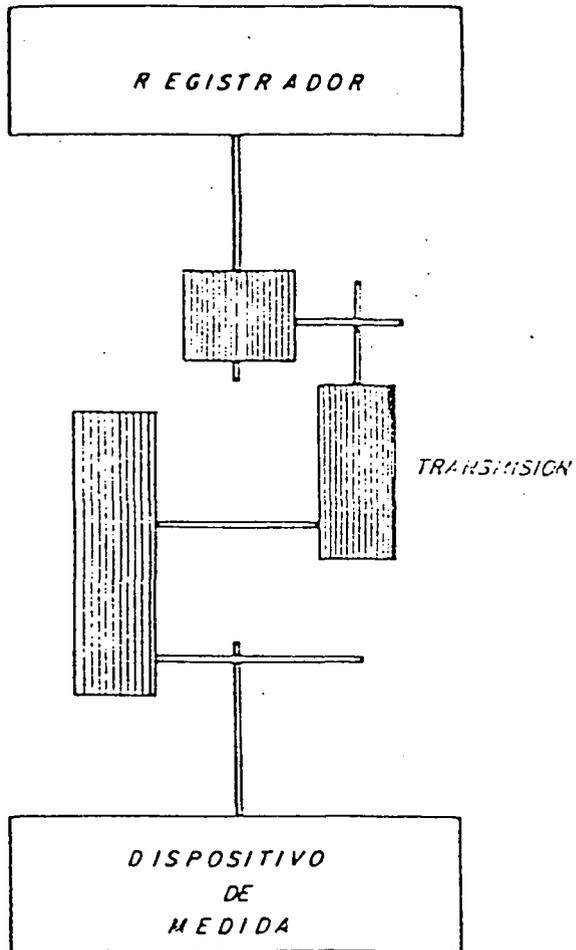
La norma brasilera lo define como "el aparato destinado a medir e indicar el volumen de agua que lo atraviesa", por tanto es doble su función pues no sólo mide sino que registra lo medido. Se compone de dos partes fundamentales, la parte que mide y la parte que registra, pero existe además, una tercera parte que también es importantísima: la que transmite lo medido al registrador. (Ver gráfica 3.1). Cada una de estas tres partes tiene múltiples diseños los que hacen que los medidores sean de las más variadas formas, clases y tipos, como vamos a ver más adelante.

1.2 ¿CUANDO SE DEBE USAR UN MEDIDOR?

Cuando sea necesario controlar el consumo de agua, ya que su segunda función es la de servir de control para impedir los desperdicios y el derroche de fluido. Cuando hay abundancia del líquido no se requiere de medidor o, cuando las personas han alcanzado un grado tal de civilización que no necesitan de él para su control como el caso de Inglaterra, donde se hace un uso racional del agua desde tiempos inmemoriales y por lo tanto no necesitan de medidor. Por regla general, el hecho de no tener contador de agua hace que el consumo sea por lo menos el doble y casi siempre más del triple de lo que se consume cuando hay medidor.

A continuación se presenta la tabla 3.1, elaborada por SABESP (Brasil) sobre la reducción del volumen de agua consumido gracias a la instala

PARTES DE UN MEDIDOR



DISPOSITIVO PUEDE SER: VOLUMETRICO
INFRENCIAL

GRAFICA 3.1

Típicamente, en una ducha, el caudal del agua fría empleada es el doble del caudal de agua caliente. La tabla 2 muestra que las caídas de presión por unidad de longitud de tubería tienden a ser equivalentes para esta razón de flujo si los tamaños nominales de la tubería usada en ambos casos son iguales (3/4"). Sin embargo, en muchas instalaciones se usa tubería de 3/4" para el agua fría y de 1/2" para el agua caliente. La caída de presión para la línea de agua caliente entonces es mucho mayor.

Normalmente, se trata de diseñar de forma tal que el calentador quede lo más cerca posible del punto en el cual se utilizará la mayor cantidad de agua caliente. Esto se hace para evitar el desperdicio de agua. Normalmente, hay que evacuar el doble del agua contenida en el tubo entre el calentador y el punto de uso antes de que esta salga "caliente". Según la Tabla 2, si la distancia entre el calentador y el punto de uso es de 20 metros y se ha usado tubería de CPVC de 3/4", se botarían $40 * 0.259$, o unos 10 litros de agua, cada vez que se use. Al cerrar la llave, quedan 5 litros de agua caliente en la tubería, los cuales probablemente se enfriarán antes de que se vuelva a usar esa llave.

SISTEMAS SOLARES PARA AGUA CALIENTE

INTRODUCCION

En esta conferencia se explican los principios de operación de los sistemas solares de calentamiento de agua para uso doméstico y se hacen algunas consideraciones sobre las instalaciones de estos equipos basados en las experiencias del autor. No está dentro de las posibilidades de este curso entrar en los detalles del dimensionamiento de los sistemas en detalle, pues este es un arte que requiere un estudio mucho más profundo que el que se puede dar en el tiempo disponible.

Todos sabemos que cualquier objeto expuesto a los rayos del sol se calienta. Pero para poder aprovechar esta energía para un fin útil, es necesario poder "capturarla" cuando hay sol, y almacenarla para su posterior utilización. Por consiguiente, un sistema solar para el calentamiento de agua tiene dos elementos esenciales: el colector y el tanque de almacenamiento.

2. CLASES DE MEDIDORES DE ACUERDO AL VOLUMEN QUE MIDEN

Ya los romanos medían el caudal con verdaderos medidores finamente calibrados, generalmente de bronce, de aquí que la preocupación de medir el agua no es una cuestión nueva, ya que siempre que ha escaseado, se ha hecho necesario controlarla.

Existen muchas clases de medidores y aquí pretendemos dividirlos en tres: Maestros, grandes y pequeños.

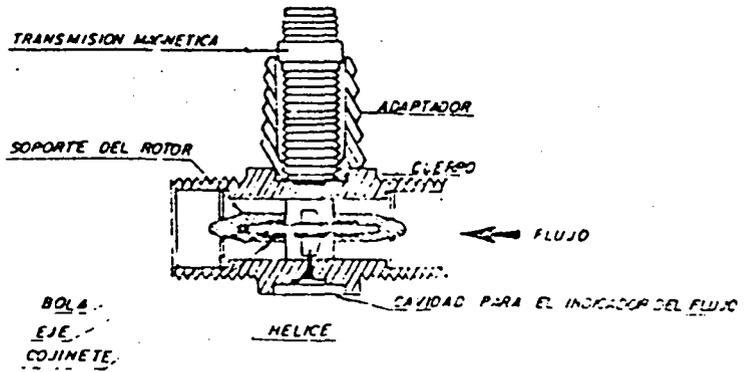
2.1 MEDIDORES MAESTROS

Son los que miden el caudal de una fuente de abastecimiento, el caudal de salida de una planta de tratamiento o estación de bombeo, y el volumen de entrega o salida de un tanque de almacenamiento.

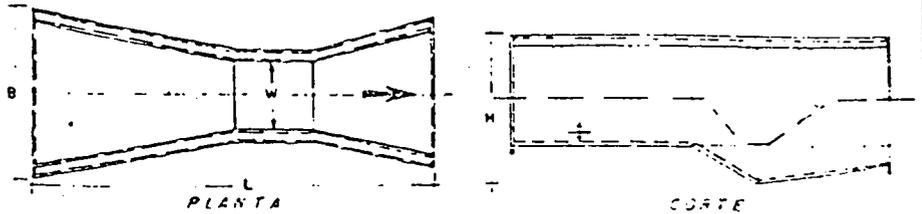
El elemento primario o causante de la medida puede ser de las siguientes clases: hidráulicos, diferenciales, magnéticos, ultrasónicos, proporcionales u otras (ver Gráfica 3.2).

2.1.1 Medidores Hidráulicos. Tienen por unidad de medida o elemento primario una sección de área conocida. Por varios sistemas se puede conocer el caudal de agua que pasa por esa área en un determinado

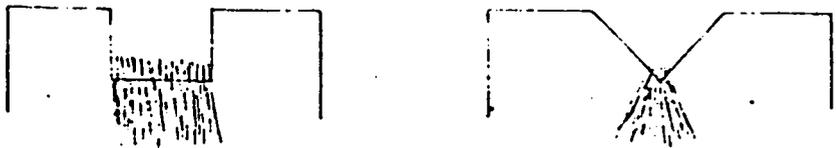
TIPOS DE MEDIDORES



MEDIDOR DE TURBINA
GRAFICA 3.2



CANALETA PARSHALL
GRAFICA 3.3



VERTEDEROS
GRAFICA 3.4

tiempo. Entre éstos se pueden enumerar:

a) Los vertederos. Existen de muchas formas: rectangulares, triangulares, trapezoides, etc., de pared gruesa, de borde delgado o agudo. (Ver Gráfica 3.4).

b) Canaleta Parshall. Es una obra hidráulica que puede desempeñar varias funciones. Su estructura la hace óptima para una mezcla rápida de reactivos químicos en una planta de tratamiento por el resalto hidráulico que se genera y además, sirve para medición de caudales (Ver Gráfica 3.3).

Algunos de los anteriores medidores tienen equipos sensores que transmiten señales de nivel a un panel de control por vía eléctrica o por telefónico. Se conocen como transmisores y su señal llega a un panel donde está el elemento secundario o registrador totalizador donde se convierte en caudal y puede ser observado por el operador. Estos elementos son usados en aguas crudas y en riego, no así en conductos cerrados y menos si están trabajando a presión, ya que necesitan operar a presión atmosférica. La exactitud es de $\pm 5\%$ debido a oleajes, vaivenes de la corriente y otras causas.

2.1.2 Medidores Diferenciales. Tienen por finalidad conocer la diferencia de presión causada casi siempre por una reducción de un conducto a presión.

Conocida el área del conducto, por la ecuación de Bernoulli se obtiene la velocidad y lógicamente el caudal que pasa por unidad de tiempo. Su margen de error es de +1% en el flujo máximo. Es muy exacto a unas velocidades mayores o iguales a 3 m/s. La variación típica del caudal mínimo con respecto al caudal máximo en los medidores diferenciales es de 4:1 contra 20:1 en la Canaleta Parshall o 10:1 en los magnéticos, pero algunos de éstos pueden llegar hasta 100:1 en aparatos especiales o 20:1 en los de velocidad o mecánicos y con algunas mejoras hasta 70:1. por consiguiente en este campo están en desventaja con todos los demás.

No es recomendable chequear un medidor mecánico de velocidad con un aparato diferencial, llámese pitot u otro. Además, en todo medidor diferencial su caudal varía en función de la raíz cuadrada de la velocidad y por consiguiente, su escala característica no es lineal como los otros sino cuadrática, lo que lo hace menos recomendable. Una cosa que los favorece es su costo comparado con otros y algunos son portátiles y de fácil instalación, inserción y retiro. Existen muchos modelos de ellos:

a) Varilla Pitot. Inventado por un francés. Consta como se indica en la gráfica 3.5 de uno o dos tubos colocados dentro de una varilla que se inserta en la tubería por medio de una llave o válvula de incorporación de $\varnothing=1"$, mide como ya se dijo, un diferencial de presión y con el que se puede obtener el caudal que pasa por el tubo.

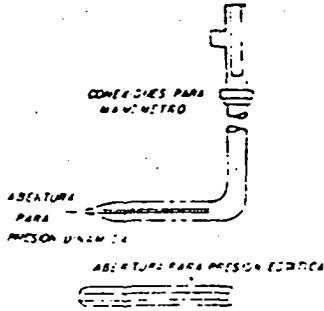
El Pitot tiene muchos puntos que pueden inducir errores, que aunque sean pequeños individualmente, pueden dar un error grande al final. Estos son: El diámetro real del tubo puede ser mayor o menor; al hacer la travesía, los puntos de los anillos pueden ser más abajo o más arriba. Las lecturas no son muy confiables por el movimiento del líquido, además su gravedad específica puede variar por efecto de la temperatura o cualquier otro factor, por tanto, la lectura presenta una tendencia o rango no siendo verdad que con el Pitot se midan caudales exactos. Sirve para conocer por qué lado está el caudal que pasa.

b) Vénturi. Consiste en una garganta o estrechamiento que genera un diferencial de presión entre puntos ubicados antes y después de dicha garganta y sus respectivos difusores, como se ilustra la Gráfica 3.6. Es uno de los elementos primarios o unidad de medida de primera magnitud, pero exige una alta velocidad que traducida en número de Reynolds debe ser superior a 75.000, buen espacio para colocarlo, a más de condiciones aguas arriba y aguas abajo de él que no existan accesorios que distorsionen el flujo.

c) Tobera. Es una bocina que se inserta en la tubería como se aprecia en la Gráfica 3.7, para establecer así el diferencial de presión.

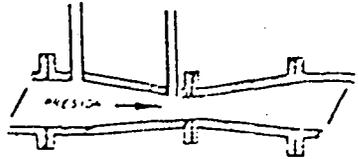
d) Tubo Dall o Vénturi recortado. Este aparato perfecciona al segundo, ya que el Vénturi ocupa un gran espacio y éste es más reducido. Posee los mismos problemas y ventajas de los demás equi

MEDIDORES DIFERENCIALES DE PRESION



VERILLA PITOT

GRAFICA 3.5



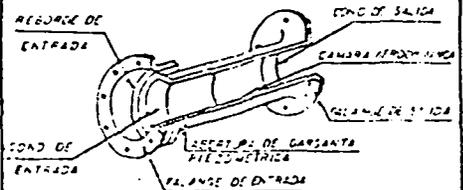
MEDIDOR VENTURI

GRAFICA 3.6



TOBERA

GRAFICA 3.7



TUBO DALL G VENTURI RECORADO

GRAFICA 3.8

valentes diferenciales (ver Gráfica 3.8).

e) Placa orificio. Es una placa que se coloca para interceptar el flujo. Posée una abertura que puede ser concéntrica, excéntrica o segmental, por medio de la cual crea el diferencial de presión. Es uno de los métodos más inexactos dando una margen de error entre el 3 y 5%.

Los anteriores aparatos diferenciales obran como elemento primario o sea como elementos de medida, no incluyen la transmisión ni la conversión de la señal, ni el registro de la medición, operaciones que cada vez son más técnicas, de tipo electrónico y alimentan un computador.

2.1.3 Medidores magnéticos. Los medidores magnéticos se basan en el principio de la alteración que sufre un campo electromagnético al colocársele en medio un flujo de agua. A mayor caudal mayor distorsión del campo. La señal de flujo es lineal y proporcional a la velocidad y se genera de acuerdo a la Ley de Faraday, la señal de voltaje es convertida en señal análoga y/o digital y llevada a una pantalla por vía cable o par telefónico.

Es muy compacto, ocupa muy poco espacio en la tubería y tiene una ventaja muy importante; requiere un diámetro mucho menor que el de la tubería donde va a instalarse, porque tiene un rango de registro mucho más amplio que otros tipos de aparatos, o sea, la relación

entre caudal máximo y mínimo, mejor sensibilidad y no causa pérdida de presión. Su precisión es de $\pm 0.5\%$.

El costo de un medidor magnético es alto pero puede usarse de menor diámetro y en esta forma se reduce la inversión y lo hace comparable económicamente a un Vénturi del diámetro de la tubería. No requiere de mantenimiento ya que su único problema se presenta cuando a los electrodos se les forma una película debido a la deposición de sustancias disueltas en el agua que debilita la señal, pero sólo basta invertir el sentido de la corriente el tiempo que especifique el fabricante, para que se recupere la nitidez de la señal. Esto ocurre aproximadamente cada cinco años, cuando las aguas son muy duras, de lo contrario el período puede ser mayor. Hasta ahora son los mejores equipos de medida para agua que se hayan inventado (ver Gráfica 3.9).

2.1.4 Medidores Ultrasónicos. Se basan en un principio similar al anterior, consistente en lanzar una onda de un transmisor a un receptor instalados en la parte exterior del tubo. Exigen casi todos que el agua contenga sólidos suspendidos. Son muy eficientes en canales de aguas crudas. Hay muy poca información respecto a aguas tratadas.

2.1.5 Medidores Proporcionales. Se basan en el principio de la concinuidad, que dice que

$$Q = A \cdot V$$

Donde:

Q = Caudal que pasa

A = Area que atraviesa

V = Velocidad

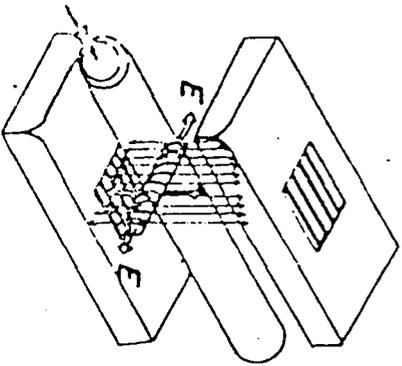
De donde se puede establecer la proporción siguiente:

$$\frac{Q_1}{A_1} = \frac{Q_2}{A_2} \quad \text{para una misma velocidad}$$

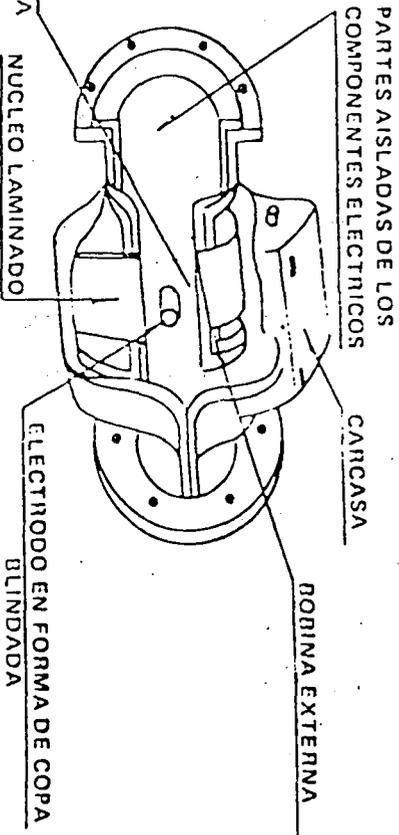
Dicho en otras palabras, si se logra que pase el agua por una tubería grande y por una pequeña al mismo tiempo y a la misma velocidad, los caudales serán proporcionales a su área.

Para lograr que el agua pase se acostumbra sacar una derivación o by-pass de la tubería principal, antes de una placa-orificio u otro elemento que cause pérdidas grandes de presión como se muestra en la gráfica 3.11, como es un codo o reducción. El método tuvo plena vigencia en Cuba cuando fué sometida al bloqueo comercial norteamericano.

Para encontrar la constante de conversión o correlación de caudales, se toman lecturas de caudal con un medidor de velocidad en la derivación o by-pass y en la placa-orificio, obteniendo valores q_1 y Q_1 respectivamente.



SEÑAL ELECTRICA
DIRIGIDA Y BLINDADA



MEDIDOR DE FLUJO MAGNETICO

GRAFICA 3.9

La ecuación resultante es:

$$Q_1 = Kq_1; \quad Q_2 = Kq_2; \quad \dots Q_n = q_n K$$

Donde:

Q_1 = Caudal a aforarse en la tubería principal

q_1 = Caudal registrado en la derivación o by-pass

K = Constante de proporcionalidad

Es de anotar que en los casos extremos, a altos y bajos caudales el valor de K puede variar un poco por problemas inherentes al medidor (que para un mejor resultado debe ser de velocidad), y a la placa orificio que como ya se ha dicho no es de los más exactos.

En los manuales antiguos de la AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION se recomienda utilizar medidores volumétricos para este propósito, pero hay que advertir que en ese tiempo no se usaba en los EE.UU. otro tipo de medidor.

En Brasil, la experiencia principal ha estado centrada en Recife y Sao Paulo, con Adalberto Cavalcanti y Augusto Hueb, respectivamente, como se puede ver en los números 29 y 62 de la bibliografía.

Este método tiene una sola inquietud y es si se mantiene la constante K mencionada, o se distorsiona demasiado cuando las velocidades son altas, esto es, para grandes caudales. Para aclararla habrá que

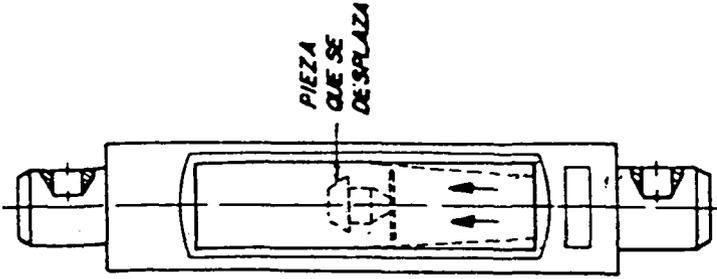
experimentar más.

2.1.6 Otros medidores.

a) Annubar. Literalmente son orificios de presión que se insertan en las tuberías y trabajan como un Pitot con determinadas limitaciones como material del tubo, áreas muy definidas y constantes. Tiene por consiguiente los mismos limitantes de la varilla Pitot y demás aparatos diferenciales.

b) Rotámetro. (Gráfica 3.10). Es un aparato que se usa para calibrar otros, gracias a su gran exactitud. Consiste en hacer que ascienda agua por un tubo de vidrio con una escala impresa o superpuesta. Dentro del tubo hay un aditamento que puede ser esférico o cónico u otra forma que asciende por el tubo hasta un determinado sitio en función del caudal que está pasando en dicho momento. El rotámetro es muy usado en todo banco de prueba de taller de medidores, para conocer la rata de flujo ya que no totaliza los consumos. Requiere de un tanque muy bien calibrado, si se desea calibrar y conocer su exactitud.

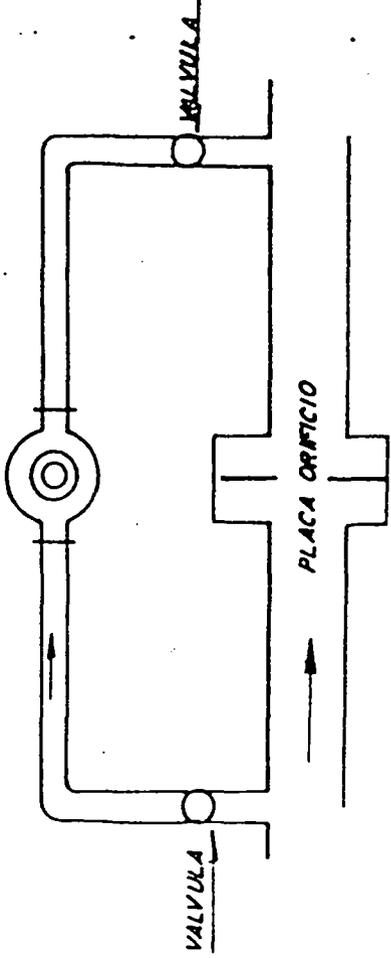
2.1.7 Exactitud de los medidores de caudal que deben medir el agua suministrada al sistema de distribución. Como se dijo al principio, es vital para cualquier investigación que se vaya a realizar, conocer exactamente los dos factores que generan el agua no facturada: el primero de estos: ¿Cuánta agua se suministra al



PIEZA
QUE SE
DESPLAZA

ROTAMETRO
GRAFICA 3.10

MEDIDOR DE VELOCIDAD



MEDIDOR PROPORCIONAL

GRAFICA 3.11

sistema?

En algunas empresas es muy común calcular el suministro como el valor resultante de multiplicar el caudal nominal de las bombas por el número de horas trabajadas. Este valor es exacto únicamente en el banco de prueba de la fábrica donde el proveedor debe garantizar que cumple las curvas características de la bomba, pero ya cuando ha sido montada en la Estación de Bombeo, influyen una cantidad de factores que hacen que dichas curvas características se vuelvan deseables, más no reales. Estos factores son: la altura estática de bombeo que fluctúa con los niveles de los tanques tanto receptor como emisor, la altura de impulsión, las pérdidas por fricción dependiendo del tipo de tubería, los desgastes físicos tanto de motor como de bomba, las posibles fluctuaciones de la demanda, etc. Como se ve por todos los factores anteriores y otros más que podrían establecerse, esta medida es imprecisa y distorsiona cualquier investigación que se pretenda realizar.

Un segundo error muy frecuente se presenta en la instalación de los elementos primarios de los medidores de caudal al no cumplir con las especificaciones hidráulicas del fabricante; por ejemplo, que se encuentre completamente vertical u horizontal, que no tenga accesorios a un determinado número de diámetros, que esté aguas arriba o aguas abajo. etc. Un tercer error frecuente es el de no proporcionarle las debidas protecciones contra descargas eléctricas o tensiones a los elementos secundarios. Pero la más frecuente de todas, es solici

tar medidores de caudal para la demanda máxima del distrito o de la zona a alimentar por dicha planta o tanque pues dicha demanda apenas se logrará al cabo de algunos años o a lo mejor nunca, entonces, el rango de exactitud en el cual se mueve el medidor no corresponde al rango en el cual se mueve la demanda y por consiguiente, se introduce errores muy grandes difícilmente detectables.

Los medidores de caudal también se conocen con el nombre de medidores maestros y es importantísimo una conveniente selección e instalación de ellos. Se pueden calibrar en el campo en condiciones normales de operación, contra el pitómetro, o medidores ultrasónicos o contra los medidores de entrada de las plantas (que generalmente son estructuras hidráulicas, tales como canaletas Parshall, vertederos, etc), descontándoles el consumo de dichas plantas para efectos de lavado. Las calibraciones deben realizarse a distintos flujos, o sea, a plena capacidad, a un 80%, a un 50% y a un 20% para poder apreciar el grado de exactitud del aparato, motivo de calibración. Es posible que la medición no sea exacta ya que todos los aparatos de medida a excepción del volumétrico (que dice lo que cabe en un recipiente), tienen error de exactitud ya sea por defecto o por exceso, sin poder precisar en un momento dado en cuál sentido es y por lo tanto, no saber cuál es el correcto.

Para la calibración, se puede pensar también en mediciones de concentración de algún ión no destructible o soluble en agua, como es el caso del ión flúor. Este presenta el inconveniente de que si el

flúor se utiliza permanentemente antes del proceso de flocuación no permite la formación del Floc y el alumbre resultante se incrusta en las tuberías de distribución causando una pérdida grande en su capacidad.

Otro sistema de calibración es el de los iones radioactivos, que pueden ocasionar problemas si el agua no tiene una gran dilución en los tanques de almacenamiento y/o un tiempo de retención muy grande (36 horas por lo menos) para hacer que dicho elemento radiactivo no sea nocivo para las personas y animales.

2.2 MEDIDORES GRANDES

Son los medidores que se colocan en las instalaciones grandes de los sistemas de abastecimiento y se conocen como grandes dentro de la micromedición, ya que los medidores maestros se usan solamente en la macromedición.

Los medidores grandes pueden ser simples y compuestos. Los primeros pueden ser volumétricos o de baja y alta velocidad. En otro tiempo se usaban medidores volumétricos para grandes consumidores pero son aparatos muchísimo más grandes, de mantenimiento muy costoso y muy alto su valor de adquisición, con respecto a los otros tipos enuncia dos atrás.

Los medidores compuestos tienen por finalidad medir los caudales que pasan por una instalación grande. Tanto los altos consumos con el medidor grande que casi siempre es de velocidad y no tiene forma de medir los bajos consumos, por consiguiente existe un medidor pequeño, por lo general volumétrico que los registra.

Consta normalmente de una esfera de hierro fundido que es movida por el flujo grande hasta la abertura del medidor pequeño y por tanto es registrado en el grande, pero cuando el flujo es poco no alcanza a mover la esfera y es registrado por el pequeño.

Actualmente se están fabricando unos medidores de velocidad hélice helicoidal o Woltman, (nombre alemán de su inventor), de eje horizontal que está en capacidad de registrar tanto los bajos como los altos consumos, que lo hace óptimo para empresas de altos consumos y con una ventaja adicional: que puede valer entre 5 y 10 veces menos que los compuestos de igual diámetro.

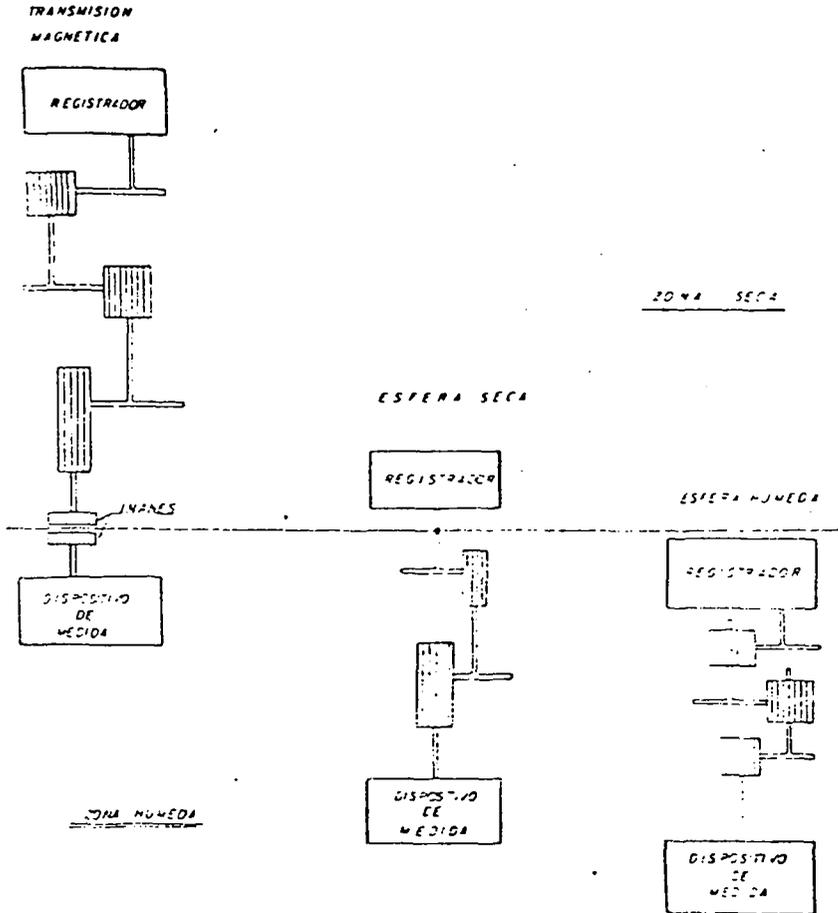
Clasificación de los medidores de acuerdo al tipo de contacto con el agua: En la Gráfica 3.12 se ven las tres partes que componen un medidor y sus posiciones posibles con respecto al agua. Esta clasificación se cumple tanto para medidores grandes como para medidores pequeños.

a) Medidores de transmisión magnética: Tienen el registrador y la transmisión en la zona seca. El dispositivo de medida hace girar un disco que se encuentra dividido en cuatro partes, cada una con un polo magnético opuesto, en la parte del registrador, a otro imán de las mismas características ubicado en la parte húmeda, de tal manera que cuando el inferior gira 90° cambia de polo obligando a hacer lo mismo al superior; estos imanes están separados por una lámina generalmente de bronce o latón.

b) Medidores de esfera seca. Son los que sólo tienen el registrador en la zona seca. Tienen múltiples inconvenientes ya que por el punto de contacto de las dos zonas generalmente hay fugas y problemas. Este tipo de distribución cada día se discontinúa y no es recomendable.

c) Medidores de esfera seca dentro de la zona húmeda: Poseen sus partes en la zona húmeda. Son los que se han impuesto ya que presentan menos problemas; aunque antes les entraban sedimentos a la zona de las agujas, esto fue superado al separarla del contacto del agua, gracias a una cápsula especial impermeable, generalmente plástica y con líquidos especiales antiempañantes, como glicerina.

PARTES DEL MEDIDOR EN CONTACTO O NO CON EL AGUA



GRAFICA 3.12

3. TIPOS DE MEDIDORES: APLICABLE A MEDIDORES GRANDES Y PEQUEÑOS

Existen dos clases de medidores que trabajan sobre principios bien diferentes: velocidad o inferencial y volumen.

3.1 PRINCIPIO DE VELOCIDAD O INFERENCIAL

Ver Figura 3.13. Si se tiene un trozo de madera de sección transversal "S" fija y conocida con una longitud "L" también conocida a la que se le coloca una rueda de diámetro "R" conocido y sostenido por un "tenedor" (como el de una bicicleta), puede decirse que el volumen del trozo de madera que pasa debajo de la rueda es igual a:

$$V = S \times L, \text{ pero } L = n \times R \times \pi$$

Entonces:

$$V = S \times n \times R \times \pi$$

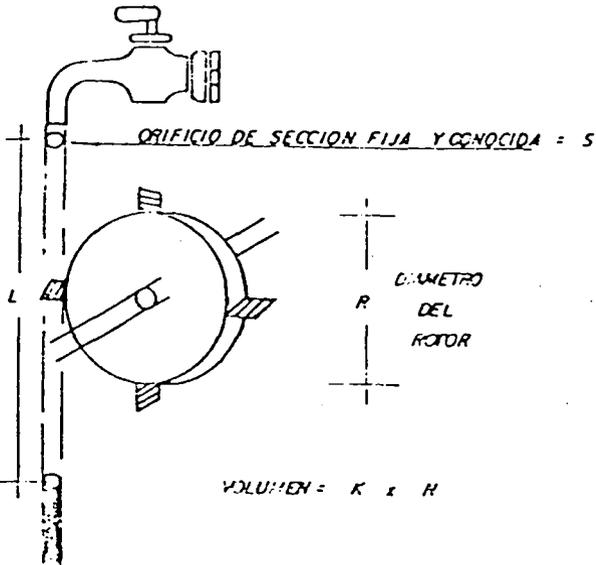
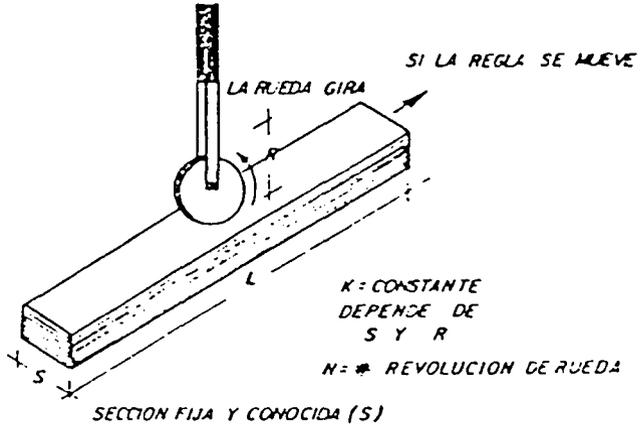
Si: $K = S \times R \times \pi$, entonces

$$V = nK \rightarrow n = \text{frecuencia}$$

Por consiguiente, contando las vueltas que da la rueda y multiplicando este número por un factor que se toma del trozo de madera obtenemos el volumen. De ahí su nombre de velocidad.

GRAFICA 3.13

ELEMENTOS MEDIDA INFERENCIAL



En la parte de abajo de la figura 3.13 se aprecia un grifo abierto donde el volumen de agua hace de trozo de madera y golpea las aspas de la rueda haciéndola girar. Las vueltas de la rueda (que tiene una gravedad específica igual a la unidad o muy cercana), nos permite asimilar que es la misma velocidad del agua y por tanto, las vueltas se traducen o dan la lectura en volumen con bastante exactitud a un flujo alto y uniforme. La exactitud disminuye si es muy pequeño el flujo o demasiado grande o con presiones variables.

3.2 PRINCIPIO VOLUMETRICO

Es el más fácil de entender ya que consiste en dos vasijas, un grifo y un contador de veces que trabaja así: Cuando se está llenando A, B espera como lo ilustra la gráfica 3.14 (en 3.14.1); luego se vacía A, mientras se llena B (Gráfica 3.14.2) y en la tercera gráfica (3.14.3) se muestra el sistema en forma continua. Sirve para medir el volumen que pasa.

3.3 MEDIDORES DE VELOCIDAD

Para que cumpla el principio de velocidad visto anteriormente, existen dos clases de estilos o formas de actuar, ya que su funcionamiento se asemeja al de una turbina, y estas son de acción tangencial (Pelton) y Axial (Francis) (que aquí se conocen como de chorro único, y chorro múltiple las primeras y hélice helicoidal o hélice Woltman las segundas).

3.3.1 Chorro Unico. Consta de una cámara que generalmente es el cuerpo del medidor, una turbina de ebonita o plástico que requiere una densidad cercana a la unidad para que pueda girar sin problemas y un pivote sobre el cual gira; tiene además forma de regular el chorro lo que permite que el medidor registre más o menos de lo real, dato que puede ser muy peligroso para la empresa si llega a conocimiento del usuario. Su funcionamiento es tangencial.

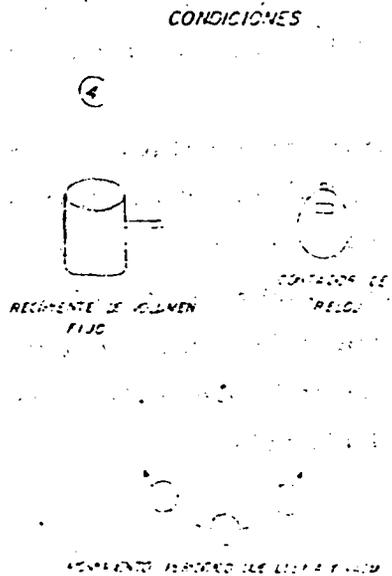
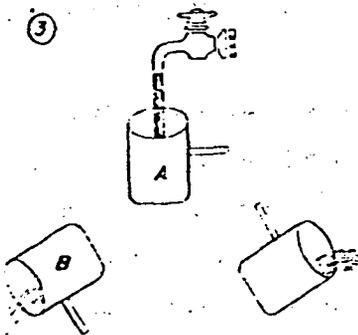
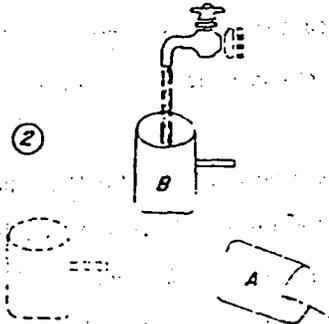
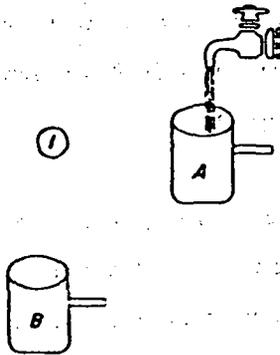
Tiene un problema grande ya que sólo comienza a registrar con exactitud a los 40 l/n contra 22 l/h de los volumétricos y los de chorro múltiple. Por lo menos el 20% de los consumos de las residencias se encuentran en esta franja lo que los hace no recomendables para acueductos que tengan agua bien tratada y libre de impurezas, por la cantidad de agua que dejan de registrar.

3.3.2 Chorro Múltiple. El que ataca a la turbina por varios puntos u orificios tal como lo hace una turbina Pelton. (Ver Gráfica 3.15).

La gran mayoría adolece de un problema: tener demasiadas piezas (de 60 a 70 vs. 18 a 25 de los volumétricos), lo que los hace más costosos de mantener, ya que se requiere estar reemplazando piezas de poco valor. La operación en sí de retirar piezas y volver a colocarlas así como la mano de obra que requieren dichas operaciones y estar retirándolos de las residencias, los hacen no competitivos con el volumétrico.

GRAFICA 3.14

PRINCIPIO VOLUMETRICO DESPLAZAMIENTO POSITIVO



3.3.3 Hélice Común. Cada vez es menos empleado para medidores por los costos de su construcción y la baja rata de flujo permisible contra otros tipos de medidores.

3.3.4 Hélice Woltman. Equipo de gran sofisticación. La distribución de las aspas hace que no sea posible el paso del agua por ella sin accionarse. Para mejor comprensión, en la gráfica 3.15 sólo se muestran dos de las múltiples aspas helicoidales, nombre que también usa el tipo de medidor.

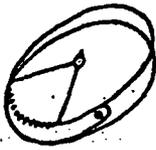
Los que tienen eje horizontal son llamados en Estados Unidos medidores de alta velocidad y los de eje vertical se conocen allá como medidores de baja (low) velocidad.

Son muy eficientes, los de eje horizontal, ya que reemplazaron casi totalmente a los medidores compuestos.

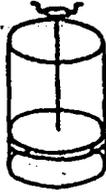
3.4 MEDIDORES VOLUMETRICOS

Ver Figura 3.15. Para la aplicación del principio volumétrico es necesario disponer de una cámara de volumen determinado, de un elemento móvil situado dentro de la cámara para que el paso del agua describa un movimiento periódico, con lo cual se ocasiona un llenado y vaciado de la cámara. El desplazamiento del elemento móvil divide permanentemente la cámara por lo menos en dos compartimientos, uno que está llenando y otro vaciando. Por eso se recono

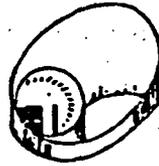
MEDIDORES
SISTEMAS M. VOLUMETRICOS
GRAFICA 3.15



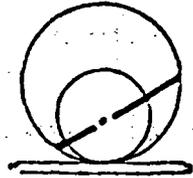
DISCO ROTATIVO



PISTON ALTERNATIVO
OBSCOLETO



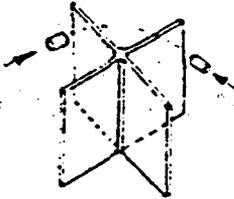
PISTON OSCILANTE



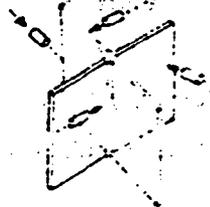
CLINDRO ROTATIVO
OBSCOLETO

SISTEMAS M. VELOCIDAD

METODO TANGENCIAL



CUCHERO UNICO

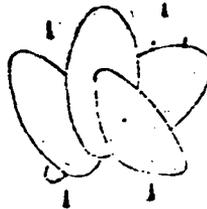


CUCHEROS MÚLTIPLES

METODO AXIAL



HELICE HELICOIDAL
G. WOLTMAN



HELICE COMUN

cen también estos medidores con el nombre de "desplazamiento positivo" o simplemente de "desplazamiento". Actúan como una bomba de agua.

Los mecanismos más conocidos que se han empleado con este objetivo son los siguientes:

3.4.1 Pistón Alternativo. Lleva y desocupa un cilindro y transforma el movimiento en vaivén en una rotación por medio de un sistema de biela y manivela. Similar a los infladores de llantas de bicicleta tradicionales.

3.4.2 Disco nutativo. Un disco plano o cónico, adquiere un movimiento nutativo (cambiante), dentro de una cámara formada por dos conos invertidos y un sector esférico, barriendo completamente el volumen de ella en cada cambio o nutación. El eje en su extremo superior adquiere un movimiento circular tal que, una rotación de él, equivale a una nutación del disco y por tanto a un volumen de la cámara.

3.4.3 Pistón Oscilante. La cámara es un cilindro cerrado en sus bases por dos planos, en su interior se mueve otro cilindro con un movimiento excéntrico, describiendo en cada oscilación el volumen de la cámara.

3.4.4 Pistón Rotativo. El órgano móvil es una rueda en forma de tambor cilíndrico provista de aspas que se desalojan radialmente, colocado excéntricamente en una cámara cilíndrica. El movimiento

de rotación que le imprime la diferencia de presión entre la entrada y la salida de que agranda el espacio de aquella y reduce el de ésta y viceversa, originándose el desplazamiento continuo del agua.

Solamente el segundo y tercero se están utilizando actualmente para la construcción de medidores.

3.4.5 Ventajas y Desventajas.

a) Ventajas: son muy eficientes y sensibles para registrar los bajo caudales, y aún los más pequeños, con gran exactitud. En los altos caudales no tienen ningún problema en registrarlos exactamente.

Fueron usados siempre en Estados Unidos desde 1860 hasta 1976 y debe tenerse en cuenta que allí, el suministro de agua es hecho por empresas privadas con ánimo de lucro.

b) Desventajas: Requieren un agua libre de impurezas, especialmente de arenas, cuando se desgastan por consumos excesivos o por el tiempo, pueden dejar de registrar un porcentaje de agua aún trabarse dejando de marcar sin obstruir el flujo. También ocurre que se obstruyan por suciedades y no deja pasar el agua. Si no se garantiza la potabilidad del agua, no es recomendable el uso de medidores volumétricos. Su costo es más elevado que el de velocidad, pero en menos de un año paga el extracosto por el agua demás que registra, quedando de cuatro a seis años de utilidades con respecto a los medidores de velocidad de tipo residencial.

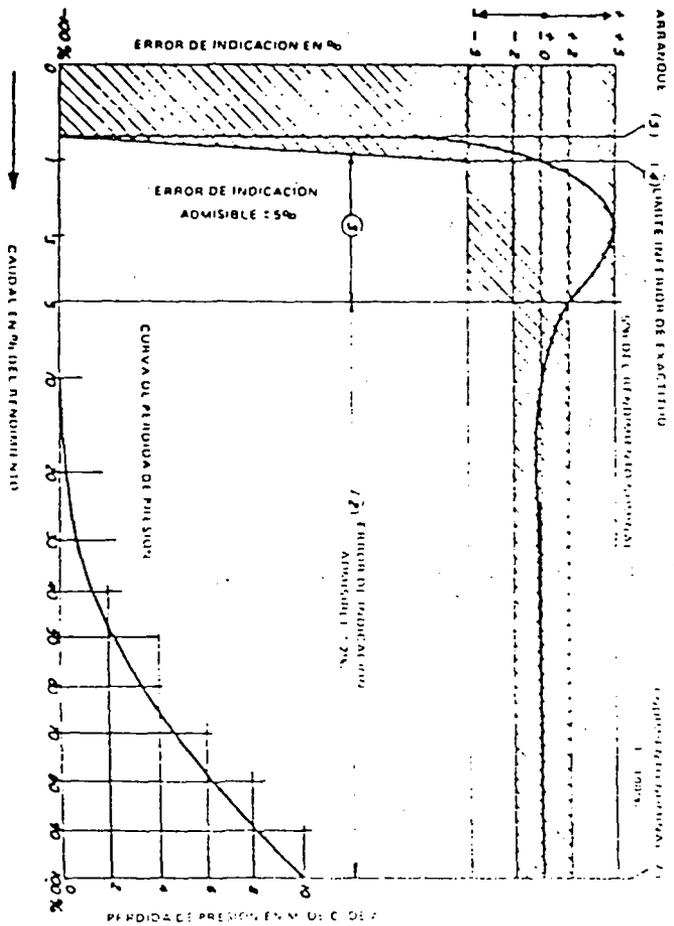
3.5 CONCLUSIONES

3.5.1 Use siempre que pueda medidores volumétricos hasta de 1-1/2" (4cm). para que disminuya la no facturación del agua. Si ésta es tratada o libre de impurezas.

3.5.2 Use medidores hélice Woltman de eje horizontal que son de alta velocidad cuando se requieren medidores de más de 2" (5cm) y hasta 12" (30 cm). Si se tienen suficientes recursos económicos se puede tener volumétricos, en todos los diámetros.

3.5.3. Cuando requiera un medidor mayor de 12" (30 cm) podría usar uno magnético, o ver cómo instalar uno proporcional.

3.5.4 Los consumos altos también pueden ser medidos por varios aparatos de pequeño diámetro en paralelo.



GRAFICA 3.16

CURVA DE EXACTITUD DEL MEDIDOR Y PERDIDA DE PRESION

4. CURVA DE EXACTITUD DEL MEDIDOR

La curva de exactitud del medidor que aparece en la gráfica 3.16 tiene los siguientes datos de interés:

4.1 En el eje horizontal se indica el caudal en porcentaje Q_n (caudal nominal), con el fin de que sirva para varios tipos de diámetros de medidores. Se nota que del 0 al 30% la escala está deformada a propósito, para mostrar mejor el detalle de lo que allí ocurre.

4.2 En el eje vertical está el grado de exactitud del aparato; no pudiéndose informar nada por debajo de -5% de exactitud ya que de allí hacia abajo la inexactitud presenta incertidumbres muy grandes y es fácil predecir.

4.3 El punto (5) que tiene que ser inferior al 1% (y ojalá sea inferior al 0.15%) en los medidores volumétricos y en los de velocidad chorro múltiple, es el punto en el cual el registrador arranca, venciendo la inercia de los mecanismos no posee ningún tipo de exactitud. También se conoce como punto de arranque del medidor.

4.4 El punto (4) en la parte superior, como en el anterior, debe ser inferior al 1.5% Q_n y como su nombre lo indica, es el límite inferior de exactitud, donde el medidor comienza a registrar con una exactitud de $\pm 5\%$, que es un rango grande pero ya aceptable.

4.5 La zona que cobija el punto (3) es aquella en la cual el medidor registra un error de $\pm 5\%$. Mientras más bajo el porcentaje mucho mejor es el medidor. En los de velocidad termina a los $0.05 Q_n$, como se ve en la figura.

4.6 Rango en el cual el medidor registra dentro del $\pm 2\%$ de exactitud. En todas las pruebas que se hagan deben caer sobre esta franja.

4.7 Es probable que cuando el medidor registre por encima del Q_n (o Q máximo para los europeos) la curva se desborda y cae en la zona de la inexactitud no predecible.

4.8 En el costado opuesto está la curva de pérdida de cabeza hidráulica, que para medidores pequeños y hasta de 1-1/2" admiten, como se aprecia en la figura, una pérdida de 10 metros de columna de agua.

En los medidores de mayor diámetro y según los países, está establecido distinto patrón de pérdida de carga que pueden ser 10 pies, 3, 2 ó 1 m de columna de agua.

5. NORMAS Y ENSAYOS

5.1 Las normas sobre medidores para agua fría se pueden dividir según su origen:

- Las normas europeas son muy generales, abarcan muchos tipos de medidores, son muy cortas y precisas.
- La norma alemana. Se denomina DIN -3260
- La norma de Organización Internacional de Normas: ISO es la 4064/1-1977.
- La Indian Standard IS-777 de tipo doméstico.
- La Brasileña es la ABNT PEB-147. Es más extensa que las anteriores.
- La mexicana DGN-B-114 de turbina únicamente
- ICONTEC 672 y 1063 son las dos normas que rigen los medidores en Colombia, la primera es para medidores de velocidad y la segunda para volumétricos. Y la 839 da la definición y clasificación de

Los medidores.

- Normas AWWA. En los Estados Unidos de América existen nueve normas a través de la American Water Work Association (AWWA) y son:

C-700-77 Medidor de agua fría (Cold Water Meter: CWM) tipo desplazamiento o sea volumétrico.

C-701-78: CWM tipo turbina para grandes consumidores.

C-702-78: CWM tipo compuesto.

C-703-79: CWM tipo red de incendio

C-704-70: (R 84) CWM tipo hélice para aplicación en red principal.

C-705-60: CWM para pruebas en general. Está discontinuada.

C-706-80: CWM para lectura directa por el sistema de registro remoto.

C-707-82: CWM para tipos de sistemas de registro remoto.

C-708-82: CWM tipo chorro múltiple para usuarios de acueducto.

Los últimos números son el año de la norma o su reforma: Los medidores de velocidad para residencias apenas fueron aceptados

aquí en 1976 y se actualizó en 1982.

Existen otras muchas normas en otros tantos países pero las aquí presentadas son las más conocidas y aplicables en nuestro medio.

Pasamos, a continuación, a hablar de las pruebas que deben hacerse les a los medidores, tanto para la adjudicación de una licitación de compra, como para la recepción de los lotes.

5.2 Para probar los medidores es necesario disponer de un banco de prueba en el taller de medidores, o en su defecto, solicitarlo a una empresa que cuente con él ya que el mantenimiento de los medidores están en función directa con la calidad y ésta se puede detectar en los ensayos que incluyen las dos normas ICONTEC y en la C-705-60 de la ANA.

5.2.1 Ensayo de presión hidrostática. Se somete el medidor a una presión hidrostática interna de 20 Kg/cm^2 (284 psi) durante seis minutos.

5.2.2 Ensayo de Capacidad Nominal. Es el gasto en metros cúbicos por hora que pasa momentáneamente por un medidor mientras en él se produce una pérdida de carga equivalente a 10 metros de columna de agua (hasta aquí la norma ICONTEC).

Hay que agregar que para medidores de 2" (5 cm) y mayores, la pérdida de carga es muchísimo menor, variando de acuerdo a los países: los alemanes hablan de 1 m. de columna de agua y los de USA de 10 pies, o sea 3m.

La capacidad nominal es conocida en forma diferente en Europa ya que ellos llaman la capacidad admisible, o sea, la mitad de la nominal americana como tal y esto puede causar malos entendidos. La admisible es la capacidad a la que debe trabajar el medidor para períodos largos.

5.2.3 Ensayo de presión de trabajo. Se pone a funcionar el medidor durante seis minutos bajo una presión de 10 Kg/cm^2 9150 psi aproximadamente).

5.2.4 Ensayo de punto de Arranque. Hacer pasar por el medidor un caudal de 1.5% del caudal nominal, (norma ICONTEC-672). El registro debe funcionar normalmente sin ninguna exactitud específica. Se debe ser mucho más estrictos, ya que es aquí donde se puede dejar de medir una cantidad muy grande de agua en casi todas las residencias.

5.2.5 Ensayos de exactitud. Se harán 21 ensayos, tres para cada gasto desde 1.5% al 100% de la capacidad nominal 1/4, 2, 4, 6, 8 10 y 12 GPM para residencial de 1/2".

5.2.6 Ensayo de resistencia. Se someterá el medidor a una variación rápida de presión entre 15 y 40 psi, produciéndose 5 golpes de ariete por medio de una válvula de cierre rápido, no debiendo notarse desajuste en el aparato. La norma colombiana hace referencia a medidor de 1/2", únicamente.

Para terminar, hay que agregar que las normas generalmente sólo dan las pautas mínimas de fabricación y que hay que buscar quien cumpla dichas pautas y mucho más, para hacer una excelente selección de medidores.

Falta agregar que la Tabla 2 de ambas normas ICONIEC para medidores contempla la "Toma de muestras y el criterio de aceptación" que deben consultarse cuando vaya a aceptarse medidores. Ya que está prohibida la reproducción de las normas ICONIEC, no se incluyen en el presente trabajo.

6. MANTENIMIENTO Y SELECCION DE MEDIDORES

6.1 MANTENIMIENTO DE LOS MEDIDORES GRANDES

Se debe realizar con los siguientes criterios:

6.1.1 Como es de suponer, la gran mayoría son de velocidad y deben tener como norma no trabajarlos a más de 33.3% del caudal nominal en forma permanente siendo este valor, el caudal admisible.

6.1.2 Si son volumétricos se le rebajará al 25% del caudal nominal en forma permanente.

6.1.3 El mantenimiento debe hacerse de acuerdo al caudal Q_t registrado. Así:

Si Q_n = Caudal nominal, Q_a = Caudal admisible y

$$Q_a = \frac{Q_n}{3} \text{ (velocidad)}$$

Entonces:

$$Q_t = \text{Caudal total mes} = Q_a \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ d}$$

$$= \frac{Q_n}{3} \times 24 \times 30$$

$Q_t = 240 Q_n$ si son de velocidad

$Q_t = Q_a \times 24h \times 30 d. = \frac{Q_n}{4} \times 24 \times 30 = 180 Q_n$ si son volumétricos.

Cuando el consumo total mensual sea la mitad de Q_t o menor se puede hacer mantenimiento preventivo cada dos años.

Cuando el consumo total mensual se encuentra entre el 50 y el 75% del Q_t se debe hacer mantenimiento cada seis meses.

Cuando se encuentra por encima del 75% se debe hacer mantenimiento cada dos meses y presumiblemente antes, ya que a ese ritmo se espera que se dañe frecuentemente, por lo tanto, ya es necesario cambiarlo por otro de mayor capacidad nominal.

6.1.4 El mantenimiento preventivo consiste en suspender el suministro, para desarmar el medidor y chequearle sus piezas para localizar desgastes o quebraduras que obliguen su cambio. Proceder a ajustar todas sus partes y si es necesario, calibrar las medidas de la pieza encargada de medir para garantizar su exactitud. Sería mejor cambiar la unidad de medida por otra que haya sido calibrada previamente en el taller, de esta forma se garantiza su buen funcionamiento por el período que ha sido calculado en el punto anterior.

6.1.5 Se deben leer los medidores con una periodicidad tal que permita pronto conocimiento de cualquier irregularidad tal como atraso o parada que le puede representar problemas a la Empresa de agua. Cada 1.000 m³ es una cifra que puede servir de pauta y si el consumo diario es superior a ella entonces, leer todos los días será lo recomendable.

6.1.6 Sobre decir que el medidor se debe reparar generalmente "in situ", inmediatamente se detecte que está fallando o está malo, porque buena parte de los ingresos de las Empresas de agua se encuentran en dichos medidores pudiendo llegar al 25% del facturado total por un 0.5% de instalaciones. Según se aprecia en las tablas 5.3, 5.4 y 5.5. Para poder garantizar esto, se debe contar con suficientes repuestos y ojalá se disponga de un carro -taller dotado de los elementos necesarios para efectuar las reparaciones de los medidores.

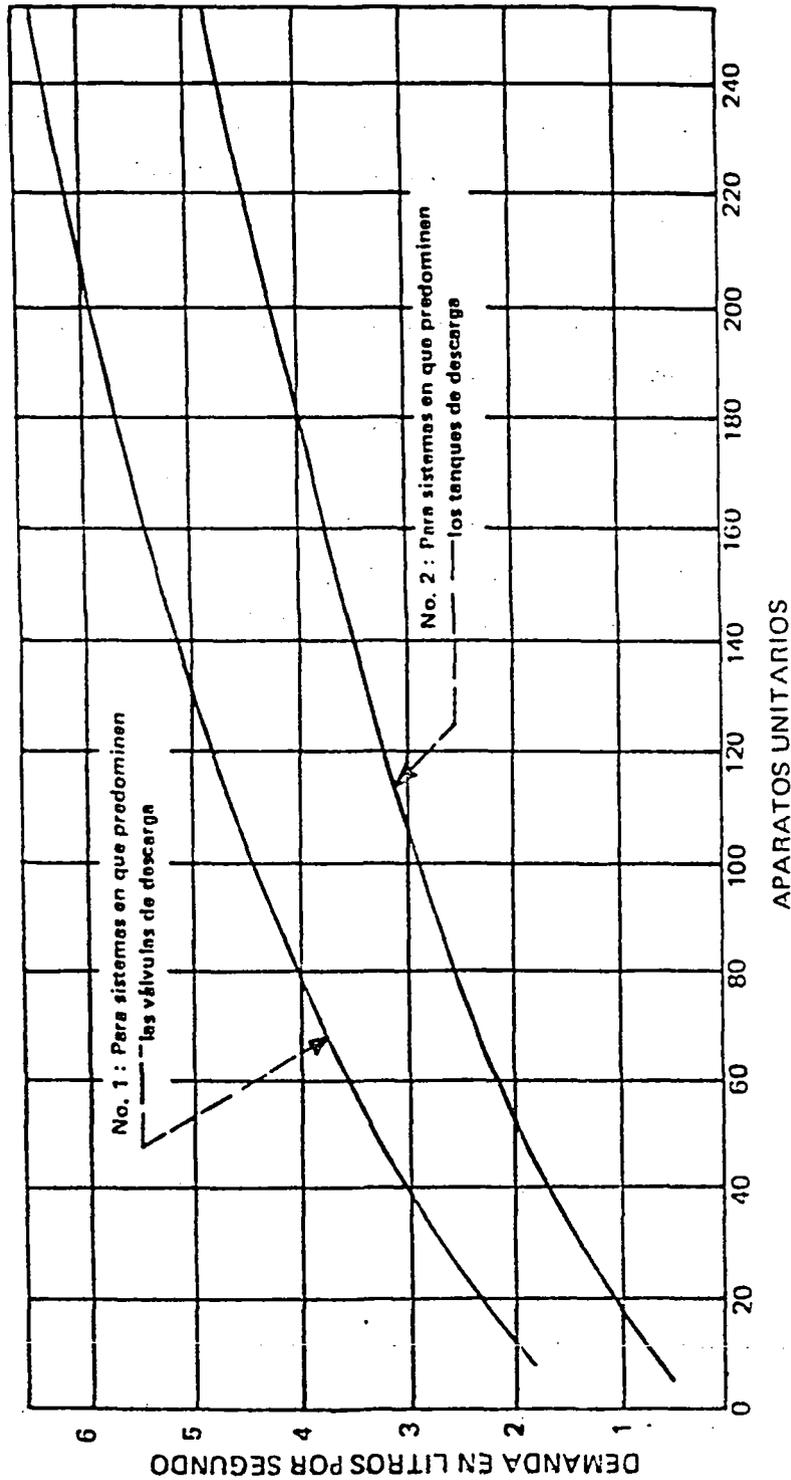
6.2 MANTENIMIENTO DE MEDIDORES PEQUEÑOS

6.2.1 Los fabricantes garantizan el medidor para que trabaje en forma durante 5 años y algunos hasta 7 años. Nunca debe superarse más de 30 Qn según todas las normas internacionales. La norma Colombiana dice que no se debe superar los 50 Qn por mes y no más de 2 Qn por día, por tanto deben cambiarse y calibrar los medidores cada siete años.

6.2.2 Los fabricantes advierten que cuando el medidor supere los 5.000 m³ de registro debe chequearse en el taller y reemplazar las piezas desgastadas o malas. Pero es recomendable cambiarlos a los 3.000 m³.

6.2.3 Siempre que se dañe un medidor; aunque no haya cumplido los dos requisitos anteriores, debe cambiarse de inmediato. Se puede garantizar que cuando las personas se enteran que están siendo cobradas por promedio, (lo cual ocurre generalmente después de tres períodos de lectura) cambian las costumbres de consumo de agua, no vuelven a reparar los daños de empaques, cada vez van a gastar y malgastar más agua por no tener el control del medidor.

GRAFICA 3.17
 CURVAS DE PROBABILIDAD DE GASTO MAXIMO EN DOMICILIARIAS



7. SELECCION DE MEDIDORES

7.1 Cuando no se conoce cuánto se va a consumir, se acostumbra utilizar los gastos instantáneos aplicando la ecuación de simultaneidad:

$$Y = \frac{1}{\sqrt{X - 1}}$$

Donde:

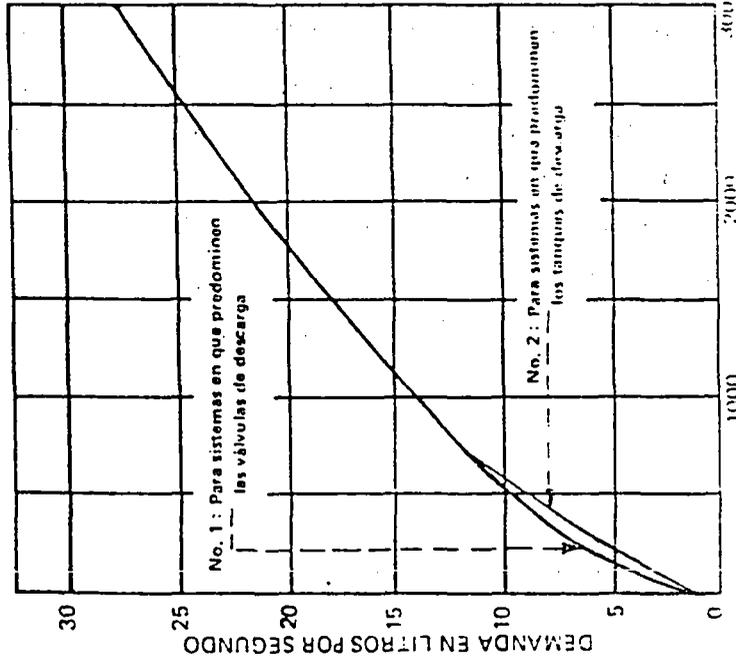
Y = Factor de simultaneidad

X = Número de aparatos unitarios

Para conocer el consumo esperado por hora, o por 10 horas al día, o si el trabajo es continuo lo que va a consumir en las 24 horas. Esto da el diámetro de la tubería calculada, pero no el del medidor, ya que ellos se especifican por capacidad nominal, por hora. Los vendedores de medidores, que no son fabricantes, creen que sólo es multiplicar el caudal nominal por 10 o por 24, lo cual es lógico ni aun posible y para que una selección sea ideal no se debe hacer este tipo de cálculo. Esto sólo puede hacerse después de conocer el consumo esperado por hora. Por tanto, se mira cualquiera de

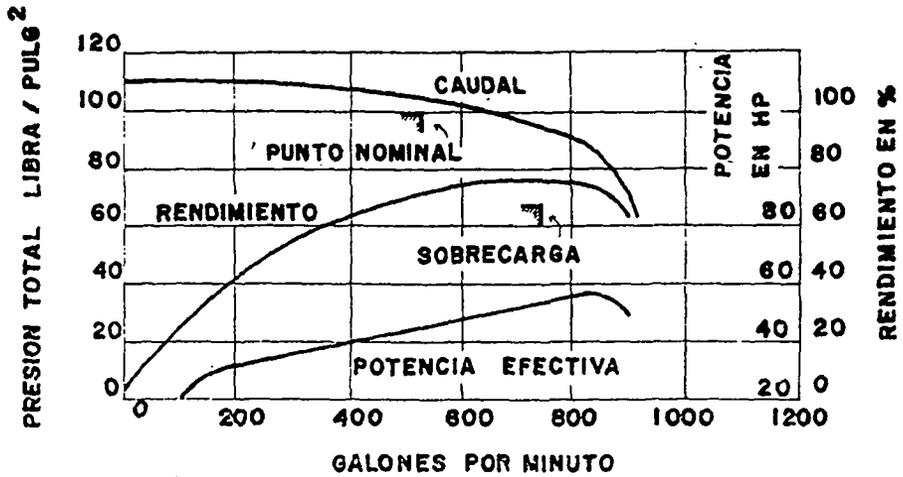
GRAFICA 3.18

APARATOS UNITARIOS

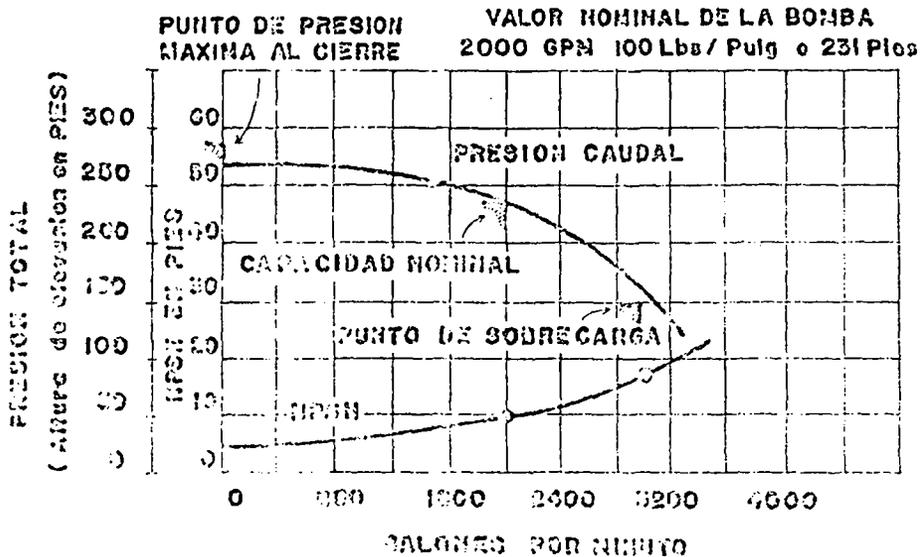


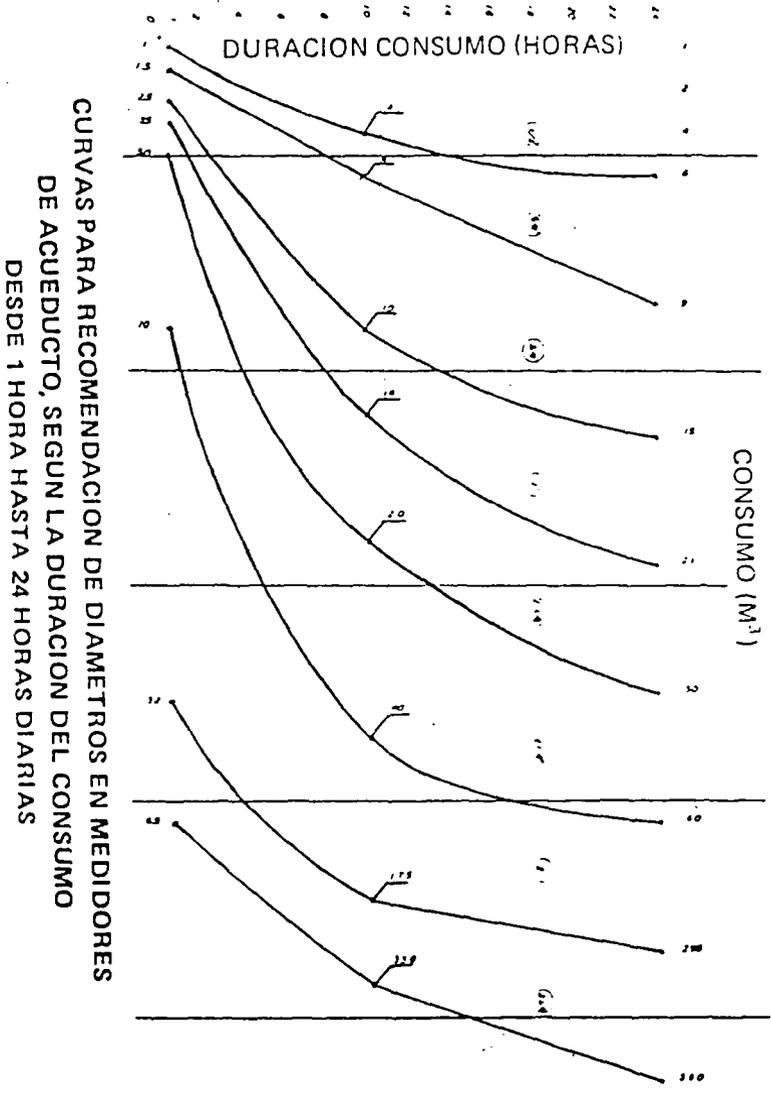
Aparato y tipo de Instalación	GASTO DE APARATOS SANITARIOS Y SU EQUIVALENCIA EN APARATOS UNITARIOS	
	S. Público No. Aparat. unit	S. Privado No. Aparat. unit
Lavamanos	2	1
Inodoro con válvula de descarga	10	6
Inodoro con Tanque de descarga	5	3
Tina de baño	4	2
Regadera de Baño	.	2
Sumidores de cocina	4	2
Lavabos	.	3
Fregaderos con válv. mezcladora	.	2
Lavadora de platos	.	5
Hayadera de jardín	.	2
Orinal de pedestal con válvula	10	.
Orinal alto con válvula	5	.
Orinal con tanque de descarga	3	.

GASTOS PARA VELOCIDADES MAX. DE 3 M/SEG	
Tubería 0 1/4"	0.1 lts/seg.
Tubería 0 3/8"	0.2 lts/seg.
Tubería 0 1/2"	0.4 lts/seg.
Tubería 0 3/4"	0.8 lts/seg.
Tubería 0 1"	1.5 lts/seg.
Tubería 0 1 1/2"	3.4 lts/seg.
Tubería 0 2"	6.0 lts/seg.



CURVAS CARACTERISTICAS TIPCICAS DE BOMBAS DE INCENDIO





CURVAS PARA RECOMENDACION DE DIAMETROS EN MEDIDORES DE ACUEDUCTO, SEGUN LA DURACION DEL CONSUMO DESDE 1 HORA HASTA 24 HORAS DIARIAS

GRAFICA 3.19

Los tres consumos esperados y se entra a las gráficas 3.17 y 3.18 para encontrar el diámetro más apropiado y con este dato seleccionar el medidor adecuado no sin antes verificar que el fabricante garantiza el caudal nominal que se necesita, ya que en caudales grandes pueden fabricarse medidores de varios diámetros para un mismo Q_n . Así por ejemplo puede haber un medidor $\varnothing 4$ " hélice Woltman eje horizontal con $Q_n = 150 \text{ m}^3/\text{h}$, otro de $200 \text{ m}^3/\text{h}$ (Woltman V y Volpex Weg de la Flonic, Schlumberger respectivamente). Aun en el caso de $3/4$ " se encuentran aparatos de 3 y $5 \text{ m}^3/\text{h}$ y en 1" puede haber de 5, 7 o más m^3/h ; de manera que si se tienen $5 \text{ m}^3/\text{h}$ puede usarse un medidor de $3/4$ " o uno de 1" de otra marca.

(Se adjuntan dos figuras que incluyen la demanda en l/s según los aparatos unitarios y dos tablas sobre gastos de aparatos y de diámetros, para una velocidad de 3m/s). Ver Gráficas 3.17 y 3.18.

7.2 Cuando ya se conoce el consumo que tiene la instalación, lo primero es definir el período a estudiar (si es por hora, como mínimo, o en 10 o en 24 horas por día, o por mes). Ver Gráficas 3.19.

Lo segundo es encontrar con ese valor en las curvas ya citadas. Generalmente la cifra se obtiene de lecturas del medidor que existía antes y se supone que las lecturas fueron correctas.

No es necesario en ningún caso colocar un medidor del mismo diámetro que la tubería. Por ejemplo, si por un medidor de 1" se registraba un consumo de $1.500 \text{ m}^3/\text{mes}$, y la tubería es de 1", se le puede instalar un medidor de 2" que causará menores pérdidas de carga, sin necesidad de mayores cambios, sólo dos niples de 2" a ambos lados del medidor y dos reducciones de 2 a 1" para la transición correspondiente.

7.3 Para escoger el medidor para residencias, si ya existe una experiencia en la Empresa, vale la pena analizar los resultados obtenidos en cuanto a frecuencia de daños y cambio de medidores, costo estadístico de labores de cambio y reparaciones. Rangos mínimos de exactitud y registro (recordar que los medidores de velocidad de chorro único son los más inexactos y no son apropiados en una Empresa que suministre agua potable y exista el hábito de medidores en los usuarios).

Se debe analizar que los medidores en estudio tengan un grado de inexactitud lo más bajo posible con respecto al caudal nominal, ojalá al 0.3 o 0.5% del Q_n y en esa forma mejorar la facturación de la Empresa, que tenga pocas piezas ya que si las hay en abundancia hay posibilidad mayor de daños, desgaste y reparaciones. También hay que tener en cuenta que en los barrios populares no es recomendable instalar medidores que tengan vidrio circular de 2" o más, ya que están muy expuestos al vandalismo por efectos de tarifas, y sobra decir, que si esto ocurre se le debe cobrar el aparato para que la persona aprenda a cuidar los implementos de medición del agua.

8. COMENTARIOS SOBRE MICROMEDIDORES EN BRASIL

8.1 ANTECEDENTES

Los brasileros para efectos de medición han trabajado sobre un medidor de velocidad de $\emptyset = 1/2''$ (13 mm) y una capacidad nominal (Q_n) de $1.5 \text{ m}^3/\text{h}$ o sea la mitad de las normas ICONTEC, ABNT y AWWA. Con ello aumentan la sensibilidad del medidor de 30 lt/h hasta 10 lt/h. Adicionalmente han logrado con Histogramas de consumo (70) estudiar 403 instalaciones, encontrando que sólo el 1.1% del consumo se hace a una rata de flujo superior a 1.500 lts/h; Véase Tabla 3.2 (70).

A partir de estudios que han realizado, los brasileros presentan la tesis que los medidores volumétricos poseen una mayor tendencia a la obstrucción que sus homólogos, los medidores de velocidad partiendo de ensayos realizados con un medidor kent (que según ellos estaba en el Museo SAUESP quien sabe en qué condiciones) al que se le introdujo 1 ml de arena por cada 100 litros a 397 l/h con la secuencia granulométrica de 0.149 - 0,21 - 0,35 - 0.50 y 0.42 mm; para las tres primeras muestras de arena no pasó nada: el registro estuvo correcto, pero con la cuarta mostró un error del 31' y cuando

TABLA 3.2. Rata de Volumen (Lts).

Flujo (l/h)	Consumo	%	Acumulado	%
0 - 10				
0 - 10	128.913.5	5.5	128.913.5	5.5
10 - 20	146.210.1	10.8	275.123.7	11.8
20 - 40	250.543.2	10.8	525.666.8	22.6
40 - 80	324.001.6	14.0	849.668.4	36.6
80 -150	348.031.9	14.9	1.197.700.3	51.5
150 -300	390.211.6	16.8	1.587.911.9	68.3
300 -500	222.070.1	9.6	1.809.982.0	77.9
500 -900	186.387.3	8.0	1.996.369.3	85.9
900-1500	301.594.4	13.0	2.297.963.7	98.9
1500+	26.079.6	1.1	2.324.043.3	100.0

se le echó la última muestra el error fue del 91% apenas lógico.

8.2 ANALICEMOS POR PARTES ESTOS IRES PLANTEAMIENTOS

8.2.1 Un medidor volumétrico empieza a registrar a los 5 lts/h muy por debajo del miniiguassu de $1.5 \text{ m}^3/\text{h}$ de Q_n , que lo hace a los 10 lts/h.

8.2.2 Todo fabricante recomienda que su medidor trabaje por debajo del caudal admisible ($Q_n/2$). Las normas europeas llaman caudal nominal a dicho caudal admisible, o sea, que debe trabajarse todo medidor a esa ráta de flujo como máximo permisible. Lo que se conoce en las normas de todos los países americanos como Q_n , caudal nominal, las europeas lo llaman $Q_{\text{máx}}$, caudal máximo, o pico de flujo por algunos minutos. Entonces, si se quiere que un medidor tenga una vida útil casi indefinida, debe trabajar por debajo del caudal admisible, o sea, a menos de 1,500 lts/h; lo que sucede en Brasil no tiene que ver con esto sino más bien con la exactitud aceptable, lo cual sí es muy grave.

8.2.3 Medellín tiene casi 300.000 medidores volumétricos en las residencias, toda el agua recibe tratamiento pero por efecto de fugas llega arena y otros elementos a depositarse en el cedazo del medidor. Se cambian anualmente menos del 1% de los medidores por esta causa, por tanto, el miedo brasilero a obstrucción del medidor es remoto en nuestro medio, además, con el tiempo la curva va retirándose del cero, o sea disminuye la sensibilidad y en la parte horizontal de la curva desciende también.

En un ensayo realizado a 500 medidores con un registro superior a 5.000 m^3 , se obtuvo que sólo el 5% registraban en el 1% de error, el 15% estaban parados totalmente, en los cuales presumiblemente se cobraba por promedio de meses anteriores y el 80% restante estaba marcando con error impredecible entre 2% hasta el 100%. Lo

anterior reafirmó la política de cambio, al menos a los 5.000 m³ de registro.

Hay que agregar, que aquellas empresas que estén interesadas en el control estricto del agua no facturada es imprescindible la instalación de medidores cuya curva de calibración sea lo más exigente, o sea que arranquen muy pronto, entren en el rango del 2% lo antes posible y sufran el menor desgaste de sus piezas, ya que con el tiempo es frecuente que la curva se desplace hacia adelante en su arranque y hacia abajo, registrándose muy por debajo del 2% que se obtenía cuando nuevo. Este tipo de medidor es, sin lugar a dudas, el de tipo volumétrico tanto de disco nutativo como el de pistón oscilante.

Por último para terminar es conveniente resumir en una clave de 4 ó 5 cifras: el diámetro, características, marca y tipo de medidores (ver Tablas 3.3 y 3.4).

TABLA 3.3

FORMA DE OBTENER LA CLAVE DEL MEDIDOR

Tipo de Medidor	Primer Dígito
Pistón oscilante (Volumétrico)	1
Disco nutatorio (Volumétrico)	2
Compuesto o combinado	5
Velocidad chorro único	6
Velocidad chorro múltiple	7
Hélice simple	8
Hélice Woltman	9
- Transmisión al Registrador	Segundo Dígito
Transmisión mecánica	1
Transmisión magnética	2
- Diámetro del Medidor	Tercer y Cuarto Dígito
Una pulgada	01
Dos pulgadas	02
Tres pulgadas	03
Cuatro pulgadas	04
Cinco pulgadas	05
Seis pulgadas	06
Tres cuartos pulgadas	07
Ocho pulgadas	08
Una y media pulgada	09
Diez pulgadas	10
Media pulgada	11
Doce pulgadas	12
- Marca del Medidor	Quinto Dígito
Kent (Acuaforjas)	1
Tavira	2
Meinecke	3
Trident (Neptune)	4
Badger	5
Schlumberger	6
Siemens-Worthington-Cleveland	7

TABLA 3.4
EJEMPLO DE LISTA DE MEDIDORES

MARCA	DIAMETRO	TIPO	CLAVE
Kent JSM	φ 1/2"	Volumétrico	11111
Kent	φ 3/4"	Volumétrico	11071
Kent	φ 1"	Volumétrico	11101
Kent	φ 1 1/2"	Master	11091
Kent	φ 2"	Master	11021
Kent	φ 2"	Velocidad	81021
Kent	φ 3"	Velocidad	81031
Kent	φ 3"	Compuesto	41031
Kent	φ 4"	Velocidad	81041
Kent	φ 4"	Compuesto	51041
Kent	φ 6"	Velocidad	81061
Kent	φ 6"	Compuesto	51061
Kent	φ 8"	Compuesto	51081
Tavira	φ 1/2"	Velocidad	61112
Tavira	φ 3/4"	Velocidad	61072
Tavira	φ 1"	Velocidad	61012
Meinecke	φ 2"	Velocidad	92023
Meinecke	φ 3"	Velocidad	92033
Meinecke	φ 3"	Compuesto	52033
Meinecke	φ 4"	Compuesto	52043
Meinecke	φ 4"	Velocidad	92043
Meinecke	φ 6"	Velocidad	92063
Meinecke	φ 6"	Compuesto	52063
Meinecke	φ 8"	Velocidad	92083
Trident	φ 4"	Volumétrico	22044
Trident	φ 3"	Volumétrico	22034
Trident	φ 2"	Volumétrico	22024
Trident	φ 1 1/2"	Volumétrico	22074

TABLA 3.4 (Continuación)

MARCA	DIAMETRO	TIPO	CLAVE
Trident	φ 1"	Volumétrico	22014
Trident	φ 1/2"	Volumétrico	22114
Badger	φ 2"	Compuesto	52025
Schlumb	φ 6"	Compuesto	52066
Schlumb	φ 4"	Compuesto	52046
Schlumb	φ 3"	Compuesto	52036
Schlumb	φ 2"	Compuesto	52026

4

**CATASTRO Y NORMAS DE DISEÑO
DE REDES Y ACUEDUCTO**

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
ACODAL-SECCIONAL VALLE DEL CAUCA

CURSO TALLER DE INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS

CATASTRO Y NORMAS DE DISEÑO DE REDES Y ACUEDUCTO

ALEJANDRO ESTRADA
INGENIERO CIVIL
UNIVERSIDAD DE MEDELLIN

CATASTRO Y NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE ACUEDUCTO

ANTECEDENTES

El orden lógico es tratar primero el diseño, luego debe hablarse de construcción de redes y por último hablar del catastro.

En este orden de ideas, hablaremos primero de las redes propiamente dichas, luego de diseño, y las normas que lo rigen y luego de los planos, formas de codificar la información y del catastro de las mismas. No es del caso detenernos mucho en la definición de las fuentes, la selección de las mismas, sus capacidades, cálculo de población a ser servida, forma de conducirla, por gravedad o por bombeo, sistemas de bombeo, dimensionamiento de bombas y su distribución. Diseño de presas y estudio de la hidrología de la cuencia, protección de la misma, temas que bien pueden ameritar varios cursos como él presente, por tanto, nos dedicaremos al tema propuestos.

1. DISEÑO DE REDES DE ACUEDUCTO

1.1 TIPOS DE REDES

Se conoce con el nombre de red al conjunto de tuberías o, en general, de conductos de agua, abiertos o cerrados. Se conocen varias redes de agua, a desde los tiempos remotos cuando el hombre construyó los primeros Jardines Colgantes de Babilonia necesitó llevar agua para regarlos. Posteriormente, se construyeron los primeros acueductos, palabra latina que quiere decir conductos para llevar agua. Siendo los romanos los que más avanzaron en dicha empresa; todavía perduran los acueductos de Roma, en España y Francia, que son obras de alta ingeniería, por sus grandes arcos y longitudes que exceden en su realización a nuestra imaginación.

El agua que se transporta desde la toma hasta la planta de potabilización se conoce con dos nombres ADUCCION, o LINEA DE CONDUCCION.

Por tanto, transportan aguas crudas, generalmente son canales abiertos, si es posible transportarlas por gravedad. Si es necesario atravesar por una topografía difícil, o; cuando no se dispone de suficiente desnivel es necesario transportarlas por tuberías. Estas, serán de Hierro Fundido, Hierro Dúctio, Acero, Concreto Simple, concreto

reforzado, abastecimiento, P.V.C., u otro plástico como polietileno, polipropileno, etc., y las normas de diseño, construcción, manejo, transporte e instalación, están establecidas. Las americanas son A.W.W.A., hay normas D.I.N. para Alemania, ISO, que rigen en casi todos los países europeos. Y en Colombia las ICONTEC, establecen los parámetros anotados.

Más que red de aducción o conducción, se debe llamar SISTEMA, ya que su finalidad es unir dos puntos, toma y planta de tratamiento, pueden existir varias líneas independientes, o con interconexiones, o recibir recargas de otras fuentes en su recorrido, para captar otras aguas.

El caudal que deben transportar, si fueron diseñadas en forma correcta será de la fórmula:

$$Q = \frac{P \times q}{3600 \times h} \quad (l/s)$$

Q = Caudal total a transportar

P = Población a servir en el período de saturación

q = Dotación en l/hab/día. Tasa de consumo "Per Cápita"

h = Número de horas de funcionamiento del sistema

RED DE CONDUCCION: En algunos sistemas, el agua sale de las plantas de tratamiento, directamente hacia tanques de almacenamiento, distribuidos en sitios distantes del sistema, y por tanto requieren de un

sistema, palabra que expresa mejor que red, ya que siempre van de un punto a otro bien delimitados. El agua ya es tratada y no cruda como el caso anterior.

Ya se hace necesario el uso de tuberías, que en este caso pueden ser del mismo material que la Aducción y que cumplan las normas anotadas ya.

REDES DE DISTRIBUCION: es la unidad del sistema que conduce las aguas tratadas hasta los sitios de consumo (casas, industrias, edificios, etc.).

Los materiales pueden ser los mismos, especificándose además que la presión de trabajo no puede ser menor de 150 p.s.i. ó 105 metros de columna de agua.

Se divide en Red Principal, aquella cuyos conductos o tuberías son de gran diámetro y la Red Secundaria, la que es alimentada por la anterior y en diámetros más pequeños, es la encargada del abastecimiento directo a las instalaciones de los usuarios del sistema.

1.2 NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCION

Las condiciones para la distribución del agua son las siguientes:

- a. Debe ser proyectada para funcionar durante todo el tiempo a la presión adecuada, en cualquier punto de la red.
- b. El agua debe mantenerse en la red sin alteración de cantidad, o calidad. Evitando toda posibilidad de contaminación externa, para evitar la introducción de agua de inferior calidad, aún en los casos de reparaciones de la red.
- c. El sistema debe incluir registros y dispositivos de descargas, siempre que haya necesidad, sin interrupciones perjudiciales al abastecimiento.
- d. Debe ser planeada para garantizar una buena circulación del agua, tolerándose un número pequeño de puntos muertos.
- e. Siempre que sea posible, las tuberías de agua deben estar a por lo menos 3.00 m de las de alcantarillado y los cruces con ellas deben ser a por lo menos 1.80 m por encima, para evitar la contaminación.
- f. Antes de entrar en funcionamiento es necesario descontaminar la red aplicando 50 mgr/l de cloro durante 24 horas y luego retirar esa agua para introducirle agua limpia. Debe controlarse con exámenes bacteriológicos. Estos deben repetirse, periódicamente, para garantizar la no contaminación.

Los elementos que forman una red de distribución son:

- a. Las tuberías; que son las encargadas de transportar el agua.
- b. Válvulas: intercaladas en la red, para un correcto funcionamiento y para labores de mantenimiento.
- c. Hidrantes: tienen una doble función : servir para atender incendios que puedan; ocurrir y para descargar las tuberías, para el mantenimiento preventivo y correctivo de la red.
- d. Otros Accesorios:
 - Uniones: propias para empatar los tubos, que dependen del material de ellos. Las hay de muchas clases: Gibault, Taconde, de reparación, etc.
 - Codos: que permiten formar los ángulos que aparecen en el diseño.
 - Cruces: para garantizar la interacción de la red propiamente dicha.
 - Tees: realizan la misma operación de la anterior pero con uno de los extremos taponados.
 - Yes: cuando el ángulo no es de 90 grados, del caso anterior.

- Reducciones: cuando hay que pasar de un diámetro a otro en un tramo.

TRAMOS DE DISEÑO

Consumo: es el más importante de los criterios de diseño. Para determinarlo, es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros que están en función de la población, como son; clima, nivel de vida de la población, costumbres, necesidades industriales, si es materia prima en los procesos, costo del agua, tarifas, consumos públicos, presión en la red, pérdidas físicas, existencia de alcantarillados, calidad del agua, si está o no medido el consumo.

El consumo se discrimina en los siguientes tipos de usuarios: residenciales, comerciales, industriales, públicos, usos especiales, tales como previsión para incendios, instalaciones deportivas, portuarios, de barcos, autobuses, aeropuertos o ferrocarriles y los consumos que generalmente no se tienen en cuenta en el diseño: los desperdicios y pérdidas de agua que se presentan en las conducciones, redes de distribución, en las domiciliarias, desperdicios que no son detectables por medidores viejos, como los goteos de grifos y de inodoros.

Dependiendo del lugar los valores pueden fluctuar mucho y las tarifas hacen que los consumos se racionalicen. En los Estados Unidos, en 1950 los consumos estaban por encima de los 200 gl/hab/día, o

sea, unos 400 l/hab/día o meros.

Pero ésto requiere de una buena ejecutoria ya que si se descuida el mantenimiento como nos ocurre en América Latina, el índice de las aguas no son facturadas, superan en muchos casos el 50% del suministro, que hace que si se piensa diseñar con 200 l/hab/día, sea necesario calcular con 400 l/hab/día, en Colombia, en las tres grandes ciudades, es el valor correcto por los consumos industriales y comerciales que se presentan en el resto de las poblaciones, Insfopal recomendaba calcular con una dotación de 200 l/hab/día; pero suponía que los sistemas iban a controlar el agua no facturada, lo cual, no se da en casi ninguna parte, salvo tal vez, ACUAVALLE, y alguna ciudad intermedia. Variaciones del Consumo: es otro parámetro de diseño muy importante. Es necesario conocer como varía el consumo durante los días de la semana, y durante las horas del día y aún, en la época de verano e invierno. La variación mes a mes con respecto al promedio anual es de 1.08, lo cual no es muy significativo, a no ser que los períodos de sequía son muy prolongados y el clima muy cálidos, donde puede ser mayor. La variación del día de mayor consumo con respecto al promedio anual es cercano a 1.2 en climas templados, y hasta de 1.6 en sitios cálidos, con períodos largos de verano, o donde hay estaciones.

La variación de la hora de mayor demanda, se establece colocando medidores de consumo a las salidas de los tanques de distribución y haciendo lecturas horarias. Varía según los hábitos de la pobla

ción, ya que como sean sus costumbres de uso del agua, será la demanda horaria, que puede variar desde 1.5 a 3.0 cifra ésta, aportada por Fair - Geyer en los Estados Unidos. pero en nuestro medio está entre 1.5 a 1.8.

El máximo consumo diario se conoce como coeficiente k_1 y el máximo horario, como coeficiente k_2 . De éstos se desprende uno tercero que es el consumo instantáneo o k_3 que es el producto de los dos anteriores, y en nuestro medio puede ser: $k_3 = 1.5 \times 1.5 = 2.25$.

Para poder avanzar en el diseño es necesario tener un levantamiento topográfico, con curvas de nivel cada metro y por lo general se trabaja en escala 1:2000. Deben figurar las calles actuales y los futuros desarrollos urbanísticos, esperados. Si es posible hacer un censo poblacional, para tener los datos precisos de habitantes por cuadra, o por manzana, su estrato social.

METODOS DE DIMENSIONAMIENTO DE LA RED: Lo primero que hay que determinar es el caudal por metro lineal de tubería en l/s. Para ello, es necesario dividir la ciudad en varios sectores o zonas, para diferenciarlas altamente pobladas, los sectores comerciales o industriales, de altos edificios, de mediana o baja densidad poblacional, ya que cada una de ellas tendrá un diferente consumo por ml.

El valor encontrado, se debe multiplicar por el coeficiente k_3 que está entre 2 y 2.25.

Un valor aceptable de consumo para m_l es considerarlo entre 0.004 y 0.013 l/s, ésto que sirva de guía y no de norma, ya que es conveniente calcularlo para cada sector como ya se dijo.

Para el proceso de conocer, las velocidades, diámetros, presión en cada punto del sistema, se hacía por iteraciones sucesivas por el método de Hardy Cross, hasta que aparecieron los programas de computador que varias universidades de los Estados Unidos y otros investigadores privados han perfeccionado; a continuación enumeramos varios de ellos:

FAAST de la GON HYDRONET SERVICES
NETWORK ANALYSIS por David Evans y Asociados
LIGSS por Storner y Asociados
WATER por CIVIL SOFT
NETWK de la Universidad del Estado de Utah
HICPO HARDY CROSS del CECOMP
UKPIPE de la Universidad de Kentucky
WATER de la UNIVERSAL SOFTWARE APPLICATIONS
FSSIV2 de la FLOW SCIENCE
FSIVBS de la misma entidad
HYDRAULIC NETWORK SOFTWARE de la ENGINEERING SOFTWARE
LADISO de la U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERING

Todos los programas, excepto LIQVARS, son aplicables en microcomputadores. Y éste solo en conexión con uno grande y los FAAST, NETWK,

FSIV2 y FSIV3 requerirán usar un computador de gran capacidad de memoria.

La información que hay que introducirles son, las características físicas de la red de distribución, que incluyen: los nudos, los loops, o anillos, las bombas, los tanques de distribución, las válvulas reguladoras y los accesorios. Las direcciones de las instituciones mencionadas están a disposición de los interesados en dichos programas. Sólo los de las universidades son sin costo para las instituciones de servicio público que lo soliciten como tales.

Cuando en el programa se obtienen velocidades muy altas, se debe introducir nuevos datos y ampliar los diámetros para optimización del sistema, lo mismo si el problema es de muy bajas velocidades, se disminuye el diámetro. El sistema calcula el sitio donde deben colocarse las válvulas reguladores de presión o los bombeos, cuando se les introduce la variable de máxima y mínima presión. Esto último lo tienen algunos de los programas enunciados, los demás, se les debe suministrar el sitio de ellas y al realizar el cálculo dirá si es acertado o no el sitio escogido, o si hay que correrlo, más abajo y más arriba.

De lo anterior, sale un plano donde se especifica en cada nudo, la presión, la velocidad, el caudal que pasa, el que sale en el tramo, el diámetro económico. En algunos programas sale sólo el cuadro con las mismas informaciones.

Terminado el ajuste correspondiente, se pasa a elaborar los planos en plano en escala 1:2000, para construcción.

Se procede a calcular cantidades de tuberías, accesorios, y de obras, para proceder a sacar las licitaciones de compra y de construcción.

Durante la construcción, se le hacen modificaciones, que deben quedar consignadas en el respectivo plano constructivo, que da origen al CATASTRO DE LA RED, tema de la otra parte de esta conferencia.

Catastro es el censo y antecedentes estadísticos de las propiedades urbanas y rurales, por extensión, se habla de catastro de redes, o sea el archivo actualizado de las redes de distribución, con todos sus antecedentes, tales como, la forma del diseño, la construcción, y cuales han sido las modificaciones que ha sufrido en el transcurso de los tiempos. Para ello, es conveniente numerar los planos de alguna forma en el diseño, y deben conservar siempre ese número, que puede ser alfanumérico, con espacios muy precisos donde se detalle que fué el utilizado en el diseño, o que sufrió las variantes propias de la construcción, o que en tal fecha fué modificado. Para mejor control es preciso tener un kardex, donde se diga cual es la fecha que corresponde al plano vigente y cuántas modificaciones ha sufrido.

Es recomendable, para evitar la pérdida total de la información, como ocurrió en Bogotá, que el primer plano se conservaban los

planos se destruyó con el terremoto del jueves santo de 1983, tener los planos en por lo menos dos sitios de la empresa, y mejor aún, en una ciudad diferente, tener un juego completo de los mismos.

En los Estados Unidos se ha perfeccionado un sistema por computador, que almacena en él, toda la información correspondiente a líneas de energía, teléfono, acueducto, alcantarillados de aguas lluvias, de aguas servidas y de líneas de gas. Además, catastro, para ser utilizado por planeación, valorización y demás dependencias del municipio, Se encarga de elaborar el plano que se le pida de cualquiera de las líneas dichas en la escala que se le solicite, con plotters correspondientes.

En las Empresas Públicas de Medellín, se tiene desde hace cuatro años a varios técnicos, trabajando en esta dirección. Se visitaron las empresas que los están usando, los que fabrican el sistema, ya se tiene un contrato para la elaboración de los términos de referencia para la licitación correspondiente. La pasada de la información contenida en los planos puede llevar unos cuatro años más, pero los resultados que se han podido apreciar donde se tiene el sistema funcionando son sorprendentes desde el punto de vista de la rapidez de ejecución, de actualización de los mismos y el ahorro de tiempo y dinero, en ambas operaciones. Adicionalmente, se tiene otro resultado, que las líneas de uno y otro servicio no pueden colocarse una sobre la otra porque sería rechazado por el computador, en la etapa de diseño.

El control de los accesorios y válvulas, requiere de control estricto, para ello, se puede tener el sistema de referenciación de las esquinas o nudos, para la operación y el mantenimiento de la red, se acompaña una muestra de las mismas, que llevada por la EE.PP. de Medellín. En el dorseo, contiene el croquis de la localización, a mano, sin escala pero describiendo las distancias reales del parámetro, con todos los detalles que se puedan mostrar, tales como, codos, tees, yes, válvulas hidrantes, reducciones, tipos, clases y diámetros de las tuberías.

Las válvulas hidrantes y tuberías se numeran para colocar en el reverso de la tarjeta su posición, diámetro, profundidad, modo de operar, y si es tubería, tipo de unión, estado de la misma y fecha de las revisiones que se le hayan efectuado.

Los planos que deben actualizar en base a la referenciación descrita son, primero en escala 1:2000, luego pasarlos a 1:5000 y 1:10000 si la ciudad es muy grande.

Con respecto a las domiciliarias, el catastro se debe adelantar por medio del computador, que es el encargado de facturar y de mantener actualizado de archivo de instalaciones o matrículas.

Sólo necesita que se le reserve un campo de máximo cinco espacios y por medio de tres signos alfanuméricos, se puede tener actualizado el dato del diámetro de la acometida, su material, la marca, clase,

diámetro y tipo de medidor, para ejemplo se dan unas directrices de hacerlo.

PRIMER DIGITO	SEGUNDO DIGITO	TERCER DIGITO
1. P.V.C. de 1/2"	1. Acuaforjas	1. Volumétrico 1/2"
2. PF y UAD de 1/2"	2. Acuaforjas	2. Vel Ch. mult 1/2"
3. Cobre de 1/2"	3. Coltavira	3. Vel Ch. Unico"
4. Galv. de 1/2"	4. Tavira	4. Vel Ch. mult. de "
5. P.V.C. de 3/4"	5. Aschitokey	5. Vel Ch. Unico de"
6. Cobre de 3/4"	6. Flonic	6. Td4 Vel. Ch. Unico"

Y así sucesivamente, cuando se acaban los números (en 9) se sigue con las letras desde la A hasta la Z, en esa forma se mantiene actualizado el catastro de usuarios, el medidor, puede tener un registro adicional que diga el año de instalación, o sea la edad del medidor para poderlo cambiar cuando cumpla su vida útil y así cobrar lo justo al usuario y será tema de la conferencia de la tarde.

Como el tema del curso, va hacia las instalaciones interiores, no se quiso profundizar demasiado en los temas, pero gustoso se aclararán las dudas o se darán las explicaciones adicionales a los temas que apenas se trataron superficialmente.

Empresas Públicas de Medellín

REFERENCIACION DE AGUEDUCTO

VALVULAS										OBSERVACIONES
Valvula No.	Marcas	Posición	Diámetro Pulgadas	Fecha Coloc. Mes Año	Profundidad en la base de oper. Union	Ventilador	Tubo de escape	Unión	Clase	
(1)		V	2"		1975			B		
(2)		V	6"		1977			B		
(3)		V	6"		1977			B		
HIDRANTES										
Hidrante No.	Marcas	Fecha Coloc. Mes Año	Diámetro Pulgadas	Tubos de Alimentación	Tipo	Clase				
111	1975		2"	1977	1977					
TUBERIA										
No Tramo	Marcas	Material	Diámetro Pulgadas	Fecha Coloc. Mes Año	Unión	Profundidad de clave	Estado	Fecha Revision		
A	111	6"	6"		6	100	6	01 87		
B	111	6"	6"		6	100	6	11 77		

DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS PUBLICOS DE LA CIUDAD DE MEDILLIN



86

Empresas Públicas de Medellín

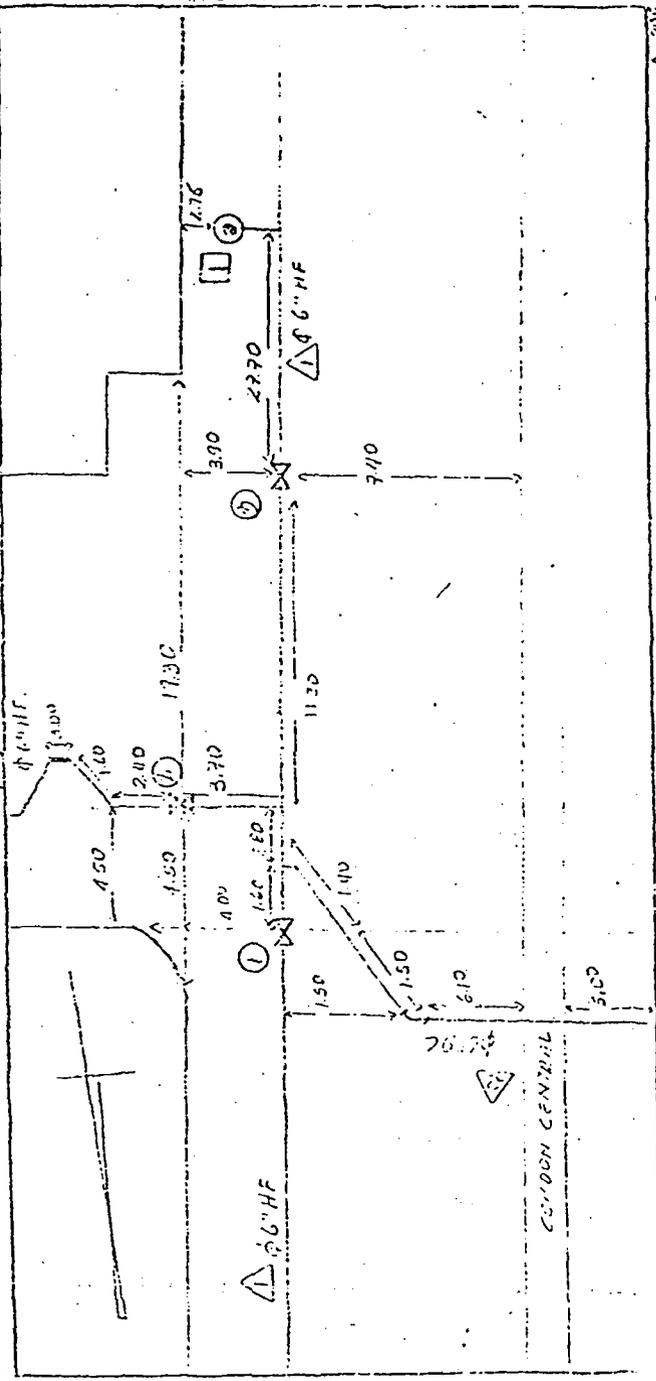
CH 36 x 451 Estado Ser. General

DIRECCION

CROQUIS DE LOCALIZACION

DIA MES AÑO
19 VI 87

RED DE ACUEDUCTO



RESERVACIONES:

DIE

DIEGO
Luis A. GONZALEZ

L. A. 205

5

**MEDICIONES EN SISTEMAS
DOMICILIARES**

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
ACODAL - SECCIONAL VALLE DEL CAUCA

CURSO TALLER DE INSTALCIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS

LEONARDO SANZ RAMIREZ
INGENIERO SANITARIO
UNIVERSIDAD DEL VALLE

SANTIAGO DE CALI, FEBRERO DE 1.990

INTRODUCCION

El empleo de los medidores de agua, es la mejor forma de hacer que los usuarios del servicio de acueducto, hagan uso racional del preciado liquido.

La falta de metodología adecuada y el desconocimiento del comportamiento de los medidores de agua, impide la correcta selección del medidor.

Una incorrecta selección de medidores, bien sea para uso residencial, comercial, industrial o para algun tipo de establecimiento especial, perjudica tanto a usuarios como a las empresas encargadas de la producción y distribución del servicio de acueducto.

Aunque se afirma que el empleo de los medidores de agua hace una distribución justa y equitativa del servicio, esto solo sucede cuando registran con seguridad los volúmenes de agua que pasan a través de ellos.

La confiabilidad en los registros y facturación de consumos, es un factor primordial para que existan buenas relaciones entre usuarios-empresa de servicio.

El presente manual tiene como objetivo orientar el

dimensionamiento de los medidores, para garantizar que los mismos sean seleccionados de manera que funcionen con caudales dentro de un rango recomendado, con precisión satisfactoria por un largo periodo de tiempo, evitando con ello un excesivo desgaste de las partes internas del medidor y los problemas que generan la sub-registración de consumos.

DEFINICIONES

A. SELECCION DE MEDIDORES DE AGUA

Se define como la metodología necesaria para determinar los tipos, estilos y tamaños de los aparatos que mejor se adecuan a las condiciones locales, teniendo en cuenta la característica o calidad de las aguas que se van a medir.

La determinación del tipo de medidores de hará una vez, se halla evaluando el comportamiento mecánico y/o físico en el laboratorio o taller de medidores, de todas las muestras de los aparatos ofrecidos por los proveedores, de tal forma que se obtengan criterios suficientes, para adoptar la propuesta mas conveniente.

B. DIMENSIONAMIENTO DE LOS MEDIDORES

Se define como el procedimiento necesario para determinar el medidor a instalarse en un servicio a darse por primera vez.

Es conveniente tener en cuenta que una vez se halla escogido el tamaño del medidor, se debe precisar el tipo de medidor y estilo que mas satisfaga las condiciones en las cuales va a trabajar.

DEFINICIONES ESPECIFICAS-CARACTERISTICAS DE MEDIDORES

A. CAUDAL NOMINAL O MAXIMO

Se define como el flujo máximo al que puede ser sometido un medidor por pocos instantes, sin causar daños al mismo.

Para el caso de los medidores pequeños, este caudal corresponde a una pérdida de presión de un máximo de 10.00 metros.

Para los medidores industriales, este caudal sería el que corresponde a una pérdida de 1 metro de columna de agua. Este caudal corresponde entonces al límite superior de exactitud.

B. CAUDAL NORMAL

Caudal expresado en M³/ hora, correspondiente al 50% del caudal nominal.

C. CAUDAL DE ARRANQUE

Como su nombre lo indica, es el flujo al cual el medidor empieza a funcionar no obstante que su exactitud sea muy inestable generalmente por debajo del 90%.

D. LIMITE INFERIOR DE EXACTITUD

Caudal expresado en M³/ hora, a partir del cual el medidor

empieza a registrar el consumo dentro de los límites prefijados en el campo interior de medición.

E. CAMPO DE MEDICION

Intervalo de flujo comprendido entre el límite inferior de exactitud y el caudal nominal, dentro del cual los errores de exactitud en la registraci3n se encuentran dentro de las tolerancias establecidas.

F. CAUDAL SEPARADOR

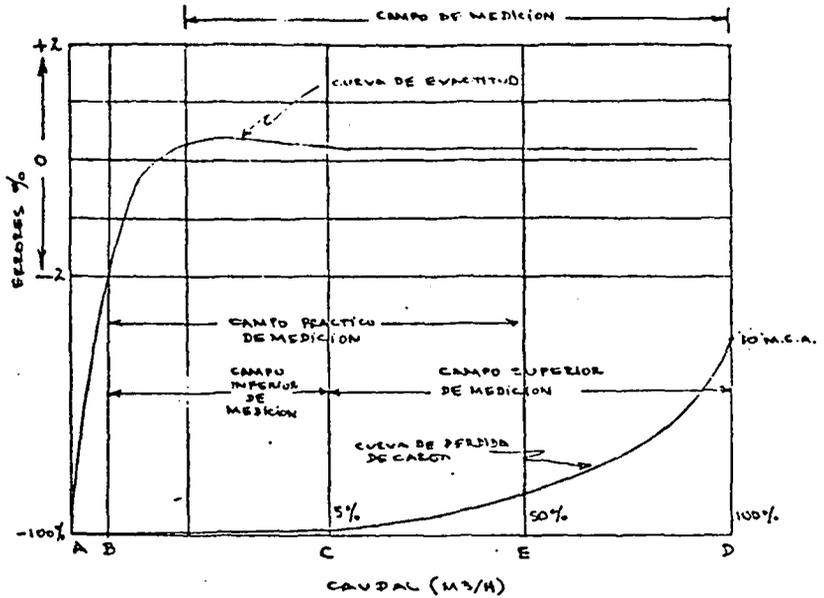
Se define como el caudal constante, expresado en M³/hora, comprendido entre los campos inferior y superior de medici3n y cuyos valores equivalen al 5% del caudal característico o nominal.

G. ERROR ABSOLUTO DEL MEDIDOR

Es la diferencia entre el volumen registrado por el medidor y el volumen de agua real que pasa a través del aparato.

H. CURVA DE PERDIDA DE CARGA

Es la gráfica de pérdidas de carga en funci3n de los caudales, donde el eje de las abscisas representa los caudales y el eje de las ordenadas las pérdidas de carga correspondiente.



- A - PUNTO DE ARRIANQUE
- B - LIMITE INFERIOR DE EXACTITUD
- C - CAUDAL SEPARADOR
- D - CAUDAL CARACTERÍSTICO MÁXIMO
- E - CAUDAL NORMAL

I. MEDIDOR DE AGUA VOLUMETRICO

Definidos como aquellos que emplean un mecanismo con cámaras volumetricas sujetas a una parte móvil oscilante que acciona el registrador mediante una pieza transmisora bien de tipo mecanico o magnetica.

J. MEDIDOR DE AGUA DE VELOCIDAD

Son aquellos que emplean un procedimiento mecanico y que por acción de desplazamiento del agua hace girar una pieza móvil como una turbina, una hélice, o unas paletas, etc.

K. LOS MEDIDORES DE VELOCIDAD SE PUEDEN CLASIFICAR ADEMÁS COMO:

- 1) Velocidad de chorro único: Cuando los acciona un chorro único de agua, es decir, tienen una sola entrada y una salida para el agua.
- 2) Velocidad de chorro múltiple: Cuando el medidor es accionado por varios chorros tangenciales, es decir, el medidor posee en su cámara interior, varios orificios para la entrada del agua.

SELECCION DE MEDIDORES

Las experiencias han demostrado que la utilización de medidores

MEDIDORES DE
AGUA PARA
CONDUCTOS A
PRESION

DIFERENCIALES

ESPECIALES

INFERENCIALES
O DE VELOCIDAD

VOLUMETRICO O DE
DESPLAZAMIENTO
POSITIVO

MEDIDORES
COMPUESTOS

PLACA DE ORIFICIO
ABOCHINADO
VENTURI
TUBO PITOT
PROPORCIONAL
ANNEAR

ULTRASONIDO
ELECTROMAGNETICO

CHORRO SIMPLE
CHORRO MULTIPLE
WOLTMANN
HELICE

DISCO ROTATIVO
PISTON OSCILANTE
PISTON ALTERNATIVO
CILINDRO ROTATIVO
OTROS

de agua inadecuadas para el sistema de suministro en el cual están instalados, incrementan el porcentaje de agua no-facturada.

Un ejemplo de esto, fue lo sucedido en la ciudad de Amman (Jordania), donde la sustitución de determinado tipo de medidor, permitió rebajar el porcentaje de agua no-facturada del 27% al 3%.

Es un hecho comprobado que los flujos tendrán valores bajos en edificaciones que poseen tanques de almacenamiento con sistemas controlados por flotador que en edificaciones con suministro directo de la red.

El desconocimiento de estos hechos puede dar como resultado la mala selección del medidor y puede conducir a un incremento del volumen de agua no-facturada.

El empleo de medidores de agua, representa sin duda alguna, la mejor forma de reducir el desperdicio de un sistema de abastecimiento. Para que esto suceda, es necesario que los medidores se seleccionen partiendo de la base del comportamiento de los flujos en las edificaciones a las cuales se van a destinar.

A. CRITERIOS DE SELECCION

Habida cuenta de la diversidad de medidores de agua existentes, se hace necesario que las entidades encargadas de la distribución del agua potable seleccionen adecuadamente sus medidores.

Basicamente se ha podido establecer los siguientes criterios:

- 1) El medidor debe tener un campo de medición de extensión suficiente que permita registrar con la mayor precisión posible.
 - a. Medir las fugas en las instalaciones domiciliarias defectuosas.
 - b. Medir el flujo de llenado de un reservorio, cuya entrada este controlada por un flotador.
 - c. Medir la operación simultanea de varios puntos hidráulicos, sin provocar una pérdida excesiva de precisión.
- 2) El medidor debe tener límites de errores admisibles durante un uso prolongado del servicio.
- 3) Posibilidad de obtención de repuestos, mantenimiento fácil y bajo costo.
- 4) Bajos costo de adquisición del medidor.

B. METODOLOGIA PARA SELECCION DE UN MEDIDOR

Basicamente siguiendo tres etapas nos pueden permitir un conocimiento completo de las condiciones y/o características de las condiciones de funcionamiento.

1. Investigación sobre el comportamiento de los consumos de las conexiones.
2. Exámenes pruebas de laboratorio de los medidores y análisis comparativo.
3. Investigación de los medidores en servicio en la red, bajo condiciones normales de trabajo.
 - a. Comportamiento del consumo de las conexiones

Conocer el comportamiento de los flujos es un paso necesario puesto que este puede variar sustancialmente la residencias de características idénticas, si estas tienen diferentes sistemas de suministro.

Dicho de forma distinta, no es lo mismo el suministro hecho por un reservorio, que por un sistema alimentado directamente de la red.

Normalmente el estudio de consumos se hace con un equipo registrador de carta portátil, que puede ser instalado en medidores volumétricos o de velocidad.

b. Pruebas de laboratorio

Los medidores se prueban en un determinado número de flujos que nos permitan diseñar las "curvas de error" y la "curva de pérdida de carga". Un buen procedimiento es que cada flujo se efectúe por lo menos 3 veces, si se utiliza el método de aforo tradicional. Por ejemplo, un medidor de 3 lts/hora, se puede probar a los flujos de 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 150, 300, 500, 1000 y 3000 lts/hora.

En la práctica, cuando se prueban medidores nuevos, se deben realizar pruebas a intervalos pequeños en el campo inferior de medición y a intervalos mayores en el campo superior de medición. Esto es necesario, debido a la forma típica de la curva de error de un medidor de agua.

El error de indicación o de registración expresado en (%) se refiere a la comparación del volumen registrado por un medidor (UM) y la cantidad de agua recolectada en un depósito previamente aforado (UB), dividida por UB y multiplicada por 100.

$$\text{Error de indicación} = \frac{UB - UM}{UB} \times 100 = \pm \% \text{, cuando } UB > UM.$$

CARACTERÍSTICAS DE LAS PRUEBAS DE MEDIDORES DE AGUA

Diámetro (pulg.)	Caudal mínimo (l/h)	Volumen (l)	Tiempo (min)	Caudal Inter-medio (l/h)	Volumen (l)	Tiempo (min)	Caudal máximo (l/h)	Volumen (l)	Tiempo (min)	Tiempo Total (min)
CHORO ULTRAL	3m ³	50	75	150	100	40	1.500	100	4	119
		100	150	100	40	194				
	5m ³	50	50	100	250	24	2.500	100	2	75
		100	100	75	350	17	3.500	100	2	126
	7m ³	100	100	57	500	12	5.000	100	1	94
		100	100	36	1.000	06	10.000	500	3	70
	20m ³	170	100	28	1.500	04	15.000	1.000	4	45
		220	100	17	3.000	20	30.000	3.000	6	36
	CORRIENTE	2"	100	10	6.000	10	50.000	3.000	4	43
		3"	100	7	9.000	7	100.000	3.000	4	24
4"		100	7	9.000	7	100.000	3.000	2	16	

$$\text{Error de indicación} = \frac{UM - UD}{UD} \times 100 = +f\% \text{ , cuando } UD = UM.$$

F = Error absoluto en indicación.

Ejemplo No 1

Cantidad de agua registrada por el medidor UM=100 lts.

Cantidad de agua recogida en el depósito UD=102 lts.

$$\text{Error de indicación} = \frac{102-100}{102} \times 100 = -1.9\%$$

Ejemplo No. 2.

Cantidad de agua indicada por medidor UM = 100 lts.

Cantidad de agua recogida en el depósito UD=98 lts.

$$\text{Error de indicación} = \frac{100-98}{98} = +2.04\%$$

De la figura 3.16 de la memoria del curso " Taller de Instalaciones Hidráulicas se observan los errores de exactitud del medidor y de pérdida de presión.

PRUEBAS DE PRESION EN LOS MEDIDORES

Los medidores se prueban a presión estática establecida en las especificaciones existentes y es de gran importancia puesto que refleja el periodo de servicio del medidor.

Para estas pruebas se utiliza una presión de 20kg./cm² durante un (1) minuto, 10kg./cm² durante quince (15) minutos.

Para estas pruebas se emplea un equipo consistente en una bomba de presión equipada con un manómetro.

PRUEBAS DE RESISTENCIA O FATIGA

Para efectuar la prueba de resistencia o de fatiga, se debe tener en cuenta tres puntos:

- a) Prueba de fatiga con utilización del límite de sensibilidad, sometiendo el medidor a 100 horas continuas a un chorro igual a la capacidad del aparato.
- b) Prueba de flujos continuos
- c) Prueba de flujos discontinuos

c. INVESTIGACION DE LOS MEDIDORES EN SERVICIO

Esta fase es de vital importancia en el proceso de selección de medidores, ya que sino se efectúa con perfección, se puede comprometer definitivamente el resultado.

Se puede efectuar el seguimiento de dos maneras:

1) Verificando las ocurrencias en los medidores instalados como ejemplo:

- Medidores dañados
- Medidores parados
- Medidores con fugas en el cuerpo

Normalmente este trabajo debe realizarse en computadora aprovechando el archivo de información de la medición vigente en la institución.

2) Verificación de la continuidad de medida. Esta acción consiste en determinar en que medida influye el agua en la calidad de registración del aparato, a través del tiempo.

Esta tarea se efectúa utilizando medidores patrones (medidores testigos) o empleando bandos de pruebas portátiles. En este caso se determina la precisión relativa del medidor.

BASES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE MEDIDORES DESTINADOS A CONEXIONES DOMICILIARIAS

El dimensionamiento del medidor consiste en la elección de un aparato de medida para una conexión específica.

Esto sucede cuando se desea medir un servicio nuevo, un servicio existente o cuando se presente un cambio de comportamiento del consumo en un edificio anteriormente medido.

Para el dimensionamiento de medidores destinado a conexiones domiciliarias, se emplean tres criterios:

- a. Basado en el consumo diario y mensual atendido por la unidad de vivienda.
- b. Basado en el dimensionamiento de las condiciones internas.
- c. Basado en el número de apartamentos a atender, si se trata de condominios o unidades multifamiliares.

Ejemplos de dimensionamiento:

Ejemplo No. 1

Un edificio posee 20 apartamentos con un área de 90 m² c/u. tasa de ocupación de 3 personas por apartamento.

Dimensiones por minuto:

Calculo estimado:

$Q = N \cdot C_p$ donde Q = Consumo estimado
 N = # de apartamentos
 C_p = Consumo percapita

Con un área de 20 M², nos referimos a la Tabla 3.1 y se obtiene un consumo de 200 lts./hab/día, entonces:

$$Q = 20 \times 5 \times 200 = 20,000 \text{ lts/día}$$

$$\text{Para el mes: } Q = \frac{20,000}{\text{día}} \times \frac{30 \text{ días}}{\text{Mes}} = 600 \text{ M}^3/\text{Mes}$$

Refiriendonos a la tabla 3.2, se observa que el medidor recomendado es el de 20 M³/hora de capacidad y que pueda aceptar hasta los 600 M³/mes.

Ejemplo No. 2:

Una residencia posee los siguientes aparatos y aplicando el método de Hunter modificado de unidades de abasto, se tiene:

Aparatos	Cantidad	U.A.	Total
Inodoro	3	(2)4	4
Ducha	3	2	6
Lavananas	3	1	3
Lavadero	1	2	2
Lavaplatos	1	2	2
Lavatraperos	1	2	2

			24 U.A.

TABLA 3.1.1

CONSUMO DE LOS APARATOS SANITARIOS

APARATO	CONSUMO lts/seg.	PRESION MINIMA lbs/pol.²
Bidet, orinal de descarga cont(our	0.05	4-3
Unidad dental, fuente de agua para beber	0.05	4-3
Lavamanos	0.10	2
Inodoro de tanque	0.15	4
Ducha	0.20	4
Lavaplatos, lavaescobas, pileta, manguera (cada llave).	0.20	3 c/u
Máquina lavadora, lavadero de ropa	0.25	4-3
Bañera	0.30	3

TABLA 3.2

SOLICITUDES MAXIMAS PARA MEDIDORES TIPO VELOCIDAD

DIAMETRO NOMINAL		DESIGNACION CAUDAL CARACTERISTICO	SOLICITUDES ADMISIBLES	
PULGADA	m.m.		VOLUMEN DE AGUA ESCURRIDO POR DIA	VOLUMEN DE AGUA ESCURRIDO POR MES
3/4"	19	3	6	90
1"	25	5	10	150
1"	25	7	14	210
1"	25	10	20	300
1.1/2"	38	20	40	600
2"	50	30	60	900

*Volúmenes en m3

Caudal en m3/h

SOLICITUDES MAXIMAS PARA HIDROMETROS TIPO WOLTMANN VERTICAL (WS)

DIAMETRO NOMINAL	50 mm	80 mm	100 mm	150 mm
Caudal momentáneo (m3/h)	30	110	180	350
Caudal con trabajo de 10h (m3/día)	150	550	900	2.000
Caudal con trabajo de 24 h (m3/día)	300	1.100	1.800	4.000

T A B L A 3.3

SOLICITUDES MAXIMAS PARA MEDIDORES TIPO VOLUMETRICO - PISTON

DIAMETRO NOMINAL PULGADA	DESIGNACION CAUDAL CARACTERISTICO Q(M3 / HORA)	SOLICITUDES ADMISIBLES MAXIMAS	
		VOLUMEN AGUA ESCURRIDO EN (M3/DIA)	VOLUMEN AGUA ESCURRIDO EN (M3/MES)
16	3.3	6.6	160
19	5.7	11.4	170
25	7.8	17.4	200

Q/DIA = 2 x Q : Q MAX / MES = 30 x Q

SOLICITUDES MAXIMAS PARA MEDIDORES TIPO - VOLUMETRICO - DISCO

DIAMETRO NOMINAL PULGADA	DESIGNACION CAUDAL CARACTERISTICO Q(M3/HORA)	SOLICITUDES ADMISIBLES MAXIMAS	
		VOLUMEN DE AGUA ESCURRIDO EN (M3/DIA)	VOLUMEN DE AGUA ESCURRIDO EN (M3/MES)
16	4.5	10.8	160
19	6.6	16.6	240
25	11.3	27.1	400
30	22.7	54.4	600
40	36.3	87.1	1,300

Q/DIA = 2 x Q : Q MAX / MES = 30 x Q

*Existencia en red de ESICAL para poblacion en Almacen de Acueducto

TABLA 3.4.

**PORCENTAJE DE GASTO SIMULTANEO
 APARATOS SANITARIOS DE USO PRIVADO**

NUMERO DE APARATOS COMUNES	FACTOR DE SIMULTANEIDAD
2	1.00
3	0.70
4	0.57
5	0.50
6	0.44
7	0.40
8	0.37
9	0.35
10	0.33
12	0.30
14	0.27
16	0.25
18	0.24
20	0.23
25	0.20
30	0.186
40	0.160
50	0.143
60	0.130
70	0.120
80	0.1125
90	0.1060
100	0.1005
200	0.0701
300	0.0573
400	0.0501
500	0.0448
600	0.0409
700	0.0378
800	0.0354
900	0.0334
1000	0.0316

Para más de 1.000 aparatos debe emplearse la fórmula:

$$F = \frac{1}{\sqrt{n - 1}}$$

F = Factor de simultaneidad

n = Número de aparatos sanitarios comunes (sin fluxómetro)

TABLA 3.5
PORCENTAJE DE GASTO SIMULTANEO
APARAJOS SANITARIOS DE USO COLECTIVO

NÚMERO DE APARAJOS COMUNES	FACTOR DE SIMULTANEIDAD
2	1.00
3	0.83
4	0.69
5	0.62
6	0.59
7	0.56
8	0.53
9	0.51
10	0.50
12	0.46
14	0.45
16	0.44
18	0.43
20	0.42
25	0.40
30	0.39
40	0.37
50	0.35
60	0.35
70	0.34
80	0.33
90	0.32
100	0.31
200	0.30
300	0.29
400	0.28
500	0.27
600	0.265
700	0.26
800	0.255
900	0.255
1000	0.25

Para más de 1.000 aparatos, debe emplearse la fórmula:

$$F = \frac{1}{\text{Log. } (10n)} = \frac{1}{1 + \text{log. } n}$$

F = Factor de simultaneidad

n = número de aparatos sanitarios comunes (sin fluxómetro)

24 Unidades = 18 GPM = 4.00 lts/hora.

Se adopta 2 unidades en lugar de las 3 que considero la norma ILOMTEL 1.50%, esto basado en que la realidad es que nunca un inodoro desta más agua que una ducha, cuando se usan en manera momentanea.

Considerando el mismo ejemplo pero empleando el método de "factor de simultaneidad":

Aparato	Cantidad	Q/Unit.	Q/total
Inodoro	3	0.15 lts/seg	0.45 lts/seg
Ducha	3	0.20 "	0.60 "
Lavamanos	3	0.10 "	0.30 "
Lavadero	1	0.25 "	0.25 "
Lavaplatos	1	0.20 "	0.20 "
Lavatraperos	1	0.20 "	0.20 "
	12		2.00 lts/seg

Considerando los 12 aparatos y en base a la tabla 2.1, se obtiene un factor de 0.30.

Aprobable = $2.00 \times 0.30 = 0.60 \text{ lts/seg} = 2.16 \text{ lts/hora} = 9.0 \text{ Gpm/min.}$

Si se comparan los 2 métodos empleados para el mismo caso, se observa que por punter se obtienen caudales más altos que por el método del factor de simultaneidad.

Empujando un criterio racional y económico, adoptamos como caudal a registrar 2.1M3-hora.

La curva característica crítica con la tabla 3.3. que el medidor recomienda es el de 2.1 M3-hora, que puede admitir hasta 10000 m3, corroborado con el criterio de que un predio de 5 o 6 personas no debe gastar más de 4.000 m3.

6

**INSTALACIONES SANITARIAS,
PLUVIALES Y DE VENTILACION**

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
ACODAL-SECCIONAL VALLE DEL CAUCA

CONFERENCIA DE INSTALACIONES SANITARIAS

GUILLERMO L. GARCIA S.
Ingeniero Sanitario
Dicohidro Ltda.
Profesor Universidad del Valle

Cali, Febrero de 1990

CONTENIDO

Pág.

1. INSTALACIONES SANITARIAS
- 1.1 CONSIDERACIONES GENERALES
2. INFORMACION REQUERIDA
3. ACOMETIDAS DOMICILIARES DE ALCANTARILLADO
4. CRITERIOS DE DISEÑO
5. PARTES DE UNA RED SANITARIA
6. SIFON HIDRAULICO
7. REDES DE INSTALACIONES SANITARIAS
- 7.1 REDES DE AGUAS SERVIDAS
- 7.2 DESAGUES PLUVIALES
- 7.3 REDES DE REVENTILACION
8. MATERIALES EMPLEADOS
9. CONVENCIONES ESTABLECIDAS

10. TRAZADO DE LAS DIFERENTES REDES
11. TEORIA SANITARIA DE UNIDADES DE DESAGUE
 - 11.1 CALCULO DE LOS RAMALES DE DESAGUE
 - 11.2 CALCULO DE LOS BAJANTES SANITARIOS
 - 11.3 CALCULO DE LOS COLECTORES DE DESAGUE
12. SISTEMAS MECANICOS DE EVACUACION
13. CRITERIOS DE CONSTRUCCION DE UN SISTEMA SANITARIO
14. TABLAS DE CALCULO Y FIGURAS ILUSTRATIVAS
15. BIBLIOGRAFIA

1. INSTALACIONES SANITARIAS

1.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Al adelantar un proyecto arquitectónico de una edificación, destinada a servir de vivienda, oficinas, fábricas, centros comerciales o recreación, es necesario localizar un determinado número de aparatos sanitarios para el servicio del hombre.

La existencia de estos aparatos sanitarios, supone la instalación dentro de la edificación, de un sistema de suministro de agua potable a presión y un sistema de desagües a gravedad que evacue las aguas servidas hasta el alcantarillado municipal.

Para fines de estas conferencias, hemos adoptado la existencia de redes de alcantarillado públicas municipales donde finalmente descargaremos las aguas servidas provenientes de las edificaciones construídas por el Hombre independientemente de su uso, ya sea Comercial, Habitacional o Industrial, siempre y cuando estemos hablando de residuos domésticos y en ningún momento de residuos industriales.

Asentado el criterio anterior y siendo conscientes de que las acometidas domiciliarias de alcantarillado hacen parte del mismo, ya que su mantenimiento y reparación corre por cuenta de la entidad municipal propietaria de la red, hemos considerado pertinente iniciar esta disertación con esta estructura que requiere de algunas consideraciones especiales y que marca la separación entre redes de alcantarillado e Instalaciones Sanitarias.

2. INFORMACION REQUERIDA

Las informaciones mínimas requeridas para el desarrollo de un buen proyecto de Instalaciones Sanitarias son los siguientes:

- Certeza de la existencia de la red de Alcantarillado frente al lote del proyecto.
- Tipo de alcantarillado del sector, separado o combinado.
- Profundidad de la red de Alcantarillado referenciado al cordón del andén.
- Diámetro, pendiente y sentido del flujo de la red de Alcantarillado
- Estudio de suelos donde incluya el nivel freático en el sitio del proyecto.
- Diseño arquitectónico definitivo que contenga sus diferentes niveles referenciados al cordón del andén.

- Diseño estructural debidamente cotejado con el diseño arquitectónico de tal forma que permita los desarrollos del trazado sanitario.
- En caso de estar hablando de una mampostería estructural, se hace necesario que los tres proyectos restantes estén debidamente modulados o el desarrollo de los cuatro debe ser paralelo.

3. ACOMETIDAS DOMICILIARES DE ALCANTARILLADO

Es el conjunto de tuberías de Grees o de cemento con una pendiente mínima del 1% que conducen las aguas servidas y de precipitación, que salen de las edificaciones ocupadas por el hombre, hacia el alcantarillado municipal y su entrega debe hacerse haciendo coincidir las claves de los tubos, en un ángulo de 45 grados en el sentido del flujo de la red municipal. En ningún caso podrán hacerse acometida de igual diámetro al de la red pública. El diámetro mínimo permitido de una acometida domiciliar es de 6".

El punto divisorio entre red municipal y la red privada lo demarca la caja de inspección domiciliar que debe encontrarse ubicada en el andén de la calzada y debe construirse en ladrillo en zoga de 80 cm x 80 cm libres, debe ser debidamente repellada y esmaltada en todas sus paredes interiores, en su fondo debe estar provista de sus respectivas cañuelas y su fondo debe ser alabiado con pendientes hacia las cañuelas. Esta estructura se debe rematar con una tapa de concreto de 2500 PSI, espesor de 10 cm, reforzada con una parrilla de hierro de 3/8", armada en ambos sentidos y espaciados 15 cm entre sí. Igualmente debe estar provista de una base de concreto de 2500 PSI y de espesor de 15 cm (Fig. 1).

A partir de este punto, las tuberías aguas arriba, serán consideradas Instalaciones Sanitarias y su construcción, mantenimiento y reparación correrán por cuenta del usuario; Aguas abajo serán redes municipales.

4. CRITERIOS DE DISEÑO

A continuación, damos algunos criterios que deberán ser observados en el diseño de las Instalaciones Sanitarias con el fin de lograr un desarrollo armónico en el momento de la construcción y evitar posteriores dificultades cuando el sistema entre en funcionamiento:

- La velocidad del fluido a tubo lleno no será inferior a 0.6 m/seg para aguas servidas y 0.8 m/seg para aguas lluvias.
- Se debe evitar diseñar bajantes mayores de 4" cuando su recorrido no sea por un buitrón, para evitar el seccionamiento de paredes.
- El diámetro mínimo del tubo que reciba la descarga de un sanitario será de 4".
- El diámetro de un bajante no podrá ser menor que el de cualquiera de los ramales horizontales que descarguen en él.
- El diámetro mínimo de una conexión domiciliar será de 6" y la pendiente mínima del 1%.

- Debido a la pendiente que se requiere darle a los desagües para su correcto funcionamiento, deberán evitarse los recorridos largos en las losas, mientras mayor sea el diámetro del tubo.
- Se debe diseñar teniendo en cuenta los accesorios disponibles en el mercado.
- Todos los empalmes horizontales o verticales deben hacerse respetando el ángulo de 45 grados en el sentido del flujo.
- Se deben programar en cada muñeco sanitarios por lo menos un adaptador de limpieza que permita el sondeo de las tuberías en caso de obstrucciones.
- Toda boca del sistema sanitario debe estar provista de un sello hidráulico que no permita el paso de los malos olores al medio ambiente.
- Las bocas de: sanitario, lavamanos, lavaplatos, lavadero, no necesitan llevar incorporado en las tuberías el sello hidráulico ya que los aparatos sanitarios o su grifería viene con un sello hidráulico incorporado.
- La boca del desagüe correspondiente a la lavadora, sifón de piso, sifón de ducha, necesitan tener incorporados en las tuberías el sello hidráulico.

- La utilización de tubería PVC-Sanitaria en los desagues de los aparatos sanitarios ubicados en el primer piso resulta especialmente práctico, puesto que se eliminan las cajas de mampostería dentro de los cuartos de baño, las cuales serían necesarias cuando se usan otros tipos de tubería. Estas podrían ser reemplazadas por adaptadores de limpieza debidamente ubicados.
- Un diseño con tubería PVC-Sanitaria, sólo debe contemplar la utilización de cajas de inspección en las partes de circulación que permita la libre remoción de las tapas, sin causar rotura en los acabados.
- Los bajantes de aguas negras tendrán el mismo diámetro en toda su longitud.
- Los empalmes horizontales se harán por medio de una "Y" o caja de inspección.
- El diámetro horizontal no podrá ser menor que el diámetro de desagüe del aparato que desagua en él.
- Los cambios de diámetro en los bajantes pueden hacerse, si los desvíos son mayores de 45 grados.
- Un bajante nunca debe llegar verticalmente sobre el colector, se debe buscar empalmarse horizontalmente.

5. PARTES DE UNA RED SANITARIA

Las tuberías de desague de una Instalación Sanitaria, en su estructura más simple, puede dividirse en tres partes:

5.1 RAMALES DE DESAGUE

Denominase ramales al conjunto de tuberías semihorizontales (pendiente 1%) que conducen el agua servida desde los aparatos sanitarios hasta los bajantes. Usualmente se encuentran ubicados en el piso de las unidades privadas.

Los empalmes entre los ramales y las bajantes debe hacerse con un ángulo de 45 grados.

5.2 BAJANTES

Denominase bajantes al conjunto de tuberías verticales que conducen el agua desde los ramales hasta los colectores de desague, por lo general se encuentran ubicados en las paredes de las edificaciones, cerca o distante de las columnas estructurales, dependiendo del criterio del diseñador. Igualmente los empalmes entre los bajantes

y los colectores deben hacerse con un ángulo de 45 grados en el sentido del flujo.

5.3 COLECTORES DE DESAGUE

Denominase colectores, al conjunto de tuberías semi-horizontales (pendientes mínimas del 0.5%), que conducen el agua servida desde los bajantes hasta la caja domiciliar del alcantarillado. Usualmente se encuentran ubicadas en el primer piso de la edificación.

6. SIFON HIDRAULICO

Un sifón de un sistema de desagües, es un dispositivo construido de manera que evite el paso por ellos, de los gases mefiticos presentes en los drenajes públicos y que se forman debido a la descomposición de la materia orgánica en las alcantarillas.

Es imposible que las enfermedades originadas por el agua, como la disentería, tifoidea, cólera, etc, se transmitan por los gases de los drenajes públicos. No obstante, esto no disminuye la importancia de las Instalaciones de sifones en un sistema de cañerías. Se conocen las propiedades físicas y químicas de muchos gases de los sistemas de drenaje y sus efectos en el organismo Humano que a menudo son muy serios. Nadie podría mantenerse con salud si fuera necesario que respirase grandes cantidades de hidrógeno, ácido sulfhídrico, metano o bióxido de carbono y aún pequeñas cantidades de monóxido de carbono; en la atmósfera interior de un edificio serían fatales.

Muchos de estos gases son nocivos y si no son mortales cuando se respiran por el ser humano, producen nauseas y pueden ser elementos que contribuyan a enfermedades menores.

La función primordial de un sifón en un sistema de desagüe, es evitar que estos gases perjudiciales entren al medio ambiente de la edificación.

El sello hidráulico de un sifón, se puede perder por tres causas:
a) Succión; b) sobrepresión; c) Evaporación.

Por la importancia de este fenómeno, el hombre ha desarrollado múltiples experimentos tendientes a encontrar un dispositivo que le permita eliminar este fenómeno del medio ambiente de las edificaciones y ha puesto históricamente a funcionar trampas mecánicas con partes móviles que se corroen o que se obstruyen por la acción de los ácidos y sólidos que traen estas aguas. La única trampa que ha funcionado y que se usa actualmente es la que tiene cierre hidráulico y que denominamos Sifón simplemente. Para que sean efectivos es necesario mantenerlos a la presión atmosférica.

El sifón hidráulico más usado está construido en forma de una letra P. de allí su nombre de Sifón en P. Hay otras formas de sifón de cierre hidráulico, como: el que tiene la forma de una letra S, el sifón de $3/4$ de S, el de cierre común que tiene una profundidad de 5 cm entre el punto de derrame y la parte más profunda y usado para condiciones normales, el de cierre profundo que tiene una altura de líquido de 10 cm y que se usa en condiciones anormales de calor excesivo o cuando no se puede obtener ventilaciones completas.
(Ver Fig. 2).

7. REDES DE INSTALACIONES SANITARIAS

El proyecto de Instalaciones Sanitarias en los edificios, se refiere al diseño y distribución de redes de tuberías, accesorios necesarios para hacer posible la evacuación del 80% de las aguas servidas y las aguas de precipitación que caigan sobre las edificaciones, atendiendo a los siguientes principios:

7.1 REDES DE AGUAS SERVIDAS

Este conjunto de tuberías es la parte del sistema que recibe la descarga de los aparatos sanitarios y la conducen hasta la acometida domiciliar.

- El trazado de estas tuberías debe tener como eje principal el desague del inodoro, que es el aparato sanitario que evacua el mayor número de sólidos.
- El sistema de desagües tendrá recorridos cortos, pendientes (1%) y diámetros adecuados para evitar la sedimentación de residuos sólidos que produzcan taponamiento en las mismas.

- Deberán estar provistos de adaptadores de limpieza que permitan la inspección y sondeo de las tuberías.
- Todo aparato sanitario conectado a la red de desagües y todo punto abierto de esta, deberá estar provisto de un sifón hidráulico, para evitar el paso de malos olores al ambiente.
- El sistema de desagües se diseñará teniendo en cuenta una correcta circulación de aire para evitar el sifonaje. Para lograr este efecto, se deberá diseñar una red de reventilaciones.
- Todos los bajantes de aguas negras deben prolongarse hasta el techo de la edificación y deben tener un diámetro uniforme en toda la longitud de su recorrido para evitar las sobrepresiones y el sifonaje entre pisos.
- Todo cuarto de baño, cocina y zona de oficinas debe estar provisto de un sifón de piso diferente al de la ducha para evacuar los derrames de agua que se presenten en estas zonas.
- Los sistemas de desagües deben diseñarse en su totalidad en un sólo tipo de material y deben evitarse los empalmes directos entre diferentes materiales, por la dificultad de realizar uniones impermeables. En caso de ser necesario realizar cambios de material, debe hacerse intercalando una caja de mampostería, denominada de transición.

- La distribución de todos los elementos que constituyen las redes de desagüe, deberán trazarse en forma tal que este acorde con el diseño arquitectónico, modulado con el diseño estructural y no interfiera con el diseño del aire acondicionado.
- Cuando se descarga rápidamente una gran masa de agua (descarga de los sanitarios), se forma una presión negativa o positiva que se transmite a las tuberías tributarias de los bajantes y a sus sifones, para romper este fenómeno se hace necesario diseñar una tercera red denominada de reventilaciones.

7.2 DESAGUES PLUVIALES

Se debe diseñar una segunda red de instalaciones sanitarias que evacue la totalidad de las aguas de precipitación que caigan sobre las cubiertas y áreas expuestas a estas mismas circunstancias, independientemente de si la red es combinada o separada.

La eliminación de estas aguas, en nuestro medio, se efectúa normalmente por intermedio de una red independiente, que trabaja a gravedad y que las conduce hasta el alcantarillado municipal.

Estas aguas deben ser evacuadas lo más rápida y directamente posible para evitar las humedades interiores.

Esta red debe recolectar el agua de precipitación que caiga sobre las cubiertas, patios, terrazas y balcones de la edificación.

La localización de los desagües pluviales debe estar en el centro de gravedad del área aferente a drenar.

Si el alcantarillado público es combinado, se unirán los desagües de aguas negras y de aguas lluvias en la caja domiciliar y se conectarán a la red de alcantarillado combinado.

Esta práctica de mantener redes de instalaciones sanitarias separadas se debe a la necesidad de mantener diámetros relativamente pequeños (no mayor de 4") en los pisos superiores, que no interfieran con la parte estructural de la edificación.

Debe tenerse en cuenta que la parte de la red pluvial que recoge el agua de las cubiertas, carece de ramales y esta parte de la red es reemplazada por las canales de aguas lluvias, que igualmente deben ser dimensionadas de acuerdo al área que están evacuando.

Los desagües correspondientes a parqueaderos y zonas donde se prevea la posible contaminación de las aguas con aceites y detergentes, debe conectarse a la red de instalaciones sanitarias.

Las bocas de recolección de la precipitación que cae sobre las cubiertas y suelos blandos (en tierra), deben estar provistos de tragantes para evitar la obstrucción de los ramales y bajantes. Igualmente las bocas de recolección de aguas lluvias que se ubiquen en las terrazas y balcones, deben estar provistas de un sifón que

garantice el sello hidráulico y la boca cubierta con una rejilla que impida el paso del material sólido mayor.

7.3 REDES DE REVENTILACION

La red de reventilación ha sido diseñada para mantener la presión atmosférica dentro del sistema y evitar tres (3) grandes problemas que son: pérdida del sello en los sifones, retraso del flujo y deterioro de los materiales.

Este sistema trata de evitar los efectos de los gases que contienen los desechos, sobre los materiales de la tubería y trata de romper las sobrepresiones y vacíos interiores para proteger los sifones.

Cuando se tiene un sistema adecuado de Reventilación, el tubo de desagües puede ser de menor diámetro y con un diámetro determinado de tubo se puede dar servicio a mayor número de aparatos.

Hay cuando menos cinco formas por las cuales puede perderse el sello de un sifón:

- Desague por acción de sifón (Auto desague)
- Contrapresión
- Aspiración
- Evaporación
- Atracción Capilar

- Efecto del viento

El flujo lento en un sistema de desagües, igualmente puede ser el resultado de una ventilación inadecuada, hay diferentes sistemas de redes de Reventilación.

- Ventilación Individual
- Ventilación Unitaria
- Ventilación de circuito
- Ventilación de alivio
- Ventilación de humedad
- Ventilación de ciclo cerrado.

Para evitar la acumulación de gases dentro de las tuberías, facilitar la aireación del interior de las mismas y mantener los aparatos sanitarios, evitando así un sifonaje por presión o depresión desde el interior de las cañerías, todos los conductos cerrados deben estar comunicados al aire libre por medio de una red adicional llamada de reventilaciones.

Una instalación defectuosa de reventilaciones, puede ser la causa que hace perder el cierre hidráulico de los sifones y de los aparatos sanitarios.

La importancia de una correcta reventilación de las tuberías se aprecia en la Figura 3, en la cual se representan dos sistemas idénticos de tres aparatos sanitarios ubicados en distintos pisos y que descargan

sobre un mismo bajante y tienen la misma red de reventilaciones. Los inodoros 1, 2 y 3 carecen de reventilación y en el momento en que se produce la descarga del No. 2, el efluente dentro del bajante, forma un émbolo que crea un vacío en la parte alta de la columna, provocando el arrastre y vaciado de la carga hidráulica del sifón del inodoro No. 1, mientras simultáneamente se comprime el aire en la parte baja del bajante, que expulsa el agua del cierre hidráulico del inodoro No. 2, dejando así los ambientes 1 y 3 sin protección contra el mal olor de los gases de las cañerías.

En cambio en el otro conjunto, la adecuada instalación de la red de reventilaciones y la prolongación del bajante hasta la cubierta, hace que al producirse la depresión en la parte alta del bajante, pueda ingresar suficiente aire por la parte superior comunicada con la atmósfera y que el aire comprimido en la parte baja se descomprime siguiendo la ruta formada por la red de reventilaciones del inodoro C; es decir que todos los puntos de la red sanitaria están a la presión atmosférica.

Cuando se trate de edificaciones de una sola planta, deberá mantenerse reventilado solamente el colector principal y toda ramificación que tenga más de 15 metros de longitud.

Para reducir el costo de las reventilaciones de una edificación, se podrán reunir las reventilaciones de varios aparatos sanitarios o grupo de ellos, en un solo bajante de reventilación. Pero se

habrán de cumplir ciertas condiciones mínimas:

- El diámetro de un ramal de reventilación no puede ser menor que la mitad del diámetro del desague que ventila.
- Toda ramificación que exceda de 15 metros de longitud debe ser reventilada.
- Los tubos de ventilación tendrán una pendiente no menor al 1%.
- Los bajantes sanitarios se deben prolongar verticalmente en todos los casos, hasta la cubierta de la edificación, manteniendo un diámetro uniforme en toda su longitud para que supla posibles deficiencias en las reventilaciones.
- Los ramales de las reventilaciones de los aparatos sanitarios, no deben diseñarse en lo posible, por los entrepisos para evitar su obstrucción y que cumplan su misión de aireación de los desagües.
- Los aparatos sanitarios que brindan la mejor posibilidad para la ubicación de los ramales de reventilaciones son los que se encuentran suspendidos normalmente contra las paredes, (lavamanos, lavaplatos, lavaderos, etc) por donde se hacen correr los ramales de las reventilaciones debidamente empotradas o dentro de buitrónes de inspección.

- Uno de los aparatos que se debe procurar reventilar es el inodoro, aunque su desagüe no esté ubicado en la pared, debido a su gran volumen de descarga en un tiempo demasiado reducido. Para hacer esto posible, se reventila su descarga aguas arriba del aparato, prolongando su ramal en sentido contrario del flujo normal.
- Las columnas de reventilación no podrán salir al exterior de la edificación por ninguna de las fachadas, sean estas principales o secundarias. Tendrán que salir al exterior solamente por la cubierta, llevando su boca de salida a unos 20 cm sobre la cubierta y debidamente protegida por un sombrerete.
- Los tramos horizontales de ventilación, tendrán una altura no menor de 15 cm por encima del desagüe más alto.
- En los edificios altos, el tubo principal de ventilación debe conectarse al BAN a intervalos, por lo menos cada cuatro pisos en el mismo diámetro de la columna de Reventilación.
- Todo BAN justifica una columna de ventilación.
- En el caso de que la cubierta sea una terraza, los remates de las columnas de reventilación, deben subir por lo menos 2 metros por encima del piso de la terraza.

Cuando se trate de edificios grandes, ya sea por el número de pisos o por la cantidad de aparatos sanitarios a desaguar, deberá dimensionarse el diámetro de las redes principales de reventilación acorde con la longitud de su recorrido y el número de accesorios conectadas a los respectivos bajantes, de acuerdo a la tabla No. 8.

8. MATERIALES EMPLEADOS

Los materiales que se han empleado en la construcción de las Instalaciones Sanitarias a través del tiempo, han ido evolucionando paulatinamente. Hasta la primera mitad del siglo, el material que se empleaba para construir las Instalaciones Sanitarias eran tubos de cemento de una longitud de un metro, este material aún se usa en la construcción de alcantarillados municipales, claro está que la técnica de fabricación ha mejorado y en la actualidad, son centrifugados buscando eliminar las causas por las cuales fueron reemplazados por las tuberías de Grees que brindaban una mayor resistencia a los ataques de los ácidos y gases que hacían que estos sistemas fueran muy poco durables. Este segundo material tiene el gran inconveniente de que es igualmente pesado que las tuberías de cemento y por lo tanto, sus longitudes no podían ser mayores de un metro. Otro inconveniente que se presenta, son sus uniones que se hacen en base a cemento y es bien sabido que el cemento no se adhiere bien al material vitrificado como el Grees, dejando juntas poco impermeables.

A medida que se fueron desarrollando las edificaciones de más de un piso y fueron apareciendo los sótanos y semisótanos, hubo necesidad de usar materiales que permitieran su funcionamiento suspendido.

Debido a esta última necesidad y a que no se podían emplear tuberías de cemento y Grees en las losas de entrepiso, aparece el hierro fundido en tuberías de un metro de longitud, como material para desagues de Instalaciones Sanitarias. El peso de estas tuberías es incluso mayor que el de las de cemento y Grees y sus uniones requieren una mano de obra muy especializada debido a que las uniones entre tubos se hacen con material de plomo en caliente. Presenta este tipo de material una vida útil comparativamente reducido debido a la alta tendencia a las incrustaciones y a la corrosión del material de Hierro. C;si paralelo al material anterior, aparecen las tuberías de asbesto-cemento clase 10 para desagues, con las ventajas de ser mucho más liviano y por lo tanto la longitud de las tuberías es de 3 metros y las uniones son flexibles tipo Gibault, que aunque costosas, son más funcionales que las del hierro. Sin embargo presenta el gran inconveniente de que los accesorios a usar siguen siendo de hierro fundido.

A partir del año 68, se pone a disposición del mercado las tuberías de Policloruro de Vinilo o generalmente conocidas como tubería sanitaria de PVC, que tienen una gran aceptación debido a que es el material más liviano que existe en la actualidad para la construcción de Instalaciones Sanitarias y por lo tanto, su fabricación se hace en tubos de 5 metros, aumentando significativamente los rendimientos en las Instalaciones. Aunada a esta característica, se tiene que es un material inmune a los gases y líquidos corrosivos de los sistemas de desagues, tiene una gran variedad de accesorios que coloca a

disposición del diseñador sanitario una serie de alternativas a emplear para darle solución a los problemas de espacios reducidos que plantean los diferentes diseños arquitectónicos actuales; emplean soldadura líquida para la unión de accesorios pudiéndose dar al servicio quince minutos después de hecho el empalme.

Este material, resiste al óxido y a la corrosión, resiste a las incrustaciones y tiene una alta flexibilidad, que le permite soportar grandes deformaciones debido a posibles asentamientos diferenciales de la estructura, antes de romperse.

Conjuntamente con la tubería sanitaria de PVC, está a la disposición del constructor, una tubería de PVC más liviana y de paredes más delgadas, de color naranja, que se utiliza para los sistemas de Aguas Lluvias y de Reventilaciones y su costo es menor.

9. CONVENCIONES ESTABLECIDAS

El proyecto de Instalaciones Sanitarias, debe cumplir una serie de requisitos que más de que de orden técnico, son de carácter práctico y trataremos de condensarlos como siguen:

1. Las dimensiones de las planchas para presentar, serán de 1.00 x 0.70 mts para el tamaño standar y de 0.50 x 0.70 mts para el tamaño mediano, dependiendo estas del tamaño de las plantas del proyecto.
2. Los planos del proyecto deben estar elaborados en escala 1:50 y el plano de ubicación general podrá estar en escala 1:100.
3. Las dimensiones de los planos estarán en el sistema métrico decimal y los diámetros en pulgadas.
4. Cada plancha debe estar provista de su margen en los cuatro lados y de su rótulo de identificación ubicado en la esquina inferior derecha, donde deben estar consignados los siguientes datos:
(Ver Figura 4).

- a. Nombre del Proyecto
 - b. Contenido de la Plancha
 - c. Escala de la Misma
 - d. Fecha de Elaboración
 - e. Proyectista
 - f. Matrícula del Proyectista
 - g. Dibujante
 - h. Número del plano
5. En la plancha correspondiente al primer piso, donde se encuentre ubicada la conexión domiciliar de alcantarillado, debe figurar la ubicación del proyecto e igualmente la conexión domiciliar de acueducto con sus respectivos datos básicos necesarios del proyecto hidráulico y del proyecto de la red contra incendio.
6. La red sanitaria, debe figurar en línea continua, mientras que la pluvial debe figurar en trazos discontinuos; el espesor de la línea debe ser aproximadamente el dejado por una plumilla 0.8 ó mayor. En caso de no usarse escalas más amplias que permitan el doble trazo.
7. Todo tramo de un trazado sanitario debe llevar el diámetro y la pendiente del tubo, el material a emplear, el sentido del flujo y en las cajas de inspección proyectadas, deben figurar las dimensiones de las mismas, incluyendo su profundidad.

8. El proyecto sanitario no requiere Isométricas, pero es conveniente hacer detalles en alzada en los casos que el diseño presente confusiones.

9. Los bajantes de aguas servidas se determinan por las letras B.A.H y deben tener el diámetro en pulgadas y un número que los identifique plenamente, igualmente los bajantes de aguas lluvias se determinan por las iniciales BALL e igualmente deben tener su diámetro y el número que los identifique.

10. La numeración de los bajantes, tanto de aguas servidas como de aguas lluvias, se hace en sentido ascendente de la numeración, buscando el mismo sentido de las manecillas del reloj, comenzando por el lado inferior izquierdo de la planta.

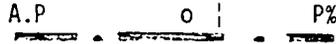
11. Las cajas de inspección deben estar plenamente identificadas con un número o letra de tal forma que los tramos entre cajas o entre bajantes y cajas queden plenamente identificados.

A continuación consignamos las convenciones más comunes empleadas en la elaboración de los planos correspondientes a las Instalaciones Sanitarias.

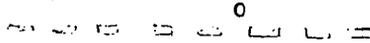
Tubería de Aguas Servidas

A.S. 0 P%

Tubería de Aguas Pluviales



Tubería de Reventilaciones



Unión



Codo Lateral de 90



Codo Lateral de 45



Codo Hacia Arriba



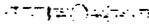
Codo Hacia Abajo



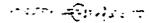
Tee Lateral Sencilla



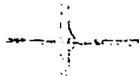
Tee Sencilla Hacia Arriba



Tee Sencilla Hacia Abajo



Tee Doble



Buje



Yee Sencilla



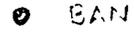
Yee Doble



Caja de Inspección



Bajante de Aguas Negras



BAN

Bajante de Aguas Lluvias



BAL

Columna de Reventilación



Gorro de Reventilación



BR

10. TRAZADO DE LAS DIFERENTES REDES

A continuación enumeramos los diferentes pasos a seguir para lograr desarrollar un trazado sanitario que sea lo más funcional y práctico posible, es de anotar que el orden de los pasos aquí mencionados no sigue una estricticidad absoluta.

1. Estudio del proyecto arquitectónico, apreciando la distribución y los diferentes niveles que presenta el proyecto.
2. Estudio de los diferentes pisos buscando si siguen una marcada tipicidad o por el contrario se trata de algún desarrollo totalmente atípico.
3. Ubicación de los diferentes puntos de desague de los aparatos sanitarios, observando cuales están en el piso y cuales en las paredes, teniendo como base la tabla No. 1.
4. Estudio de las diferentes posibilidades de ubicación de los bajantes de aguas negras, tratando de agrupar el mayor número de aparatos, observando la cercanía de buitrones y la continuidad de paredes en los diferentes pisos del edificio.

5. Primer trazado de las redes de desagüe teniendo especial cuidado con el proyecto estructural para evitar el mayor número de intersecciones con vigas principales, capiteles, muros estructurales, etc.
6. Asignación de diámetros a los ramales de acuerdo a las unidades de accesorios y según la tabla No.3.
7. Determinación de la carga de cada bajante de acuerdo a las unidades de accesorios calculadas según la Tabla No. 4.
8. Numeración de los bajantes de aguas negras.
9. Estudio de las fachadas para la correcta ubicación de los bajantes de aguas lluvias y de las redes de reventilación, siempre tratando de utilizar los buitrones dejados por el proyecto arquitectónico, sobre todo los bajantes de aguas lluvias, los cuales tendrán un diámetro seguramente mucho mayor que la red de reventilación.
10. Estudio de la cubierta, terrazas, balcones, etc, para calcular las áreas aferentes a cada uno y poder determinar el diámetro de los bajantes de aguas lluvias, según la Tabla No. 6.
11. Numeración de los bajantes de aguas lluvias.

12. Numeración de los diferentes tramos que llegan al piso en donde se presentará la evacuación final.

13. Determinación de la carga de los colectores entre tramos teniendo en cuenta si se trata de alcantarillado combinado o alcantarillado separado, lo cual hace parte de la información presente en los datos básicos para el diseño del proyecto. En caso de tratarse de Alcantarillado separado, los diámetros de los colectores pluviales se calcularán de acuerdo a la tabla No. 7.

14. Ubicación de los aparatos a reventilar de acuerdo al trazado sanitario y determinación de los diámetros de las redes de reventilación.

11. TEORIA SANITARIA DE UNIDADES DE DESAGUE

Debido al continuo cambio de pendientes en las diferentes partes (ramales, bajantes y colectores), al choque de las corrientes verticales con otras corrientes oblicuas u ortogonales, procedentes de los varios tubos tributarios; la dificultad de establecer con una cierta exactitud el número de los aparatos sanitarios evacuando simultáneamente, así como su caudal; la imposibilidad de señalar para las varias resistencias accidentales de estos tubos un coeficiente apropiado y dado que en general estas tuberías se llenan sólo parcialmente y además el líquido va mezclado con aire con el que se revuelve de un modo vertiginoso; debido a todas estas inseguridades, no es posible establecer con fórmulas matemáticas las relaciones entre la velocidad, el caudal y las secciones de estas tuberías, por lo cual es necesario fijar los diámetros partiendo de datos prácticos.

La base de todos los cálculos de estas tuberías es la unidad de desague, correspondiente al desague de 28 litros por minuto. Esta unidad corresponde aproximadamente al caudal de desague de un lavamanos corriente.

El caudal de desague de cada aparato sanitario es expresado en unidades de desague, como se indica en la Tabla 2 denominada Diámetros y Unidades, que fija también el diámetro que debe tener cada aparato sanitario.

Pruebas efectuadas sobre varios inodoros han demostrado que para un completo y eficiente lavado, se necesita un caudal de agua de 100 a 125 LPM, que corresponde en promedio a 4 unidades, efectuando el ejercicio de dividir el promedio (112 LPM) entre 28 LPM.

11.1 CALCULO DE LOS RAMALES DE DESAGUE

Si las derivaciones individuales que se pueden calcular con la Tabla 2, se convierten en ramales de desague, conduciendo las aguas servidas de varios aparatos sanitarios, se calculan con la tabla 3, denominada Diámetro de los ramales sanitarios, que tiene en cuenta la pendiente de dicha tubería y las unidades de desague que conduce al bajante.

11.2 CALCULO DE LOS BAJANTES SANITARIOS

En el cálculo de los bajantes sanitarios, es necesario tener en cuenta el número total de unidades a desaguar, el número de unidades a desaguar en cada piso, que descargan a cada bajante, y la altura del mismo, contado a partir del ramal más bajo hasta la ubicación de la cubierta.

El primer dato que se obtiene sumando las unidades de desague de todos los aparatos sanitarios que descargan al bajante, sirve para calcular el diámetro del bajante, ya que este debe ser de diámetro constante en toda su longitud.

Una limitación al número de unidades que descargan en un bajante, es dada por las unidades que descargan de cada piso, porque la capacidad de desague de un bajante debe ser distribuida para los distintos pisos y no concentrarla toda en un solo ramal, lo que acarrearía una insuficiencia local del diámetro de la columna.

La altura del bajante, también tiene su influencia, porque de esta depende la mayor o menor facilidad de aspiración de aire por la parte alta del bajante durante el momento de la descarga de las heces. Cuanto mayor es la longitud, mayor es la resistencia al fluir del aire aspirado y por lo tanto, mayor debe elegirse el diámetro del bajante para compensar esta resistencia.

Al proyectar bajantes de alturas considerables, no hay que preocuparse de la velocidad de caída de las aguas negras, porque una serie de experimentos realizados por el Doctor Roy Hunter, han demostrado que la resistencia al movimiento de las aguas en estos bajantes, limita la velocidad de caída y que no aumenta de modo considerable después de una caída de 9 metros. La Tabla 4 denominada diámetro de los Bajantes Sanitarios, nos proporciona el dimensionamiento de ellos en base a los factores mencionados, teniendo en cuenta que

ningún bajante que evacue un inodoro, puede tener un diámetro inferior a 4 pulgadas.

11.3 CALCULO DE LOS COLECTORES DE DESAGUE

Si los colectores funcionaran a plena sección y sin corrientes cruzadas o resistencias accidentales, su sección sería fácilmente calculable con la fórmula de Manning, pero debido a las resistencias accidentales que presenta una conducción de este tipo, los cambios de pendiente y la adición de detritos por parte de las tuberías y de los aparatos sanitarios tributarios, será necesario hacer uso de una tabla que refleje las condiciones mencionadas y esta tabla es la tabla 5, basada en las unidades de desague y la pendiente media de los tubos denominada Diámetro de los Colectores Sanitarios.

12. SISTEMAS MECANICOS DE EVACUACION

Generalmente las aguas servidas drenan al alcantarillado municipal libremente por la acción de la gravedad, siempre y cuando el alcantarillado se encuentre a un nivel inferior al de los colectores finales.

El alcantarillado municipal en nuestro medio está a una profundidad entre 0.80 y 2.00 metros bajo el nivel o superficie de la calle. Dicha profundidad es en general inadecuada para facilitar el desague por gravedad de los sótanos de los grandes edificios, razón por la cual se hace necesario instalar electro-bombas, eyectoras, centrifugas, sumergibles, de impeler abierto, que evacuen las aguas provenientes de un alto nivel freático, de sifones que recogen el agua del lavado de los parqueaderos y unidades técnicas de basura, de algún cuarto de baño de la celaduría, y las impulsen hacia la acometida domiciliar.

Todas estas características tienen su razón de ser en los diseños:

- Electrobomba:

Siendo de esta característica, se puede automatizar el arranque y parada de la bomba, con un flotador que cierre y abra el circuito eléctrico de acuerdo al nivel del agua en el pozo de succión.

- Centrifuga de Impeler Abierto:

Son las más aptas para elevar aguas con un alto contenido de material sólido, ya que es más difícil su atascamiento que en cualquier otro tipo de bomba.

- Sumergible

Ya que reduce al mínimo la tubería de succión y elimina la válvula de pie, que en aguas negras, tiene una difícil operación.

Para determinar el caudal proveniente de la tabla de aguas, se hace necesario el estudio de suelos con la determinación del caudal por metro cuadrado, a este debe sumarse el caudal proveniente por los demás conceptos enumerados anteriormente y que pueden ser determinados empleando las curvas de Hunter correspondientes a aparatos de fluxómetro.

La bomba debe ser de caudal apropiado para agotar completamente el pozo de succión en un período menor de una hora. La potencia

de la bomba, que generalmente se mide en metros, es la diferencia de cotas entre el nivel del agua a bombear y el nivel del agua a donde va a ser bombeada, aumentándole las pérdidas por fricción y las pérdidas de carga correspondientes a la velocidad en las tuberías.

La Figura 5, representa una Instalación típica de este sistema, de donde se destaca lo siguiente:

- h Diferencia de cotas entre el nivel del agua a bombear y el nivel de la caja domiciliar.
- v Carga correspondiente a la velocidad de salida del agua por el tubo de impulsión.
- r Pérdida de carga por fricción del fluido con la tubería de impulsión.

En total la potencia de la bomba debe ser: $H=h+v+r$

La velocidad del agua en las tuberías de impulsión, no deben ser mayores de 2 m/seg.

Para evitar ruidos, vibraciones y golpes de ariete en las tuberías de impulsión cuando el funcionamiento de la bomba se interrumpa, debe instalarse a la salida de la bomba, una válvula cheque que

impida el retorno del agua a la bomba.

Llamando H a la potencia total de la bomba, en metros, el caudal en M³/seg; la potencia utilizada en C.V. será:

$$P(\text{C.V.}) = \frac{1000 \text{ QH}}{75}$$

La potencia del motor acoplado a una bomba centrífuga es siempre un 20% mayor a la que se precisa para el funcionamiento de la bomba.

El diámetro de la tubería de impulsión puede ser calculado por la fórmula siguiente:

$$D = 15 (10Q)^{0.5}$$

- D Diámetro del tubo en milímetros
- Q Caudal en litros por segundo.

De todas maneras será siempre mejor calcular el diámetro de la tubería de impulsión por el método tradicional de pérdidas de carga, caudal y longitud de las tuberías.

Los aparatos de elevación de las aguas residuales, deben ser dobles, de tal forma que una permanezca en Stand-By. Las bombas deben ser de caudal apropiado para agotar completamente el depósito en un período máximo de una hora.

Resumiendo, cuando el caudal de llegada de aguas es constante, el caudal de la bomba debe ser mayor que este en un 50%, para evitar que esta permanezca prendida todo el tiempo. Cuando el flujo es variable y el pozo de succión pequeño, la bomba debe tener un caudal superior, por lo menos en un 30% del caudal máximo horario.

Una práctica recomendable para estos equipos es conectarlos a la planta eléctrica de emergencia, con el propósito de poder evacuar estas aguas aún en períodos de cortes prolongados del fluido eléctrico Municipal.

El pozo de succión impermeable, será dimensionado de acuerdo al volumen de aguas a recolectar y debe ser de capacidad tal que requiera al menos de una hora para llenarse durante el período de máxima corriente horaria, teniendo en cuenta que el período de retención no debe superar las seis horas, para evitar el comienzo de la descomposición orgánica y por ende su fermentación en este pozo; su capacidad no debe sobrepasar el metro cúbico, salvo casos especiales, debidamente sustentados.

13. CRITERIOS DE CONSTRUCCION DE UN SISTEMA SANITARIO

A continuación damos una serie de recomendaciones prácticas que son de mucha utilidad observándolas durante el periodo de construcción de un edificio:

- Todas las bocas de salida de la red de evacuaciones de aguas servidas deben permanecer taponadas con zoscas durante todo el periodo que dure la construcción, para evitar los taponamientos de las tuberías producidos por los residuos de cemento, proveniente de los repellos.
- Una vez construido el sistema de redes de recolección de aguas servidas, se llenarán de agua a la presión atmosférica, durante dos horas para detectar cualquier filtración que haya quedado de ellas.
- Debe tenerse especial cuidado de que las pendientes de los pisos se haga hacia los sifones.
- No se debe montar aparatos sanitarios en una edificación hasta que los responsables de los terminados hayan concluido su labor.

Fig. 1. Azometida domiciliar de Alcantarillada

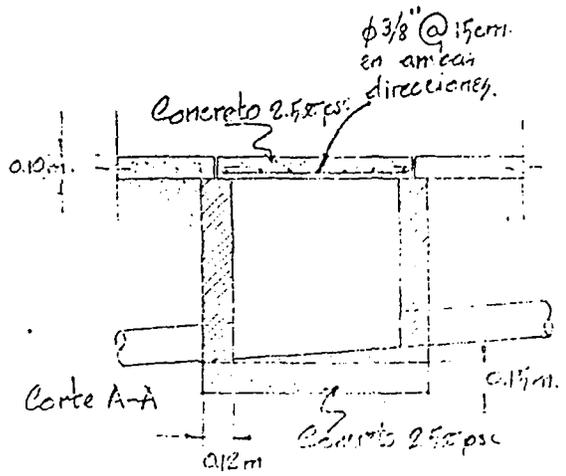
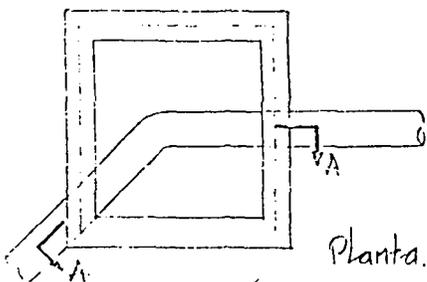
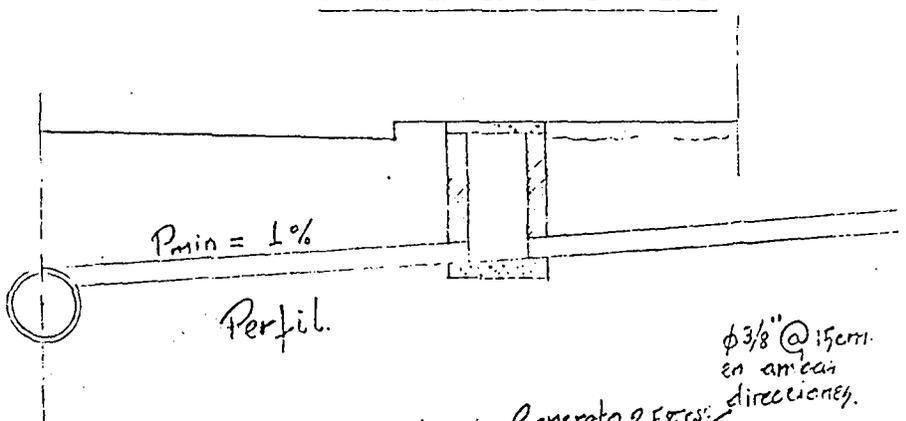
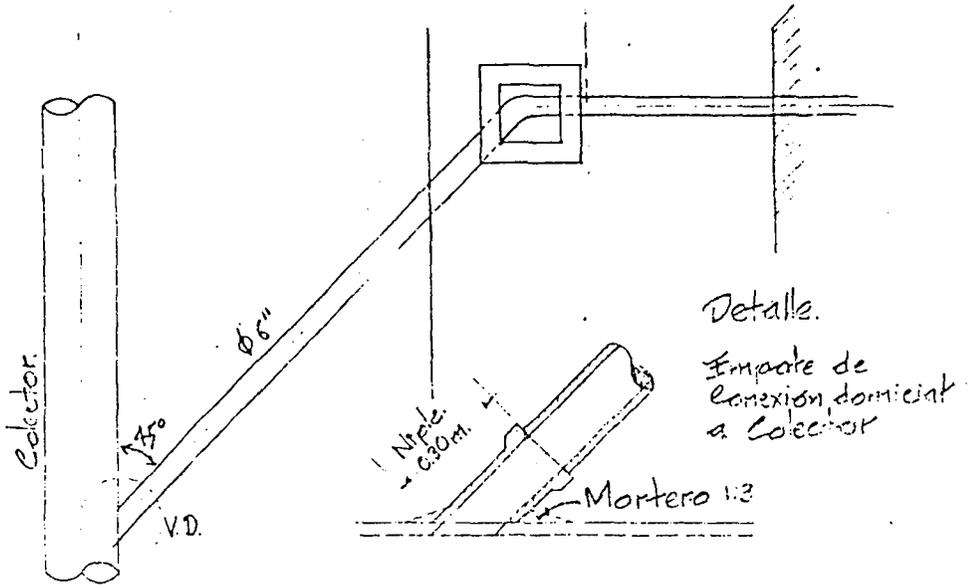
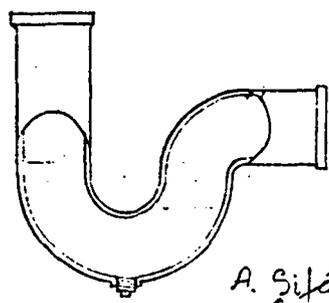
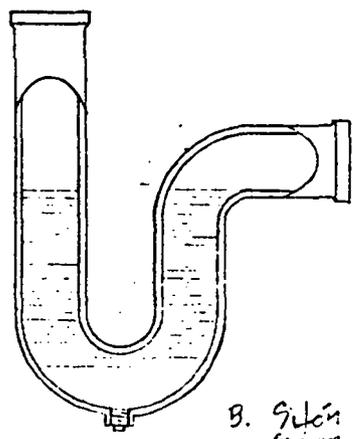


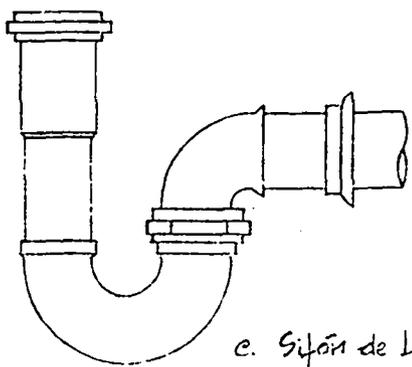
Fig. 2



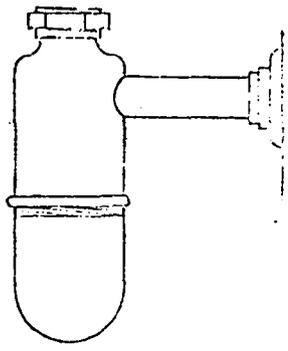
A. Sifón Cierre Común.



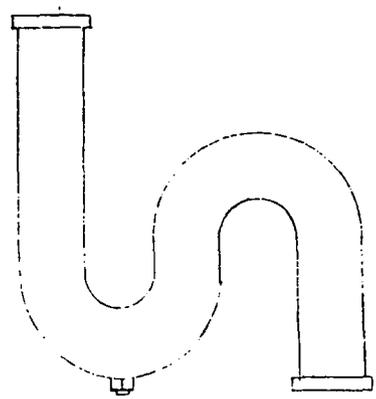
B. Sifón Cierre profundo.



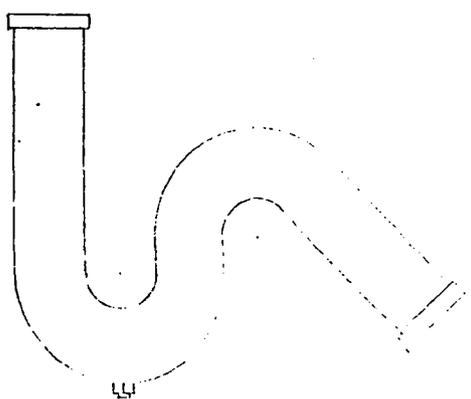
C. Sifón de Lavadero.



D. Sifón Pateña.

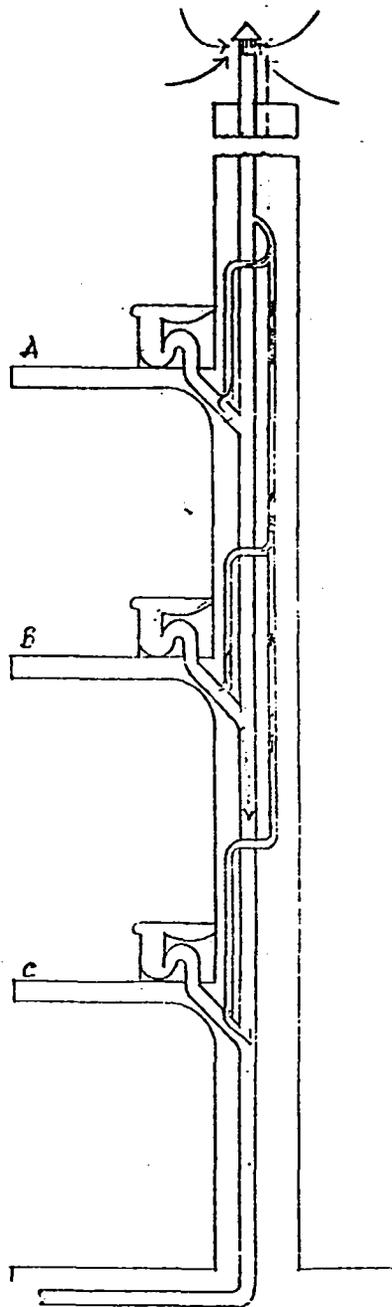
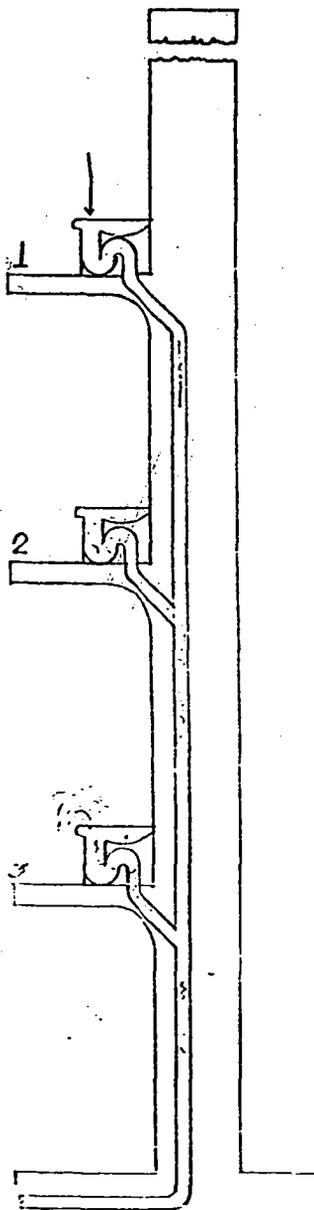


E. Sifón en S



F. Sifón en 3/4 S.

Fig. 3. Sistema de Ventilación.



EMICALI		NOMBRE EMPRESA INGENIEROS SANITARIOS.	
SOLICITUD No.	FECHA:	OBRA :	
Vº Bº		DIRECCION :	
OBSERVACIONES:		CONTIENE:	
		Proyecto :	Dibujo: Escala: Fecha:
		Calculo:	
		Matricula:	
		Firma:	
REVISIONES:			Plancha:

FIG. No. 4.

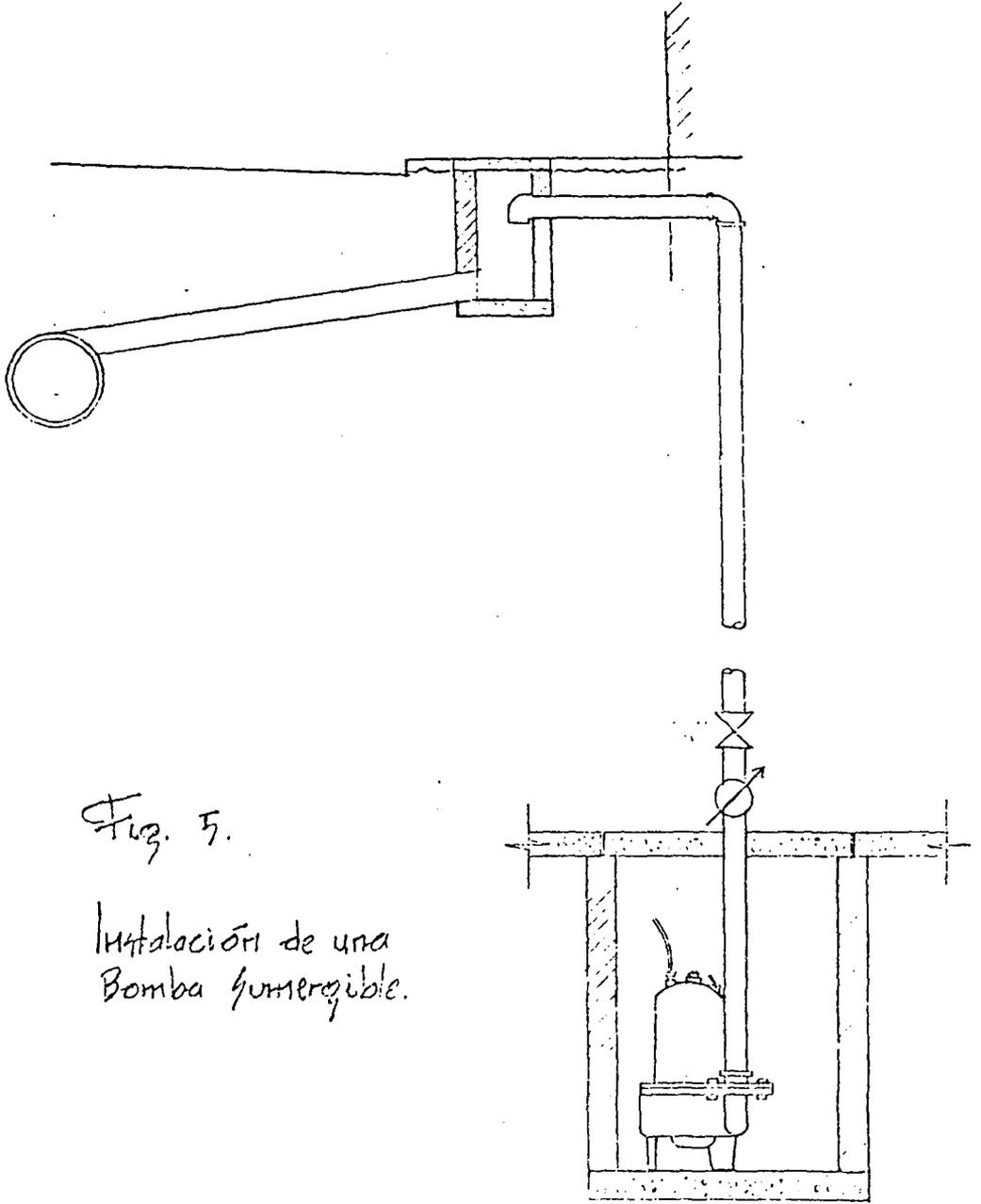


Fig. 5.

Instalación de una
Bomba sumergible.

- . Debe tenerse cuidado de soportar todos las tuberías de desagües que se encuentren descolgados en las losas antes de darlos al servicio. Este anclaje deberá realizarse cada 1.5 mts, así como en los cambios bruscos de dirección.

- . No se debe conectar ni el lavaplatos ni el lavadero antes de terminar los enlucidos, pues debido a su diámetro son muy propensos a taponarse por residuos de otras actividades, como madera, escoria, estuco, etc.

- . Los desagües finales se colocarán en línea recta. Los cambios de dirección o de pendiente se harán por medio de cajas de inspección.

- . Los empalmes en las instalaciones sanitarias se harán en un ángulo no mayor ni menor de 45 grados.

- . Antes de realizar la acometida domiciliar, deberá construirse una caja domiciliar, que conectará los desagües interiores de la edificación con la red principal. Esta caja deberá estar localizada en el antejardín o andén y su tapa deberá quedar visible para su fácil localización y posterior inspección.

- . Los empates a las cajas domiciliarias deberán hacerse en la pared opuesta a la de la llegada de los desagües interiores de la edificación.

- . Cuando la caja domiciliar sea del tipo doble, deberá llevar un bafle o tabique divisorio con altura igual a la de los muros de la caja, con el fin de evitar que los malos olores de los desagües de aguas negras se vayan por la domiciliar de aguas lluvias y salgan por los sumideros.

- . Las tuberías de PVC-Sanitario que queden embebidas en la tierra o en la sub-base de un primer piso o sótano que vaya a ser sometido a compactación mecánica, debe estar embebido en un colchón de arena que evite la fisuración del material PVC por el proceso de compactación.

TABLA 1
DISTANCIAS PARA LAS SALIDAS HIDRAULICAS Y
SANITARIAS DE LOS DIFERENTES APARATOS

Aparato Sanitario	Altura	Distancia Lat. Post			Altura	Distancia Eje
Sanitario Tanque	0	32	30	D	20	15
Lavamanos	46	45	0	I	60	10
Bidet	0	30	27	C	15	-
Sanitario Flux.	0	32	28	O	60	12
Orinal	36	30	0	H	110	0
Lavaplatos	46	45	0	I	60	10
Lavadoras	90	30	0	D	65	10
Calentador	-	-		R	130	-
Mezclador ducha	-	C	-	O	120	C
Llaves Campana	-	C	-		120	C
Salida duchas					200	C
Lavaderos	35	25	0		110	C.T.

TABLA 2
INSTACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS
DIAMETROS Y UNIDADES

Denominación	Hidráulico		Sanitario	
	O	Un	O	Un
Lavamanos	3/8	1	1.1/2	1
Sanitario de tanque	3/8	3	4	4
Sanitario Fluxómetro	1	6	4	8
Tina de baño	1/2	2	3	3
Ducha	1/2	2	3	3
Lavatrapeador	1/2	1	3	1
Sifón de piso	-	-	3	1
Grupo baño (tanque)	-	6	-	6
Grupo baño (fluxómetro)	-	8	-	8

TABLA 3
DIAMETRO DE LOS RAMALES SANITARIOS

Diámetro del Ramal (")	Número máximo de Unidades Permitidas		
	P=1%	P=2%	P=4%
1 1/2	2	2	3
2	5	6	8
3	24	27	36
4	84	96	114
6	330	440	580
8	870	1150	1680
10	1740	2500	3600
12	3000	4200	6500

TABLA 4

DIAMETRO DE LOS BAJANTES SANITARIOS

Diámetro del Bajante (")	Número Máximo de Unidades		Longitud Máxima del bajante (m)
	Para c/piso	Para el bajante	
1 1/2	3	8	18
2	8	18	27
3	45	72	64
4	190	384	91
6	540	2070	153
8	1200	5400	225

TABLA 5
DIAMETRO DE LOS COLECTORES SANITARIOS

Diámetro del Colector (")	Número P = 0.5%	Máximo P = 1%	de P = 2%	Unidades P = 4%	con P = 4%
1.1/2	1	2	2	3	
2	3	7	9	12	
3	16	33	45	72	
4	57	114	150	210	
6	255	510	720	1050	
8	645	1290	1860	2640	
10	1260	2520	3600	5250	
12	2195	4390	6300	9300	
14	4150	8300	11600	16800	

TABLA 6
DIAMETRO DE CANALES Y BAJANTES PLUVIALES

Area del Tejado en M ²		Diámetro de las Canales en "	Diámetro de los Bajantes en "
Hasta	8	3	1.1/2
Hasta	25	4	2
Hasta	75	4	2.1/2
Hasta	170	5	3
Hasta	335	6	4
Hasta	500	8	5
Hasta	1000	10	6

TABLA 7

DIAMETRO DE LOS COLECTORES PLUVIALES ..

(Para una precipitacion = 12.000 mm/anuales)

Diámetro del Colector en "	Superficie P=1%	Máxima P=2%	Permitida (M ²) P=4%
1.1/2	13	20	27
2	28	41	58
2.1/2	50	74	102
3	80	116	163
4	173	246	352
5	307	437	618
6	488	697	895
8	1023	1488	2065
10	1814	2557	3720

TABLA 8A

DIMENSIONES DE LOS TUBOS PRINCIPALES DE VENTILACION

Diámetro del Bajante	Unidades de Descarga	Diámetro requerido para el tubo de ventilación principal				
		1.1/2"	2"	2.1/2"	3"	4"
		Longitud máxima del tubo en metros				
1.1/2"	8	45				
1.1/2"	42	9	30	90		
2"	12	23	60			
2"	20	15	45			
2.1/2"	10	30				
3"	10	9	30	60	180	
3"	30		18	60	150	
3"	60		15	24	120	
4"	100		11	30	78	300
4"	200		9	27	75	270
4"	500		6	21	54	210
6"	350			8	15	60
6"	620			5	9	38
6"	960				7	30
6"	1900				6	21

TABLA 8B

DIAMETRO DE LOS TUBOS DE VENTILACION EN CONJUNTO Y DE
LOS RAMALES TERMINALES DE TUBOS DE VENTILACION INDIVIDUAL

Diámetro del Ramal Horizontal de Desague	Número Máximo Unidades Descarga	Diámetro del Tubo de Ventilación				
		1.1/2"	2"	2.1/2"	3"	4"
		Máxima longitud del tubo de ventilación				
1.1/2"	10	6.0				
2"	12	4.5	12.0			
2"	20	3.0	9.0			
3"	10		6.0	12.0		
3"	30			12.0	30.0	
3"	60			4.8	24.0	
4"	100		2.1	6.0	15.6	60.0
4"	200		1.8	5.4	15.0	54.0
4"	500			4.2	10.8	42.0

15. BIBLIOGRAFIA

- El Arte de Construir El Agua. Rafael Pérez Carmona
- Diseño de Redes Hidráulicas y Desagues. Rafael Pérez Carmona
- Plomería "Diseños e Instalaciones". Matthias - Smith
- Instalaciones Sanitarias en Viviendas. José Ortega García
- Saneamiento de las Aglomeraciones Urbanas. H. Guerree.
- Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias. Eduardo Lloreda
- Instalaciones Sanitarias. Angelo Gallizio
- Manual de Obras Sanitarias. Dante I. Casale.
- Código Colombiano de Fontanerfa. ICONTEC.
- Normas de Construcción de Alcantarillado. EMCALI

7

BOMBAS CENTRIFUGAS

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
ACODAL-SECCIONAL VALLE DEL CAUCA

BOMBAS CENTRIFUGAS

NORBERTO URRUTIA COBO
Ingeniero Agrícola
Universidad del Valle

Cali, Febrero-Marzo de 1990

BOMBAS CENTRIFUGAS

1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Rotación de una masa de fluido alrededor de un eje

$$P = \rho \omega^2 R^2$$

2. PARTES QUE CONSTITUYEN UNA BOMBA

- Brida de entrada
- Rotor - impulsor
- Alabes
- Carcaza
- Brida de Salida

3. CLASIFICACION DE BOMBAS CENTRIFUGAS

a. Según cambios de la dirección del flujo

- Radiales $Q < 120 \text{ LPS}$ $60\text{m} < H < 150 \text{ m}$
- Axiales $Q > 400 \text{ LPS}$ $H < 6\text{m}$
- Mixtas $120 \text{ LPS} < Q < 400 \text{ LPS}$ $6\text{m} < H < 60\text{m}$

b. Según disposición del rotor

- Cerrado
- Abierto
- Semi-cerrado

c. Según disposición del eje

- Horizontal
- Vertical
- Inclinado

d. Según fuente de energía

- Eléctrica
- Gasolina
- Diesel

e. Según disposición de Carcaza

- Partida por plano horizontal
- Partida por plano vertical
- Combinado

f. Tipo de Succión

- Simple
- Doble
- Positiva
- Negativa
- Presión

g. Disposición de Alabes

- Fijos
- Móviles

h. Número de Impulsores

- 1 paso
- doble paso
- multipaso

i. Conversión de energía

- voluta
- difusor

j. Según montaje

- serie
- paralelo

4. ECUACION DE EULER - TEORIA DEL TRIANGULO DE VELOCIDADES

- Análisis de la masa de fluido que gira alrededor de un eje.
- Cambios del vector velocidad (magnitud y dirección) que producen cambios en la cantidad de movimiento y por ende una fuerza resultante total sobre la masa de fluido.

- Fuerza resultante que produce un torque alrededor de un eje y genera una potencia.

$$P = M (V^2 \sin^2 \alpha - V_1 \sin \alpha)$$

$$P = \frac{W}{g} (S^2 U^2 - S_1 U_1)$$

$$P = W Hr; \quad Hr = \frac{P}{W} = \frac{S^2 U^2 - S_1 U_1}{g}$$

$$Hr_{\max} = \frac{S^2 U^2}{g}; \quad \cos \alpha_1 = \cos 90^\circ = 0$$

5. CURVAS CARACTERISTICAS

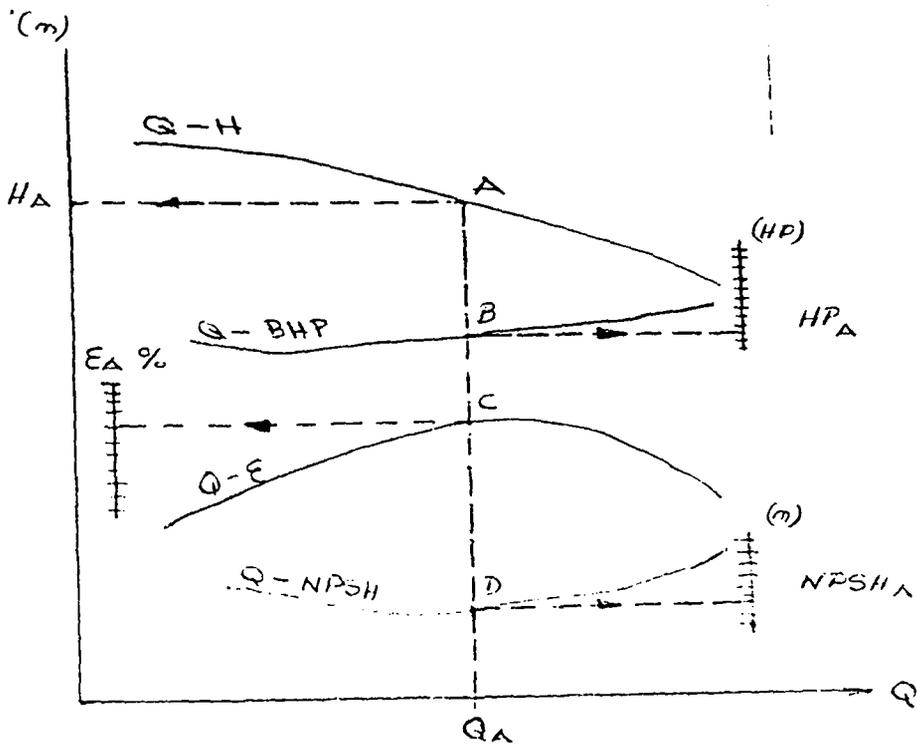
$$Hr = \frac{S^2 U^2}{g} - \frac{U_1^2}{g} (U_2 + V_2 \cos \beta_2)$$

$$Hr = f(Q)$$

Esquema General de Curvas Características:

Condición : Velocidad de giro constante

Diámetro de rotor constante



DESCRIPCION DE LAS CURVAS:

- a. CURVA Q-H: Relaciona las variaciones de caudal con los cambios de altura manométrica (H).
- b. CURVA Q-BHP: Relaciona los requerimientos de potencia al freno con las variaciones de caudal.
BHP: Potencia al freno.
- c. CURVA Q-E: Relaciona la eficiencia (E) con las variaciones de caudal. E: mide la capacidad de la bomba para transformar la potencia al freno (BHP), que le entrega el motor en su punto de acople con la bomba,

en potencia hidráulica o potencia útil.

- d. CURVA Q-NPSH: Relaciona las variaciones de caudal con las condiciones de funcionamiento próximas a cavitación.

6. CONSIDERACIONES ACERCA DE LAS CURVAS CARACTERISTICAS DE UNA BOMBA.

- a. Punto de funcionamiento: QA, HA, HPA, EA, NPSHA.

- b. Grado de inclinación de curva Q-H.

Curva Horizontal: Pequeños cambios en la altura manométrica del sistema dan lugar a un rango amplio de caudales.

Curva Inclinada: Variaciones en la altura manométrica del sistema producen cambios poco significativos de caudal.

- c. Curva Q - BHP

Curva Ascendente: - Sistema de bombeo debe iniciarse con válvula de salida cerrada: menor requerimiento de potencia al motor.

- El requerimiento de potencia del motor no debe asignarse según el punto B.

Debe asignarse según condición de funcionamiento crítico; ésto es: (H, Q) correspondientes a la altura estática total.

Curva Descendente: - Sistema de bombeo debe iniciarse con válvulas de salida abierta.

d. CURVA Q - E

Si el sistema de bombeo ya a operar en un rango amplio de la curva Q-H, debe preverse que para todas las condiciones de funcionamiento del rango los valores de eficiencia sean aceptables (mayores del 70%).

e. CURVA Q - NSPH

NSPH : NET POSITVE SUCCION HEAD

Es la energía en exceso a la energía de presión de vapor; energía aquella que debe ser lo suficientemente alta para que el fluido entre al ojo de la bomba y salga del extremo del álabe sin que se presente el fenómeno de CAVITACION: paso del fluido a fase de vapor cuando su presión absoluta es igual o menor a la correspondiente presión de vapor. Cuando se produce este fenómeno en una bomba se ocasionan serios daños en la máquina hidráulica.

Con referencia a la figura y aplicando Bernolli la superficie libre en la succión y la brida de entrada de la bomba, se tiene:

$$H_s + H_a = y + \frac{P}{\gamma} + \frac{V_s^2}{2g} + H_{fs}$$

$$\frac{P}{\gamma} = H_v + H_e$$

$$H_s + H_a = y + H_v + H_e + \frac{V_s^2}{2g} + H_{fs}$$

$$NPSH = y + H_e + \frac{V_s^2}{2g}$$

$$N_s + H_a = NPSH + H_v + H_{fs}$$

$$NPSH = H_a + H_s - (H_v + H_{fs}) : \text{bomba ahogada}$$

$$NPSH = H_a - (H_s + H_v + H_{fs}) : \text{bomba succi3n negativa}$$

$$NPSH (D) = NPSH \text{ de la instalaci3n}$$

$NPSH (R) = NPSH$ requerido; es el valor dado por la curva característica del fabricante. En este valor y por debajo de él, se presentan condiciones de CAVITACION. Por lo tanto, en una instalaci3n debe cumplirse que: $(NPSH (D) > NPSH (R))$ para que no presenten problemas de CAVITACION.

Variaci3n de la presi3n atmosférica: $\frac{100 \text{ m de desnivel}}{8.5 \text{ mm Hg}}$

6. BOMBAS HOMOLOGAS Y VELOCIDAD ESPECIFICA

- BOMBAS HOMOLOGAS: Bombas de tamaño diferente pero que son geométrica e hidráulicamente semejantes con otra máquina (patrón) que haya tenido características eficientes.
- VELOCIDAD ESPECIFICA: Velocidad a la cual girará una bomba de la serie homólogas si el diámetro es tal que se descarga un caudal unitario con una carga unitaria.
Es una fase de forma.

$$N_s = \frac{N\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

Q : mcs
H : m
N : RPM

Análisis: $Q = Q - H = \text{ctes}$
 $Q = N \quad N = \text{ctes}$
 $N_s, H = \text{ctes}$

Radiales : $N_s : 10 - 20$

Mixto : . $30 - 120$

Axial : $N_s \quad 160 - 320$

7. PUNTO REAL DE OPERACION DE UN SISTEMA DE BOMBEO

- a. Un proyectista define un sistema de bombeo para unas determinadas características: altura estática de succión (H_s), altura estática de impulsión (H_i), altura estática total (H_t), tipo de fluido, caudal (Q) a bombear, etc.
- b. Con ciertas consideraciones y criterios hidráulicos el proyectista ha definido el material y los diámetros de las tuberías de succión e impulsión, así como también los accesorios a instalar en el sistema.
- c. Para el caudal de diseños (Q_d) a bombear y sistema anteriormente definido ha calculado la altura manométrica (H_{md}) o cabeza dinámica total (CDT) que debe suministrar la bomba.
- d. Un fabricante le ofrece una bomba que para el caudal de diseño (Q_D) del proyecto presenta una altura manométrica total (H'_m) diferente a la calculada en el punto c.

PROBLEMA: Si el proyectista acepta la bomba que ofrece el fabricante, cuál es la condición real de funcionamiento del sistema? Es decir, cuál es el punto real de operación del sistema?

El interrogante se responde encontrando el punto de intersección entre la curva característica de la bomba y la curva de fricción:

de la tubería: ; Hft

$$H_{ft} = H_t + H_{fs} + H_{fi}$$

$$= H_t + f_s \frac{L e_s}{\emptyset s} \frac{V_s^2}{2g} + \frac{L e_i}{\emptyset I} \frac{V_i^2}{2g}$$

$$= H_t + f_s \frac{L e_s}{\emptyset s} \frac{Q^2}{2g A_s^2} + f_i \frac{L e_i}{\emptyset I} \frac{Q^2}{2g A_I^2}$$

$$= H_t + K_s Q^2 + K_I Q^2$$

$$= H_t + K Q^2 ; K = K_s + K_I$$

En la ecuación anterior, dando valores a Q se encuentran los respectivos valores de Hft, pudiéndose de esta forma construir la curva de fricción de la tubería que al interceptarla con la curva característica de la bomba permitirá encontrar el punto real de operación del sistema de bombeo.

8. Ejemplo:

El siguiente ejemplo permitirá ilustrar el problema anteriormente planteado; este ejemplo ha sido tomado de la revista ETERNOTICIAS, editada por la firma comercial ETERNIT DE COLOMBIA.

8

EQUIPOS DE PRESION

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
ACODAL - SECCIONAL VALLE DEL CAUCA

EQUIPOS DE PRESION

ARMANDO LENIS
Ingeniero Sanitario
Universidad del Valle

EQUIPOS DE PRESION

INTRODUCCION

A medida que las ciudades crecen, las edificaciones aumentan en volumen y en altura y las unidades residenciales se tornan más extensas, la capacidad de las redes de acueducto empiezan a tener dificultades para atender estas necesidades; de otro lado el costo para el constructor de elegir un almacenamiento de agua considerable en la parte superior de la edificación, el riesgo de dicho almacenamiento en caso de sismos y el factor estético ha acrecentado el uso de los equipos de presión.

Es un hecho entonces que la decisión de elegir un sistema de presión implica una evaluación previa técnica, económica y estética que determine a dicho sistema como la mejor solución o parte de ella.

Los equipos de presión satisfacen dos necesidades primordiales desde el punto de vista técnico:

- Mantener cierto nivel de presión del fluido.
- Suministrar un caudal definido.

El desarrollo tecnológico en este campo ha creado diferentes conjuntos de bombas, motores y sistemas de control como solución a los requerimientos de las edificaciones.

Los primeros equipos que llegaron al país de fabricación extranjera en su totalidad prestaron su servicio, pero poco a poco el avance de nuestra industria permitió la fabricación de algunos elementos del conjunto, hasta hoy, cuando estamos en vísperas de lograr un producto ciento por ciento nacional de primera calidad.

La tendencia de los equipos de presión tiene su perspectiva en el logro de tener bombas nacionales de mejores eficiencias y en la electrónica para la parte de control y mando.

1. CLASIFICACION Y FUNCIONAMIENTO

1.1 HIDRONEUMATICO CONVENCIONAL

1.1.1 Equipo Sin Compresor

El hidroneumático convencional es un equipo que aún encontramos en algunas edificaciones compuesto por un tanque hermético, una o varias bombas centrífugas y un interruptor regulado por la presión de aire dentro del tanque precargado. Cuando la demanda en la red de distribución es mínima, el agua almacenada en el tanque asume dicho gasto al igual que sucede con las pequeñas fugas.

En el evento de un mayor consumo, la presión de aire en el tanque disminuye, y al llegar a un nivel mínimo calibrado, se enciende la bomba, la cual opera hasta tanto la presión dentro del tanque no se haya reestablecido. En este equipo el agua es enviada por las bombas al tanque y de éste sale hacia la red.

Observemos el Volumen Aprovechable. (Figura 1)

Si P_a es la presión de apagado y P_b la de encendido.

$$P_a * V_a = P_b * V_b = P_b (V_a + V_r) = P_t V_n$$

$$V_n = V_r \frac{P_a * P_b}{P_a - P_b} * \frac{1}{P_t}$$

donde: P_t = Presión del tanque cuando está vacío.
(atmosférica).

P_a, P_b, P_t (Presiones absolutas)

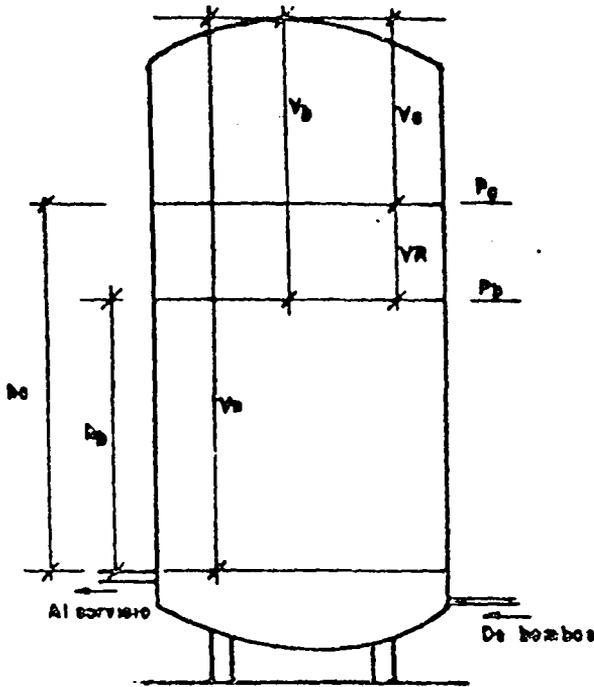
De este modo se calcula el volumen del tanque necesario V_n y se sabe el volumen útil de regulación V_r .

1.1.2 Equipo con Compresor

Para Hidroneumáticos con capacidades considerables (500 gpm) se hace necesario instalar un compresor para la reposición del aire. Es claro que la construcción de un hidroneumático de gran tamaño obedece además a necesidades de almacenamiento aunque naturalmente el costo se hace elevado.

El compresor debe suministrar aproximadamente el 30% del volumen de aire V_b a la presión mínima P_b en cada hora.

EQUIPO SIN COMPRESOR



La entrada del agua se produce a presión atmosférica y gradualmente comprime el aire hasta obtener la presión mínima requerida P_b . Si el consumo es menor que el caudal de la bomba, el tanque aumenta su nivel hasta h_a donde la presión llega al máximo establecido P_a , en ese momento se apaga la bomba.

FIG. 1

1.2 HIDRONEUMÁTICO CON MEMBRANA (Figura 2)

Estos hidroneumáticos tienen el mismo principio de funcionamiento del hidroneumático convencional pero el tanque posee una membrana interior que permite separar el agua del aire eliminando problemas de mezclas aire-agua y problemas de corrosión del tanque y malos sabores.

El tanque con membrana es instalado como una derivación de la descarga de la (s) bomba (s); su tamaño está determinado por el volumen mínimo que permita un intervalo entre dos partidas consecutivas del motor, dado por las normas del fabricante de éste último en función del caballaje.

Para el diseñador hidráulico y/o el cliente este factor es importante para recibir el equipo en obra.

<u>Hp</u>	<u>Minutos</u>	<u># ciclos/hora</u>
1-3	1.2	50
3-5	1.8	33
5.7.5	2	30
7.5-15	3	20
15-30	4	15
30	6	10

Un hidropiló que almacena la misma cantidad de agua que un hidroneumático convencional es mucho más reducido en tamaño pues el hidroneumático perdía espacio por dos razones esenciales:



* sistemas de presión

HIDROFLO®

MENOS ESPACIO
 MENOS CONTAMINACION
 MENOS MANTENIMIENTO
 MENOS CORROSION

VALVULA PARA CARGA DE AIRE.

Permite reducir o incrementar la presión de precarga dependiendo del ajuste del interruptor de presión.

PINTURA ANTICORROSIVA.

En el exterior del Tanque proporcionando máxima resistencia a la corrosión.

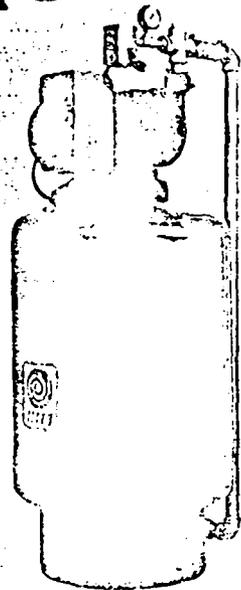
CUERPO DEL TANQUE.
Lámina de acero de alta resistencia.



CARGA DE AIRE.
Elimina la necesidad de control de volumen de aire.

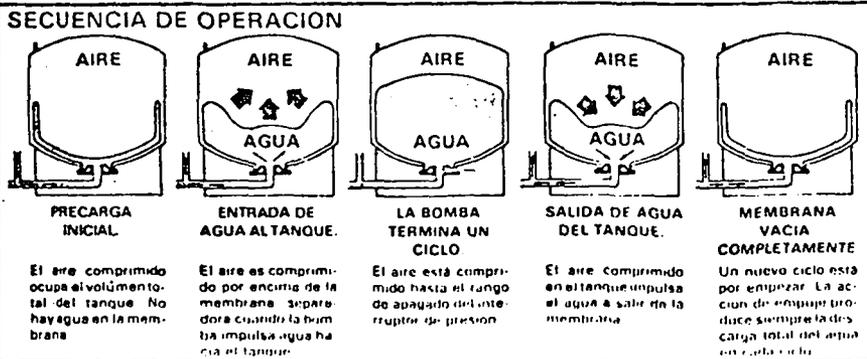
MEMBRANA SEPARADORA AIRE-AGUA.

Aprobada por el Instituto de Control de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) por cumplir con todas las normas de salubridad al no afectar el color, sabor y olor del agua.
Fabricada en unido, sin costura.



USOS

- Industria • Edificios • Residencias • Flores • Incendios • Establos.



Reemplaza al Sistema Hidroneumático convencional.

presión de agua en su casa o su finca a menor costo.

FIG. 2

- Volumen inferior
- Al no traer membrana se debe dejar un rango de seguridad para la operación del switch de presión sin que el agua haga contacto.

Volumen Requerido Hidroneumático con Mambrana

Para tal efecto es necesario hacer las siguientes consideraciones:

- Hasta cierto tamaño de equipos (150 gpm) los tanques ya vienen calculado de fábrica.
- Las 3/4 partes del tiempo sólo se requiere 1/4 del caudal pico o sea que la mínima demanda es aproximadamente el 25% del caudal pico.
- El mayor número de ciclos de un equipo se presenta cuando la rata de consumo es igual a la mitad del caudal promedio de la motobomba y se debe regular el volumen para la mitad de ese consumo.
- Factor

$$F = \frac{P_{off}/P_{on}}{\left[\frac{P_{off}}{P_{on}} - 1\right]} \quad (\text{presiones absolutas})$$

Ejemplo:

Se requiere un equipo para satisfacer $Q = 40$ gpm a una presión de 20-40 psi. ¿Cuál será el tamaño del tanque?

Q_{on} = Caudal de encendido de la bomba: 40 gpm

Q_{off} = Caudal apagado de la bomba: 10 gpm (25%)

Q_m = Caudal promedio

$$Q_m = \frac{Q_{on} + Q_{off}}{2} = \frac{40 + 10}{2} = 25 \text{ gpm}$$

$$V_r = \frac{Q_m \times T}{4}$$

Donde: T = Tiempo permitido de encendido según fábrica de motor (mínimo).

4 = Volumen a que se debe regular explicado anteriormente.

$$V_r = \frac{25 \times 2}{4} = 12.5 \text{ gpm}$$

$$V_T = F \times V_r$$

V_T = Volumen total

F = Factor

$$V_T = 2.73 \times 12.5 = 34.12 \text{ galones}$$

Se escoge entonces un tanque HF - 82 según el fabricante citado

(Ver Figura 3).

Escogencia de Bomba para Hidroneumáticos

La presión mínima como cabeza dinámica total, exigida por el proyectista, debe coincidir, en cuanto sea posible, con la presión de encendido y en dicha presión la bomba debe generar el caudal requerido con una buena eficiencia.

El apagado de la bomba debe ocurrir donde quiera que se escoja la presión máxima. El rango común utilizado por el fabricante es de 20 psi pero esto depende del interruptor de presión a usar ya que existen algunos que permiten diferenciales mínimos hasta de 6 psi.

Lógicamente esto haría que ocurriera un apagado y encendido muy repetido, lo que se podría compensar con un tanque más grande.

Es importante también reconocer la curva de la (s) bomba (s):

- De acuerdo a la curva ALTURA-CAUDAL éstas se clasifican como:

(Ver Figura 4).

- Bomba de curva caída. Es aquella en la que a flujo cero la altura es menor que en otro punto cualquiera de flujo mayor.

- Bomba de curva inclinada. Es aquella en la que se incrementa en forma considerable la altura con pequeñas variaciones de flujo, y siempre lo hace continuamente hasta el valor de flujo cero donde la altura es la máxima.

ENTREGA COMPARATIVA A OISTINTAS PHEIONES					
AJUSTE DE PRESION	15 GAL	42 GAL	82 GAL	120 GAL	220 GAL
30-40 PSI HIDROFLO	2.3	6.5	12.7	18.6	34.1
Hidroneumático convencional	4.6	13.0	25.4	37.2	68.2
30-80 PSI HIDROFLO	1.8	5.8	11.4	16.5	30.4
Hidroneumático convencional	3.6	11.6	22.8	33.0	60.8
40-80 PSI HIDROFLO	1.0	3.0	5.9	8.8	16.1
Hidroneumático convencional	2.0	6.0	11.8	17.6	32.2

MAYOR EFICIENCIA

La entrega de agua entre el ciclo de arranque y parada de la bomba constituye la medida real de la eficiencia del tanque. La tabla de entrega comparativa y las ilustraciones que la acompañan, muestran que el HIDROFLO es más eficiente que un hidroneumático 2 veces su tamaño.

Figuras basadas en ajustes de presión 30-50 PSI.

Características del diseño

NINGUNA CONTAMINACION

La membrana del HIDROFLO, de vinilo, sin costuras, no porosa, resistente a los ácidos y alcalinos, no produce olor ni sabor. El resultado es agua más pura sin ninguna contaminación, en su casa.

MENOS MANTENIMIENTO

El tanque HIDROFLO es precargado desde fábrica, eliminando la necesidad del control de volumen de aire. Además, al no mezclarse el aire con el agua, se minimiza la posibilidad de la pérdida del colchón de aire dentro del equipo.

VIDA MAS LARGA

Adicionalmente a la mínima corrosión del tanque, la vida de la bomba se extiende, debido a la habilidad del tanque HIDROFLO para entregar toda el agua en cada ciclo.

MENOS ESPACIO

El diseño del HIDROFLO permite mayor almacenamiento de agua en menor espacio. Esto significa ahorro en la construcción.

Dimensiones de Tanques HIDROFLO

TANQUE MODELO	CAPACIDAD MAXIMA GLS.	DIAMETRO MTS.	ALTURA MTS.	PESO KGS.
HF 15	7	0.30	0.41	13
HF 42	25	0.50	0.65	33
HF 82	37	0.50	0.88	40
HF 120	65	0.60	0.95	54
HF 220	95	0.60	1.44	73
HF 530	170	0.76	2.10	210

HIDRONEUMAT 42 GAL



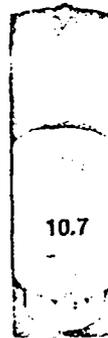
HIDRONEUMAT 15 GAL



HIDROFLO 15

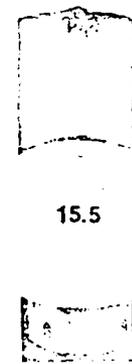
HIDROFLO 42

HIDRONEUMAT 82 GAL



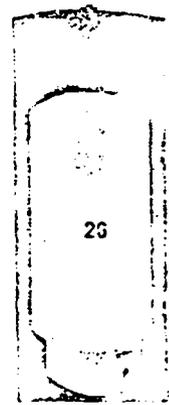
HIDROFLO 82

HIDRONEUMAT 120 GAL



HIDROFLO 120

HIDRONEUMAT 220 GAL



HIDROFLO 220

CORROSION MINIMA

La membrana del HIDROFLO, al separar el aire del agua, impide que el agua toque el metal y por consiguiente, la corrosión es mínima.

SELECCION DE TAMAÑO Y SELECCION DE BOMBA

El tamaño de la bomba y el Tanque han sido seleccionados adecuadamente para optimizar el encendido y apagado del Sistema, mínimo consumo de energía y garantizar mayor vida útil.

MODELO	RANGO DE PRESION - PSI					M
	20-40	30-60	35-65	40-80	60-80	
H1E-1/2 - HF 15	6 GPM	--	--	--	--	M
C1E-1/2 - HF 15	9	--	--	--	--	O
H2E-1/2 - HF 15	8	7 GPM	--	--	--	N
C1E-1/2 - HF 42	6	--	--	--	--	F
H2E-1/2 - HF 42	8	7	--	8	--	A
C2E-3/4 - HF 82	13	17	--	--	--	S
C2E-1 - HF 82	14	17	--	15	--	J
1 1/2-3/4 - HF 82	24	--	--	--	--	C
1 1/2-1 - HF 82	34	--	--	--	--	O
1 1/2-1 1/2 - HF 82	38	27	--	--	--	B
1 1/2-2 - HF 82	61	--	60 GPM	--	--	S
1 1/2-2 1/4 - HF 82	61	40	--	30	--	T
1 1/2-3 - HF 120	60	55	--	45	--	R
1 1/2-4 - HF 120	65	62	--	60	--	A
1 1/2-5 - HF 220	118	110	--	88	--	R
1 1/2-7 1/2 - HF 220	110	--	--	--	100 GPM	S
2 1/4 - HF 220	140	120	--	--	--	B
2 1/2 - HF 220	160	140	--	120	--	C
2 7/8 - HF 220	--	--	--	170	120	O
2 10 - HF 530	--	--	--	--	180	S

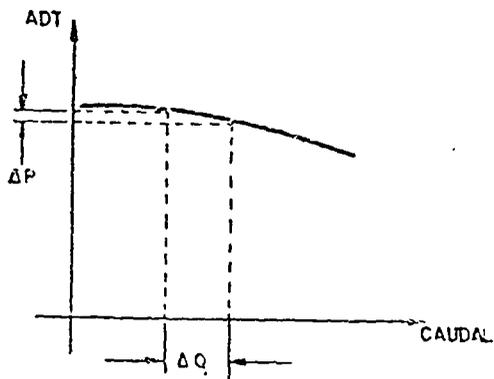
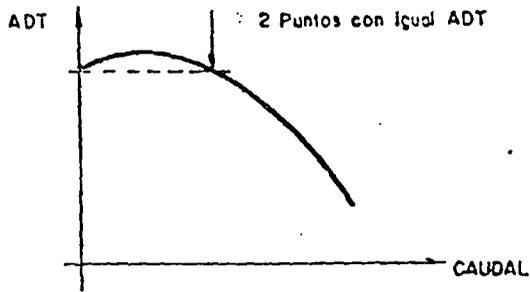
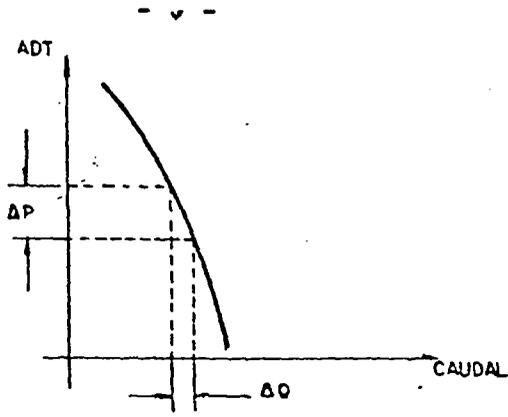


industrias hidromecánicas Ltda.

Calle 18 No. 39 B-53
 Tels. Com. 2693551 - 2693571 - 2690873
 Ventas 744/340 - 2690893 - 2696509 - 29
 Apartado 80049 - Bogotá Colombia

Distribuido por:

FIG. 3



- Bomba de curva plana. Es aquella donde la altura no sufre grandes incrementos con grandes variaciones del flujo pero crece siempre gradualmente hasta desarrollar la máxima altura cuando el flujo es cero.

Estos términos de curva plana o inclinada son relativos, ya que no existe un parámetro de incremento de altura contra flujo que nos delimite ambas denominaciones, pero podemos comparar una curva con respecto a la otra y encontrar de una u otra según la definición anteriormente descrita.

La utilización de una curva de pendiente muy inclinada puede ser de gran ayuda cuando se requiere desarrollar un equipo de presión cuya principal característica sea que apague en las horas de mínima demanda; igualmente es más aplicable cuando se usa un interruptor de presión como elemento sensor para activar el funcionamiento del equipo así como es la más indicada en aplicación es donde la altura del edificio es considerable.

Las curvas de tipo plano, deben ser más tenidas en cuenta cuando los equipos se diseñan para una aplicación de trabajo continuo; cuando se trata de utilizar un interruptor de flujo como elemento sensor.

(Aplicaciones de grandes áreas residenciales o aplicación industrial con poca altura estática y donde el apagado no es la característica primordial a tener en cuenta.

Es posible tener equipos de presión con varios tanques hidroneumáticos y varias bombas controladas por una unidad control de fuerza y mando.

Las bombas pueden ser escogidas con porcentajes de caudal que permitan el mejor funcionamiento del conjunto de acuerdo al consumo para ahorrar energía, alternándose y encendiendo en orden secuencial en casos de máxima demanda.

Cuando se colocan varias bombas generalmente la primera está gobernada por un interruptor de presión y las demás por interruptores de presión o de flujo las cuales son más costosos pero presentan señales más reales o caudales considerables. (Se necesitaría un interruptor de flujo muy especial para encender una bomba líder, que responda a pequeñas demandas).

Si se desea una presión uniforme a la salida del equipo se colocan válvulas reductoras de presión las cuales deben ser escogidas con exigente precisión para que no sean un consumo de energía "innecesario".

1.3 PRESION CONSTANTE (VELOCIDAD CONSTANTE SIN TANQUE)

(Ver Figura 5).

Las bombas operan a velocidad constante. Válvulas de control dimensionadas para el rango de bombeo del sistema y mantienen la presión constante en la descarga del sistema. Las válvulas de control son operadas hidráulicamente con piloto controlado y diafragma tipo válvulas de globo; actúan también como válvulas de retención en la descarga de las bombas.

La operación de las bombas es controlada con base en la demanda de caudal a través de un rotámetro o sensor de flujo con conexiones al tablero de mandos. Para situaciones de demanda nula se instala un sensor de temperatura que hace apagar el sistema.

El equipo carece de tanques y existe con una, dos o tres bombas que se alternan y se suman en caso de máxima demanda. La bondad del sistema depende del consumo y curva de gasto de la edificación.

1.4 EQUIPO DE VELOCIDAD VARIABLE (Figura 6)

El equipo tiene como característica principal la entrega de presión constante en la descarga del sistema de bombeo, sin utilización de válvulas reguladoras de presión y a pesar que la demanda de caudal sea variable.

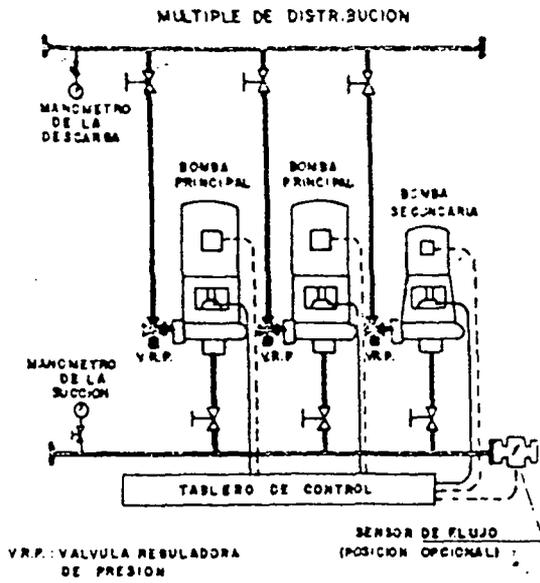
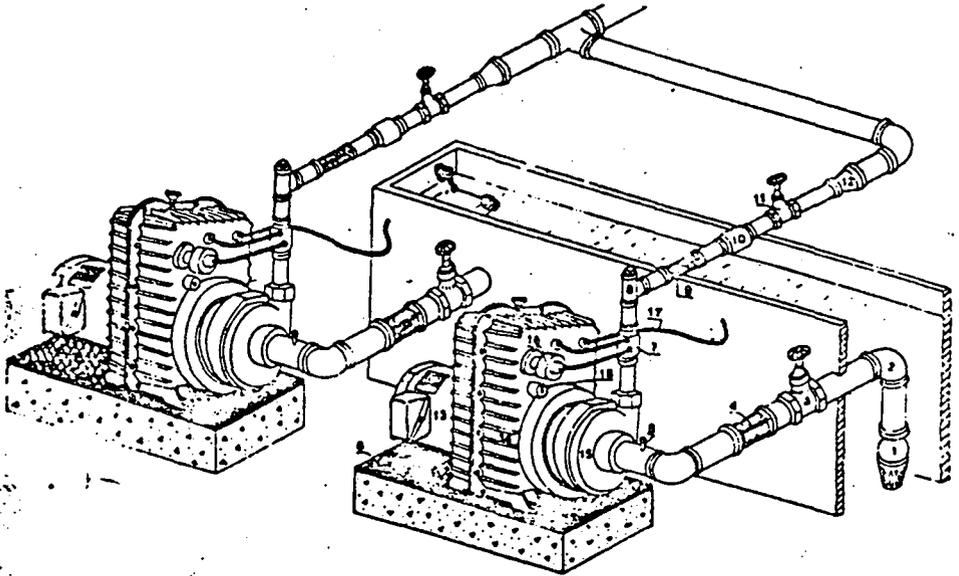


FIG. 5



SUCCION

1. Válvula de Pie
2. Codo.
3. Válvula de compuerta.
4. Unión flexible.
5. Conexión Válv. Térmica.
6. Caucho antivibratorio.

DESCARGA

7. Válvula de control.
8. Te de cebamiento.
9. Unión flexible.
10. Válvula de cheque.
11. Válvula de compuerta.
12. Ampliador.

EQUIPO HYDROCONSTANT

13. Motor Eléctrico.
14. Transmisión Hidráulica
15. Bomba Centrífuga.
16. Control Automático.
17. Tubos refrigeración.
18. Regulador presión.

"ANTES DE PONER EN MARCHA EL EQUIPO"

- Verifique el nivel de aceite.
- Verifique el sentido de rotación.
- Verifique el nivel de agua.
- Verifique las Válvulas de compuerta.
- Verifique Conexión eléctrica.
- Verifique graduación térmicos.

FIG. 6

Lo anterior, se logra cambiando las revoluciones del eje de la bomba mediante un acople hidrodinámico ubicado entre el motor y la bomba.

El comportamiento de la curva se aprecia en la Figura 7.

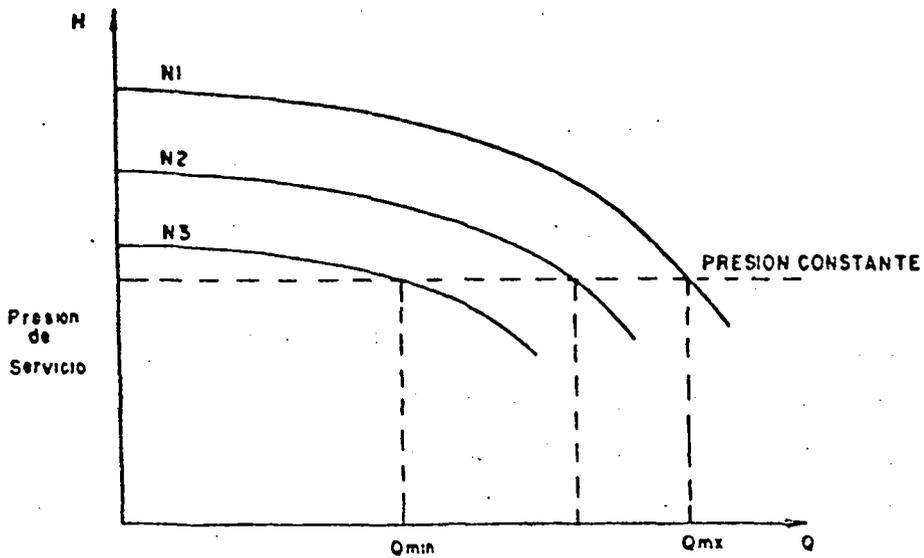
Cuando la bomba alcanza las mismas revoluciones del motor y la demanda sigue aumentando entra a funcionar una segunda unidad en forma similar al sistema Duplex de presión constante mediante una señal de mando.

Existe un montaje de una bomba de velocidad variable y otra de velocidad constante (sin acople hidrodinámico) funcionando en paralelo actuando la bomba de velocidad constante como reserva.

El fundamento de su aplicación radica en que cuando se varía la velocidad de una bomba, el caudal de esta varía, así como su altura dinámica total.

Existen equipos que varían la velocidad mecánicamente por medio de conos de fricción o usando el principio de los acoples hidráulicos y equipos que varían la velocidad actuando sobre la frecuencia del motor o su voltaje.

Todos estos equipos requieren de instalar su sistema entre el motor conductor (variador hidráulico de velocidad) y la bomba, o utilizar motores especialmente diseñados para cumplir su función (MOTORES DE ALTO DESLIZAMIENTO, cuando se varía la frecuencia de operación o el



N: REVOLUCIONES POR MINUTO DE LA BOMBA

VOLTAJE. Motores con diseño especial de acople Magnético; Motores de bobinado del rotor del motor, etc.).

VARIADOR HIDRAULICO DE VELOCIDAD

El Variador Hidráulico saca su principio del funcionamiento de los acoples hidráulicos que son máquinas que usan la energía cinética en dos elementos que rota, a raíz de este tipo de máquina nace en Alemania en 1905 gracias al ingenio del doctor Hernán Fottenger, el cual desarrolló un convertido de torque hidráulico.

Luego se desarrollaron los acoples hidráulicos, inicialmente hasta 1800 RPM y 12.000 HP. En la actualidad existen modelos de 3500 RPM, la gran mayoría en muy altas potencias. Posteriormente se desarrollaron los variadores de velocidad en los que un rotor transforma la energía que llega de un eje motor en energía cinética para una masa de líquido, y una turbina recoge esta energía convirtiéndola de nuevo en energía rotacional en un eje de salida. El variador de velocidad ha sido diseñado de tal forma que la señal externa que hace reaccionar y cambiar la velocidad es un sistema que permita llenar de líquido, en mayor o menor cantidad, el recipiente donde gira el Rotor y Turbina.

Este cambio de masa en el recipiente se relaciona directamente con la velocidad. A mayor líquido en el acople, mayor velocidad en el eje de salida y al contrario, debe ser evacuado por medio de un serpentín (que normalmente va dentro del variador) es el resultado del

"PATINAJE" que existe cuando se cambia la velocidad fija del motor, para cumplir una condición del sistema que ordena menos caudal y, por ende, menos velocidad en el eje de salida.

Este tipo de control de velocidad se puede hacer desde cero (0) RPM, hasta el máximo regulable por el variador, que es del orden del 95% de la velocidad del motor, cuando la masa de líquido es la máxima.

En operación de bombas, la reducción de velocidad normalmente se acepta como máximo del 30% (de 3500 RPM a 2500 RPM), si se desea conservar la presión constante a un nivel determinado. Esto definirá el máximo valor de "Patinaje" que tendrá que admitir el variador y donde la transformación de energía en calor es máxima.

Podríamos decir que junto a todos los equipos que varían la velocidad, el variador hidráulico tiene algunas opciones mejores ante las desventajas que en sí todos los demás presentan como:

- Bajo factor de potencia
- Alto nivel de ruido
- Requieren alineación exigente
- Requieren bases fuertes
- Alto costo de mantenimiento
- Alto costo de instalación

El variador de velocidad tiene estas características:

- No afecta el factor de potencia del motor
- Las velocidades máximas alcanzadas son aproximadamente 5% a 10% menos de la del motor
- Opera con bajo nivel de ruido
- No vibra
- Usa acoples flexibles y no requiere alineamiento exacto.
- Bases normales de fabricación.
- Bajo costo de mantenimiento
- Bajo costo de instalación.

Todos los sistemas de variador de velocidad generan pérdidas para poder efectuar el control. Estas pérdidas ocurren tanto en el motor como en el variador y dependen de su diseño siendo mayores a velocidades reducidas.

El equipo de presión de velocidad variable no se apaga a menos que se le coloque un interruptor de flujo o un sensor de temperatura.

2. FACTORES DE CALCULO Y ELECCION DE EQUIPO ADECUADO

2.1 MULTIPLICADOR DE SERVICIOS - CAUDAL

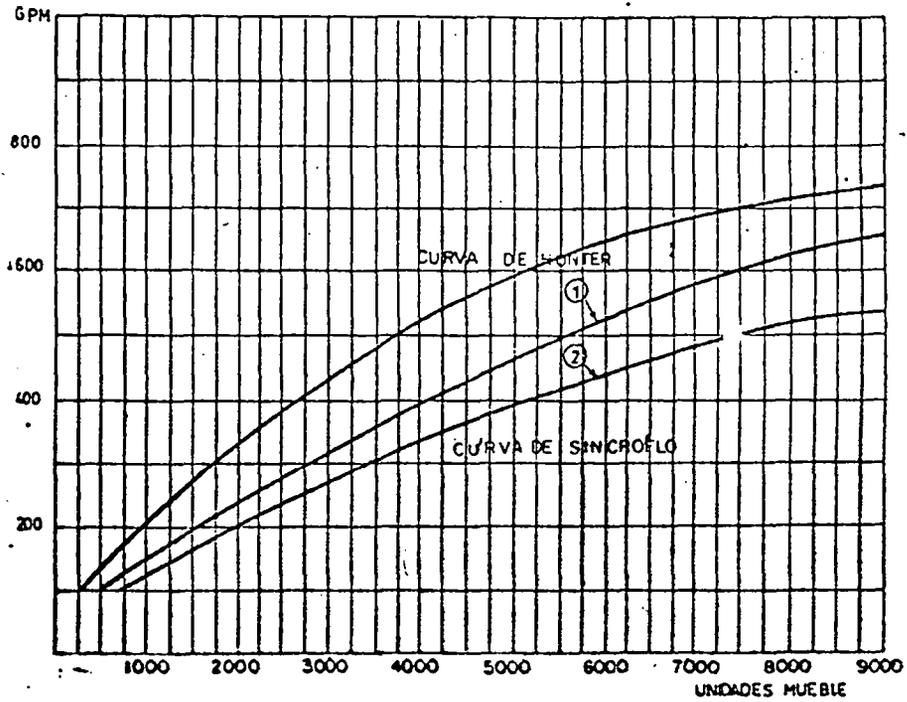
La mayor cantidad de energía desperdiciada en los equipos es el resultado de un sobredimensionamiento.

En esencia, los estudios de simultaneidad de unidades se han basado en la curva de Hunter la cual es muy generosa como podemos observar en la Figura 8, con respecto a la curva de Syncroplo desarrollada en Estados Unidos con base en un factor multiplicador. Dicho factor fue desarrollado por una compañía de bombas y ha sido tomado en Colombia por empresas que manejan este campo con magníficos resultados.

Además es claro que el consumo de agua de un norteamericano es diferente al nuestro.

(Observe los factores multiplicadores de la Figura 9).

El costo de el equipo puede aumentar con un sobredimensionamiento en cuanto al valor inicial y además el costo de energía se incrementa al encender motores de mayor caballaje que el necesario. El tipo de servicio a atender tiene gran significado en la escogencia del equipo pues



La curva de Hunter comparada con datos recientes.
 La curva 1 es usada para Hospitales, Escuelas y Hoteles.
 La curva 2 es usada para Apartamentos y Edificios de Oficinas.
 1 y 2 Curvas Syncroflo

FIG. 8

FACTORES MULTIPLICADORES

Tipo de edificio	SERVICIOS O SALIDAS.						
	Hasta 30	de 31 a 75	de 76 a 150	de 151 a 300	de 301 a 600	de 601 a 1000	más de 1000
Oficinas	0.40	0.32	0.28	0.25	0.24	0.23	0.21
Apartamen.	0.55	0.41	0.33	0.28	0.25	0.24	0.23
Hoteles	0.80	0.60	0.48	0.42	0.36	0.35	0.34
Hospitales	0.90	0.75	0.63	0.54	0.45	0.40	0.38
Colegios	1.20	0.90	0.75	0.63	0.52	-	-

Ejemplo: En un edificio de Apartamentos hay 104 servicios o salidas

Factor multiplicador = 0.33

Capacidad del equipo = $104 \times 0.33 = 34.32$ Colones
minuto

El resultado de multiplicar ese factor por el número total de servicios dará el valor de demanda pico en GPM requeridos por la instalación.

Este método de cálculo puede asimilarse a una curva de trabajo - que en Unidades Mueble está situada en puntos intermedios entre las curvas de Syncrolis mostradas en la curva anteriormente dada y suponiendo que para edificios de Apartamentos las " - Unidades Mueble" se equilibran con 2.3 servicios.

Adicionalmente, muchos autores recomiendan tener en cuenta los siguientes parámetros de cálculo cuando se trata de cálculos a nivel residencial.

# U.M.	Factores (en LPM)/cada U.M.
Hasta 15	1.5
16-30	1.3
31-55	1.1
55-100	0.9

Estos factores dan un nivel de seguridad aún mayor en esta aplicación que el que se encuentra con el sistema antes TABULADO, el cual los recuerdo ha sido ampliamente experimentado por nuestro Departamento de Ventas.

dependiendo de la curva de gasto se puede escoger el más adecuado.

2.2 PRESION NECESARIA Y EXIGIDA

La presión de servicio suministrada por el diseñador es básicamente la presión que debe generar el equipo como mínima. Es decir, que la presión de encendido es la cabeza dinámica exigida por el diseñador hidráulico y a la cual la bomba debe generar el caudal requerido.

Al disminuir la demanda la bomba hará el recorrido en su curva hasta apagar en la presión seleccionada. En dicho rango la bomba debe presentar su mayor eficiencia teniendo en cuenta que el punto de encendido no esté por fuera de la curva, y que el punto de cierre de la bomba no exceda en más de 10 libras la presión de apagado (exceptuando las bombas líderes).

En muchas ocasiones el proyectista exige que el rango de presión, en el caso de equipos de presión diferencial, sea mínimo para que el usuario no tenga molestias de altas variaciones. Generalmente el rango de un equipo comercial es de 20 PSI pero es posible llegar hasta diferenciales de 6 PSI con interruptores especiales de existencia en el país.

Cuando existe By-pass y el acueducto alimenta la edificación durante algunas horas, la presión de apagado del equipo debe ser menor que la presión de la red en dichos momentos. Pueden lograrse cambios de

presión casi nulos colocando en la salida del equipo válvulas reductoras de presión.

El equipo de velocidad variable por su parte presenta un rango mínimo de variación de la presión y en este aspecto no tiene cuestionamiento.

2.3 ESCOGENCIA DE UN EQUIPO

Los equipos de uso común para pequeñas edificaciones vienen preensamblados de fábrica (con algunas excepciones); son equipos de 0-150 gpm aproximadamente.

Para el diseñador es importante considerar algunos factores externos como energía existente (monofásica o trifásica), altura de succión NPSH, posibilidad de bomba de reserva, espacio, etc.

En equipos mayores a 150 gpm la asesoría entra a desempeñar un papel importante pues se cuestionan las inversiones iniciales contra los costos de energía continua consumida por los equipos.

En equipos de presión diferencial el fraccionamiento con el fin de ahorrar energía puede ser el siguiente:

TIPO DE USO

C A U D A L

	Porcentaje de caudal máximo potable		
Apartamentos y Oficinas	50/50	50/50/50	20/40/40
Hoteles	65/65	50/50/50	30/40/40
Colegios	50/50	50/50/50	20/40/40
Hospitales	70/70	50/50/50	30/70/70
Industrias	65/65	50/50/50	20/50/50
Municipalidades	70/70	50/50/50	20/50/50

Para estos equipos el tanque se calcula para la bomba más pequeña.

En el equipo de velocidad variable se escoge una sola bomba para las especificaciones dadas por el diseñador generalmente. Se puede colocar una bomba de reserva o encender una segunda bomba la cual puede ser de velocidad variable o constante (por medio de un interruptor de presión) para casos de máxima demanda.

El equipo no apaga, como ya se anotó anteriormente, a menos que se coloque un interruptor de flujo o un sensor de temperatura.

2.4 EQUIPOS ADAPTADOS PARA POZO

En algunas ocasiones cuando el agua se encuentra por debajo del límite físico posible para que exista "succión", es decir, en casos de aljibes y pozos es posible colocar un tanque hidroneumático incorporado a una bomba tipo lapicero o a una bomba tipo yet o oyectora.

3. EVALUACION ECONOMICA

Para evaluar de una manera técnico-económica el equipo de presión, elegirlo como la mejor solución y elegir el equipo más apropiado es primordial hacerse las siguientes preguntas:

1. ¿La red de acueducto es suficiente en algunas horas?

R/: Si la red de acueducto es suficiente en algunas horas es recomendable un equipo que se apague puesto que estaríamos consumiendo potencia innecesaria.

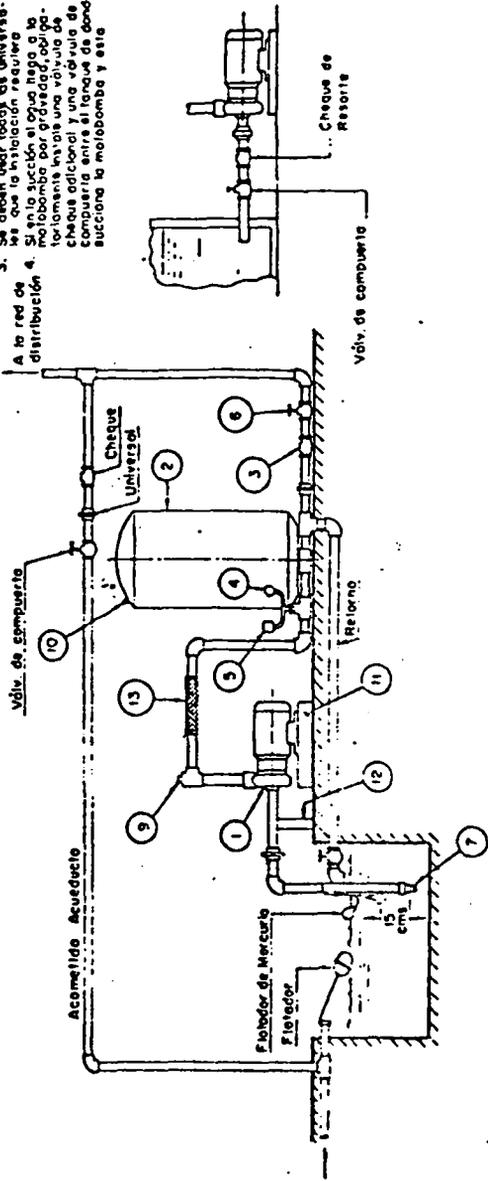
De otro lado es importante considerar que muchas veces las mejoras por parte del acueducto en cuanto a la presión obliga a que el equipo permanezca apagado días enteros convirtiéndose el agua almacenada en un riesgo para la salud (observar Figura 10).

2. ¿Cuál es la curva de gasto del sistema a servir?

R/: La curva de gasto tiene una importancia primordial puesto que se puede elegir un equipo que responda a las diferentes demandas, sin consumir mucha energía (observar la Figura 11). Este es el objetivo de los equipos de presión diferencial al fraccionar las bombas.

NOTA

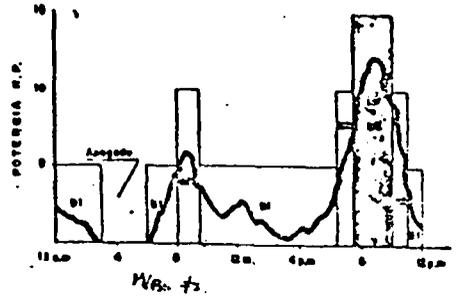
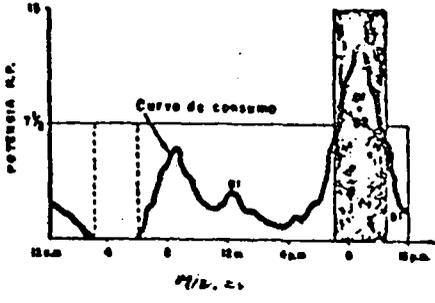
1. Este esquema indica la forma de instalación general.
2. Para los diámetros de la bomba referirse al catálogo correspondiente.
3. Se deben usar todos los universales de la instalación.
4. Si en la succión al agua llega la molibdoma por gravedad, colocar tornillos en las una válvula de cheque adicional y una válvula de compuerta entre el tanque de donde succiona la molibdoma y este.



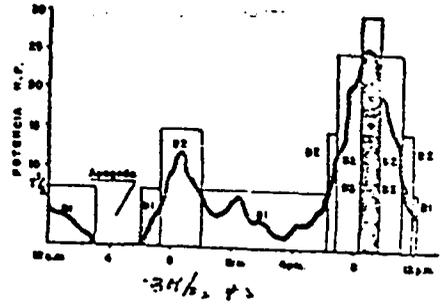
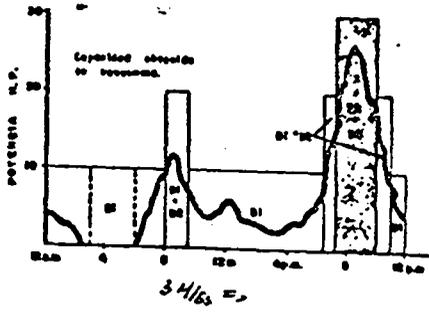
- 1 Bomba modelo _____ de _____ HP. / 60/
- 2 Tanque HIDROFLO _____
- 3 Válvula de cheque _____
- 4 Manómetro de presión D _____ PSIG
- 5 Válvula de compuerta _____
- 6 Válvula de paso directo _____
- 7 _____
- 8 Descarga sistema _____
- 9 _____

SISTEMA HIDROFLO	
Proyecto:	
Proyectista:	
Modelo:	
Fecha:	

FIG. 10



3°. P2, B3 : Bombas 1, 2 y 3 en operación como se indica.



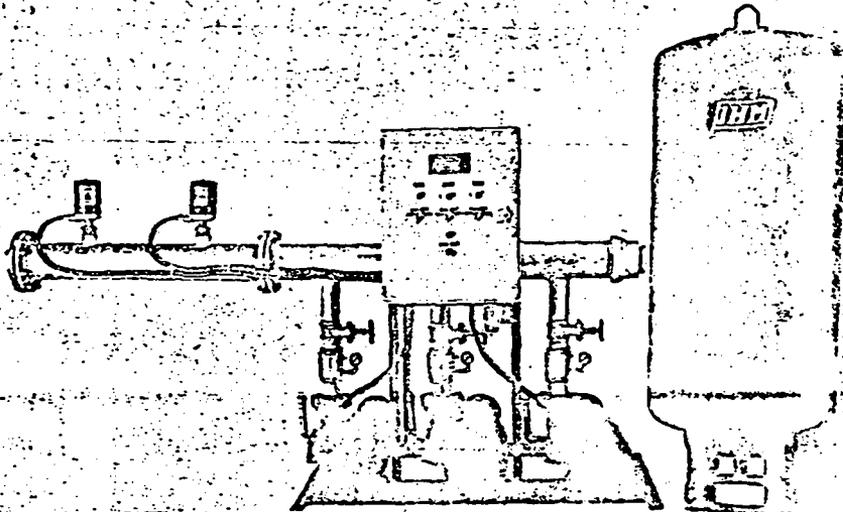
EJEMPLO DE VARIANTES DE PRESION CONSTANTE.

FIG. 11

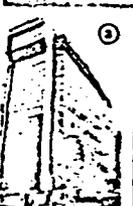
AL12.01.3
Aposic/1.4

sistemas de presión

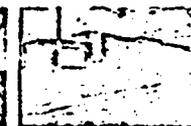
SyncroFlo, Inc.



Equipo Prefabricado



- 1. Parque Central
- 2. Banco de Bogotá
- 3. Seguros Aurora
- 4. Municentro
- 5. Mazurén
- 6. Bolívar
- 7 y 8. Metrópoli



El equipo de velocidad variable satisface muy bien diferentes demandas pero en caso de no apagarse y de estar trabajando en sistemas cuyo gasto es casi nulo en muchas horas, lo cuestiona, puesto que requiere un motor especial, ya que un motor trabajando en vacío, consume por lo menos el 25% de la potencia.

En una fábrica por ejemplo la elección de un equipo de velocidad variable puede ser la más acertada puesto que al terminar los turnos lo apagan y además genera una presión constante lo cual muchas veces es exigencia de la producción misma.

3. ¿Cuánto es el costo inicial del equipo?

R/: En la actualidad el valor de los equipos difiere casi en el doble siendo más costoso el de velocidad variable. El avance de la electrónica y de la industria en general puede hacer que en el futuro el valor del equipo de velocidad variable se reduzca.

4. ¿Cuánto es el costo anual de energía?

R/: El costo de la energía depende claro está de la zona donde nos encontremos y de la curva de gasto del sistema (como factores externos).

En equipos de presión diferencial es importante la eficiencia de la bomba. Generalmente las motobombas a 3.500 RPM son más compactas y livianas, tienen mejores eficiencias y mejor factor de potencia a cargas diferentes de la plena aunque las eficiencias de las bombas en ambas velocidades pueden conseguirse igual.

Si comparamos una sola bomba de velocidad variable, atendiendo el mismo servicio y variando la demanda, el equipo de velocidad variable lógicamente ahorrará energía en un 30% anual (Equipo de velocidad constante sin tanque). Para una bomba de velocidad constante el costo anual de energía será:

$$\text{Costo anual} = \frac{0.746 * \text{caballade de diseño}}{\text{Eficiencia de la bomba}} * \text{horas de trabajo al año} * \text{Vr. del Kwh}$$

El ahorro que se puede dar al instalar un equipo de velocidad variable se obtendría al considerar los porcentajes de tiempo que actúa el motor atendiendo diferentes porcentajes del caudal de diseño. En este caso están demostrados ahorros del 30% anual en energía en sistemas con el 75% de fricción.

Sin embargo, estos análisis se han realizado basándose en el hecho de una comparación uno a uno. El fraccionamiento del caudal de diseño en los equipos de presión diferencial tiene por objeto compensar esta diferencia de consumo de energía. De otro lado el análisis no considera el apagado del equipo de presión diferencial en más de 1.2 horas.

Cuando se utilizan válvulas reductoras de presión los equipos requieren un exceso de presión para cubrir esa pérdida. Sin embargo, los sistemas con variador de velocidad presentan pérdidas en el variador y en el motor. Seleccionar una bomba de velocidad variable cuando la carga estática no es importante y cuando la cantidad promedio de líquido

que se bombea es menor de $2/3$ del caudal máximo de diseño, en lugar de un equipo de presión diferencial con válvulas reductoras.

La elección de un equipo de velocidad variable o uno de presión diferencial sin válvulas reductoras y con tanque hidroneumático para el apagado de la bomba, está supeditada en cuanto a energía se refiere, a la curva de gasto del sistema, al fraccionamiento de las bombas, y a la posibilidad de apagar el equipo de velocidad variable.

5. ¿Cuánto es el costo de mantenimiento de operación?

R/: El costo de mantenimiento del equipo, se hace generalmente mayor en los equipos de presión diferencial cuando se usan elementos que no son de primera calidad.

En la actualidad, en nuestro medio, es más difícil la reparación y la consecución de repuestos del equipo de velocidad variable.

6. ¿Cuál es la vida útil del Equipo?

R/: Los motores a menos revoluciones tienen mayor vida útil; en este caso el equipo de velocidad variable llevaría alguna ventaja. Sin embargo, un equipo de presión diferencial puede escogerse, por ejemplo, con una bomba líder a 1.750 RPM.

La tendencia de la electrónica y el desarrollo en el control de mandos ofrece la posibilidad de alternaciones, operaciones secuenciales y por ende prolongación de la vida útil de los equipos.

En los equipos de presión diferencial el desgaste de contactores y controles de mando es mayor, lo que puede afectar la vida útil si no se exigen elementos de primera calidad.

7. ¿Qué rango de presión admite el sistema a servir sin perjuicios o molestias para los usuarios?

R/: Es innegable que el equipo de velocidad variable presenta la mejor solución para manejar la presión constante. Sin embargo, los equipos de presión diferencial pueden lograr rangos hasta de 6 PSI. Por otro lado, se pueden colocar válvulas reductoras de presión en la salida del equipo de presión diferencial logrando el mismo efecto del de velocidad variable.

8. ¿Qué garantía tiene el equipo?

R/: La mayor parte de los fabricantes garantizan el equipo por seis meses contra defectos de fabricación, aunque existe la tendencia general a que sea un año ya que en unidades residenciales la ocupación total de los apartamentos toma un tiempo prudencial.

9. ¿Qué clase de asesoría tiene el equipo para su instalación y puesta en marcha?

R/: Es importante definir este aspecto considerando que se puede adquirir un buen equipo pero no se sabe colocar en funcionamiento correctamente.

El crecimiento de las ciudades conlleva a la tendencia de que la instalación del equipo se realice por parte del diseñador hidráulico o de terceros (plomeros especializados) y a que las compañías comercializadoras de los equipos presten asesoría de instalación y coloquen en marcha el equipo, (con algunas excepciones).

10. ¿Finalidad de la obra?

R/: Cuando reina el aspecto económico y al constructor le interesa un costo inicial bajo, se arriesga a conseguir equipos que no importa la energía que consuman pues la pagará el usuario. El desarrollo de las ciudades ha traído consigo la organización de los propietarios de los conjuntos residenciales y se empieza a requerir asesoría para que las juntas de dueños reciban a satisfacción el equipo.

11. Problemas de ruido:

R/: Un motor a menos revoluciones produce menos ruido que a mayor velocidad. La escogencia del lugar para el equipo de presión como la selección del mismo en compañía de un asesor, permite una seguridad desde este punto de vista, tan palpable para el usuario.

12. Ahorro de espacio

El espacio indiscutiblemente se hace día a día más valioso en nuestras edificaciones y allí el equipo de velocidad variable tiene su mayor virtud.

En cuanto a los equipos con tanques hidroneumáticos existe la posibilidad de instalar algunos de ellos de manera horizontal o vertical.

4. INSTALACION

4.1 INSTALACION DE LOS EQUIPOS DE PRESION DIFERENCIAL

(Observar Figura 10)

INSTALACION HIDRAULICA

Para la instalación del equipo precargado, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Que sea lo más cerca posible al tanque subterráneo de almacenamiento.
- Dejar suficiente espacio para permitir una cómoda inspección del equipo.
- Que el sitio seleccionado sea seco, con iluminación y drenaje apropiado.
- Emplace el equipo sobre una base de concreto levantado del nivel del piso, para que quede protegido de la humedad.
- El tanque puede descansar sobre la placa del piso o anclarlo cuando tiene soportes para hacerlo.

- La tubería de succión debe ser amplia (generalmente una fracción mayor que el tamaño de la conexión de succión de la bomba) lo más corta posible y con un mínimo número de cambios de dirección.
- Se debe tener cuidado que la tubería de succión no se instale con tramos por encima del nivel de conexión de la bomba, donde se pueda formar bolsas de aire. En el extremo de la tubería de succión deben instalarse válvulas de pié, de buena calidad las cuales deben quedar cerca del fondo del tanque de succión, pero separadas del mismo para que no se atasquen con los sedimentos que puedan encontrarse.
- Apriete bien la tubería, al igual que los tapones, manómetros y reducciones donde van instalados los accesorios del sistema.
- Use sellador apropiado para las tuberías teniendo cuidado que no escurra dentro de las válvulas de pié, ésto puede pegar el empaque de las mismas y dificultar el cebado de las bombas.
- Cuando las bombas reciben agua por gravedad, es importante instalar un registro y luego un chequeo en el sentido de flujo en cada una de las bombas.
- Soportar adecuadamente las tuberías en la succión y en la descarga, para eliminar esfuerzos de éstas sobre las bombas.

- Colocar en la red de distribución primero una válvula de cheque y luego un registro en el sentido de flujo.
- Cuando el equipo es de motobomba de potencias superiores a 12 HP, se recomienda instalar uniones flexibles, en la succión y la descarga para evitar propagación de ruido y vibraciones.
- Conecte la acometida del acueducto después del cheque general de la red de distribución, teniendo cuidado de colocar un cheque que impida que el flujo de agua desde el equipo hacia la acometida del acueducto.

INSTALACION ELECTRICA:

Lleve la acometida eléctrica al tablero de control y mando con cable de calibre que permita el flujo de corriente máxima consumida por las motobombas. Si el tablero de control no tiene instalados breakers, se recomienda instalar un breaker general del tipo tripolar industrial antes de la entrada al tablero.

PRECAUCIONES

- No trabaje las motobombas sin agua
- No saque aire al tanque hidroacumulador
- No trabaje las motobombas en posición manual
- Tenga cuidado al abrir el tablero de control existen altos voltajes.
- No descalibre los controles del equipo, puede causarle daños a éste.

4.2 EQUIPOS DE VELOCIDAD VARIABLE

La instalación de estos equipos es sencilla pues es esencialmente como instalar una motobomba.

4.3 MANTENIMIENTO

El mantenimiento de los equipos de velocidad variable al igual que su instalación es muy sencillo y radica en los mismos cuidados que se deben tener cuando se instala una bomba común. Las empresas especializadas en este tipo de equipos brinda un manual de operación básico. Las mismas precauciones para equipos de velocidad variable y velocidad constante son las siguientes:

- MANTENIMIENTO DE EQUIPO DE PRESION

Los sistemas de presión hidroneumáticos quedan instalados y calibrados de fábrica, requieren poco mantenimiento por parte del usuario. Cualquier mantenimiento de tipo reparativo debe ser realizado por técnicos con conocimientos y destreza, en caso de necesidad consultar con el fabricante.

Es importante tener cuidados básicos para con el equipo, con el objeto de conseguir mejores resultados se debe tener en cuenta:

- Vigilar periódicamente la corriente eléctrica (voltaje disponible) en cada una de las líneas de alimentación, mínimo 208. Verificar el ajuste de las conexiones eléctricas, evitar que la suciedad y la humedad lleguen a los interruptores, contactores, relevadores y a los motores.
- Revisar periódicamente la instalación para detectar y corregir cualquier escape que exista en los sitios del servicio o en la red, los escapes aumentan el número de ciclos de trabajo del equipo por consiguiente aumentan los costos de operación y disminuye la vida del equipo.
- Los tanques salen precargados de fábrica (la precarga de los tanques, está indicada en el reverso de la puerta del tablero) esta precarga debe ser verificada cada mes. Para hacerlo previamente apague el equipo, es decir, coloque el selector del tablero en posición OFF, cierre el registro de suministro a la red, abra el registro del retorno al tanque de succión y saque el agua del tanque.
- Utilice un calibrador de presión de llantas de carro para medir la precarga del tanque, esto lo logra por la válvula de aire colocada en la parte superior del tanque (en caso de no existir precarga o que sea baja, consulte a nuestro Departamento Técnico). Si la precarga es correcta abra el registro de la red, cierre el registro de retorno y coloque el interruptor en posición ON, así empezará a suministrar agua a la red y los tanques comenzando un nuevo ciclo de trabajo.

- En equipos de velocidad variable lea el manómetro en la descarga, observe el amperaje en máximos y mínimos consumos; detecte ruidos extraños.
- Si el tanque de succión se desocupa y el equipo trabaja en seco, las bombas se desceban y aunque el tanque vuelva a llenarse puede ocurrir que el equipo no quede en condiciones de operar, puesto que puede quedar aire en la succión de las bombas. En este caso es necesario quitar los tapones de las bombas y hacerlas trabajar en posición manual (en el tablero) durante un período de tiempo mínimo, con el fin de que salga el agua que contiene aire. Una vez hecho ésto, colocar los selectores C en posición OFF (en el tablero) y roscar el tapón de la bomba con suficiente teflón.

*Tanque Hidroacumulador: es un tanque que contiene aire a determinada presión; ésto hace que impulse el agua almacenada para que llegue al servicio con presión.

** Bomba Líder: es la bomba que consume menos potencia, debe trabajar casi siempre sola, excepto cuando se presenten consumos pico, ésto hace económico el funcionamiento del sistema en cuanto a costos de operación y mantenimiento.

*** Bombas de Apoyo: son las bombas que consumen mayor potencia, pero que entregan un mayor caudal de agua. Generalmente sólo trabajan cuando se presentan grandes consumos.

BIBLIOGRAFIA

BAUMANN, Hans. Válvula de control contra válvula de velocidad variable.

HANSEN, Syncropló IñC. Consumo de energía de sistemas. Reforzadores de presión.

HERBERT y CIA. LTDA. Hydroconstant.

GOMEZ IGNACIO y CIA. LTDA. Equipos hidroneumáticos hidropió. Catálogos.

9

**SISTEMAS DE PROTECCION
CONTRA INCENDIO**

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
ADODAL-SECCIONAL VALLE DEL CAUCA

CURSO TALLER DE INSTALCIONES HIDRAULICAS Y
SANITARIAS

SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS

BERNARDO LENIS
INGENIERO SANITARIO
UNIVERSIDAD DEL VALLE

BENEMERITO CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS - CALI



INSTITUCION DE UTILIDAD COMUN LEY 12 DE 1948

FUNDADO EL 20 DE JULIO DE 1928

AVENIDA DE LAS AMERICAS No. 20-54

APARTADO ASESIO 8121 - CALI - COLOMBIA

TELEFONO ALARMA 19 - CONMUTADOR. 61 41 11 - 61 42 19 - 61 43 06 - 68 92 10

DEPARTAMENTO DE CAPACITACION

ASEGURACION Y DISCIPLINA

INTRODUCCION

Una de las principales causas de mortalidad industrial es la incapacidad para resistir, a nivel mundial, crisis económicas generadas por eventos imprevistos que toman por sorpresa los sistemas de organización general, carentes de elementos de juicio suficientes para administrar adecuadamente una serie de riesgos que siempre estarán presentes en los procesos productivos.

En nuestro medio se presentan en la actualidad brotes aislados tendientes a formular alternativas de solución a problemas relacionados con la prevención, protección, control y transferencia de riesgos industriales.

La ausencia de modelos y tecnologías que permitan determinar con alguna veracidad un diagnóstico real de riesgos han demorado el desarrollo de códigos, normas y leyes que permitan garantizar procesos industriales que contribuyan al cumplimiento de los objetivos de cualquier empresa humana: Rentabilidad y Permanencia.

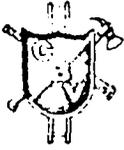
El problema de los incendios no es ajeno a esta situación y ha creado condiciones especiales de defensa empresarial, basadas generalmente en experiencias externas o por recomendación de compañías aseguradoras, que dependiendo de su idoneidad pueden ilustrar en algunos casos las alternativas adecuadas en el manejo de este tipo de riesgo.

Apartémonos un poco y revisemos las estadísticas mundiales que sobre incendios a nivel de residencias particulares se presentan anualmente. Es alarmante conocer que más del 50% de los incendios en el mundo se presentan en el sector residencial y es allí donde se genera el mayor número de víctimas, teniendo en cuenta que su causa principal no es el contacto directo con el fuego o las altas temperaturas producidas por el mismo, sino por la inhalación de gases, vapores, neblinas y partículas de gran toxicidad que resultan de la combustión de los materiales expuestos.

Quando se habla de vulnerabilidad, de sensibilidad, de amenaza, de riesgo; muy común el empleo de la palabra "Prevención" como la redentora de un posible proceso indeseado por causa de alteraciones de índole natural o artificial.

./.

BENEMERITO CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS - CALI



ASMEGACION Y DISCIPLINA

INSTITUCION DE UTILIDAD COMUN LEY 12 DE 1948

FUNDADO EL 20 DE JUNIO DE 1928

AVENIDA DE LAS AMERICAS No 20-34

APARTADO AEREO 5171 - CALI - COLOMBIA

TELEFONO ALARMA 19 - CONMUTADOR. 614111 - 614219 - 614306 - 68 92 10

DEPARTAMENTO DE CAPACITACION

-2-

Somos conscientes de los avances logrados por un grupo de científicos que han determinado con impresionante precisión las zonas de riesgo sísmico en Colombia. Conocemos un decreto que obliga a los constructores (Ingenieros Civiles y Arquitectos principalmente) a presentar diseños y a ejecutar obras de acuerdo a un proyecto en el cual es absolutamente necesario incluir una serie de cálculos que garanticen que la edificación es resistente a los sismos.

Un terremoto es una catástrofe natural que se presenta en períodos de tiempo inferiores a un minuto, que generalmente causa pánico, provoca el daño de centenares de edificios y es causa de muchas pérdidas humanas. No obstante, es un evento cuya frecuencia es baja.

Un incendio es un siniestro que ocurre con mayor frecuencia. Podría decirse que en las principales ciudades de Colombia se presenta un incendio diario, cuya duración varía entre media hora y puede durar varios días (Incendios de Líquidos Combustibles o de Productos Químicos).

La noticia no es tan espectacular como en el primer evento, casi nunca se requiere de ayuda externa pero que al comparar el daño causado tanto a seres humanos como a elementos materiales con los causados por un terremoto en el período normal de frecuencia, serían triplicados. Sin embargo, en los foros especializados en los que se busca avance tecnológico en aspectos constructivos y de espacios, se habla de iluminación, de calor, de comodidad, de acústica, de economía, de magníficos acabados, de caprichosos estilos arquitectónicos, de aprovechamiento de la altura, de resistencia a sismos, de resistencia a vientos. La palabra Incendio, no gusta o crea indisposición (IRRESPONSABILIDAD PREFEJITADA?) en el gremio competente. Esos sistemas encarecen la construcción? ¿No es responsabilidad del arquitecto? ¿No es responsabilidad de los ingenieros sanitarios? ¿El ocupante de la edificación debe conocer estos porremores? ¿Corresponde al Cuerpo de Bomberos local la prevención, protección, control y normalización de los problemas relacionados con los incendios? ¿Será que hace falta la unificación de criterios profesionales debidamente motivados para garantizar la vida a los ocupantes de una edificación y proteger sus bienes?

./.

BENEMERITO CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS - CALI



ARMEGACION Y DISCIPLINA

INSTITUCION DE UTILIDAD COMUN LEY 12 DE 1948

FUNDADO EL 20 DE JULIO DE 1978

AVENIDA DE LAS AMERICAS No 20-54

APARTADO AEREO 8121 - CALI - COLOMBIA

TELEFONO ALARMA 19 - CONMUTADOR 61 41 11 - 61 47 19 - 61 43 06 - 68 92 10

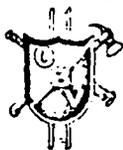
DEPARTAMENTO DE CAPACITACION

-3-

Este curso taller permite dar una información real del problema de los incendios, ubica al Ingeniero Sanitario en el ambiente local respecto al tema y le brinda la posibilidad de manejar los criterios profesionales de diseño, necesarios para garantizar el desarrollo de un campo específico e inexplorado de la Ingeniería Sanitaria. No es posible en esta ocasión, presentar un diseño básico de un sistema hidráulico de protección contra incendios, pues necesitaríamos muchas horas de trabajo. Puede ser esta la oportunidad para que en próximos programas se organice un taller especializado de "Hidráulica Aplicada a incendios" y se cubran aspectos tales como redes urbanos para los servicios de extinción de incendios, sistemas de gabinetes, sistemas de rociadores automáticos, sistemas proporcionadores de espuma, etc.

BENEMERITO CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS - CALI

INSTITUCION DE UTILIDAD COMUN LEY 12 DE 1948



FUNDADO EL 20 DE JULIO DE 1928

AVENIDA DE LAS AMERICAS No. 20-54

APARTADO AEREO 8121 - CALI - COLOMBIA

TELEFONO ALARMA 19 - CONMUTADOR: 61 41 11 - 61 42 19 - 61 43 06 - 68 92 10

DEPARTAMENTO DE CAPACITACION

ASIRGACION Y DISCIPLINA

-4-

CONCEPTOS GENERALES DE HIDRAULICA APLICADA A INCENDIOS

Para la aplicación de métodos científicos a la protección de incendios, y en forma particular a la extinción de fuegos, es esencial un completo entendimiento de los principios de hidráulica. Al igual que en otros fluidos, el agua como compuesto tiene características especiales y además cumple con las leyes universales de temperatura, movimiento, viscosidad, pérdidas por fricción, presión, gravedad, comportamiento de caudales, etc.

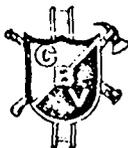
Todos los principios hidráulicos deben ser considerados en cada nivel de la protección contra incendios, desde la aplicación de una simple fórmula para determinar la presión o el caudal requeridos en un punto hasta los más complejos cálculos por computador usados para el diseño de redes de protección contra incendios.

La hidráulica es una rama de la ciencia que define las leyes matemáticas de un líquido en movimiento. La hidráulica aplicada a la protección contra incendios es un área especializada en la cual se pueden incluir las siguientes técnicas:

1. La medida del agua a través de orificios tales como boquillas, monitores, hidrantes; rociadores, proporcionadores de espuma, etc.
2. Las características del agua a través de un conducto cerrado, tales como tuberías principales, ramales secundarios, mangueras, etc.
3. Manejo de conceptos tales como presión, caudal, pérdidas por fricción, turbulencia, etc en sistemas de bombeo estacionarios o en máquinas bomba.
4. La trayectoria, características y comportamiento hidráulico en incendios, instrumentación, evaluación de efectos aditivos como reductores de viscosidad o la formación de espumas para la extinción de líquidos combustibles, inflamables o productos químicos.
5. El suministro adecuado de agua para la protección contra incendios, de acuerdo a la carga combustible de la edificación.

./.

BENEMERITO CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS - CALI



INSTITUCION DE UTILIDAD COMUN LEY 12 DE 1948

FUNDADO EL 20 DE JULIO DE 1928

AVENIDA DE LAS AMERICAS No. 20-54

APARTADO AEREO 8121 - CALI - COLOMBIA

TELEFONO ALARMA 19 - CONMUTADOR 61 41 11 - 61 42 19 - 61 43 06 - 68 92 10

DEPARTAMENTO DE CAPACITACION

AMBEGACION Y DISCIPLINA

-5-

6. Relación entre sistemas fijos y sistemas manuales de protección contra incendios.

CARACTERISTICAS Y COMPORTAMIENTO DEL AGUA EN LOS INCENDIOS

El agua está reconocida universalmente como el elemento extintor de mayor disponibilidad y como el más eficiente. Esta puede ser aplicada en diferentes formas para lograr el control de fuegos y sus resultados pueden ser medidos y analizados de una manera científica. El agua ha sido usada en el combate de incendios por más de doscientos años, pero solamente en el último siglo ha sido evaluada completamente y aplicada con máxima eficiencia.

Al igual que muchos compuestos conocidos, el agua tiene ciertas características que influyen en su comportamiento en diferentes condiciones. Varía desde la más pequeña cantidad medible de vapor a la solidificación a temperaturas por debajo de cero grados, pero dentro de estos límites se sigue un comportamiento identificable de acuerdo a leyes científicas.

Cuando aplicamos principios de hidráulica a la protección contra incendios, es importante seguir un método sistemático, identificando símbolos y definiciones, usando lógica matemática para resolver problemas hipotéticos, determinando y evaluando resultados.

INCENDIOS EN EDIFICACIONES

En la mayoría de los edificios existe un factor común relacionado con la carga combustible. Generalmente lo componen combustibles sólidos ricos en celulosa que producen gran cantidad de calor al arder. El agua es el agente extintor por excelencia porque tiene el más alto poder de absorción de las sustancias hasta ahora conocidas.

El grado mayor de absorción de calor logrado por el agua se presenta cuando se logra la vaporización, por lo tanto, la tendencia hacia el diseño y utilización de equipos y utensilios destinados a la lucha contra el fuego, debe ser hacia la optimización en la producción de vapor de agua. El agua que no se vaporiza contribuye muy poco a la extinción de un incendio.

./.

BENEMERITO CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS - CALI



INSTITUCION DE UTILIDAD COMUN LEY 12 DE 1948

FUNDADO EL 20 DE JUNIO DE 1928

AVENIDA DE LAS AMERICAS No 20-54

APARTADO AEREO 8121 - CALI - COLOMBIA

TELEFONO ALARMA 19 - CONMUTADOR: 61 41 11 - 61 42 19 - 61 43 06 - 48 92 10

ASEGURACION Y DISCIPLINA

DEPARTAMENTO DE CAPACITACION

-6-

Cuando en un edificio no ha sido posible controlar arquitectónicamente la entrada y salida de aire caliente producido por un posible incendio, estaríamos hablando de incendio en edificios no confinados. Existen dos variables fundamentales que deben ser controladas con el uso apropiado del agua:

- a. La velocidad de transferencia de calor al agua de la carga combustible.
- b. El calor residual dentro del edificio.

ETAPAS DEL FUEGO

1. Período Incipiente: Caracterizado por las siguientes condiciones:

- a. Combustión sin llamas
- b. Producción de humo.
- c. Poca disminución de oxígeno en la atmósfera interior.
- d. Poca aumento de temperatura en el interior.
- e. El daño mayor es causado por el humo.

2. Período de producción de llamas

(Contenido de oxígeno en la atmósfera entre el 21% y el 15%)

- a. Aumento rápido de la velocidad de consumo de combustible
- b. Período de destrucción
- c. Contenido de calor de la atmósfera aumenta.
- d. Se presenta aumento de la presión interna.
- e. El calor mayor se localiza en zonas elevadas de la edificación.

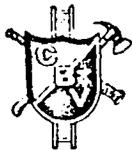
3. Período de rescoldo.

(Contenido de oxígeno menor del 15%).

- a. Disminución de la velocidad de consumo de combustible.
- b. Pérdida de calor atmosférico.
- c. Disminución de la presión interior.
- d. Explosión potencial de humo.

./.

BENEMERITO CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS - CALI
 INSTITUCION DE UTILIDAD COMUN LEY 12 DE 1948



FUNDADO EL 20 DE JULIO DE 1928
 AVENIDA DE LAS AMERICAS No 20-34
 APARTADO AEREO 8121 - CALI - COLOMBIA
 TELEFONO ALARMA 19 - CONMUTADOR 61 41 11 - 61 42 19 - 61 43 06 - 68 92 10

DEPARTAMENTO DE CAPACITACION

ABNEGACION Y DISCIPLINA

-7-

CRITERIOS BASICOS DE DISEÑO DE SISTEMAS HIDRAULICOS DE
 PROTECCION CONTRA INCENDIOS

Análisis de norma ICONTEC 1669 adjunta.

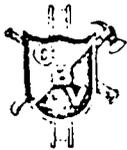
ANALISIS ECONOMICO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION
 CONTRA INCENDIOS

Siendo el hombre la pieza fundamental de cualquier organización, es quien ha tomado las decisiones técnico - económicas que permiten la implementación de sistemas hidráulicos de protección contra incendios.

Es lógico pensar que en la medida en que aumenta el nivel de protección en una edificación, partiendo de elementos básicos como la correcta selección y ubicación de extinguidores portátiles en las áreas respectivas y llegando hasta el diseño e instalación de complejas redes de rociadores automáticos, asociados con sistemas especializados de detección, comunicación y alarma computarizados, existe una relación directa respecto al costo de la protección. De otro lado, las pérdidas posibles ocasionadas por un incendio en una edificación disminuyen en la medida en que mejora el nivel de protección. En otras palabras, serían mucho mayores las posibles pérdidas por incendio en un edificio con sistema portátil de protección, que las pérdidas en una edificación que disponga de una eficiente red para casos de incendios. El nivel mínimo de protección con que se debe proyectar y construir un edificio, depende entonces de sus características particulares, generalmente indicadores típicos de un estudio de costos de riesgos y protecciones. Cruzando los dos conceptos anteriores, costo de las posibles pérdidas y costo de los elementos de protección, contra el nivel deseado de la protección en un edificio determinado, nos da como resultante el punto mínimo, desde el punto de vista económico de equipos y acciones destinados a la lucha contra el fuego.

./.

BENEMERITO CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS - CALI



INSTITUCION DE UTILIDAD COMUN LEY 12 DE 1948

FUNDADO EL 20 DE JULIO DE 1928

AVENIDA DE LAS AMERICAS No. 20-54

APARTADO AEREO 8121 - CALI - COLOMBIA

TELEFONO ALARMA 19 - CONMUTADOR 61 41 11 - 61 42 19 - 61 43 06 - 68 92 10

DEPARTAMENTO DE CAPACITACION

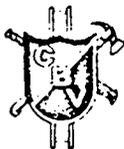
ABNEGACION Y DISCIPLINA

-8-

Quando se hacen los análisis de costos es necesario tener muy presente el dato que suministran las compañías de seguros al respecto. Existen actualmente descuentos en las primas anuales del amparo básico contra incendios hasta por el sesenta y cinco por ciento (65%) del valor total, valores que permiten que la implementación de los sistemas hidráulicos de protección contra incendios sean rentables.

La eficiencia de los sistemas hidráulicos de protección contra incendios depende indudablemente del funcionamiento armónico del sistema "Equipo-hombre y medio ambiente". Por tal razón, un buen balance podrá lograrse a partir de una sólida formación en cuanto a diseño, interventoría y prueba de sistemas; capacitación en revisión, mantenimiento, manejo y actualización de los equipos y una identidad y participación comunitaria respecto al manejo del riesgo.

BENEMERITO CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS - CALI



ABNEGACION Y DISCIPLINA

INSTITUCION DE UTILIDAD COMUN LEY 12 DE 1948

FUNDADO EL 20 DE JUNIO DE 1928

AVENIDA DE LAS AMERICAS N.º 20-54

APARTADO AEREO 8121 - CALI - COLOMBIA

TELEFONO ALARMA 19 - CONMUTADOR 61 41 11 - 61 42 19 - 61 43 06 - 68 92 10

DEPARTAMENTO DE CAPACITACION

-9-

BIBLIOGRAFIA

- . Introduction to Fire Protection For Business and Industry.
Third edition
National Fire Protection Association
- . Hydraulics For Fire Protection
11 edition - 1980
Harry E. Hickey
National Fire Protection Association
- . Tácticas en el combate de incendios
13 edition
Hoyd Isyman
National Fire Protection Association
- . Regla técnica para las instalaciones de rociadores automáticos de agua.
Cepreven R.T. 1 - .ROC

**INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
CODIGO PARA EL SUMINISTRO Y DIS-
TRIBUCION DE AGUA PARA EXTINCION
DE INCENDIOS EN EDIFICACIONES
SISTEMA DE HIDRANTES
1981 - 10 - 07**

1. OBJETO

Este Código tiene por objeto, establecer las condiciones mínimas que se requieren para el suministro y distribución de agua, para la protección contra incendios en edificaciones, utilizando agua como agente extintor.

2. DEFINICIONES Y CLASIFICACION

2.1 DEFINICIONES

Para los efectos del presente Código, se deben tomar las definiciones dadas en la Norma ICONTEC-1 478, así como las que a continuación se enumeran:

2.1.1 Tubería vertical: Tubería continua de diámetro adecuado a la altura de la edificación, que se extiende verticalmente con ramificaciones para las tomas de agua. (Ver números 4.1.1.2 y 4.1.1.9).

2.1.2 Ramal principal: Tramo horizontal de la red de tuberías, conectado a la tubería vertical, y que alimenta a los ramales secundarios.

2.1.3 Ramal secundario: Tramo de tubería horizontal o vertical, de menor diámetro que el de los anteriores, y cuya función es suministrar agua a dispositivos contra incendio, tales como las reserwas automáticas, gabinetes de incendio internos, o a las tomas de agua en la edificación.

2.1.4 Toma de agua: Toma de agua normalizada, compuesta por una salida en una tubería de conducción, una válvula y, según el caso, un tapón.

2.1.5 Regadera automática: Dispositivo fijo normalmente cerrado por un obturador, el cual se mantiene en su posición, mediante un mecanismo calibrado de acuerdo con las condiciones de temperatura que exige la edificación. El mecanismo obturador cesa su acción, cuando se produce la llama o calor necesarios para vencer la temperatura para la cual ha sido diseñada, e inmediatamente, se produce a través de ésta la descarga del agua.

2.1.6 Conexión sumera: Accesorio conectado a un sistema de extinción de incendios, instalado en un muro de fachada de una edificación. Consiste de dos entradas, y va acompañada por una válvula de retención (cheque). Su función es permitir un suministro adicional de agua al sistema en caso de incendio. Las sumeras se colocan para el uso del Cuerpo de Bomberos, quienes inyectan a través de dicha válvula, el agua necesaria al sistema. (Ver figuras 1, 2, 3 y 4).

2.1.7 Rosca NST: Rosca normalizada "American National Fire Hose Connection Screw Thread" (Ver numeral 9.1).

ICONTEC 1669

CA.124/79

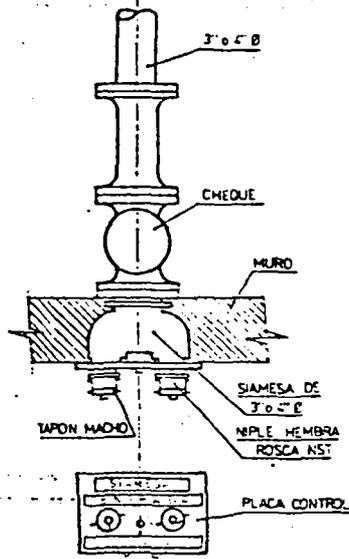


Figura 1

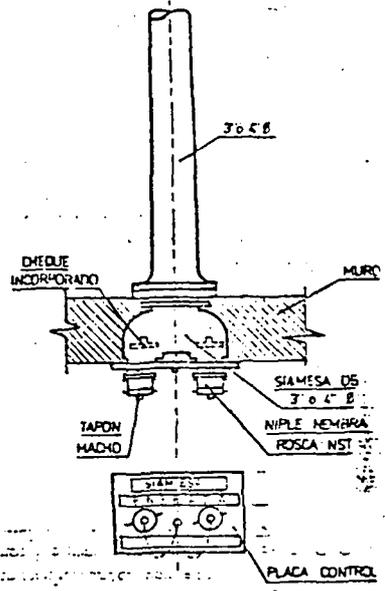


Figura 2

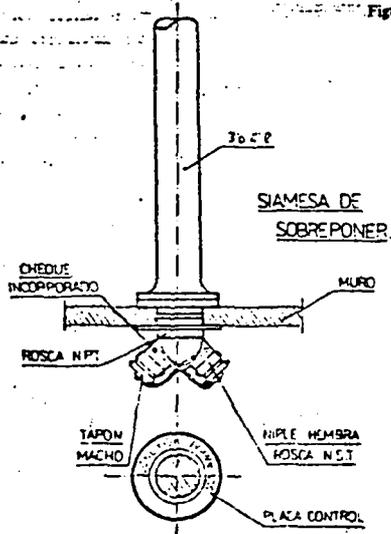


Figura 3

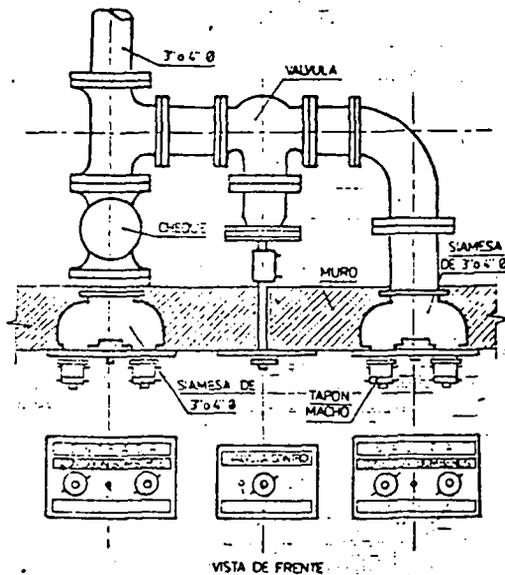


Figura 4

2.1.8 Bomba de incendio: Bomba de agua constituida y equipada para satisfacer las condiciones de lucha contra incendios. Pueden ser: centrífugas, rotatorias o de pistón.

2.1.9 Hidrante de pared o gabinete de incendios: Conjunto compuesto de una llave de hidrante, una longitud de manguera semirrigida sobre caja o devanador (Ver numeral 4.1.2.2), un pitón de niebla, una llave de sujeción, un extintor, de acuerdo con las clases de fuego especificadas en la Norma ICONTEC 1 456, y eventualmente, un hacha de incendio. (Ver figuras 5, 6 y 7).

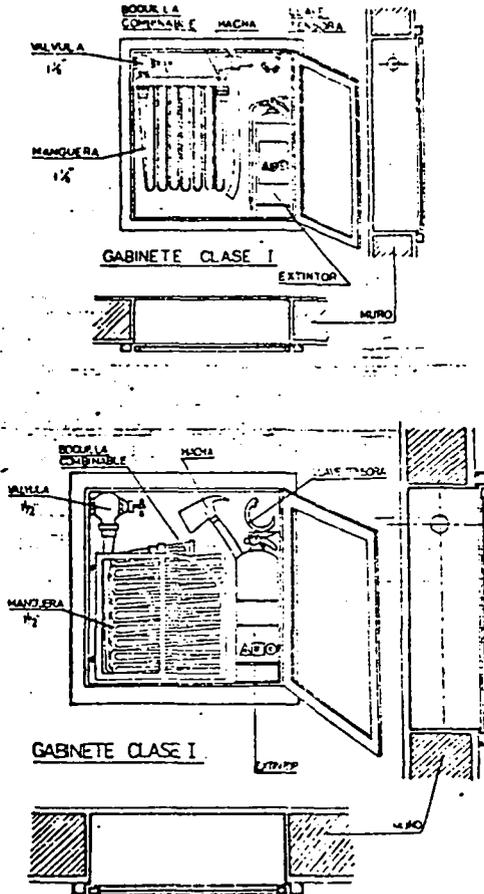


Figura 5 - Tipos de gabinetes para la clase I

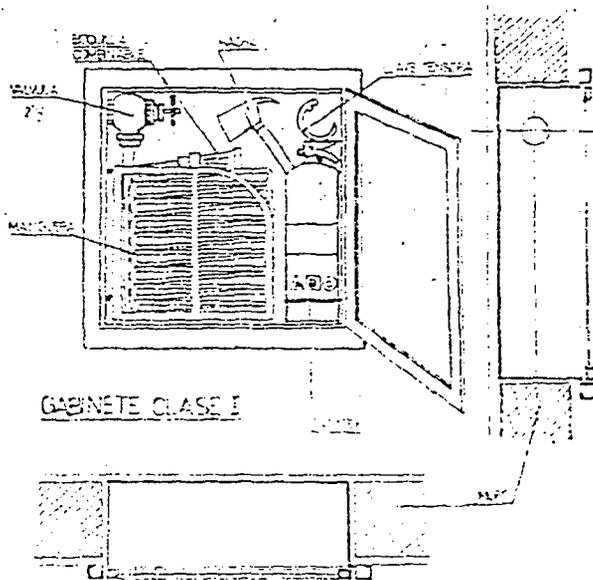
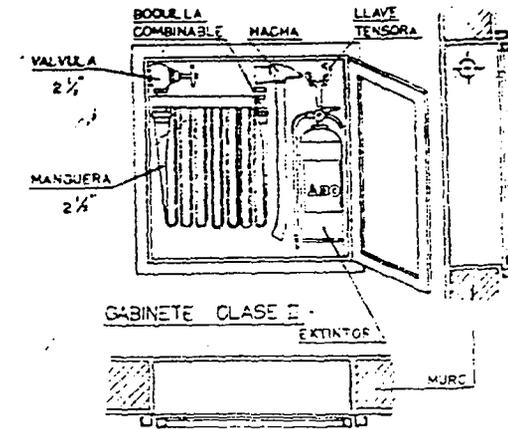


Figura 6 - Tipos de gabinetes para la clase II

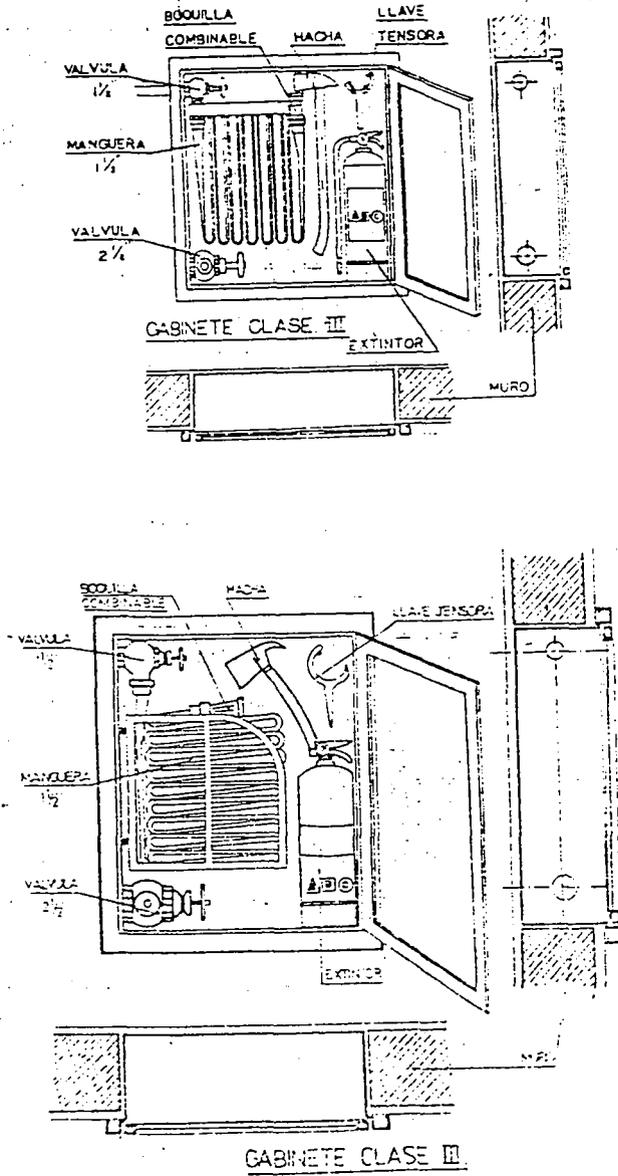


Figura 7 - Tipos de gabinetes para la clase III

2.1.10 Carga calorífica : Cantidad de calor por metro cuadrado, que puede ser liberada en una edificación como resultado de la combustión de los materiales existentes.

2.2 CLASIFICACION

2.2.1 Los sistemas de extinción de incendios se clasifican en:

2.2.1.1 Sistema de hidrantes : Sistema de extinción de incendios, compuesto por una red de tuberías, válvulas, gabinetes de incendio, tomas de agua y un medio de impulsión de agua. (Ver figuras 8,9 y 10).

a - De acuerdo con la manera prevista para combatir un incendio, el sistema de hidrantes puede ser de las tres siguientes clases :

Clase I. Para uso principal de los ocupantes de la edificación. (Mangueras de 3,8 cm (aproximadamente 1 1/2 pulg.) de diámetro). Para edificaciones clasificadas como de riesgo leve y no mayores de 18 m de altura. (Ver figura 1 y numeral 2.2.2.1).

Clase II. Para ser usado por el Cuerpo de Bomberos y por aquellas personas entrenadas para maniobrar con chorros fuertes. (Mangueras de 6,4 cm (aproximadamente 2 1/2 pulg.) de diámetro). (Ver figura 6).

Clase III. Sistema en el que se combinan las clases anteriores, para el uso, tanto del Cuerpo de Bomberos, como de aquellas personas entrenadas para maniobrar con chorros fuertes, o para el uso de los ocupantes de edificaciones clasificadas como de riesgo moderado y alto, o que excedan de 18 m de altura. (Ver figura 7 y numerales 2.2.2.2 y 2.2.2.3).

b - De acuerdo con la forma de operación, el sistema de hidrantes puede ser de los siguientes tipos.

Sistema de tubería húmeda, el cual tiene la válvula de suministro permanentemente abierta, manteniendo agua a presión.

Sistema de suministro automático, diseñado para admitir agua a la red de tuberías mediante operación manual o mediante un diseño aprobado de control remoto, ubicado en cada conexión de manguera.

Sistema de tubería seca, el cual no tiene suministro permanente de agua.

2.2.1.2 Sistema combinado. Aquel donde la tubería vertical, abastece a un sistema de hidrantes y a un sistema de regaderas.

2.2.2 Para efectos de este Código, el riesgo se puede clasificar así :

2.2.2.1 Riesgo leve. Se tomarán como de riesgo leve, a aquellas ocupaciones donde la cantidad de los materiales presentes es baja, su combustibilidad es baja y su tasa de liberación de calor es baja, y aquellas que tengan una carga combustible, inferior a 35 kg/m² en términos de madera.

Ocupaciones características de este riesgo pueden ser: edificios de apartamentos u oficinas, escuelas, iglesias, clubes, hospitales, asilos, salas de computadores, restaurantes.

2.2.2.2 Riesgo moderado. Aquel que se presente en edificaciones donde se encuentren materiales que puedan arder con relativa rapidez, o que produzcan gran cantidad de humo, y cuya carga combustible esté entre 35 y 75 kg/m² en términos de madera.

Ocupaciones características de este riesgo pueden ser : garajes, plantas de cemento, plantas procesadoras de alimentos, panaderías, fábrica de bebidas, fábrica de joyas, plantas de electrónica, lavanderías, fábricas de vidrio.

2.2.2.3 Riesgo alto. Aquel que se presente en edificaciones, donde se encuentren materiales que puedan arder con rapidez, y/o donde se producen humos, vapores tóxicos, y/o exista la posibilidad de explosión, y cuya carga combustible sea superior a 75 kg/m² en términos de madera.

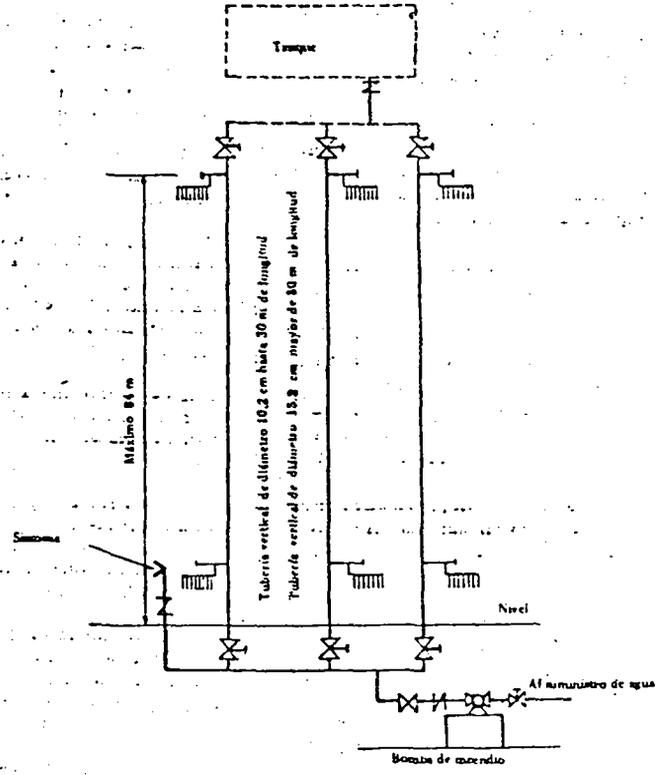


Figura 8 - Sistema típico de una zona

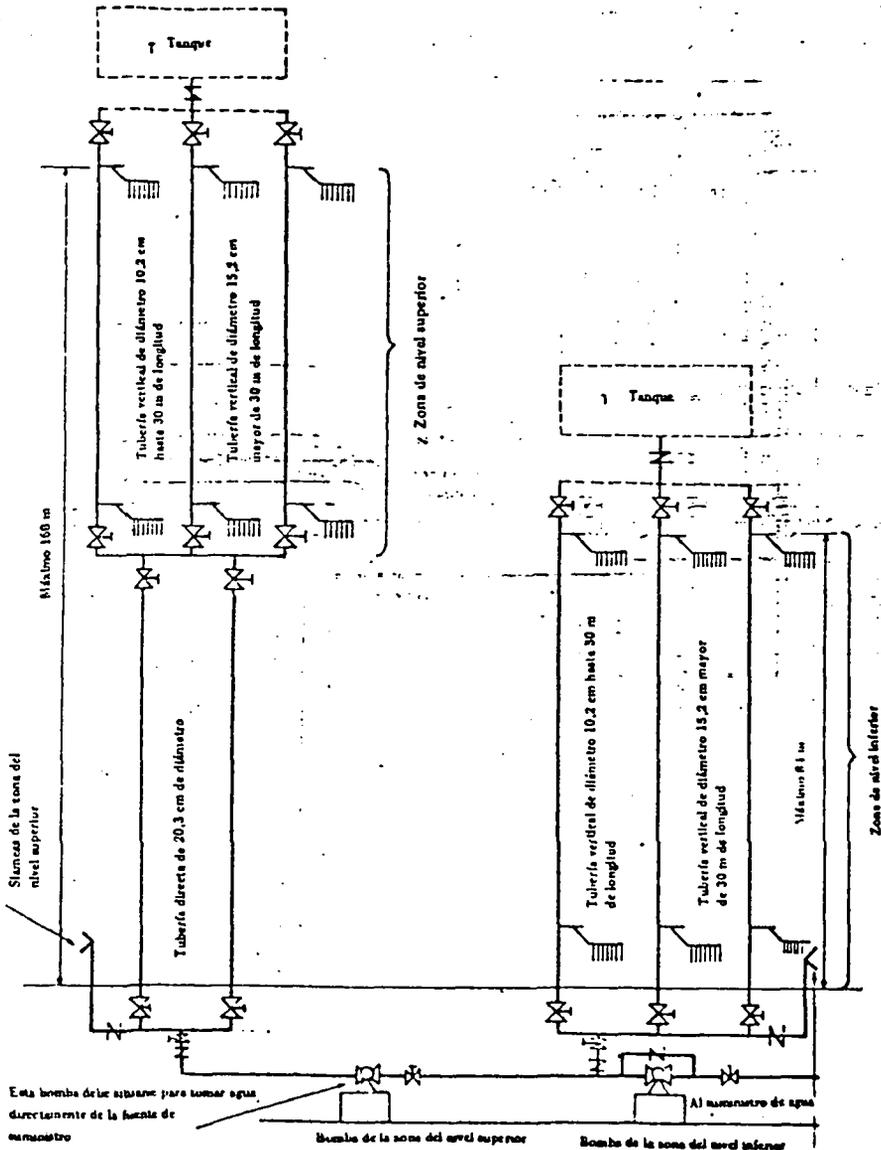


Figura 9 - Sistema típico de dos zonas

Sumos de la zona del nivel inferior

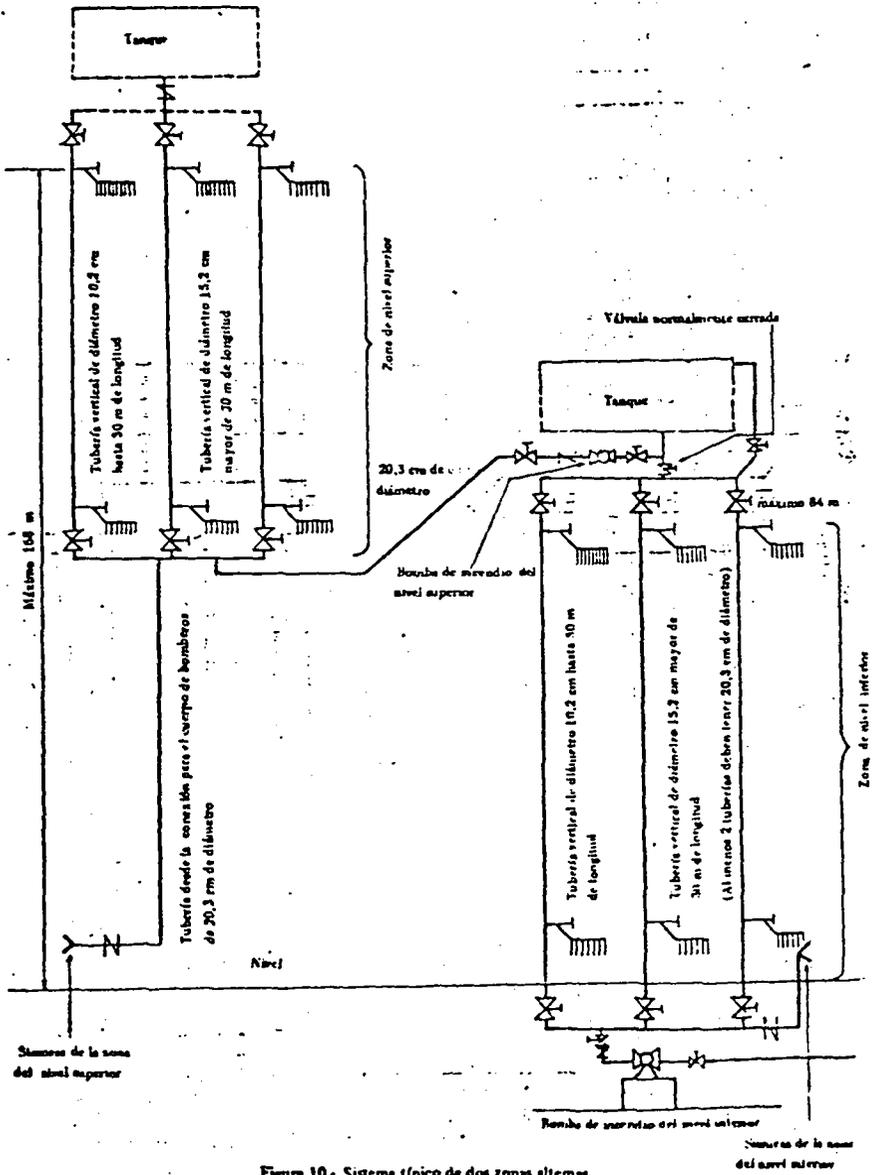


Figura 10 - Sistema típico de dos zonas alterna

2.2.2.3 Cont.

Construcciones características de este riesgo pueden ser: fábricas procesadoras de algodón, abridores y batanes textiles, plantas de procesamiento y almacenamiento de líquidos inflamables, plantas de fabricación de madera prensada, fábricas de colchones de espuma, bodegas de alto volumen de almacenamiento de algodón.

3. CONDICIONES GENERALES

3.1 Toda edificación debe estar dotada de un sistema de protección contra incendio, de acuerdo con el riesgo y tipo de construcción de la misma, y cuélese a lo especificado en este Código.

3.2 El sistema de suministro y distribución de agua para la extinción de incendios en una edificación, debe ser independiente del sistema de agua potable para el consumo diario, si igual que sus tanques de reserva para este fin. En algunos casos, se puede aceptar que el tanque de reserva general de la edificación, contenga también la reserva para protección contra incendios, siempre y cuando, la toma de agua potable se lo cauce a una altura tal del fondo del tanque, de tal forma que la cantidad de agua que quede por debajo de este nivel en dicho tanque, corresponda a la reserva de agua estipulada en este Código.

Las edificaciones que cuenten con bombas de capacidad superior a 16 l/s, deben proveerse de las facilidades necesarias para alimentar el tanque inferior de suministro desde otras fuentes exteriores, tales como: huarantes públicos, carotanques o carros de bomberos. (Ver figura 11).

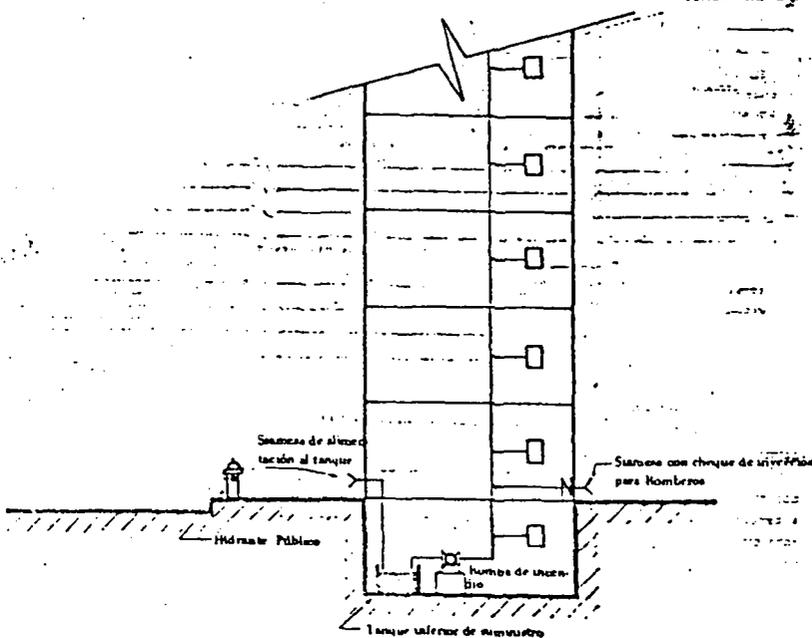


Figura 11 - Fuentes adicionales de suministro de agua

3.3 Se prohíbe el uso de tuberías plásticas, para toda clase de servicios en los sistemas contra incendio, a excepción de las tuberías subterráneas, de acuerdo con las especificaciones dadas en la Norma ICONTEC 1 500. El tipo de tubería utilizado en el sistema, debe referirse a lo especificado en este Código.

3.4 El suministro eléctrico de las bombas utilizadas en el sistema de protección contra incendios, debe tener acometida, circuito e interruptor independientes, de tal manera que al desconectarse la corriente de los demás circuitos de la edificación, ésta quede energizada; también debe protegerse adecuadamente contra daños físicos y de incendio. Cuando exista planta de emergencia, el suministro eléctrico debe estar conectado a ella. (Ver figura 12).

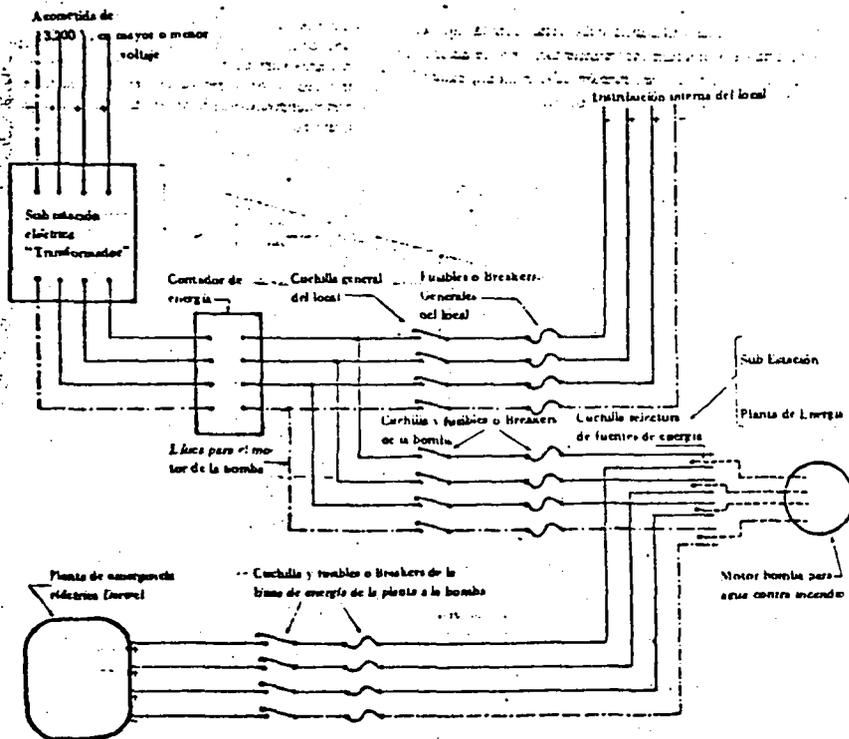


Figura 12 - Esquema para la instalación de bomba contra incendio

4 REQUISITOS

4.1 SISTEMA DE HIDRANTES

4.1.1 Tamaño y colocación de las tuberías verticales.

4.1.1.1 Las dimensiones de las tuberías verticales, deberán depender del diámetro y del número necesario de tomas de agua funcionando simultáneamente, además de la distancia desde el suministro hasta las tomas de agua.

4.1.1.2 En los sistemas para los servicios de las Clases II y III, cada tubería vertical, deberá diseñarse para el caudal necesario, pero en ningún caso, deberá ser menor de 32 l/s. — 500 20 mm

Cuando se requiere un solo tubo vertical, la tubería de suministro deberá diseñarse para el caudal necesario, pero en ningún caso, deberá ser menor de 32 l/s.

Cuando se necesita más de una tubería vertical, la tubería de suministro deberá diseñarse para abastecer el caudal necesario; sin embargo, dicho caudal no deberá ser inferior a 32 l/s, debido a la tubería vertical, más 16 l/s por cada tubería vertical adicional, pero el caudal total no podrá ser mayor de 158 l/s.

a - Cuando la tubería vertical no exceda de 30 m de altura, el diámetro mínimo deberá ser de 10,2 cm (aproximadamente 4 pulg).

b - Cuando la tubería vertical exceda de 30 m de altura, el diámetro mínimo deberá ser de 15,2 cm (aproximadamente 6 pulg).

c - La máxima altura de una tubería vertical, deberá ser de 84 m. Por lo tanto, cuando se exceda la altura dada anteriormente, se deberá tener una distribución adecuada por zonas, excepto cuando se contemple lo especificado en el numeral 4.1.1.3.

d - Se aceptarán diámetros de tuberías diferentes cuando, por cálculos hidráulicos comprobados, se garantice el cumplimiento de las especificaciones de presión y caudal contempladas en este Código.

4.1.1.3 Se permitirán alturas de zonas que excedan de 84 m, cuando se tengan instalaciones reguladoras de presión, que controlen la misma en cada toma de agua.

Además, se cumplirán los siguientes requisitos.

a - La máxima altura de una zona, no deberá ser mayor de 122 m.

b - La instalación deberá diseñarse para obtener una presión que no exceda de 0,7 MPa (aproximadamente 100 lb/pulg²), para el uso del Cuerpo de Bomberos y en la válvula para el uso de los ocupantes de la edificación; la presión no deberá exceder de 0,45 MPa (aproximadamente 65 lb/pulg²) ni menor de 0,38 MPa (aproximadamente 55 lb/pulg²).

La tubería y accesorios, deberán diseñarse para soportar la máxima presión del sistema.

4.1.1.4 Cuando la instalación se diseñe para conexiones de mangueras de 6,4 cm (aproximadamente 2 1/2 pulg) de diámetro, en combinación con instalación de regaderas automáticas, el diámetro mínimo de las tuberías verticales, deberá ser de 15,2 cm (aproximadamente 6 pulg).

4.1.1.5 Cuando cada zona requiera la instalación de bombas, estas deberán ser independientes, sin que esto excluya el uso de bombas en serie.

4.1.1.6 Cuando las bombas estén a un mismo nivel, y alimenten a dos o más zonas, cada zona deberá tener una tubería vertical independiente, no inferior a 20,3 cm (8 pulg) de diámetro. Cuando la zona tenga dos o más tuberías verticales, por lo menos dos de estas, deberán ser de 20,3 cm (aproximadamente 8 pulg) de diámetro. (Ver figura 9).

4.1.1.7 Cuando el suministro de agua para cada zona es bombeada de la zona inmediatamente inferior, y la tubería o tuberías verticales de la zona inferior se usen para subir el agua, las tuberías verticales deberán cumplir con lo establecido en el numeral

4.1.1.6. Por lo menos dos líneas deberán existir entre las zonas, y una de ellas, deberá permitir alimentar directamente la zona superior desde la inferior.

4.1.1.8 Cuando una zona superior no pueda alimentarse con los equipos del Cuerpo de Bomberos y no tenga una presión residual suficiente, deberá instalarse otro medio para el suministro de agua, tal como tanques elevados, tanques hidroneumáticos u otro sistema de bombeo aprobado previamente.

4.1.1.9 Para mantener una presión positiva en todas las zonas del sistema de tuberías, deberá disponerse de un medio apropiado.

4.1.1.10 En los sistemas para el servicio de la Clase I, cada tubería vertical, deberá diseñarse para transportar un caudal mínimo de 6,3 l/s, y deberá tener un diámetro mínimo de 6,4 cm (aproximadamente 2 1/2 pulg). Cuando se requieran una o más tuberías verticales, el suministro deberá diseñarse para transportar el caudal necesario, pero en ningún caso deberá ser menor de 6,3 l/s.

Las tuberías que no excedan de 18 m de altura, deberán tener un diámetro mínimo de 6,4 cm (aproximadamente 2 1/2 pulg).

4.1.2 Número y localización de las tuberías verticales y de las conexiones de mangueras.

4.1.2.1 Factores determinantes. El número y colocación de las tuberías verticales y equipos necesarios para una protección adecuada, deberán estar determinados por las condiciones del local tales como, el tipo de ocupación, las características y construcción de la edificación, la exposición al exterior y su accesibilidad. Esta dotación, deberá estar ceñida y aprobada, de acuerdo con lo establecido en este Código.

4.1.2.2 Número de tuberías verticales. La distribución de los gabinetes de incendio, para los servicios de las tres clases, deberá ser de tal manera, que todas las partes de la edificación queden a una distancia libre máxima de 9 m de la boquilla, cuya manguera no deberá tener más de 30 m de longitud.

4.1.2.3 Localización de las tuberías verticales

a - Las tuberías verticales, deberán estar colocadas en lugares adecuados, para protegerlas de los agentes exteriores.

4.1.2.3 Cont.

b - Igualmente, deberá dárseles una protección adecuada contra esfuerzos mecánicos y contra daños posibles causados por el fuego.

c - Las tuberías verticales secas, no deberán colocarse dentro de muros o pilastras.

d - En edificaciones con numerosas particiones, las tuberías verticales deberán estar colocadas de tal forma, que puedan llevarse sumales a cualquier sitio.

e - Las tuberías verticales podrán colocarse en ductos interiores.

4.1.2.4 Conexiones de mangueras. Todas las conexiones de manguera y tomas de agua, deberán llevar roscas normalizadas NST.

a - Las tuberías verticales, para el servicio de la Clase I, deberán ir provistas en cada piso, de conexiones para mangueras de 3,8 cm (aproximadamente 1 1/2 pulg) de diámetro.

b - Las tuberías verticales para el servicio de la Clase II, deberán ir provistas en cada piso, de conexiones para mangueras de 6,4 cm (aproximadamente 2 1/2 pulg) de diámetro. Se deberá tener, por lo menos una toma de agua para suministrar a la cubierta, cuando ésta es combustible, o cuando la edificación alberga materiales combustibles.

c - Las tuberías verticales, para el servicio de la Clase III, deberán ir provistas en cada piso, de conexiones para mangueras de 3,8 cm (aproximadamente 1 1/2 pulg) y de 6,4 cm (aproximadamente 2 1/2 pulg) de diámetro. Se deberá tener, por lo menos una toma de agua para suministrar a la cubierta cuando ésta es combustible, o cuando la edificación alberga materiales combustibles.

d - Se podrán utilizar gabinetes Clase I, en edificaciones mayores de 18 m, siempre y cuando se respeten los caudales, diámetros y presiones para esas edificaciones y se instale una válvula de 6,4 cm (aproximadamente 2 1/2 pulg), (Ver figura 13), para el uso del Cuerpo de Bomberos en la escalera de incendio o de emergencia. (Ver Norma ICONTEC en proceso C11.10/79)

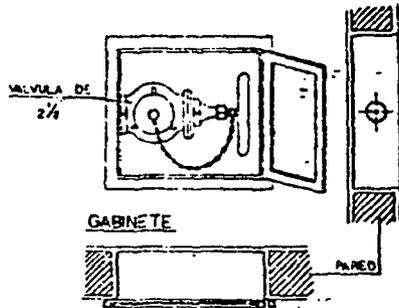


Figura 13 - Válvula para el cuerpo de bomberos

4.1.3 Válvulas para mangueras

4.1.3.1 Localización de las mangueras

a. Las válvulas para mangueras deberán colocarse en tal forma, que puedan ser alcanzadas con facilidad por una persona, estando de pie en el piso, y en ningún caso, debe estar por encima de 1,8 m del piso. Además, deberán colocarse en zonas comunes de fácil acceso.

b. Las válvulas para mangueras, para los servicios de las tres Clases, deberán estar ubicadas adecuadamente en un gabinete de incendio, con las bocas conectadas a las mangueras permanentemente y dirigidas hacia abajo. (Ver figuras 5, 6 y 7).

c. Cuando exista la posibilidad de exposición a fuegos externos y no se cuente con un hidrante en la red pública o no se puede instalar, se deberá conectar una toma de agua de 6,4 cm (2 1/2 pulg) a nivel del primer piso, por cada 50 m horizontales de fachada expuesta (Ver figuras 4 y 14).

4.1.3.2 Mangueras. Las válvulas para mangueras, para ser utilizadas por los ocupantes de la edificación (Clases I y II), deben equiparse con mangueras de 3,8 cm (aproximadamente 1 1/2 pulg) de diámetro, fijadas en forma adecuada y listas para ser utilizadas. La longitud máxima de estas mangueras...

4.1.3.3 Gabinetes de incendio

a. Los gabinetes para los servicios de las Clases I y III deberán llevar mangueras de 3,8 cm (aproximadamente 1 1/2 pulg) de diámetro, y un devanador u otro medio similar previamente aprobado, que permita su extensión fácil y rápida.

b. Cada gabinete deberá llevar en forma permanente, las indicaciones e instrucciones de operación, claramente visibles.

c. Los gabinetes deberán localizarse lo más cerca posible a la tubería vertical. Las salidas para los servicios de las Clases I y III, deberán colocarse en los corredores o áreas cercanas a las escaleras de incendio o de emergencia, o en áreas protegidas.

Los gabinetes para el servicio de la Clase II, deberán colocarse en áreas protegidas, o en las escaleras de emergencia. En edificaciones de áreas muy grandes, podrá ser necesario colocarlos sobre columnas o muros interiores.

4.1.3.4 Boquillas

a. Las boquillas deberán ser del tipo graduable chorro-neblina.

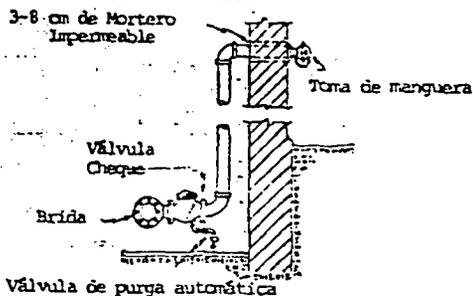


Figura 14 - Conexión siamesa

4.1.3.4 Cont.

El coeficiente de descarga (K), utilizado en la siguiente fórmula, no deberá exceder de 7.5 :

$$Q = 0,76007 K \sqrt{P}; \quad Q = \text{descarga en l/s y} \\ P = \text{Presión en MPa}$$

$$Q = 0,23793 K \sqrt{P}; \quad Q = \text{descarga en l/s y} \\ P = \text{Presión en kg/cm}^2$$

$$Q = K \sqrt{P}; \quad Q = \text{descarga en galones/min y} \\ P = \text{Presión en lb/pulg}^2$$

4.1.3.5 Identificación del sistema de tubería seca.
En toda conexión de manguera, en el sistema de tubería seca, deberá colocarse un aviso durable y perfectamente legible que diga: " Sistema de tubería seca, para uso exclusivo del Cuerpo de Bomberos "

4.1.4 Suministro de agua

4.1.4.1 - Factores determinantes. El suministro de agua necesario deberá depender del tamaño y del número de tomas de agua requeridos en la edificación y del tiempo previsto en la operación.

4.1.4.2 Características del suministro de agua

a. Todos los sistemas de tuberías verticales, excepto el de tubería seca, deberá tener un tipo de suministro de acuerdo con los requisitos establecidos en este Código. Se podrá aceptar cualquier tipo de suministro con capacidad para abastecer automáticamente las tomas de agua necesarias, para la protección total durante el tiempo requerido. En algunos casos, será necesario más de una fuente de suministro.

b. El suministro de agua aceptado podrá ser

4.1.4.2 Con:

1. Abastecimiento de la red pública, cuando estén garantizados el caudal y la presión necesarios.

2. Bombas asistáticas.

3. Bombas controladas manualmente, en combinación con tanques de presión.

4. Tanques de presión hidroneumáticos.

5. Tanques de gravedad.

6. Bombas controladas manualmente mediante operación a control remoto desde la toma de agua o gabinete.

c- Se deberá tener, por lo menos una fuente de suministro con capacidad para abastecer lo necesario, mientras se operan otras fuentes.

d- Cuando el suministro abastece a un sistema de tuberías verticales y a un sistema de regaderas, deberán cumplirse los requisitos para ambos sistemas.

e- Cuando el abastecimiento sea de la red pública, deberán tomarse las precauciones adecuadas para evitar la posible contaminación de ésta.

4.1.4.3 Tanque de reserva para el servicio de la Clase I.

El tanque de reserva para el servicio de la Clase I, deberá ser suficiente para abastecer 6,3 l/s, durante un período mínimo de 30 minutos. El suministro deberá ser suficiente para abastecer, a la salida más lejana, con 6,3 l/s y a una presión residual de 0,38 MPa (aproximadamente 55 lb/pulg²).

4.1.4.4 Tanque de reserva para el servicio de la Clase II.

a- El tanque de reserva para el servicio de la Clase II, deberá ser suficiente para abastecer 32 l/s, durante un período mínimo de 30 minutos.

b- Cuando se necesite más de una tubería vertical, el tanque de reserva deberá tener una capacidad para suministrar 32 l/s, por la primera tubería, más 16 l/s por cada tubería adicional, durante un período mínimo de 30 minutos. Sin embargo, el suministro máximo deberá ser de 158 l/s, durante el tiempo mencionado.

c- El sistema de suministro, deberá abastecer a la salida más lejana con 32 l/s, y a una presión residual mínima de 0,38 MPa (aproximadamente 55 lb/pulg²).

4.1.4.5 Tanque de reserva para el servicio de la Clase III.

El tanque de reserva para el servicio de la Clase III, deberá tener la misma capacidad que el de la Clase II y el sistema de suministro deberá cumplir con los requisitos de presión dados en el numeral 4.1.4.3.

4.1.4.6 Conexiones para el uso del Cuerpo de Bomberos.

a- La edificación deberá estar provista, cuando se especifican los servicios de las Clases II y III, de una o más conexiones siamesas, para el uso del Cuerpo de Bomberos. Los servicios de la Clase I, podrán llevar o no, conexiones siamesas de acuerdo con las condiciones de la edificación.

b- En edificaciones muy altas, donde se tienen dos o más zonas, se coloca una conexión siamesa para el uso del Cuerpo de Bomberos en cada zona. (Ver figuras 8, 9 y 10).

c- Las siamesas para el uso del Cuerpo de Bomberos, se mostrarán adecuadamente, y sus conexiones de entrada deberán ser tipo hembra giratoria NST.

d- No deberá colocarse válvula de cierre en las conexiones siamesas para el uso del Cuerpo de Bomberos.

e- Deberá instalarse una válvula de retención (cheque), lo más cerca posible al punto donde se efectúa la conexión, si la siamesa no tiene incorporada dicha válvula. (Ver figura 1).

f. Las conexiones para las mangueras, deberán estar provistas de tapas adecuadas, aseguradas y colocadas de tal forma, que su remoción sea fácil.

g. Las conexiones sistemas para mangueras, deberán colocarse en la fachada de la edificación, en tal forma, que sean de fácil operación por parte del Cuerpo de Bomberos sin interrupciones. (Ver figuras 4, 5, 6 y 12).

Deberá indicarse claramente, por medio de un aviso, el sistema de suministro que se ha previsto para el uso del Cuerpo de Bomberos.

Deberá indicarse igualmente, a qué partes de la edificación se ha previsto el suministro para el Cuerpo de Bomberos.

4.2 SISTEMAS COMBINADOS

4.2.1 Los sistemas combinados, deberán complementarse con los requisitos del Sistema de Regaderas, y con los requisitos del Sistema de Hidrantes, para considerar la dimensión de las tuberías verticales y el suministro de agua. Cuando la edificación sea dotada totalmente de regaderas, las tuberías verticales necesitarán de un cálculo hidráulico para su diseño.

4.2.2 El suministro de agua para los sistemas combinados deberá estar de acuerdo con lo establecido en el numeral 4.1.1.2 y/o la Tabla 1 que da los siguientes suministros mínimos.

4.2.3 El mínimo suministro de agua de un sistema combinado para un riesgo leve, (en edificaciones dotadas totalmente de regaderas), deberá ser de 32 l/s, para otros tipos, (en edificaciones dotadas totalmente de regaderas), deberá ser de 64 l/s.

4.2.4 En los sistemas combinados, cuando la edificación sea dotada totalmente de regaderas, se pueden omitir las mangueras pequeñas para el uso de los ocupantes (servicio de la Clase II), siempre y cuando, cada salida esté equipada con una válvula para manguera de 6,4 cm (aproximadamente 2 1/2 pulg.).

4.2.5 Cada salida del sistema combinado al sistema de regaderas, deberá tener una válvula individual de control del mismo tamaño de la salida.

4.3 CONTROL Y MANTENIMIENTO

4.3.1 Con el objeto de verificar el buen funcionamiento, todo sistema contra incendios se deberá someter a una prueba hidrostática, a una presión sostenida no inferior a 1,4 MPa (aproximadamente 200 lb/pulg²), o 0,35 MPa (aproximadamente 50 lb/pulg²) por encima de la normal de funcionamiento, la que sea mayor, durante dos horas.

Este ensayo deberá repetirse periódicamente

Tabla 1 - Suministros mínimos para hidrantes y regaderas

Riesgo	Hidrantes (l/s)	Regaderas (l/s)	Duración (min)
Leve	16	16	30
Moderado	16	38	50 - 90
Alto	32	64	60 - 120

Estos suministros mínimos, deben considerarse para cada caso en particular.

4.3.2 Antes de cubrir las tuberías, éstas deberán ser aprobadas previamente.

4.3.3 Se deberá llevar un registro de control y mantenimiento del sistema. Todo sistema de extinción deberá llevar, convenientemente ubicada, una placa en la que se indique claramente la presión de funcionamiento.

9. APENDICE

9.1 INDICACIONES COMPLEMENTARIAS

Determinación de la carga combustible. Para determinar la carga combustible de un local, en términos de madera, se multiplica la masa total de los materiales combustibles presentes, de una misma clase de fuego, por su coeficiente calorífico y se divide por el coeficiente calorífico de la madera, 18 MJ/kg (aproximadamente 4 400 kcal/kg), el resultado anterior, se divide por el área del local que contiene esos materiales.

En la recepción de toda edificación, debe existir el esquema de funcionamiento general del sistema de protección contra incendio.

Mientras no se adopte la Norma ICONTEC sobre roscas NST, se recomienda consultar la Norma NFPA No. 194-74 SCREW THREADS AND GASKETS FOR FIRE HOSE CONNECTIONS.

9.2 NORMAS QUE DEBEN CONSULTARSE

ICONTEC 1 458 Higiene y Seguridad. Clases de fuego.

ICONTEC 1 478 Material de seguridad, lucha contra incendio. Terminología.

ICONTEC 1 500 Código Colombiano de Fontanería.

ICONTEC C11.10/79 En proceso. Medidas de seguridad en edificaciones. Medios de evacuación.

9.3 ANTECEDENTES

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Standard for installation of stand pipe and hose systems. Boston, NFPA, 1974, 27p. ilus. (Standard NFPA No.14).

COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. Guía instructiva sobre sistemas de detección, alarmas, y extinción de incendios. Caracas, COVENIN, 1974, 58p. ilus. (COVENIN provisional 823).

DECRETO No. 0012 de 1990 (10 de enero)

"POR EL CUAL SE DICTAN NORMAS PARA PREVENCION DE INCENDIOS EN URBANIZACIONES Y EDIFICACIONES EN EL MUNICIPIO DE CALI"

EL ALCALDE DE SANTIAGO DE CALI, en ejercicio de sus atribuciones constitucionales y legales, en especial la conferencia por el Acuerdo 111 de abril 21 de 1987, y

C O N S I D E R A N D O:

Que es deber de las autoridades preservar la vida, honra y bienes de los ciudadanos lo cual comprende la facultad de expedir reglamentos tendientes a prevenir y eliminar las posibles causas de inseguridad, intranquilidad o insalubridad;

Que el Acuerdo No. 111 de abril 21 de 1987 en su Artículo 4o. dispone:

"Toda Urbanización, todo proyecto nuevo o Reforma Arquitectónica para edificaciones de dos pisos en adelante deberá cumplir las normas de seguridad que estipulen y reglamenten conjuntamente las Empresas Municipales de Cali, el Departamento Administrativo de Planeación Municipal y el Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali".

Que el Decreto 1212 de 1984 consigna normas de seguridad para el funcionamiento de establecimientos públicos;

Que las normas de seguridad que se adoptan en el presente Decreto, fueron elaboradas conjuntamente con las Empresas Municipales de Cali, el Departamento Administrativo de Planeación Municipal y el Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali, según consta en los Oficios PS 055 de marzo 31 y PS 179 de agosto 16 de 1989, emanados del Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali y Oficio 2-GG-1186 de octubre 5 de 1989 suscrito por el Gerente General de las Empresas Municipales de Cali;

D E C R E T A

ARTICULO PRIMERO: Todas las edificaciones que se construyan en el Municipio de Cali, deberán cumplir con las normas de prevención y seguridad contra incendio que para cada caso determine el Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali.

ARTICULO SEGUNDO: Todo tipo de Urbanizaciones que se desarrollen en el Municipio de Cali deberán cumplir las normas de hidrantes establecidas por las Empresas Municipales de Cali.

ARTICULO TERCERO: Además de los hidrantes de que trata el Artículo anterior se exigirá la colocación de hidrantes adicionales, a juicio del Departamento Técnico de Prevención y Seguridad del Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali y en coordinación con Empresas Municipales de Cali a todo tipo de edificaciones comerciales e industriales, edificaciones que albergan pública como colegios, hospitales, teatros, salas de cine, iglesias, centros asistenciales etc., todo tipo de conjuntos residenciales horizontales y verticales, y para todas aquellas edificaciones mayores de 5 pisos.

ARTICULO CUARTO: Para edificaciones hasta de cinco (5) pisos, que por su área, carga combustible y tipo de uso no representen un riesgo alto de incendios, se exigirá la instalación de babinetes con extintor, cuya clase y capacidad será determinada por el Departamento Técnico de Prevención y Seguridad del Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali. Los gabinetes deberán colocarse en los espacios comunes, de fácil acceso y de pronta localización.

PARAGRADO I: Se exceptúan de la exigencia anterior: Viviendas Unifamiliares y Bifamiliares que no hagan parte de conjuntos horizontales.

PARAGRAFO II. Para Edificaciones y conjuntos residenciales de más de cinco (5) pisos o para aquellas edificaciones que por su área, carga combustible y/o tipo de uso representan un riesgo alto de incendio, se exigirá por parte del Benemérito Cuerpo de Bomberos, la instalación de un sistema hidráulico de protección contra incendios que garantice en cada caso la labor de extinción de incendios en todos los pisos.

ARTICULO QUINTO: La aprobación de sistemas portátiles de protección contra incendios se hará sobre los planos arquitectónicos respectivos, los cuales serán sellados y firmados por el funcionario competente del Departamento Técnico de Prevención y Seguridad del Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali.

ARTICULO SEXTO: Los sistemas hidráulicos de protección contra incendios se clasifican así:

CLASE I: Para uso principal de los ocupantes de la edificación (mangueras de 1½" aproximadamente 3.8 centímetros).

CLASE II: Para ser usado por el Cuerpo de Bomberos de la ciudad o por personas entrenadas para maniobrar con chorros fuertes (mangueras de 2½", aproximadamente 6.4 centímetros).

CLASE III: Sistemas en el que se combinan las clases anteriores para el uso tanto del Cuerpo de Bomberos de la ciudad o de aquellas personas entrenadas para maniobrar con chorros fuertes, como para residencia en la edificación.

ARTICULO SEPTIMO: Los gabinetes hidráulicos de protección contra incendios se colocarán en todos los pisos incluyendo sótanos y se ubicarán de tal manera que puedan ser prontamente localizables, que su acceso no sea obstaculizado por elemento alguno y a una altura de 1.80 metros, medidos desde la parte superior del gabinete hasta el nivel superior de piso acabado. Su cobertura será hasta de 30 metros medidos en cualquier dirección.

ARTICULO OCTAVO: Todos los elementos del sistema de protección contra incendios tanto portátil como hidráulico tales como siamesas, tuberías mangueras, pitones, válvulas, hachas, etc., así como el dimensionamiento y especificaciones de construcción de los gabinetes, requerimientos de caudal y presión, deberán cumplir con las especificaciones recomendadas por el Departamento Técnico de Prevención y Seguridad del Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali.

ARTICULO NOVENO: Las Empresas Municipales de Cali definirán el diámetro de la acometida para aquellos edificios que requieran sistema de protección contra incendios una vez el Departamento Técnico de Prevención y Seguridad del Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali haya definido las características del sistema.

ARTICULO DECIMO: Facúltase al Departamento Técnico de Prevención y Seguridad del Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali, para que determine la clase de sistema hidráulico de protección contra incendios de las edificaciones, el cual quedará consignado en los planos hidráulicos respectivos; estos planos serán sellados y firmados por el funcionario competente.

PARAGRAFO: Una (1) copia de estos planos deberá quedar en el archivo del Departamento Técnico de Prevención y Seguridad del Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali.

ARTICULO UNDÉCIMO: El Departamento Técnico de Prevención y Seguridad del Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali, expedirá un certificado provisional de seguridad, una vez revisador los planos de que tratan los Artículos 5o. y 10o. del presente Decreto.

ARTICULO DECIMO SEGUNDO: Una vez terminada la obra y verificado el cumplimiento de las especificaciones consignadas en los planos de que tratan los Artículos 5o. y 11o. del presente Decreto, el Departamento Técnico de Prevención y Seguridad del Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali, procederá a expedir el certificado de seguridad definitivo.

ARTICULO DECIMO TERCERO: Las Lencías de Construcción que expida el Departamento Administrativo de Control Físico Municipal llevarán un sello en el cual se exija que el proyecto debe pasar a revisión del Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali.

ARTICULO DECIMO CUARTO: La unidad de Control a la Vigilancia, adscrita al Departamento Administrativo de Control Físico Municipal y aquellas entidades encargadas de supervisar la enajenación de inmuebles, exigirán para autorizar la venta de los mismos, el certificado de seguridad que expida el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Cali.

ARTICULO DECIMO QUINTO: La Secretaría de Gobierno se abstendrá de otorgar licencia de funcionamiento a los establecimientos comerciales e industriales cuando no se presente el correspondiente certificado de seguridad expedido por el Departamento Técnico de Prevención y Seguridad del Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali.

ARTICULO DECIMO SEXTO: Las Empresas Municipales de Cali-EMCALI- supeditarán la instalación definitiva de los servicios públicos de acueducto y/o energía a la presentación del certificado de seguridad expedido por el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Cali.

ARTICULO DECIMO SEPTIMO: El presente Decreto rige a partir de la fecha de su publicación y deroga las disposiciones que le sean contrarias.

PUBLIQUESE, COMUNIQUESE Y CUMPLASE

Dada en Santiago de Cali a los diez (10) días del mes de enero de mil novecientos noventa (1990).

CARLOS HOLMES TRUJILLO GARCIA
Alcalde de Santiago de Cali

JORGE ERNESTO ELIAN PAEZ
Director Departamento
Administrativo de
Planeación Municipal.

10

**CONSIDERACIONES
TECNICAS Y DE DISEÑO**

01

1. The first part of the document is a list of the names of the members of the committee who have been appointed to study the problem of the shortage of housing in the city of New York.

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
ACODAL-SECCIONAL VALLE DEL CAUCA

CONSIDERACIONES TECHICAS Y DE DISERO

VIRGILIO GONZALEZ
Ingeniero Sanitario
Depto. Técnico bomberos
Voluntarios de Cali

PROPIEDADES EXTINTORAS DEL AGUA

- . A TEMPERATURA AMBIENTE ES UN LIQUIDO ESTABLE
- . ALTO CALOR ESPECIFICO (PODER ENFRIADOR)

<u>SUBSTANCIA</u>	<u>CALOR ESPECIFICO</u> <u>(CALORIAS/GR x °C)</u>
AGUA	1.000
PARAFINA	0.700
BUTANO	0.549
ACETONA	0.528
ACEITE LUBRICANTE	0.510
MADERA	0.420
AIRE	0.240
ALUMINIO METALICO	0.217
CARBON MINERAL	0.165

- . ALTO CALOR DE VAPORIZACION (539 CAL/GR)
- . ALTA EXPANSION A VAPOR (1700 VECES A PRESION ATMOSFERICA)

VENTAJAS

- . ABUNDANTE (EXCEPTO EN ZONAS ESPECIFICAS)
- . BARATA
- . INERTE
- . NO TOXICO

DESVENTAJAS

- . POSIBILIDAD DE CONDUCIR LA CORRIENTE ELECTRICA
- . POSIBILIDAD DE DAÑOS POR CORROSION

CARGA COMBUSTIBLE

DEFINICION: Cantidad de calor por metro cuadrado que puede ser liberada en una edificación como resultado de la combustión de los materiales existentes.

- NOS PERMITE EVALUAR:**
- Nivel de riesgo
 - Cantidades de calor generado
 - Tiempo de la Combustión
 - Resistencia estructural necesaria
 - Necesidades de agua

PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LA CARGA COMBUSTIBLE

PESO DEL MATERIAL (KG) x CALOR DE COMBUSTION (KCAL/KG) =

CANTIDAD DE CALOR (KCAL)

CANTIDAD DE CALOR (KCAL) / 4500 KCAL/KG = PESO EN TERMINOS DE MADERA
(KG)

CARGA COMBUSTIBLE = $\frac{\text{PESO EN TERMINOS DE MADERA (KG)}}{\text{AREA (M}^2\text{)}}$

CALCULO DE LA CARGA COMBUSTIBLE

SUPONGAMOS QUE EN EL SALON - ESTUDIO DE UN APARTAMENTO EL CUAL TIENE UN AREA DE 40 M² SE HALLAN PRESENTES LOS SIGUIENTES MATERIALES:

250 Kg	De madera en pisos y algunos enchapes de pared y puertas.
250 Kg	De madera en muebles.
15 Kg	De cortinas de algodón.
300 Kg	De papel en libros, revistas, documentos, etc.
28 Kg	De cloruro de polivinilo en forros de muebles
35 Kg	De poliuretano en relleno de cojines.
45 Kg	De aluminio en marcos de ventanería, cuadros, equipo de sonido.
10 Kg	En adornos y objetos de material acrílico
50 Kg	De enchapes en imitación mármol
3 Kg	En bolsas de polietileno

CALOR DE COMBUSTION

Madera	=	830 Kg	x	4500 Kcal/Kg	=	3'735.000 Kcal
Algodón	=	15 Kg	x	3978 Kcal/Kg	=	59.670 Kcal
Papel	=	300 Kg	x	4000 Kcal/Kg	=	1'200.000 Kcal
Cloruro de Polinilo	=	28 Kg	x	4290 Kcal/Kg	=	120.120 Kcal
Poliuretano	=	35 Kg	x	5660 Kcal/Kg	=	198.100 Kcal
Aluminio	=	45 Kg	x	7389 Kcal/Kg	=	332.505 Kcal
Acrílico	=	10 Kg	x	6375 Kcal/Kg	=	63.750 Kcal
Mármol (imitación)	=	50 Kg	x	1670 Kcal/Kg	=	83.500 Kcal
Polietileno	=	3 Kg	x	11130 Kcal/Kg	=	<u>33.390 Kcal</u>
Total						= 5'826.035 Kcal

$$\text{Equivalencia a Kg de Madera} = \frac{5'826.035 \text{ Kcal}}{4500 \text{ Kcal/Kg}} = 1295 \text{ Kg}$$

$$\text{Carga combustible} = \frac{1295 \text{ Kg}}{40 \text{ M}^2} = 32.4 \frac{\text{Kg}}{\text{M}^2} \text{ Madera}$$

Equivale a un riesgo leve.

MATERIAL

Maderas: Kcal/Kg.

Pino (10-28) 4489-4678

Maderas blandas

Resinosas (10%) 4628

Derivadas del Petróleo:

Petróleo crudo 10366-10950

Gasolina 11000-11400

Kerosene 10950-11050

Aceite de alquitrán 9939-10222

Gas oil 10700-10878

Alquitrán de hulla 8600-8900

Azocerita 10650-10950

Parafina 9978-11172

Paja:

De trigo común (seco) 3494

Bagazo de caña (53%) 2171

Grasas y Ceras:

Animales 9500

De mantequilla 9317-9361

De queso 9505

De cerdo 9505-9655

Oleo-margarina 9372

Acido esteárico 9372

MATERIAL

Aceites Vegetales y Kcal/Kg.Animales

De hígado 9433

De cerdo (Manteca) 9450

De tiburón 9372

De esperma 9444

De ballena 9472

De cacahute 9411

De armenio 9450

De ricino 8861

De semilla de algodón 9400

De linaza 9367

De maíz 9417

De amapola 9383

De oliva 9455

De nabo 9489

De sesano (Ajonjolí) 9394

Cauchos y Plásticos:

Poliisopreno (sin vulcanizar) 10800

Poliisopreno (goma natural
vulcanizada) 10600

Ebonita 7900

ABS (Acrilonitrilo-Buta-
dieno-estireno) Copolímero

37% 9550

Cloruro de metilo 3200

Cloruro de polivinilo
(PVC) 4290Imitación mármol (30% po-
liéster y 70% carbonato de
calcio) 1670

Nylon (Policaprolactama) 7390

Fenol Formaldehído (1.1) 6670

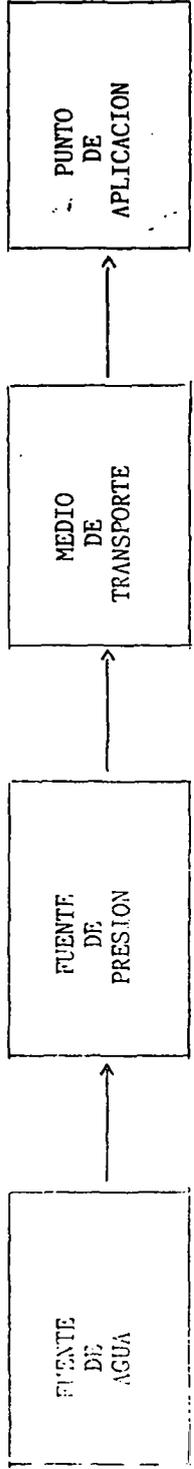
CALORES DE COMBUSTION

<u>MATERIAL</u>	<u>Kcal/Kg.</u>	<u>MATERIAL</u>	<u>Kcal/Kg.</u>
Algodón peinado	3978	<u>Gases</u>	<u>But/pie cubico</u>
Almidón	4228	Gas natural	934-1250
Aluminio	7389	Gas de aceite	283-444
Asfalto	9528	Gas halógeno	250-372
Alcanfor	9286		
Azufre	2211	<u>Fuel-Oil</u>	<u>Kcal/Kg.</u>
Caseína	5861	Nº 1	11000
Carbono	7489	Nº 2	10170
Carbono (grafito)	7826	<u>Carbones</u>	
Celulosa	4206		
Polvo de caucho	4000	Antracita	6955-7683
Dinamita al 75%	1289	Semiantracita	7389-7433
Aceite de cocina	1100	Semi-butuminoso	7617-8228
Aceite de algodón	9500	Bituminoso	4628-6189
Lana seca	5439	Lignito	3228-5800
Lana cardada seca	5493	Turba seca	3500
Manteca animal	9305	Hulla	7200-7600
Magnesio	6639	Gas de carbón	6028-8333
Aceite lubricante SAE40	11333	Coke	6494-7117
Aceite palmítico	9344	Carbón vegetal	7178
Cera parafinada	11167		
Piroxilina	1056	<u>Maderas</u>	
Fósforo	5878		
Papel	3728-4350	Fresno seco	4711
Pez	8389	Haya (13%)	4172
Sodio	2150	Abedul (12%)	4211
Azúcar de caña	4000	Uino (seco)	4728
Sacarosa	3939	Abeto (seco)	5036
Sucrosa	2200	Maderas duras (4-11%)	4511
Seda	5128	Leña seca	3700
Sebo	9500	Algarrobo	4800
Zinc	1278	Robles (13%)	3980

Cauchos y PlásticosKcal/Kg.

Policarbonato	7400
Poliéster (70% Resina 30% fibra de vidrio)	4985
Polietileno alta densidad	11145
Polietileno baja densidad	11130
Poliestireno	9923
Polipropileno	7450
Polisulfono (propileno sulfono)	4364
Politetrafluoroetano (teflón)	1000
Poliuretano (base ester)	5660

CONFORMACION GENERAL DE UN SISTEMA HIDRAULICO DE PROYECCION CONTRA INCENDIOS



• Red de uso público

• Ingotables

- Ríos
- Lagos
- Mares
- Embalses
- Pozos

• Depósitos

- Bajo superficie
- Sobre superficie
- Elevados
- A presión

• Presión propia (Redes de uso público)

• Presión de altura

• Equipos de bombeo

• Presurización neumática

• Tubería

• Válvulas

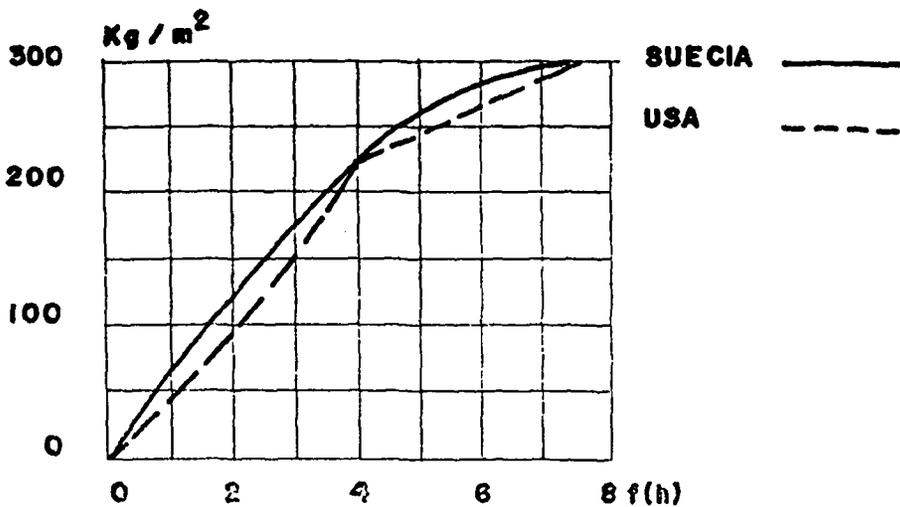
• Accesorios

• Mangueras (Boquillas)

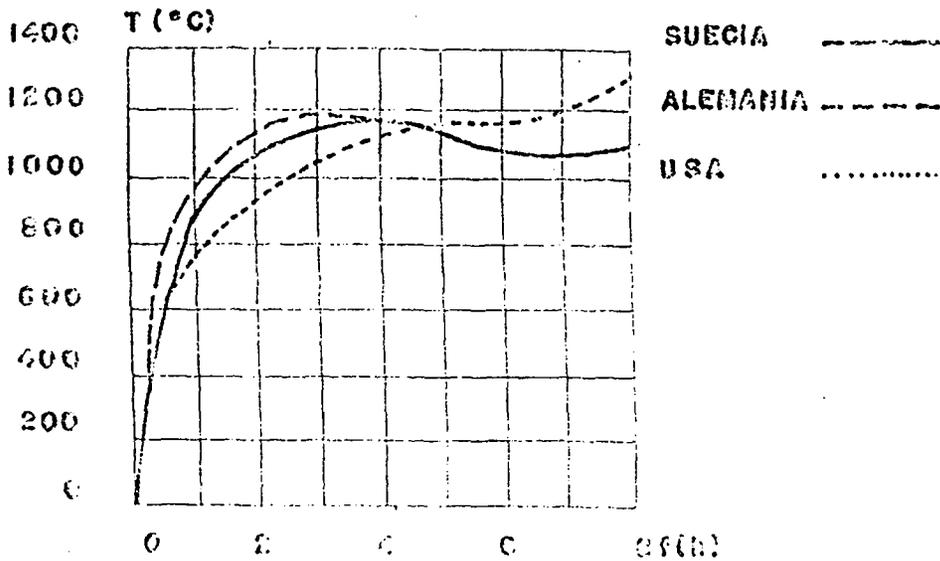
• Monitores

• Rociadores

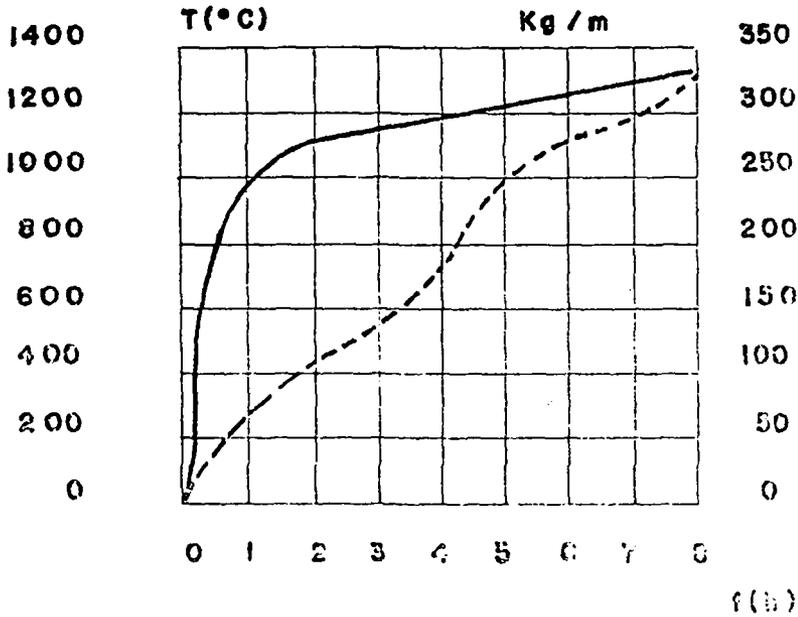
CARGA COMBUSTIBLE EN RELACION A LA DURACION DEL FUEGO



CURVA DE TEMPERATURA



COMPARACION TEMPERATURA TIEMPO Y CARGA COMBUSTIBLE



SISTEMAS DE IMPULSION

EQUIPOS DE BOMBEO

BOMBAS ACEPTADAS PARA INCENDIOS

CENTRIFUGAS HORIZONTALES O
VERTICALES

VENTAJAS

- . SOLIDEZ
- . FIABILIDAD
- . FACIL MANTENIMIENTO
- . CARACTERISTICAS HIDRAULICAS
- . VARIEDAD DE FORMAS DE ACCIONAMIENTO (MOTORES ELECTRICOS, TURBINAS DE VAPOR, MOTORES DE COMBUSTION).

DEPOSITOS

- . SUFICIENTE CAPACIDAD PARA GARANTIZAR EL CAUDAL NECESARIO EN EL SISTEMA DURANTE EL TIEMPO DE AUTONOMIA REQUERIDO
- . PROTEGIDOS DE LA LUZ PARA EVITAR DESARROLLO Y DESCOMPOSICION DE MATERIA ORGANICA Y ENTRADA DE MATERIAS EXTRAÑAS.
- . LO MAS EQUIDISTANTE POSIBLE DE LOS PUNTOS DE APLICACION DEL SISTEMA.
- . PUEDEN SER COMUNES CON OTROS USOS SIEMPRE QUE SE RESPETE LA RESERVA DE INCENDIOS.
- . DEBEN CONTAR CON UNA FUENTE FIABLE DE REPOSICION DE AGUA CAPAZ DE REPONER EL VOLUMEN NECESARIO EN MENOS DE 24 HORAS.
- . NO DEBEN UBICARSE EN LUGARES EN LOS QUE PUEDAN VERSE AFECTADOS POR UN INCENDIO O SUFRIR DAÑOS POR CUALQUIER OTRA CAUSA.

BOMBAS CENTRIFUGAS

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO CONVERSION DE LA ENERGIA CINETICA
EN ENERGIA DE VELOCIDAD Y PRESION

ENERGIA ELECTRICA		BOMBA	
	MOTOR	IMPULSOR	FLUIDO
ENERGIA DE COMBUSTION	EJE	Y CARCASA	

FORMAS DE IMPULSOR

RADIAL: CAUDALES HASTA 2000 GPM
CABEZAS DESDE 15 M.

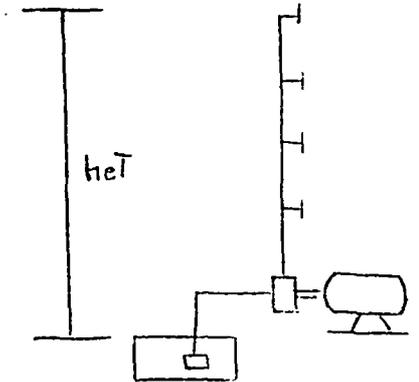
AXIAL: CAUDALES GRANDES DESDE 6000 GPM
CABEZAS BAJAS HASTA 3M.

MIXTO: CAUDALES EN RANGO 2000 A 6000 GPM
CABEZAS DESDE 3M HASTA 15 M.

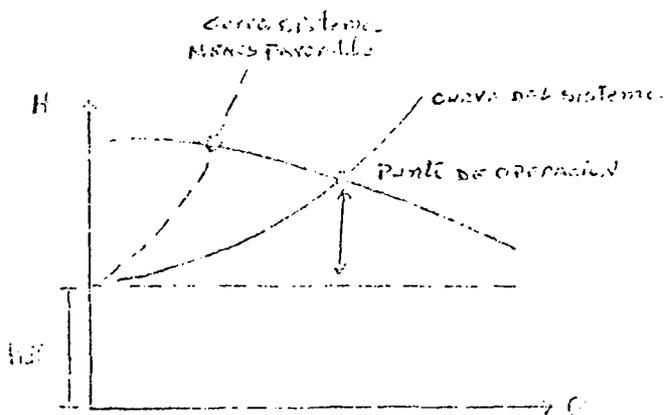
LAS BOMBAS CENTRIFUGAS PARA INCENDIOS FUNCIONAN CON IMPULSORES
RADIALES Y VALORES DE $(NPSH)_R$ BAJOS DEL ORDEN DE 4 PIES.

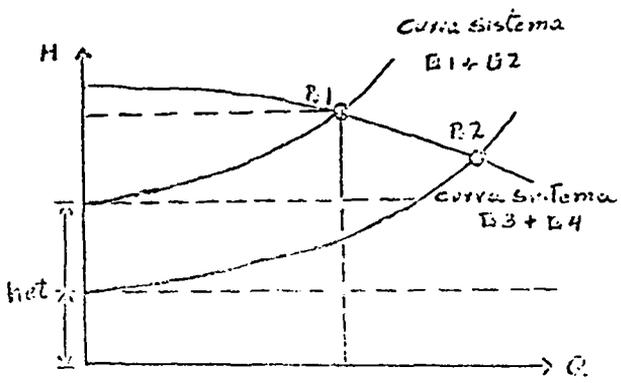
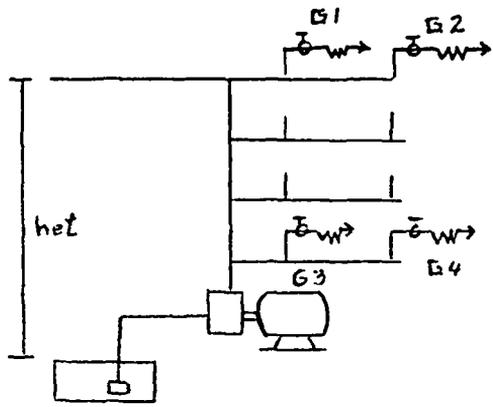
PUNTO DE OPERACION

- EN GENERAL LA BOMBA DEBE VENCER UNA DIFERENCIA DE NIVEL Y UNA PERDIDA POR FRICCION.



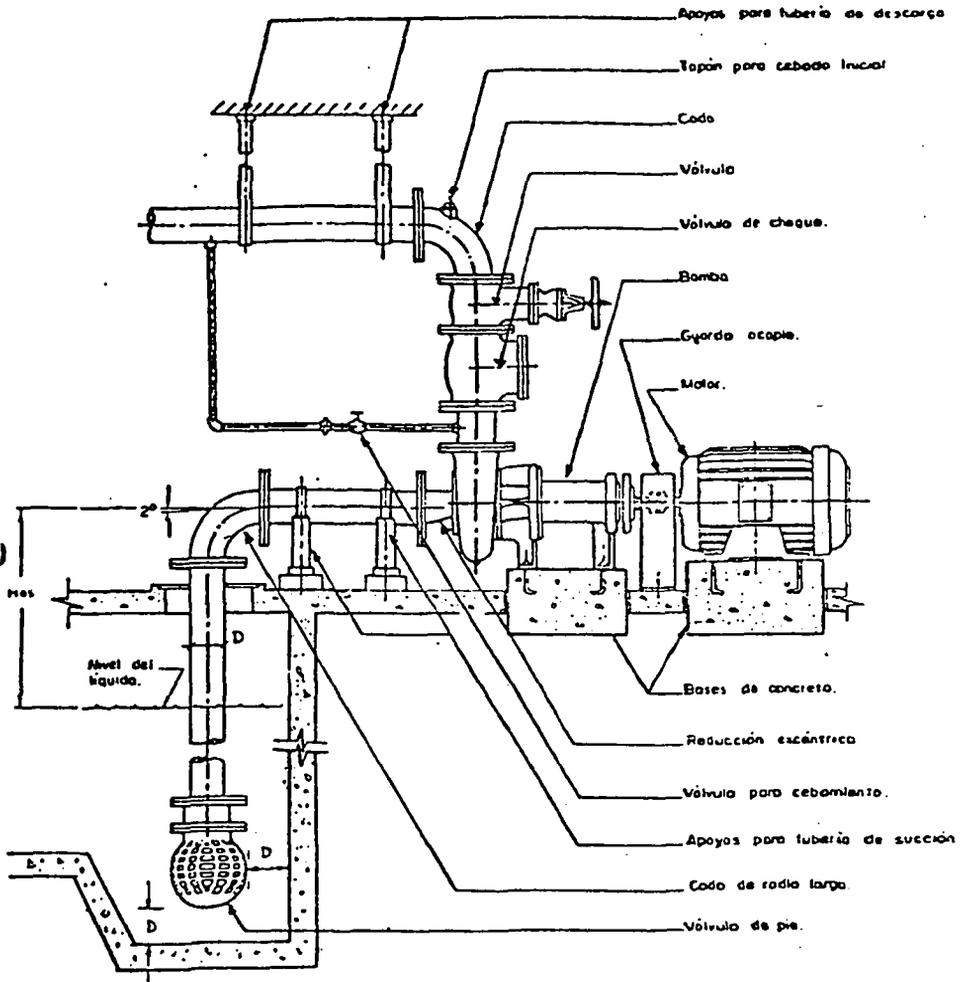
- EXISTEN MUCHOS PUNTOS DE OPERACION DE LA BOMBA DE INCENDIOS LOS CUALES PUEDEN VARIAR FACILMENTE.





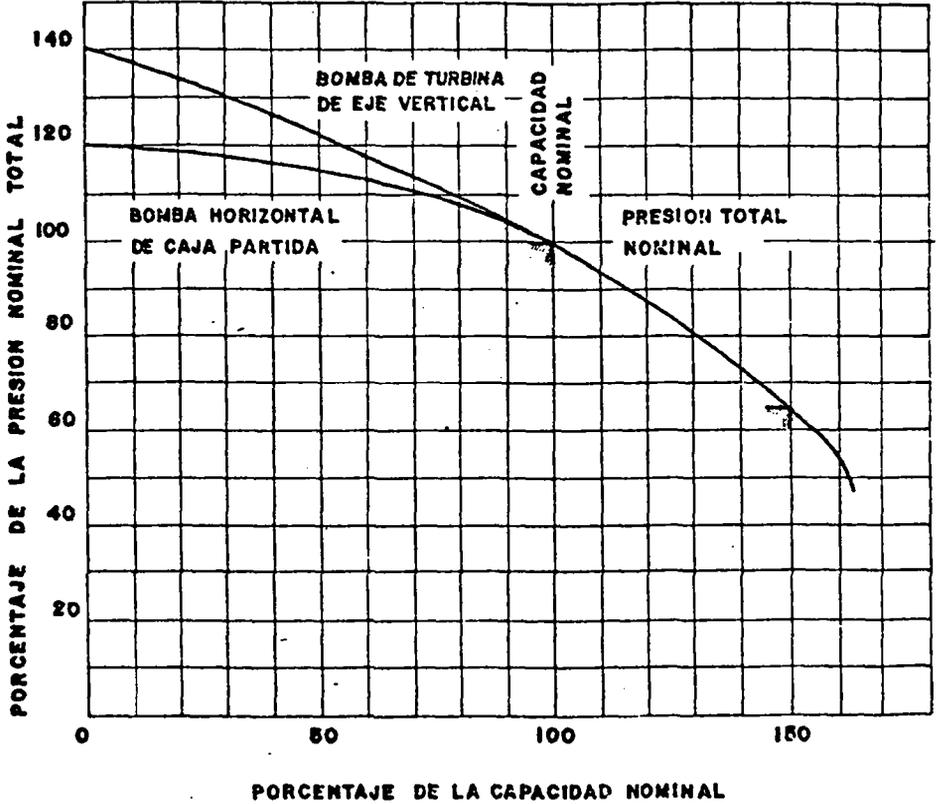
EN LAS PERDIDAS POR FRICCIÓN SE INCLUYE LA PRESIÓN RESIDUAL EN EL GABINETE MÁS ALEJADO. (G2).

EL CAUDAL DE LA BOMBA SE DEDUCE SUPONIENDO EL NÚMERO DE TOMAS QUE PUEDE FUNCIONAR SIMULTÁNEAMENTE A LA PRESIÓN RESIDUAL MÍNIMA REQUERIDA SEGÚN NORMAS.



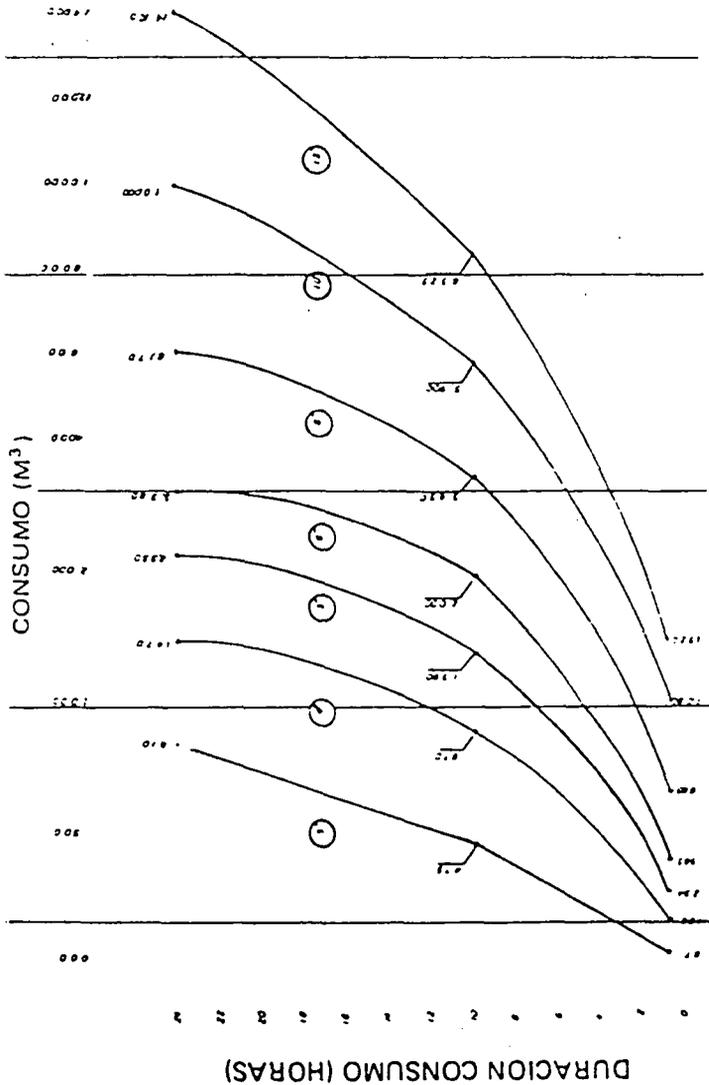
ESQUEMA TÍPICO DE UNA BOMBA DE INCENDIOS

CURVAS NORMALIZADAS DE PRESION-CAUDAL PARA BOMBAS DE INCENDIO HORIZONTALES Y VERTICALES



Cuadro 1

TIENE DE ALIMENTACION DE AGUA		SISTEMA DE IMPULSION	
Red Publica	P. Suficiente	Presión propia	
	P. Suficiente	Presión propia + equipo de bombo de refuerzo	
Fuentes Inagotables	H. Suficiente	Presión de altura	
	H. Suficiente	Presión de altura + equipo de bombo de refuerzo	
		Equipo de bombo	
Depósitos	Depósito de aspiración	Equipo de bombo	
		Presión de altura	
	Depósito elevado	H. Suficiente	Presión de altura + equipo de bombo de refuerzo
		Depósito de presión	Presión neumática



CURVAS PARA RECOMENDACION DE DIAMETROS EN MEDIDORES DE ACUEDUCTO, SEGUN LA DURACION DEL CONSUMO DESDE 1 HORA HASTA 24 HORAS DIARIAS

GRAFICA 3.20

MEDIOS DE TRANSPORTE

TUBERIAS

- . HIERRO GALVANIZADO (C=100)
- . ACERO (JUNTAS SOLDADAS) C = 140
- . P.V.C. (C=150)
- . ASBESTO CEMENTO (C=140)

MANGUERAS

- . DIAMETROS USUALES DE 2 1/2" Y 1 1/2"
- . LONGITUDES USUALES 50 Y 100 PIES (15 y 30 MTS)
- . PRESIONES DE TRABAJO 150 PSI

CRITERIOS PARA CALCULO Y DISEÑO

1. CLASIFICACION DEL RIESGO
2. ELECCION DEL TIPO DE SISTEMA
3. FIJAR DENSIDAD DE DISEÑO (D) Y EL AREA SUPUESTA DE FUNCIONAMIENTO (S).
4. CAUDAL NECESARIO $Q = D \text{ (LTS/MIN/M}^2\text{)} \times S \text{ (M}^2\text{)}$
5. TIEMPO DE AUTONOMIA (T)
6. SITUAR GEOMETRICAMENTE LAS CABEZAS ROCIADORAS
7. EFECTUAR TRAZADO DE TUBERIAS
8. CALCULAR HIDRAULICAMENTE LAS NECESIDADES DE PRESION Y CAUDAL DEL SISTEMA EN LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO.

ECUACIONES RECOMENDADAS DE PERDIDAS POR FRICCION

<u>Tipo y Diámetro de Manguera (Pulg.)</u>	<u>Ecuación de perdidas por Fricción (Psi)</u>
De refuerzo, 3/4 Pulg.	$FL = 1.100 q^2 L$
De refuerzo, 1 Pulg.	$FL = 150q^2 L$
De refuerzo, 1 1/4 Pulg.	$FL = 80q^2 L$
De lino, 1 1/4 Pulg.	$FL = 127q^2 L$
<u>Forrada de Caucho, 1 1/2 Pulg.</u>	<u>$FL = 24q^2 L$ *</u>
De Lino, 1 1/2 Pulg.	$FL = 51.2q^2 L$
1 3/4 Pulg. con acoplamientos de 1 1/2 Pulg.	$FL = 15.5q^2 L$
Forrada de caucho de 2 Pulg.	$FL = 8q^2 L$
De lino, 2 Pulg.	$FL = 12.5q^2 L$
De lino, 2 1/2 Pulg.	$FL = 4.26q^2 L$
<u>Forrada de Caucho, 2 1/2 Pulg.</u>	<u>$FL = 2q^2 L$</u>
2 3/4 Pulg. con acoplamientos de 3 Pulg.	$FL = 1.5q^2 L$
3 Pulg. con acoplamientos de 1 1/2 Pulg.	$FL = 0.80^2 L$
3 Pulg. con acoplamientos de 3 Pulg.	$FL = 0.677 q^2 L$
3 1/2 Pulg.	$FL = 0.34q^2 L$
4 Pulg.	$FL = 0.2q^2 L$
4 1/2 Pulg.	$FL = 0.1q^2 L$
5 Pulg.	$FL = 0.03q^2 L$
6 Pulg.	$FL = 0.05q^2 L$

q = Cientos de GPM

L = Longitud de manguera en cientos de pies.

CLASIFICACION DEL RIESGO

1. LIGERO
 - CANTIDAD Y COMBUSTIBILIDAD DE MATERIALES ES BAJA.
 - CANTIDADES RELATIVAMENTE BAJAS DE CALOR

2. ORDINARIOS
 - 2.1 GRUPO I.
 - COMBUSTIBILIDAD BAJA
 - CANTIDAD DE COMBUSTIBLES MODERADA
 - CANTIDADES DE CALOR MODERADAS
 - ALMACENAMIENTOS HASTA 2.5 M DE ALTURA

 - 2.2 GRUPO II
 - CANTIDAD Y COMBUSTIBILIDAD DE MATERIALES MODERADA
 - CANTIDAD DE CALOR MODERADA
 - ALMACENAMIENTOS HASTA 3.5 M DE ALTURA

 - 2.3 GRUPO III
 - CANTIDAD Y COMBUSTIBILIDAD DE MATERIALES ES ALTA.
 - FUEGOS CON GRANDES CANTIDADES DE CALOR

3. EXTRA
 - RIESGO DE INCENDIO GRAVE

CLASIFICACION DE DESCARGA DE REGADERAS

DIAMETRO NOMINAL DEL ORIFICIO (PULG.)	TIPO DE ORIFICIO	FACTOR K
1/4	Pequeño	1.3 - 1.5
5/16	Pequeño	1.8 - 2.0
3/8	Pequeño	2.6 - 2.9
7/16	Pequeño	4.0 - 4.4
1/2	Normal	5.3 - 5.8
17/32	Grande	7.4 - 7.8

$Q = K \sqrt{P}$

Q = Caudal en GPM

K = Constante de Descarga

P = Presión Residual en Psi

CLASIFICACION DE LA TEMPERATURA Y CODIFICACION DE CALOR

TEMPERATURA MAXIMA EN CIELO PASO (°C)	RANGO DE TEMPERATURA (°C)	CLASIFICACION	COLOR
32	57 a 77	Ordinaria	Sin color
66	79 a 107	Intermedia	Blanco
107	121 a 149	Alta	Azul
146	163 a 191	Extra Alta	Rojo
185	204 a 246	Muy Alta	Verde
246 a más	260 a 302	Ultra Alta	Naranja

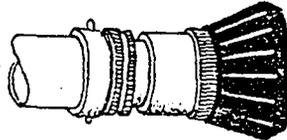
PUNTO DE APLICACION

BOQUILLAS

DEBEN SER DE TIPO GRADUABLE
CHORRO - NEBLINA

MANGUERA 1 1/2"

DIAMETRO EFECTIVO
DE SALIDA = 1/2"



GRADUACION BOQUILLA	PRESION BOQUILLA (PSI)				
	40	50	60	80	100
	DESCARGA (GPM)				
CHORRO DIRECTO	47	53	58	67	75
NEBLINA 30°	56	64	70	81	91
NEBLINA 60°	61	68	76	88	98
NEBLINA 90°	66	74	82	95	106

P = P.S.I. (presión residual)

Q = $K\sqrt{P}$

K = Constante Boquilla

Q = G.P.M.

Aproximadamente = 7.5

EJEMPLOS DE RIESGOS

1. LIGERO APARTAMENTOS, IGLESIAS, VIVIENDAS, HOTELES,
EDIFICIOS PUBLICOS, OFICINAS, ESCUELAS Y
SIMILARES.

2. ORDINARIO
 - 2.1 GRUPO I FABRICAS DE CONSERVAS ALIMENTICIAS, LAVANDE
RIAS, PLANTAS ELECTRONICAS.

 - 2.2 GRUPO II MOLINOS DE CEREALES, PLANTAS TEXTILES, IM
PRENTAS, EMPRESA DE ARTES GRAFICAS, FABRICAS
DE CALZADO.

 - 2.3 GRUPO III MOLINOS DE HARINA, FABRICAS DE OBTENCION
Y PROCESOS DE PAPEL, FABRICACION DE LLANTAS
Y NEUMATICOS, ALMACENES (DE PAPELERIA, DE
MOBILIARIO, DE PINTURAS, ETC).

3. EXTRA PROCESOS DE PREPARACION DE ALGODON, FABRI
CA DE EXPLOSIVOS, REFINERIAS DE PETROLEO,
FABRICAS DE BARNICES, LIQUIDOS INFLAMABLES,
ETC.

CURVAS DE DENSIDAD
 Densidad (L/min)/m²

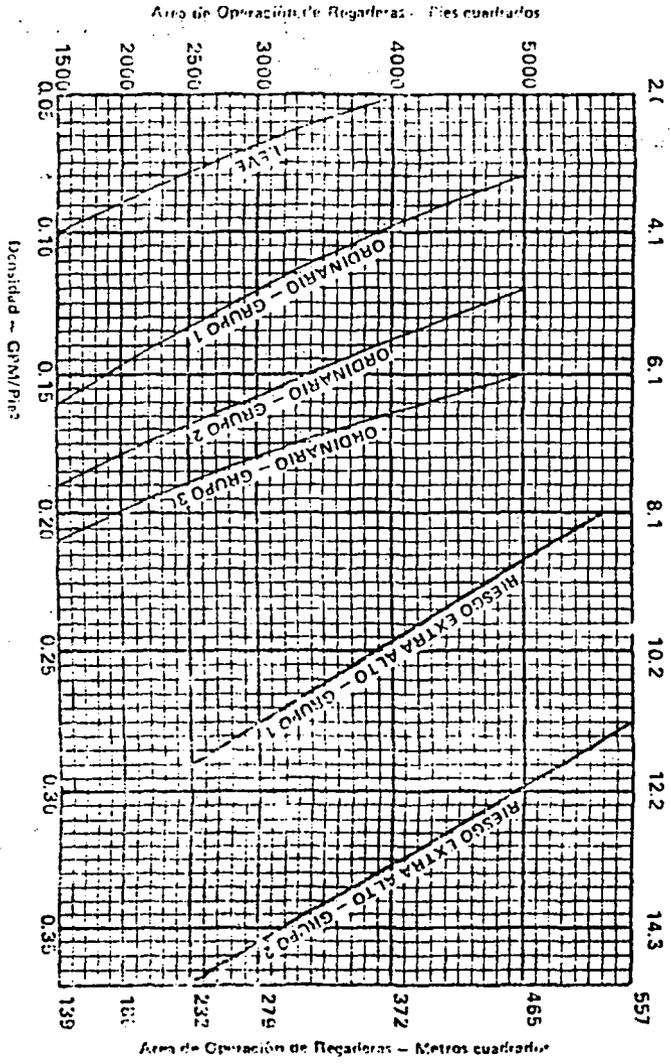


Figura 2.2.1 (II)

CLASIFICACION DE LAS BOQUILLAS DE DESCARGA

1. SEGUN ELEMENTO DETECTOR:

- . TIPO AMPOLLA
- . TIPO FUSIBLE

2. SEGUN LA POSICION DEL MONTAJE:

- . COLGANTE
- . MONTANTE
- . DE PARED

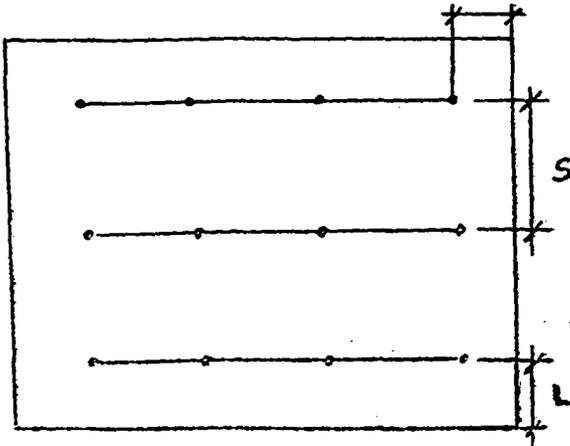
3. SEGUN TAMAÑO DEL ORIFICIO DE DESCARGA:

- . 3/8"
- . 1/2"
- . 3/4"

4. SEGUN ACABADO:

- . BRONCE O LATON
- . CROMADO
- . RECUBRIMIENTO ESPECIAL (PLOMO, CERA, ETC).

DISTANCIAS Y COBERTURAS MAXIMAS

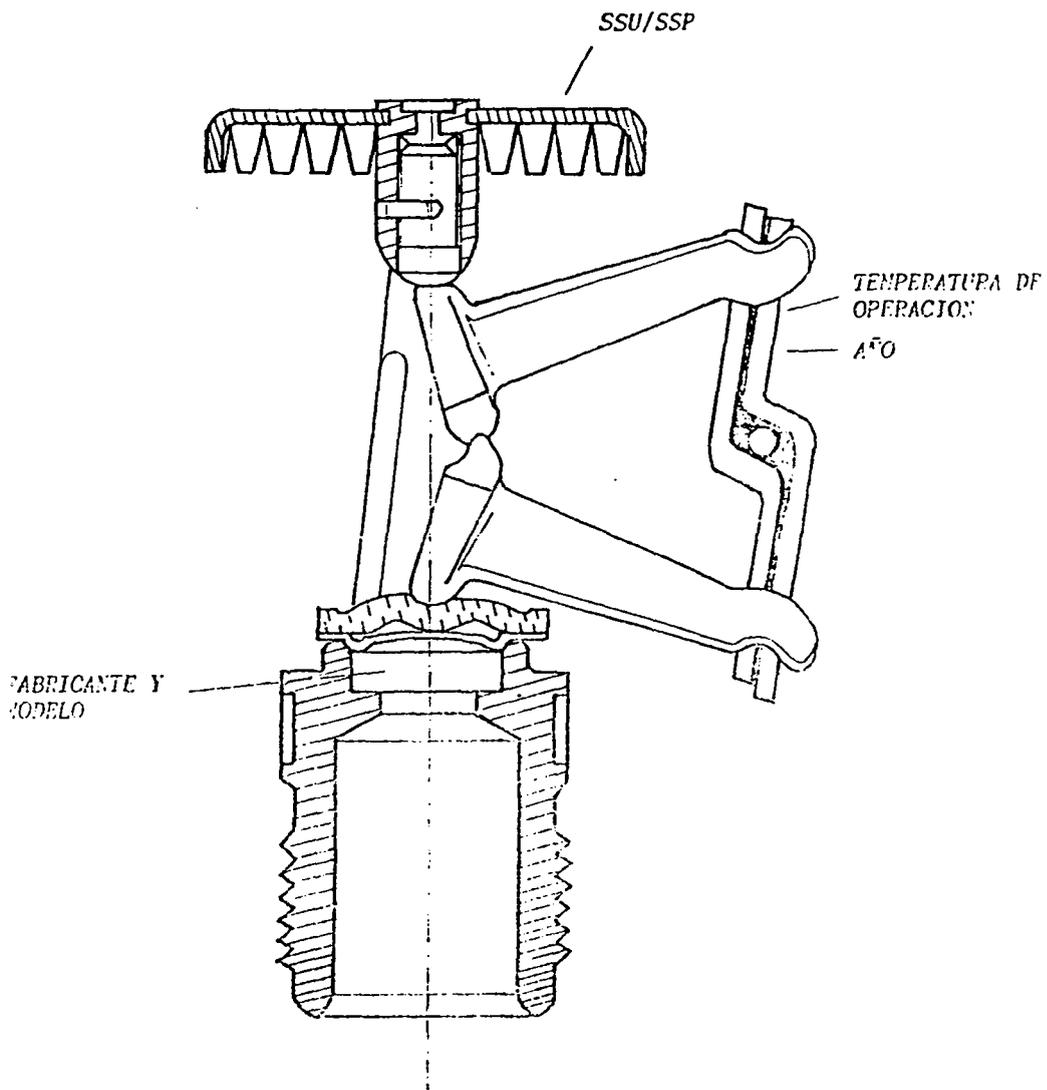


S: DISTANCIA ENTRE RAMALES Y ENT. ROCIADORES EN LOS RAMALES.

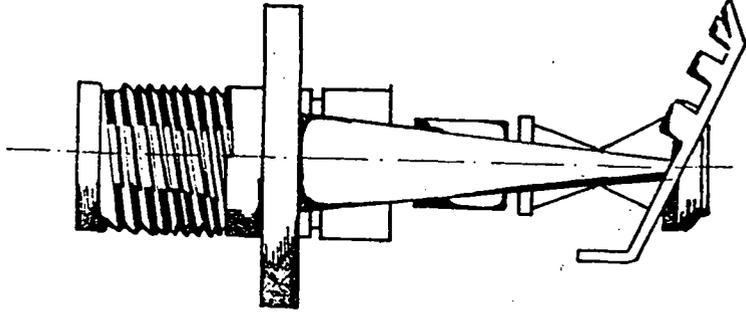
L: DISTANCIA MAXIMA DE UN ROCIADO AL MURO.

C₂: COBERTURA MAXIMA POR CABEZA.

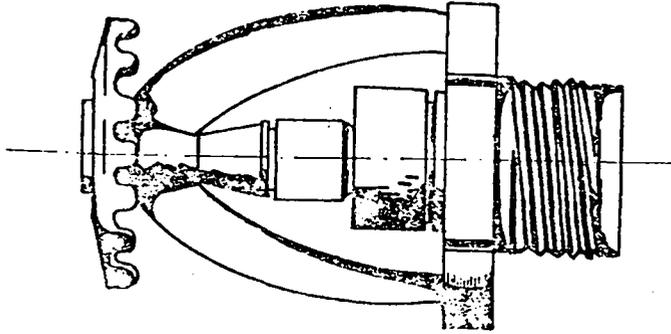
RIESGO	S (MT)	L (MT)	C ₂ (M ²)
LIGERO	4.6	2.3	20.0
ORDINARIO	4.6	2.3	12.1
EXTRA	3.7	1.8	9.3



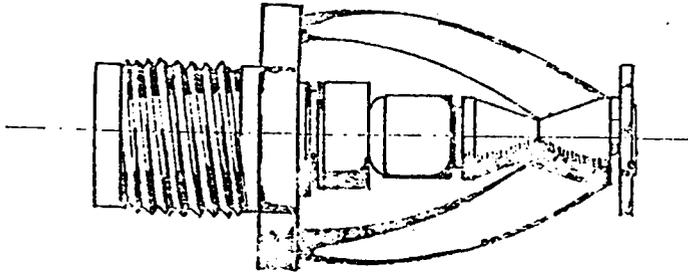
CARTELA TECNICA DE TIPO FUSION



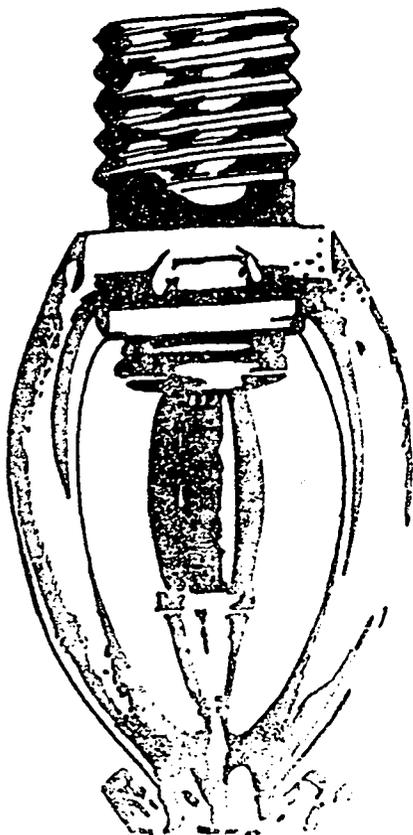
ROCIADOR DE PARED



ROCIADOR HORIZONTAL



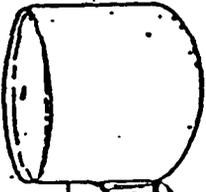
ROCIADOR COLGANTE



CABEZA ECCLAMPICA TIPO ANFOLE

BOMBA DE INCENDIOS

TANOU



VALVULA DE CONTROL DE ROCIADORES

VALVULA DE ALARMA HIDRAULICA

TUBERIA ASCENDENTE

ENTRADA ALIMENTACION

ROCIADORES AUTOMATICOS

REO EXTERIOR

VALVULAS DE REPARTO

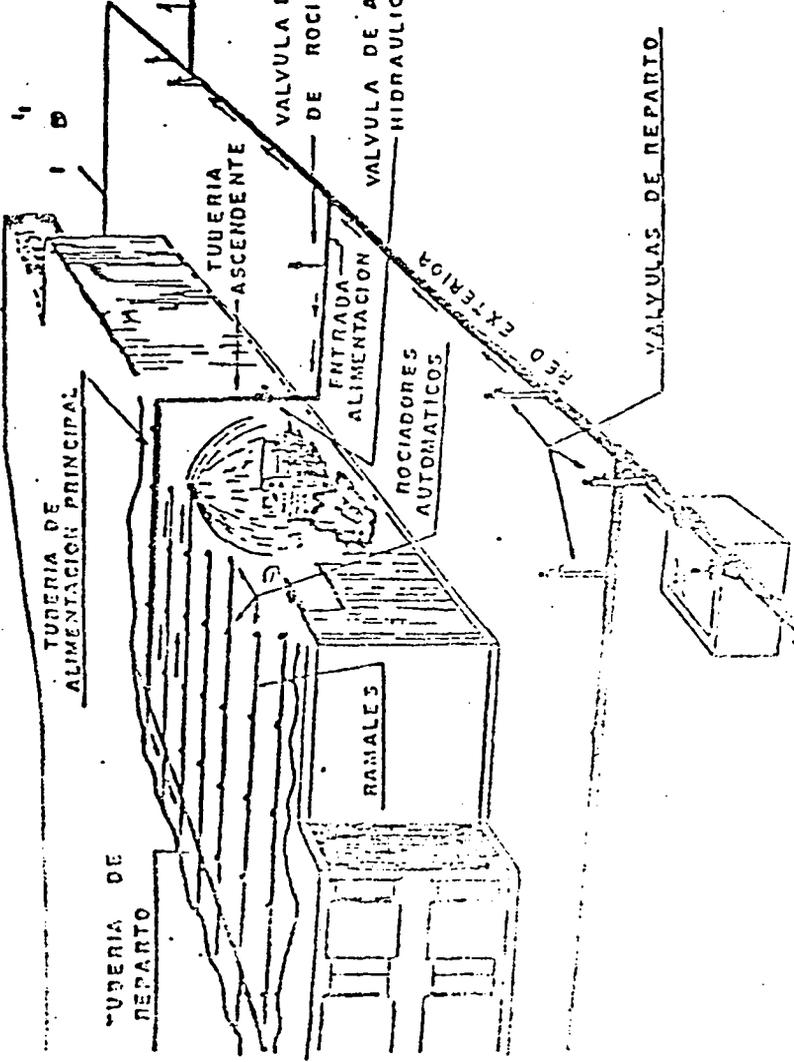
TUBERIA DE ALIMENTACION PRINCIPAL

TUBERIA DE REPARTO

RAMALES

PUBLICA

REO EXTERIOR



BIBLIOGRAFIA

- . MANUAL DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS - 2a. EDICION
(NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION)
- . NORMA 13 DE LA NFPA - "INSTALACION DE SISTEMAS DE REGADERAS" 1985.
- . CALCULO Y DISEÑO DE REDES HIDRAULICAS- INSTITUTO TECNOLOGICO DE
SEGURIDAD HAFPRE - ESPAÑA 1987.

11

**SISTEMAS DE DRENAJE
EN EDIFICACIONES**

11

RESEARCH ON SCIENCE AND
TECHNOLOGY

**ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
ACODAL - SECCIONAL VALLE DEL CAUCA**

CONSIDERACIONES ACERCA DEL DRENAJE

**ROBERTO URRUTIA
Ingeniero Agrícola
Universidad del Valle**

Call, Febrero-Marzo de 1991

1. DRENAJE

1.1 DEFINICION

Técnicas por medio de las cuales se eliminan los excesos de humedad que ocasionan dificultades en el momento de la construcción y crean problemas de subpresión y cargas hidrostáticas en estructuras.

2. TIPOS DE DRENAJE

2.1 DRENAJE SUPERFICIAL

Soluciona los problemas de encharcamiento creados en suelos de baja permeabilidad y con depresiones de tipo topográfico. Frecuente en suelos arcillosos de topografía plana a ondulada y en donde se presentan lluvias de moderada a alta intensidad.

Solución: Nivelación de la superficie del terreno suministrando una pendiente uniforme que permita la evacuación del exceso de humedad.

. Construcción de canales o acequias que permitan conducir las aguas de exceso fuera de la zona de trabajo.

2.2 DRENAJE SUB-SUPERFICIAL O SUBTERRANEO

Soluciona los problemas de exceso de humedad dentro de un perfil de suelo ocasionados por la presencia de un estrato impermeable, el cual impide el flujo vertical hacia estratos inferiores ocasionando de esta forma niveles freáticos someros.

3. ECUACIONES DE DRENAJE SUB-SUPERFICIAL

3.1 REGIMENES DE FLUJO

- **Permanente:** La descarga del sistema (s) iguala la recarga (r) de la capa freática. Posición fija de la capa freática. La carga hidráulica es función de la distancia al dren (x).

Ejemplo: Lluvias de baja intensidad y corta duración; filtraciones.

- **Variable:** La descarga del sistema (s) difiere de la recarga (r) de la capa freática. Capa freática fluctuante. La carga hidráulica es función de la distancia (x) al dren y del tiempo (t).

Ejemplo: Lluvias de corta duración y alta intensidad.

3.2 ECUACIONES PARA REGIMEN PERMANENTE

a. Ecuación de Hooghoudt

- Suelo homogéneo y zanjas abiertas paralelas que llegan hasta la capa impermeable.

$$L^2 = \frac{8KDh + 4Kh^2}{S} \quad (1)$$

K : Conductividad hidráulica (m/d)

D : Espesor del acuífero por debajo del nivel de drenaje (m)

h : Carga hidráulica en el punto medio entre dos drenes (m).

s : Descarga por unidad de superficie (m/d)

L : Espaciamiento entre drenes.

- Suelo Estratificado

Dos (2) estratos de diferente conductividad (K_a , K_b) y el nivel de drenes se ubica en el límite de dos estratos.

$$L^2 = \frac{8K_b D h + 4 K_a h^2}{S} \quad (2)$$

- Expresión más amplia

Dren no llega hasta la capa impermeable. Flujo radial en la proximidad del dren.

$$H = \frac{SL^2}{8 Kd} \quad (3)$$

$$d = \frac{D}{1 + \frac{8D}{RL} \ln \frac{D}{U}} \quad (4)$$

d: Espesor del estrato para flujo horizontal equivalente al espesor real del acuífero con flujo horizontal y radial.

Para suelo estratificado:

$$L^2 = \frac{8Kbdh + 4ah^2}{S} \quad (5)$$

- Aplicación de la ecuación:

- . Asumir un valor de L para un valor de perímetro mojado (u) dado.
 - . Calcular el valor de d mediante la Ecuación 4.
 - . Calcular L mediante la Ecuación 5. Si el valor de L de la ecuación 5 es igual al asumido, entonces se tiene la solución.
- Si el suelo es homogéneo y el flujo por encima del nivel de drenaje es despreciable en comparación con el flujo por debajo de los mismos y $D < 0.5L$, el espaciamiento L puede calcularse mediante la expresión de Van Beers:

$$L = L_0 - c \quad (6)$$

$$L_0^2 = \frac{8Kbh}{S} \quad (7)$$

$$c = D \ln \frac{D}{u} \quad (8)$$

- Ejemplo de aplicación.

b. Ecuación de ERNST

- Soluciona el inconveniente presentado por la condición de Hooghoudt para suelos estratificados.

$$h = S \frac{Dv}{K_1} + \frac{SL^2}{8KD} + SL \cdot W_r$$

$$L = \frac{S^2 W_r^2 - \frac{S}{2KD} \left(\frac{SDv}{K_1} - h \right)^2}{\frac{S}{4KD}} - SW_r \quad (9)$$

W_r : Resistencia radial

$KD = \sum_{n=1}^J K_n D_n$: transmisibilidad

Dv = Espesor de la región de flujo de baja conductividad hidráulica, a través de la que existe flujo vertical (m).

K_1 = Conductividad hidráulica de la capa superior (m/d)

- Cálculo de la Resistencia R.dial

- Si el nivel de drenes está por encima del límite entre las capas de diferente permeabilidad:

$$\text{Si } \frac{k_2}{k_1} > 20 \quad W_r = \frac{1}{\pi k_1} \ln \frac{4D_0}{u} \quad (10)$$

$$\text{Si } \frac{k_2}{k_1} < 20 \quad W_r = W^1 + \frac{1}{\pi k_1} \ln \frac{D_0}{u} \quad (11)$$

$$W^1 = f(k_2/k_1, D_2/D_0) - \text{Gráfico}$$

D_0 = Espesor de la región de flujo radial.

- Si el nivel de drenaje coincide con el límite:

$$W_r = \frac{1}{\pi k_2} \ln \frac{4D_0}{\pi b} \quad (12)$$

b : diámetro del dren (m)

- Si el nivel de drenaje se sitúa en la capa inferior más permeable:

$$W_r = \frac{1}{\pi k_2} \ln \frac{D_0}{u} \quad (13)$$

- Ejemplo de aplicación

3.3. ECUACIONES PARA REGIMEN VARIABLE

a. Ecuación de Glover - Dumm

- Condiciones: acuífero homogéneo de espesor constante.

- Zanjas paralelas que llegan hasta la capa impermeable

$$L^2 = \frac{\pi^2 K D t}{M \ln(1.16 \frac{h_0}{h_t})} \quad (14)$$

D: Espesor constante del acuífero (m)

t: tiempo (d)

M: espacio poroso drenable

h₀: carga hidráulica inicial en el punto medio entre dos drenes (m)

h_t: carga hidráulica en el punto medio entre dos drenes en el tiempo t.

$$S_0 = \frac{6.84 K D h_0}{L^2} \quad (15)$$

S₀: descarga máxima (m/d)

- Expresión más amplia

Nivel de drenaje por encima de la capa impermeable.

Flujo radial en la proximidad del dren.

$$L^2 = \frac{\pi^2 K (dZ + h) t}{M \ln(1.16 \frac{h_0}{h_t})} \quad (16)$$

$$d_2 = \frac{D_2}{1 + \frac{8 D_2 \ln D_2}{\pi L u}} \quad (17)$$

- Ejemplo de aplicación.

b. Ecuación de BOUSSINESQ

- Suelos poco permeables y barrera impermeable somera.

$$L^2 = \frac{4.46 K h_o h_t}{\mu (h_o - h_t)} \quad (18)$$

$$S_o = \frac{3.46 K h_o^2}{L^2} \quad (19)$$

- Ejemplo de aplicación.

4. DISEÑO DE DRENE

4.1. MATERIAL

- Cerámica : longitud : 30 cms.

Ø- : 5-15 cms

Sección : circular

Separación: 3 mm.

Hormigón

Plástico : PVC. Liso y perforado longitudinalmente

PVC Corrugados : Ø 50 - 200 mm

Perforaciones: 0.6 - 2 mm.

4.2. CALCULO HIDRAULICO

- Caudal máximo = $Q_0 = S_0 A$

$$Q_0 = m^3/d$$

S_0 = descarga específica por cada lateral (m^2)

L = espaciamiento entre drenes (m)

B = longitud máxima del dren (m)

Régimen permanente : $S_q = r$

$$\text{Régimen variable : } S_0 = \frac{6.84 K_d h_0}{L^2} \quad (\text{Glover Dumm})$$

$$S_0 = \frac{3.46K}{L^2} h_0^2 \quad (\text{Boussinesq})$$

- Pendiente : 1 - 3%

- Diámetro de tubos : ϕ

$$\text{Tubo liso : } \phi = \left[\frac{Q}{89 \times I^{0.571}} \right]$$

$$Q = m^3/s$$

I = Pendiente en forma decimal

$$\phi = m$$

$$\text{Tubo corrugado : } \phi = \left(\frac{Q}{38.3 I^{0.5}} \right)^{0.375}$$

Los diámetros anteriores se calculan para plena capacidad; esta capacidad debe reducirse previendo los efectos de sedimentación.

$$Q^1 = (1/E)^{1/2} \cdot E^b$$

$E^b \approx 0.6$ (coeficiente de eficacia)

4.3. ENVOLVENTES

El objeto de los envolventes es combatir los efectos de la colmatación y disminuir la resistencia de entrada al dren

- Colmatación:

Impedir la entrada de partículas de suelo al interior del dren que ocasionan sedimentación y posterior reducción del conducto. El peligro de colmatación es función de la textura y estructura del suelo. Suelo con alto contenido de limo y arena fina favorecen la colmatación. El riesgo disminuye en suelos de granulometría proporcionada.

- Resistencia de entrada.

En suelos inestables y con nivel freático alto es difícil la colocación del dren; por lo tanto es necesario estabilizar la zanja donde va instalado el dren mediante un material permeable que se coloca alrededor del mismo, reduciendo de esta forma la resistencia de entrada.

- **MATERIALES DE ENVOLVENTES**

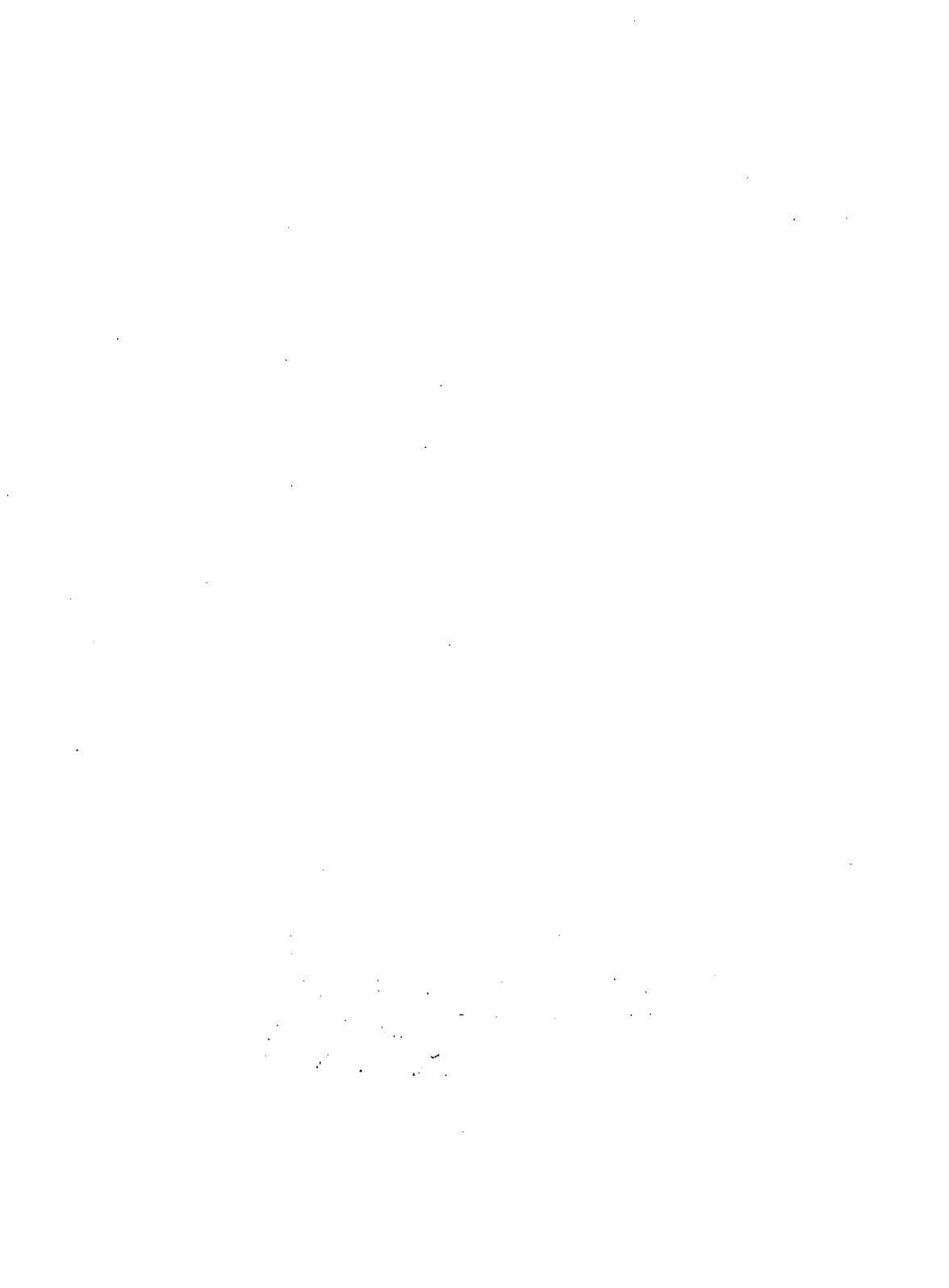
Granulares inorgánicos: arenas gruesas y gravas finas.

Fibras orgánicas: fibra de coco, fibra de turba, lino.

Materiales sintéticos: fibras de polipropileno, poliamida, poliestireno, poliéster.

12

**SISTEMAS SOLARES PARA AGUA
CALIENTE Y CALEFACCION
DE PISCINAS**



ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
ACODAL-SECCIONAL VALLE DEL CAUCA

CURSO TALLER DE INSTALACIONES HIDRAULICAS Y
SANITARIAS

SISTEMAS SOLARES PARA AGUA CALIENTE Y CALEFACCION DE
PISCINAS

CARLOS DIEROLF
Ingeniero Químico
Universidad de Purdue USA.

Santiago de Cali,

DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA CALIENTE

INTRODUCCION

En esta sección se describe brevemente como estimar el uso de agua caliente para fines domésticos, los tipos de calentadores que existen en el mercado, y algunos criterios para el diseño hidráulico de las redes de agua caliente.

Requerimientos de Agua Caliente

No existe en Colombia una norma o criterio de diseño para estimar la cantidad de agua caliente que se requiera en una casa, apartamento o local comercial. Algunos diseñadores estiman que el 20% de los requerimientos totales de agua son en forma de agua caliente. El uso principal del agua caliente en el Valle del Cauca es para duchas en viviendas de clase medio alta, y para duchas, y máquinas de lavar ropa y loza para viviendas de clase alta. No está arraigada en nuestro medio la práctica de lavar la loza manualmente con agua caliente. En las viviendas de clase alta, se está difundiendo la costumbre de instalar tinas de hidromasaje.

La tabla adjunta da unos parámetros para calcular el consumo de agua caliente (a 75 C).

TABLA 1

Consumo aproximado de agua caliente a 75C

Uso	Requerimiento (litros)
Ducha normal	20
Máquina lavaplatos (por tanda)	80
Máquina de lavar ropa	60
Tina hidromasaje (0.5 m ³)	150

Según estos estimativos, una familia típica de cinco miembros, requeriría de 100 litros diarios si sólo usa el agua caliente para una ducha diaria.

Ejemplo: Estime el consumo semanal de agua caliente para una familia de clase alta para la cual se espera el siguiente patrón de uso:

- Número de duchas durante la semana: 50
- Número de tandas de ropa para la máquina de lavar ropa: 5
- La máquina lavaplatos se usa tres veces a la semana
- La tina de hidromasaje se utiliza cuatro veces a la semana

Respuesta: El consumo esperado se encuentra resumido en la siguiente Tabla:

Uso	Consumo unitario	veces por semana	consumo semanal
Ducha	20	50	1000
Máquina lavar ropa	60	5	300
Máquina lavar platos	80	3	240
Tina hidromasaje	150	4	600
TOTAL			2140

Esta cifra da un consumo promedio diario de unos 300 litros. Nótese que el consumo de las duchas es un poco menor a la mitad del consumo total.

Tipos de Calentadores

Existen dos tipos básicos de calentadores de agua en el mercado: los calentadores con tanque acumulador y los calentadores de paso. En el suroccidente colombiano, se usan los calentadores eléctricos únicamente, aunque en otras partes del país, donde se están introduciendo las redes domiciliarias de gas, se están imponiendo los calentadores de gas natural por ser más económicos de operar.

Los calentadores con tanque acumulador son los más utilizados. Los tamaños usuales son de 15, 20 y 30 galones. Están construidos en forma de cilindro vertical, con la resistencia y su respectivo termóstato colocado en la parte inferior. Aunque tanto la conexión de la línea de agua caliente y de agua fría están en la parte superior del tanque, esta última tiene un tubo interno que conduce el agua fría hasta el fondo. De esta manera, al abrirse una llave de agua caliente, se extrae agua de la parte superior, donde se encuentra el agua más caliente, y el agua de reposición llega a la parte inferior, con un mínimo de mezcla. Dicho de otra manera forma, al abrir una llave de agua caliente, se está usando agua caliente que ha sido calentada previamente, y almacenada en el tanque del calentador.

Los calentadores eléctricos con acumulación fabricados en Colombia deben cumplir con la norma ICONTEC 1442 "Calentadores Eléctricos Automáticos tipo Almacenamiento, para Agua". Esta norma establece que la cantidad de agua caliente liberada por el calentador, definida como "cantidad de agua, expresada en litros, que puede ser liberada continuamente antes de que su temperatura descienda en más de 16 C por debajo de la temperatura medida después de los primeros 4 litros desalojados", será del "80% de su capacidad real" para calentadores "cuyo tanque tiene una altura total mayor de 0.91 m", y del "70% de su capacidad real" para "aquellos calentadores cuyo tanque tiene una altura total menor o igual a 0.91 m."

Según los datos de la Tabla 1, cualquiera de los calentadores comerciales que cumpla con la mencionada norma es suficientemente grande para liberar el agua para una ducha, pero aún el de 30 galones es insuficiente para llenar la tina del hidromasaje. La tercer persona en tomar una ducha consecutiva en una casa con un calentador de 20 galones probablemente sentiría que el agua se la está enfriando al final de su ducha.

Un calentador con acumulación requiere de energía eléctrica para dos propósitos: calentar el agua que se va a usar, y compensar las pérdidas con los alrededores, ya que el agua se halla más caliente que el aire que rodea al calentador. La cantidad de energía requerida para calentar un litro de agua 55 C (de 20 a 75 C) es de aproximadamente 0.064 kWh. La Norma ICONTEC 1442 establece que "las pérdidas de calor en un calentador, cuando el agua se mantiene a un promedio de

temperatura de 45 C por encima de la temperatura ambiente promedio... no excederá de 64.6 W/m^2 del área total exterior de la cubierta del calentador".

Ejemplo: estime el consumo eléctrico mensual para calentar el agua caliente de la familia -el ejemplo 1, si en esa casa se han instalado 2 calentadores de 30 galones (uno para los baños y otro para la cocina y área de servicios).

Respuesta: para calentar los 300 litros diarios de agua requerida, se necesitan $300 * 0.064 \text{ kwh} = 19.2 \text{ kwh}$ diarios, o 576 kwh mensuales.

Para compensar las pérdidas de calor, asumiendo que las pérdidas del calentador están en el límite superior permitido por la norma, se requieren $0.0646 \text{ kw} * 24 \text{ horas} = 1.55 \text{ kwh}$ diarios o 46.5 kwh mensuales por cada metro cuadrado de superficie externa de los calentadores. Si cada calentador tiene 1.75 m^2 de superficie, esto daría 163 kwh mensuales. El consumo total sería la suma de estos dos valores, 739 kwh mensuales.

El otro tipo de calentador es el calentador de paso. Tiene una resistencia eléctrica que disipa una potencia mucho mayor: de 3 a 4 kw. Su función es la de calentar el agua a medida que pasa por el calentador. Por lo tanto, sus pérdidas son mucho menores que las del calentador con acumulación. Su desventaja para el usuario es que normalmente debe tener un circuito eléctrico independiente, con cables gruesos, pues la corriente que requiere es de 30 o más amperios. Estos

calentadores tienen un efecto muy malo para las electrificadoras, pues requieren de altas potencias durante periodos cortos, pues tienen un elemento sensor que sólo los prende cuando el agua fluye por ellos. Los calentadores de paso no requieren de ningún diseño hidráulico especial, pues simplemente se conectan antes de la ducha.

DISEÑO DE CIRCUITOS DE AGUA CALIENTE

El diseño hidráulico de los circuitos de agua caliente no difiere del diseño de los circuitos de agua fría, excepto que las dimensiones de la tubería son diferentes. Mientras que la tubería que se emplea para agua fría tiene las dimensiones de la tubería de acero, la tubería de agua caliente tiene dimensiones que se asemejan más a la tubería de cobre. En términos generales, una tubería de agua caliente de tamaño nominal de 3/4" tiene dimensiones parecidas a las de la tubería de agua de 1/2" de tamaño nominal.

La Tabla 2 muestra la caída de presión por 100 metros de longitud para tubería de PVC (agua fría), CPVC (agua caliente), y cobre tipo M (utilizable en ambos casos), calculada mediante la ecuación de Hazen-Williams, para los tamaños de tubería más comúnmente utilizados en redes domésticas. También tiene los diámetros internos y la cantidad de agua contenida por metro lineal.

TABLA 2

CAIDA DE PRESION PARA TUBERIA DE PVC, CPVC Y COBRE TIPO M
CALCULADA CON LA FORMULA DE HAZEN-WILLIAMS

Caudal gal/min	Metros cabeza/10m recorrido					
	PVC RDE 3/4"	21 1"	Diámetro Nominal CPVC REDE 11		COBRE TIPO M	
		1/2"	3/4"		1/2"	3/4"
2.0	0.51	0.15	11.54	1.82	7.17	1.28
4.0	1.82	0.55	41.60	6.55	25.86	4.61
6.0	3.86	1.17	89.07	13.87	54.75	9.76
8.0	6.57	1.99	149.96	23.61	93.23	16.62
10.0	9.93	3.00	226.60	35.68	140.87	25.11
12.0	13.91	4.21	317.50	49.99	197.39	35.19

OTROS DATOS

Diámetro int. (in)	0.93	1.189	0.489	0.715	0.569	0.811
(mm)	23.62	30.2	12.43	18.17	14.45	20.6
Contenido de agua						
(l/ml)	0.438	0.716	0.121	0.259	0.164	0.333

Fuente: Para tubería PVC y CPVC - Catálogo de PAVCO

Para tubería de cobre: Lunde, Peter M., Solar Thermal
Engineering, New York, John Wiley & Sons, 1980, p. 252.

TABLA 3.1

PORCENTAJE DE REDUCCION DEL VOLUMEN DE AGUA
CON EL USO DE MEDIDORES

Sitio	Período del estudio	% medidores		Consumo per cápita por día (en litros)		% Reducción	% R Medido
		Antes	Final	Inicial	Final		
Detroit, Michigan (USA)	1910/36	10	100	666	492	26	.29
Los Angeles, California (USA)	1905/25	19	99	662	450	32	.40
Cincinnati, Ohio (USA)	1900/32	12.1	100	434	388	10	.12
Dallas, Texas (USA)	1900/30	0	100	473	321	32	.32
San Francisco, California (USA)	1910/32	24	100	323	281	13	.17
San Antonio, Texas (USA)	1920/32	42	100	477	328	31	.53
Lima (Perú)	1935/44	44	100	608	424	30	.54
Cali (Colombia)	1947	0	80.5	-	-	44	.55
Bogotá (Colombia)	1930/42	7.4	68	573	266	54	.89
San Isidro (Costa Rica)	1973	0	80	-	-	50.5	.63
Uruguay (22 ciudades)	1966	30	90	262	138	46	.77
Uruguay (28 ciudades)	1956/58	-	100	-	-	36	.36
Sao Paulo (Brasil)	1955/70	84	100	384	350	9	.56
USA (39 regiones)	1963/65	(0.50)	100	658	495	(25.50)	.37
Bucaramanga (Colombia)	1956/71	62	93	429.5	347.5	30	.97

% Reducción Porcentaje de reducción del volumen producido.

% Medido Porcentaje de instalaciones medidas.

ción de medidores en el sistema.

1.3 ALGUNAS DEFINICIONES NECESARIAS

Carcasa : Es lo mismo que cuerpo del medidor, o sea la estructura donde se confinan alguna o las tres partes de un medidor.

Caudal: Cantidad de agua que pasa por un conducto abierto o cerrado en la unidad de tiempo.

Caudal Nominal (Q_n): Cantidad de agua que pasa por un medidor en una hora causando una pérdida de presión establecida por las normas.

Caudal Admisible (Q_{adm}): El que pasa por un medidor sin que sufra ningún problema ni desgaste. Es generalmente la mitad del anterior. Para los europeos este caudal es el nominal y el anterior es el máximo.

EL COLECTOR SOLAR DE PLACA PLANA

El colector solar de placa plana es el tipo de colector que más frecuentemente se utiliza para el calentamiento de agua para uso doméstico. Su función es la de transformar la energía proveniente del sol en calor, y transferirlo al agua.

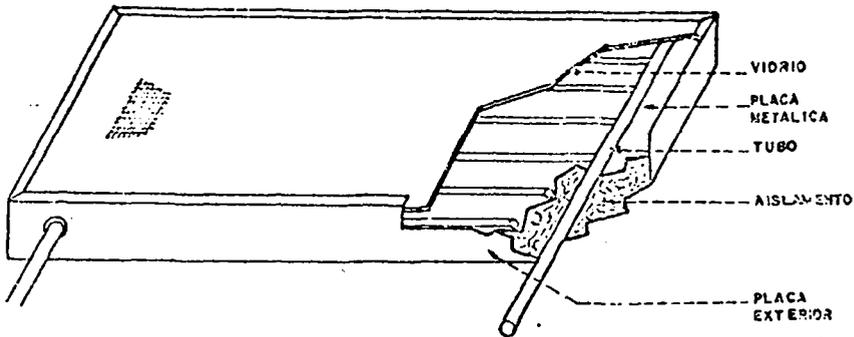


FIGURA 1. Corte seccionado de un colector solar

En la Figura 1 se muestra un corte seccional de un colector solar de este tipo. La caja externa del colector normalmente recibe el nombre de carcasa. El alma del colector es una placa metálica, que generalmente se pinta de negro, y la cual se calienta al ser expuesta a los rayos solares. A esta placa se adosan una serie de tubos por los cuales se hace circular el agua, la cual remueve la energía captada,

umentando su temperatura. La parte posterior de la placa se cubre con un aislante para reducir las pérdidas de calor entre la placa y sus alrededores, el cual se cubre otra placa metálica para protegerlo de la intemperie. Por encima, el colector está cerrado con vidrio, el cual tiene la particularidad de transmitir un 90% de la radiación solar que le incide pero de ser completamente opaco a la radiación térmica que a su vez emite la placa. Entre el vidrio y la placa queda atrapada una capa de aire, la cual igualmente actúa de aislante. Este conjunto de elementos debe ir bien sellado para evitar que el agua de las lluvias penetre al interior pues podría causar corrosión y daño a los aislantes.

Los colectores producidos por los diferentes fabricantes tienen estos mismos componentes, aunque difieren entre sí en cuanto a los materiales utilizados para la carcasa y la placa, el número y disposición de los tubos, y el tipo y espesor del aislante. La selección de estos materiales obedece en cada caso a diferentes criterios de costos, proceso de fabricación y facilidades de consecución. Todos tratamos de fabricar equipos confiables y de larga duración.

SISTEMA SOLAR PARA AGUA CALIENTE

Para tener un sistema solar de agua caliente deben interconectarse el colector y el tanque de almacenamiento. Éste debe ser muy bien aislado, para evitar las pérdidas de calor, y va interconectado a las redes de agua fría y caliente de la casa.

Existen dos formas básicas para interconectar el colector y el tanque: el sistema forzado en el cual se utiliza una bomba para hacer circular el agua entre el colector y el tanque, y el sistema de termosifón, en el cual esta circulación ocurre naturalmente. El sistema de flujo forzado es más complicado y caro, porque además de la bomba requiere un controlador que ponga a funcionar la bomba sólo si hay sol y además la temperatura del agua es mayor que la del tanque. Por tal motivo, los sistemas que se están instalando en Colombia funcionan por termosifón, y centraremos nuestra atención en ellos.

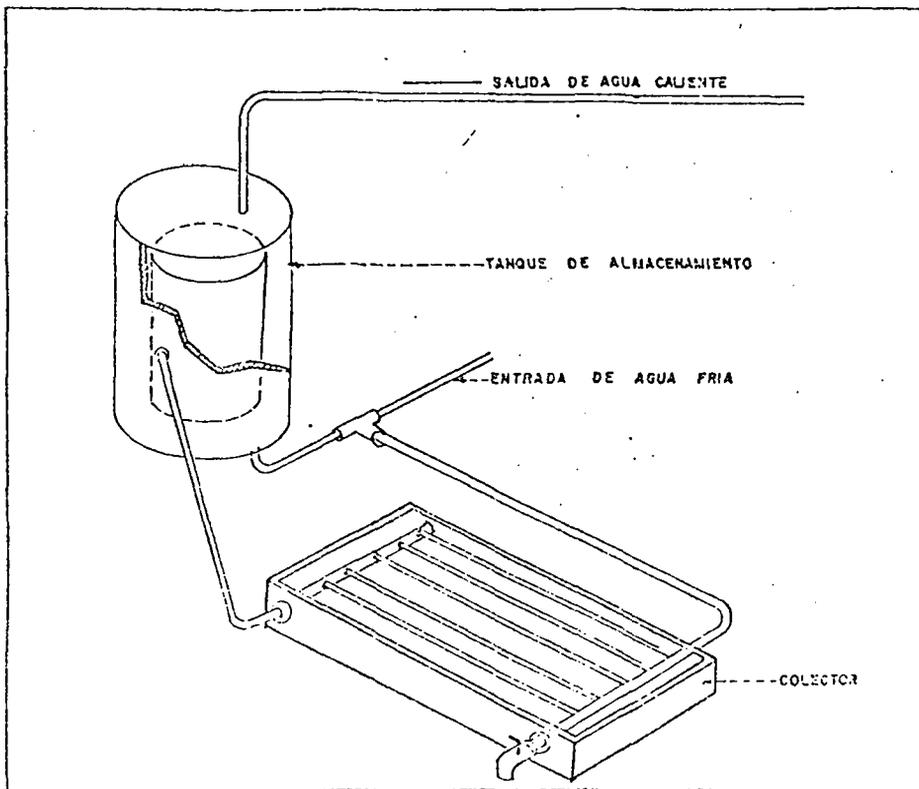


FIGURA 2. Diagrama Esquemático de un calentador solar

En la Figura 2 se muestra un diagrama esquemático de un sistema de termosifón. Para que este funcione, el tanque debe estar situado por encima del colector, el cual debe tener una ligera inclinación. Designemos como lado caliente del circuito de termosifón el que está comprendido entre el punto más bajo del colector y el tanque a través del colector, y como lado frío la otra mitad. Como el agua caliente es menos densa que el agua fría, el peso de la columna de agua del lado caliente del circuito es inferior al peso del lado frío. Esta diferencia de pesos constituye la fuerza impulsora que hace circular el agua por el circuito, bajando por el lado frío y subiendo por el caliente. Esta fuerza impulsora, muy débil por cierto, aumenta al aumentar la distancia vertical entre el tanque y el colector.

Como resultado de esta fuerza impulsora, se acelera el fluido, hasta llegar a una velocidad tal que las pérdidas hidráulicas del fluido al recorrer el circuito la igualan. Pero de igual forma, al aumentar la velocidad del fluido, se disminuye la diferencia de temperatura entre el lado caliente y el lado frío del circuito, disminuyéndose la fuerza impulsora. De esta forma, el flujo se autoregula. Las evaluaciones experimentales de estos sistemas indican que el flujo es laminar bajo condiciones normales de operación.

Al interconectar el tanque y el colector, debe tenerse especial cuidado de usar un circuito hidráulico que tenga las menores pérdidas hidráulicas posibles. Debe evitarse por consiguiente, la utilización de tubería de diámetro muy reducido, los acoples que restrinjan el flujo,

y los cambios súbitos de dirección. Una distancia muy grande entre el colector y el tanque tampoco es aconsejable, porque aumenta las pérdidas hidráulicas y térmicas.

Ejemplo: calcule la cabeza disponible para impulsar el agua por un colector de termosifón, si la diferencia de altura entre la parte más baja del colector y la parte más baja del tanque es de 1.0 m. Asuma que el lado caliente está a 50 C, y el frío a 25 C.

Solución: La cabeza es la diferencia entre el peso de la columna de agua del lado frío y del caliente.

La diferencia de presiones de las dos columnas está dada por la relación:

$$\Delta P = h (\gamma_{\text{frío}} - \gamma_{\text{caliente}})$$

$$= 1.0 \text{ m. } (0.997 - 0.988) = 9 \text{ mm columna de agua}$$

MONTAJE

El sitio más aconsejable para el montaje del colector es el techo de la edificación, pues allí está alejado del movimiento normal de los habitantes, reduciéndose la probabilidad de quebrar la cubierta de vidrio. La inclinación normal de los techos en nuestro medio es adecuada para los colectores, y permite que la lluvia ayude a limpiarlos del

polvo que se acumula sobre ellos. Pero debe tratarse de evitarse su colocación en lugares muy inaccesibles, para facilitar su mantenimiento periódico consistente en lavar los vidrios si tienen acumulación de polvo, y en abrir una llave de purga que un sistema bien diseñado debe tener en su punto inferior para la eliminación de los lodos que se acumulen, los cuales restringen el flujo del agua entre el colector y el tanque.

Si el diseño de la construcción lo permite, se debe tratar de localizar el tanque debajo del techo, pues de esta forma se protege de la intemperie, reduciéndose la posibilidad de corrosión y de que se humedezca el aislante, a la vez que se reducen las pérdidas térmicas. Adicionalmente, los tanques colocados en el techo pueden dañar la estética de la construcción. Si esto no es posible, la cubierta externa del tanque debe ser de un material que no se corroe fácilmente, debe quedar muy bien sellada para que no le pueda entrar el agua de la lluvia, y debe tener más aislante que el tanque que ha sido construido para ser colocado al interior del edificio. El sistema solar se conecta a la red hidráulica en forma igual a la de un calentador eléctrico: la línea de agua caliente va conectada a la salida de agua caliente del tanque, y la línea de suministro de agua fría a la conexión de agua fría del sistema. En muchos casos, como se ve en la Figura 2, esta conexión se hace al lado frío del circuito de termosifón, eliminándose así una cuarta conexión al tanque.

Adicionalmente, muchos sistemas solares incorporan una resistencia eléctrica en el tanque, con su correspondiente termostato, que

permite el calentamiento en aquellas ocasiones en las cuales la demanda es muy alta, o cuando hay varios días muy nublados seguidos. Para este fin debe contarse con una acometida eléctrica en el sitio de instalación del tanque, con un circuito independiente, controlado por su propio breaker. Si se requiere calentar el agua eléctricamente, basta con prender el breaker respectivo. El usuario debe recordar apagar el sistema cuando ya no necesite más calentamiento auxiliar, pues de lo contrario termina con un calentador eléctrico a precios de calentador solar.

NOCIONES DE DIMENSIONAMIENTO

Como se dijo al comienzo, no es posible en estas notas entrar en todos los detalles para dimensionar un sistema, pues debe comenzarse con una estimación de la disponibilidad de energía solar mes por mes en el sitio de instalación, continuar con el efecto de la orientación del sistema respecto a la trayectoria cambiante del sol a lo largo del año, y simular varios sistemas a lo largo del año para determinar el más efectivo en términos de costos.

Para efectos prácticos, los sistemas están limitados a múltiplos de 2 m^2 cuadrados de área de colectores, puesto que la mayoría de fabricantes los producen en este tamaño. El tamaño óptimo del tanque de almacenamiento está entre los 70 y 90 litros por m^2 de área de colectores.

La eficiencia típica de un sistema de termosifón es del orden de 50 a 60%, definida esta como la razón entre la energía utilizada para calentar el agua y la energía solar incidente sobre el colector. Como ejemplo, consideremos un sistema que tiene un colector solar de 2 metros cuadrados y un tanque de 160 litros, instalado en Cali, donde la irradiación promedio diaria a lo largo del año es de 4.5 kWh/m^2 . Si al comienzo del día llenamos el tanque con agua fría, al final del día su temperatura sería del orden de 50 C. Esto es suficiente agua caliente para las necesidades de una familia de cinco personas, si no son derrochadoras de agua caliente a la hora del baño.

La gran diferencia entre el calentador solar y el calentador eléctrico radica en que el calentador solar puede producir agua caliente sólo mientras brilla el sol. Esto quiere decir que quienes tienen la costumbre de bañarse por la mañana, se están bañando con el agua que fue calentada el día anterior. Es imposible producir más agua caliente después de las 5 p.m., así que cualquier cantidad de agua caliente que se use después de esa hora no podrá ser recuperada hasta el día siguiente. Por ahora no podrá ser recuperada hasta el día siguiente. Por consiguiente, los patrones de uso del agua caliente son muy importantes al dimensionar el sistema.

CONSIDERACIONES SOBRE EL TIPO DE TANQUE

Existen dos tipos de tanque se se pueden usar para un sistema solar: el tanque abierto y el cerrado. El tanque abierto es un tanque abierto a la presión del medio, con una flota para controlar el nivel

del agua, mientras que el tanque cerrado, al igual que el tanque de un calentador eléctrico se encuentra a la presión del sistema hidráulico.

El tanque abierto, aunque es más barato, tiene dos inconvenientes: primero, que no se puede garantizar que el caudal de entrada sea igual al caudal de salida en el momento de abrir una llave. Si el caudal de salida es superior al de entrada, bajará el nivel del agua, y como el tubo de salida tiene que estar cerca del nivel superior del agua para que tome el agua más caliente, puede que empiece a aspirar aire. En segundo lugar, la cabeza estática del circuito de agua caliente es igual a la columna de agua entre la superficie libre del tanque y el punto de uso. Esta cabeza usualmente es muy inferior a la cabeza del circuito de agua fría. Entonces, al mezclar el agua caliente con la fría, en el mejor de los casos, se tendrá un flujo muy bajo de agua caliente, y en el peor de los casos, el agua fría puede "devolverse" por el circuito de agua caliente, causando el rebosamiento del tanque.

13

DISEÑO DE PISCINAS

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
ACODAL-SECCIONAL VALLE DEL CAUCA

DISEÑO DE PISCINAS

María Lucero Acevedo
Ingeniería Sanitaria
Universidad del Valle

GENERALIDADES

Una piscina es un depósito de agua de tamaño determinado contenido y determinado por una estructura. Se utiliza principalmente con fines recreativos y deportivos por un alto número de personas lo que hace obliga a cumplir una serie de normas de tipo técnico y sanitario que garanticen el adecuado funcionamiento de las instalaciones y el bienestar de las personas que hacen uso de ella.

Debe entenderse que así como una piscina es un sitio de diversión puede también convertirse en un foco de infecciones.

Aunque actualmente la Secretaría de Salud Pública Municipal solo ejerce el programa de control y vigilancia en las piscinas de tipo público y de uso restringido no se debe olvidar que las piscinas de carácter privado, que tienen un alto índice de crecimiento, deben cumplir con los requerimientos de diseño y funcionamientos establecidos.

El dimensionamiento y el volumen de una piscina debe considerar el número de usuarios y la concurrencia de estos, por lo cual existe un parámetro de factor de uso igual a 1.4 m^2 de área de piscina por persona, considerando una profundidad media de 1.50 mts el cual debe ser considerado en el momento de estimarse las dimensiones.

A. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA DE UNA PISCINA

Un sistema de tratamiento de agua de una piscina consiste básicamente en los siguientes equipos:

1. Equipo de recolección y conducción del agua
2. Equipo de bombeo y filtración
3. Equipo de desinfección
4. Equipo de limpieza
5. Equipos adicionales.

A continuación hacemos una relación de como está conformado cada uno de ellos.

1. Equipo de recolección y conducción del agua.
 - 1.1 Rejilla de fondo
 - 1.2 Desnatador
 - 1.3 Boquilla de succión
 - 1.4 Boquilla de impulsión
 - 1.5 Tuberías y válvulas para conducción y manejo del agua desde la piscina a la caseta y viceversa.
2. Equipo de bombeo y filtración
 - 2.1 Trampa de cabellos
 - 2.2 Bomba
 - 2.3 Filtro con sus válvulas

3. Equipo de desinfección

Si se trata de un equipo para dosificar solución de hipoclorito de sodio consta de:

3.1 Bomba dosificadora

3.2 Tanque de solución

Si se trata de un equipo para dosificar cloro gaseoso, consta de:

4.1 Dosificador

4.2 Cilindro de gas cloro

4.3 Inyector

4.4 Bomba reforzadora

4.5 Tanque de solución de soda

Los dos tipos de equipos requieren un comparador de cloro y pH.

4. Equipo de limpieza

4.1 Aspiradora

4.2 Mango telescópico

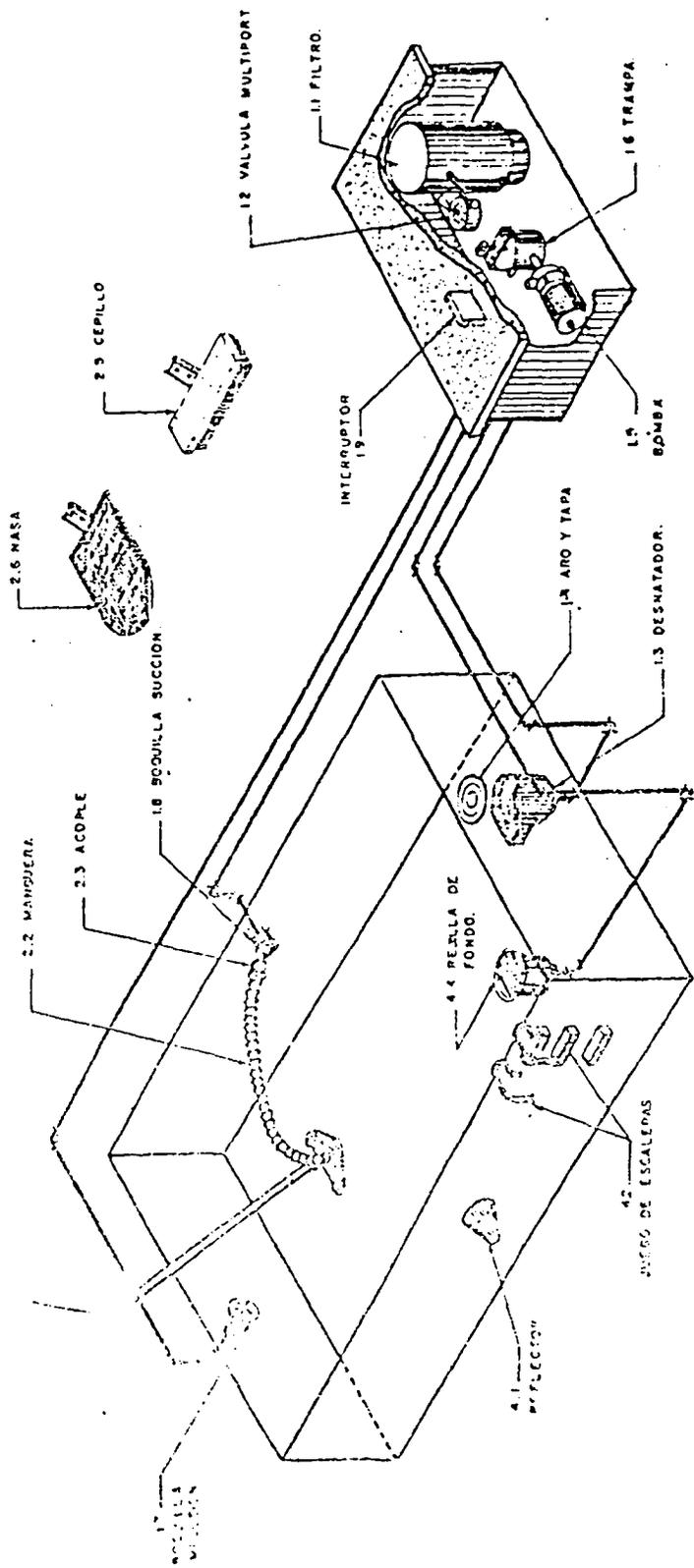
4.3 Manguera de aspiración

4.4 Acople

4.5 Masa

4.6 Cepillo

1 - 2.4 MANEJO TELESCÓPICO.



EQUIPOS PARA UNA PISCINA.

5. Equipos adicionales

Entre ellos se enumeran:

5.1 Escaleras

5.2 Reflectores

5.3 Toboganes

B. FUNCIONAMIENTO

Posiblemente lo más importante de conocer de estos equipos es el objetivo básico de sistema el cual sencillamente es hacer pasar el agua de la piscina por un filtro y retornarla a ella haciéndole una desinfección. (Equipos Nos. 1, 2 y 3). El equipo número 4, de limpieza, sirve para hacer el mantenimiento de superficie, fondo y paredes de la piscina y el equipo número 5 proporciona comodidad y presentación o estética al conjunto.

1. Extracción del agua de la piscina

En primer lugar, si deseamos pasar el agua de la piscina por el filtro, la primera acción será recogerla o sacarla de la piscina.

Existen tres partes de donde se puede extraer agua de la piscina:

1.1 Del Fondo

Según normas establecidas, conviene recircular o extraer agua del fondo de la piscina en un 50% del total recirculado (pasado a través del filtro).

La rejilla de fondo evitará no solo el paso de hojas u objetos gruesos hacia la bomba sino también los accidentes de las personas que se sienten encima de ella y que eventualmente podrían ser succionadas por la presión negativa de la bomba.

1.2 De la superficie (o nata)

Debido a que en la superficie de la piscina se forma una nata o película de aceite y además flotan algunos elementos pequeños, es conveniente extraer agua de esta parte. Para tal fin se usa el desnatador o elemento que posee un vertedero flotante que permite el paso del agua superficial. El desnatador tiene además en su interior una canastilla que retiene hojas, insectos, plásticos etc.

Normalmente se puede extraer un 50% del agua de la piscina por medio de los desnatadores.

1.3 De la boquilla de succión (aspiradora)

Toda piscina tiene una tubería conectada a la succión de la bomba con el objeto de conectarle a ella una aspiradora de fondo. Esta labor de aspiración o limpieza de fondo se realiza por lo tanto utilizando la misma bomba del sistema y lógicamente filtrando el agua para retornarla limpia.

Resumiendo lo anterior, existen partes de las cuales se puede extraer agua de la piscina.

1.1 Del fondo

1.2 Del desnatador

1.3 De la boquilla de succión

Normalmente estos sitios están conectados a la bomba con tuberías y válvulas independientes y por lo tanto su puesto en funcionamiento consiste en abrir la válvula respectiva.

2. Retorno del agua a la piscina

Para completar los componentes del equipo de recolección y conducción del agua solo basta mencionar que la boquilla de impulsión permite el retorno del agua filtrada a la piscina. Lógicamente para hacer la conducción del agua se requerirán las tuberías del caso.

3. Filtración

Extraída o succionada el agua de la piscina y estando ya en la caseta se inicia la filtración mediante los siguientes procesos:

3.1 Eliminación de material grueso y cabellos

Para tal fin se dispone de la trampa de cabellos con su canastilla. Esta trampa debe ser limpiada diariamente y en especial después de usar la aspiradora de fondo.

3.2 Impulsión o aumento de presión

Como el agua debe pasar a través de un filtro que le ocasiona resistencia al flujo, es necesario usar una bomba para aumentar la presión, vencer dicha resistencia y retornar filtrada a la piscina.

Al mismo tiempo la succión de la bomba se aprovecha para hacer la aspiración de fondo como ya se indicó anteriormente.

3.3 Eliminación de material fino

Prácticamente este es el verdadero proceso de filtración. El filtro es un recipiente metálico o de fibra de vidrio, acondicionado interiormente para que permita el flujo uniforme del agua de arriba hacia abajo a través de un lecho de arena de características especiales.

El paso del agua por los pequeños poros que quedan entre los gramos de arena es lo que permite la separación del mugre o partículas finas.

El filtro se diseña en tal forma que cuando se ha acumulado bastante mugre en la arena, se invierta la dirección del flujo y se lave en contracorriente durante un período de tres minutos inmediatamente después el filtro en estado limpio puede reiniciar su operación normal.

El tamaño del filtro varía con la capacidad de la bomba y esta a su vez depende del volumen de la piscina.

Si la bomba es de gran caudal, el agua pasará a través de un filtro pequeño con gran velocidad y arrastrará todo el mugre sin producirse una buena filtración.

Por tal motivo, una bomba de gran caudal necesita un filtro de gran área o diámetro. Cuando el área de un filtro es grande, la velocidad del agua es pequeña y el mugre se retendrá más fácilmente en la arena.

De lo anterior se deduce que deben existir normas que relacionan el tamaño de una piscina con la capacidad de la bomba y con el área (o diámetro) del filtro.

3.4 Lavado del filtro

El filtro acumula en los poros de la arena el mugre o partículas finas que de una u otra forma están en el agua de la piscina. Al cabo de un tiempo o jornada la acumulación es tal que no pasa suficiente agua o se comienza a devolver el mugre hacia la piscina nuevamente.

Es entonces el momento de lavar el filtro para lo cual se invierte el flujo del mismo y se produce una contracorriente por un período de tres minutos. El agua de lavado (sucio) se bota por el desagüe.

4. Desinfección

Después de eliminados los materiales gruesos y finos del agua de la piscina se procede a la desinfección o eliminación de los microorganismos que no son eliminados por el proceso de filtración.

Existen varias formas de desinfectar el agua bien sea usando productos químicos o medios físicos como los rayos ultravioletas.

Sin embargo, el método más sencillo y económico es el uso del cloro y sus compuestos químicos.

4.1 Dosis promedio recomendadas

Cloro gaseoso = 300 gr/100 m³ de volumen de agua.

Cloro líquido = 2.3 Hs/100 m³ de volumen de agua

Cloro granulado = 400 gr/100 m³ de volumen de agua
Ca (ClO)₂

Con estas dosis se ha estimado un cloro residual en el agua de la piscina en un rango entre 0.5 y 1.0 mg/litro. de acuerdo con la reglamentación de salud pública.

5. Limpieza

La limpieza de la piscina comprende los siguientes sitios:

5.1 Fondo y paredes

El fondo de la piscina se limpia utilizando un cepillo de nylon y de acero inoxidable y restregando cuidadosamente los sitios donde se han acumulado las suciedades o donde han comenzado a proliferar las algas.

Conviene indicar aquí que los objetos gruesos deben ser barridos hacia un extremo de la piscina y sacados manualmente ya que si se usa la aspiradora para ello, hay el peligro de obstruir la tubería.

Después de cepillada la piscina, se procede a aspirar el fondo de la misma usando un carro aspirador (aspiradora) provisto de su respectiva manguera de vacío y mango telescópico que le permite manejarlo desde los andenes de la piscina.

5.2 Superficie

En la superficie de la piscina se mantienen flotando diversos materiales, objetos o insectos que muchas veces no son eliminados por el desnatador.

Estos materiales deben extraerse utilizando la nasa para lo cual debe acoplársele el mismo mango telescópico de la aspiradora.

6. Equipos adicionales

Existen unos equipos adicionales que no son necesarios para el tratamiento del agua o el mantenimiento de la piscina pero que pueden ser indispensables para comodidad y recreación. Ellos son:

6.1 Escaleras

Compuestas por los pasamanos y los peldaños generalmente incrustados, son necesarias cuando la piscina tiene más de 1.0 m. de profundidad. En piscina públicas debe instalarse una por cada esquina y si tiene más de 25 m. de largo conviene colocar uno intermedio para facilitar la salida de las personas.

6.2 Reflectores

Son necesarios cuando se programan eventos nocturnos bien sean competencias o baños.

Los reflectores deberán ser instalados por personas adiestradas, con el conocimiento que demanda un equipo de tanto cuidado sin ahorrar ningún aditamento de seguridad.

6.3 Trampolines y deslizadores o toboganes.

Estos equipos solo se instalan donde la profundidad de la piscina lo permita y cumpliendo las normas relativas.

C. DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS

- Equipo de bombeo : Filtración

El volumen de la piscina se relaciona con la capacidad de la bomba al definirse el período de recirculación (T) como el tiempo en horas que demora en pasar toda el agua de la piscina por el filtro.

Este período de recirculación ha sido fijado por las normas sanitarias de varios países en la siguiente forma:

1. Piscinas públicas: 4 horas
2. Piscinas semiprivadas: 6 horas *Clubes privados, colegios, etc.).
3. Piscinas privadas: 8 - 12 horas

O sea que si se ha definido el período de recirculación y se conoce el volumen (V) de la piscina, inmediatamente se fija el caudal de la bomba.

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

Por otra parte, si las tuberías y el filtro han sido bien diseñadas la bomba solo necesitará dar una presión de 21 metros (aprox. 30 libras por pulgada cuadrada), para casetas localizadas entre 6 y 10 mts. respecto a la piscina; la potencia de la bomba se calcula como

$$Hp = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/h)} \times H \text{ (m)}}{273.6 \times \text{eficiencia}}$$

El tamaño del filtro se calcula con base en una tasa de filtración rápida de 48.8 m³/hora/m².

$$\text{Area filtro} = \frac{\text{caudal de la bomba}}{\text{Tasa de filtración}}$$

2. Equipo de recolección y conducción

Se calculó para las siguientes condiciones de diseño.

Velocidad en la succión = 1.5 m/s

Velocidad en la impulsión = 3.0 m/s.

De acuerdo con el tamaño comercial de las boquilla, se ha estandarizado un diámetro mínimo para las tuberías de recirculación de 1".

En lo posible las tuberías deberán ir por carcamas que rodean las piscinas con el fin de facilitar cualquier reparación.

2.1 Boquillas de inyección

Se utiliza una boquilla por cada 11.4 m^3 /hora de caudal de agua de la piscina.

$$\text{No. inyectores} = \frac{\text{caudal de la bomba}}{\text{caudal por inyector}}$$

Se colocan como mínimo a 50 cm. con respecto al nivel de agua.

2.2 Desnatadores

Se utiliza un desnatador por cada 80 m^2 de superficie de piscina.

$$\text{No. desnatadores} = \frac{\text{Area de la piscina}}{\text{Area de desnatador}}$$

2.3 Boquillas de succión

Se debe colocar el número de boquillas necesarias para garantizar la limpieza completa de la piscina considerando una longitud de manguera de 15 mts.

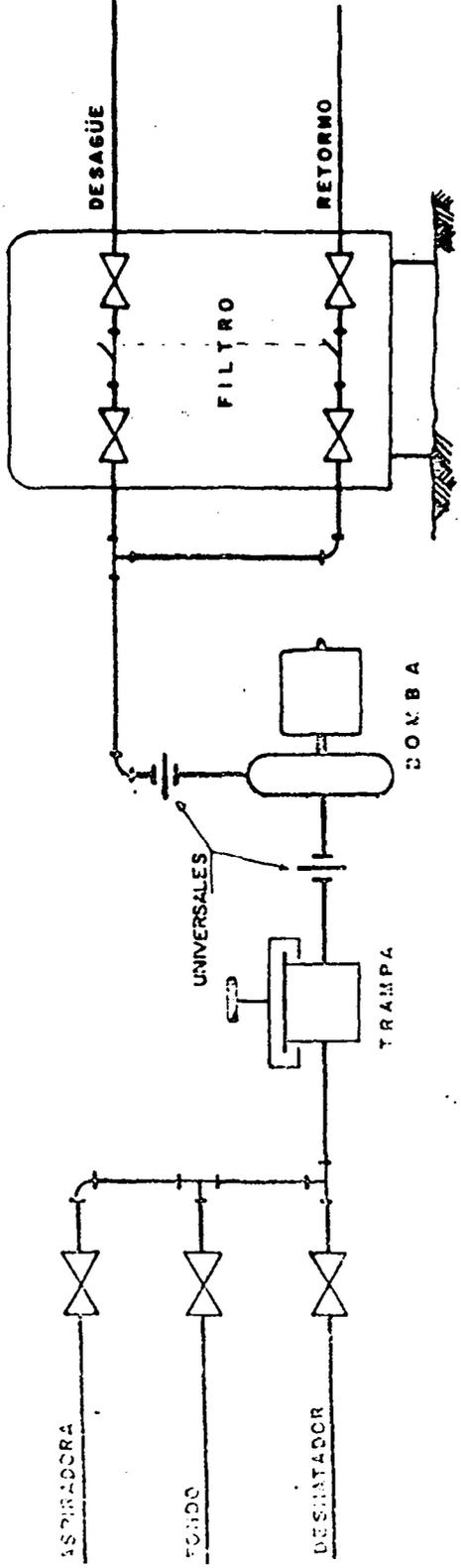
La succión se debe colocar a 0.25 por debajo del nivel del agua.

2.4 Rejilla de Fondo

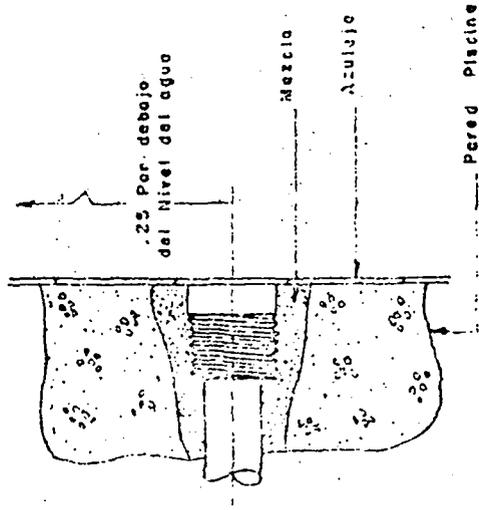
Deberá tener un diámetro mínimo de 8", tamaño utilizado para piscinas hasta de 100 m³.

Para volúmenes mayores se deberán colocar rejillas cuadradas de 14" x 14" .

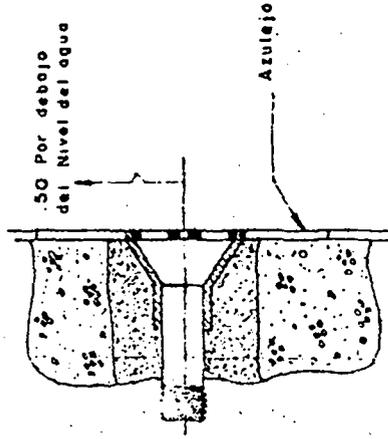
La rejilla debe tener un área libre de 10 veces el área de la tubería a la cual está conectada.



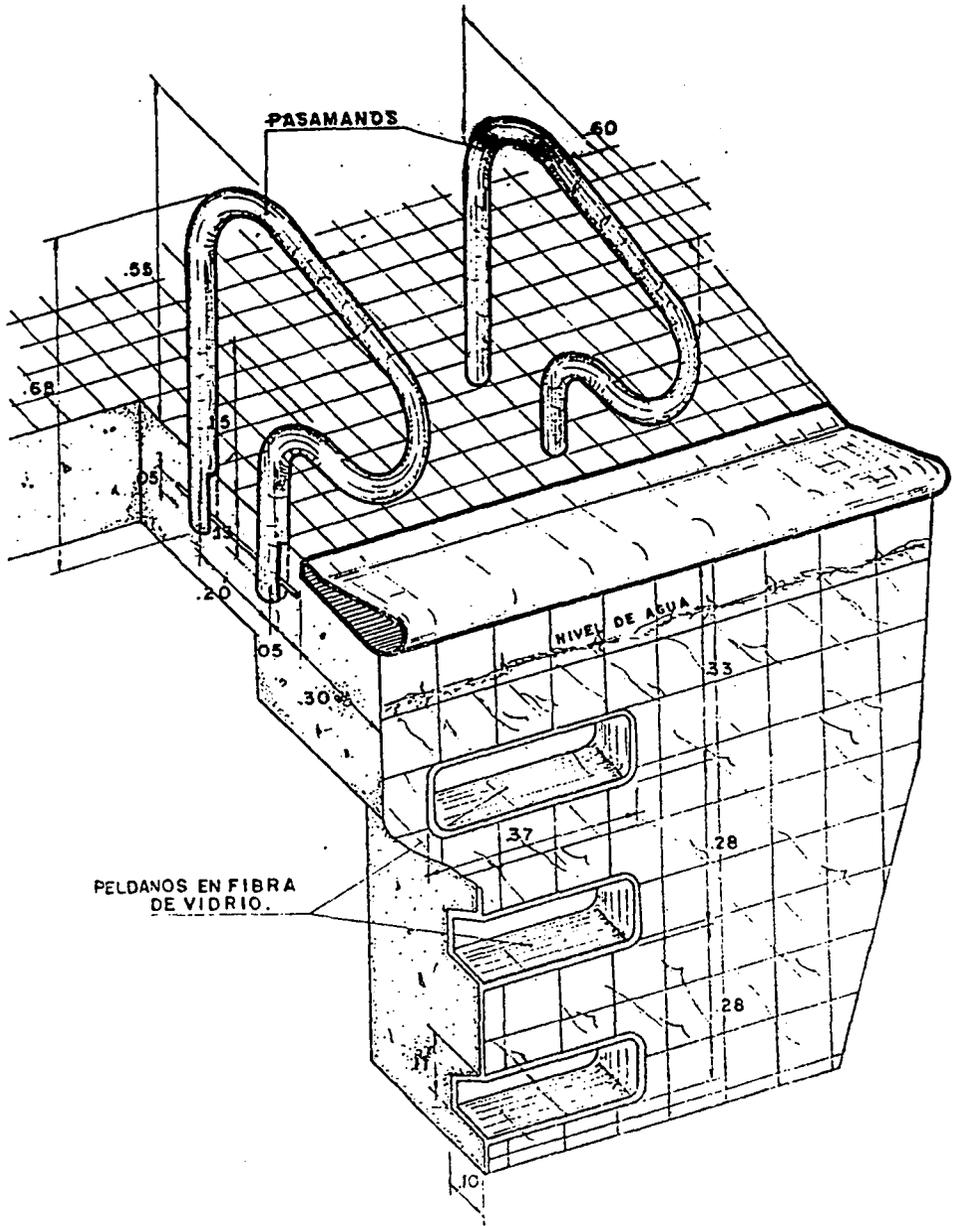
INSTALACION ESQUEMATICA DE UN EQUIPO DE PISCINA



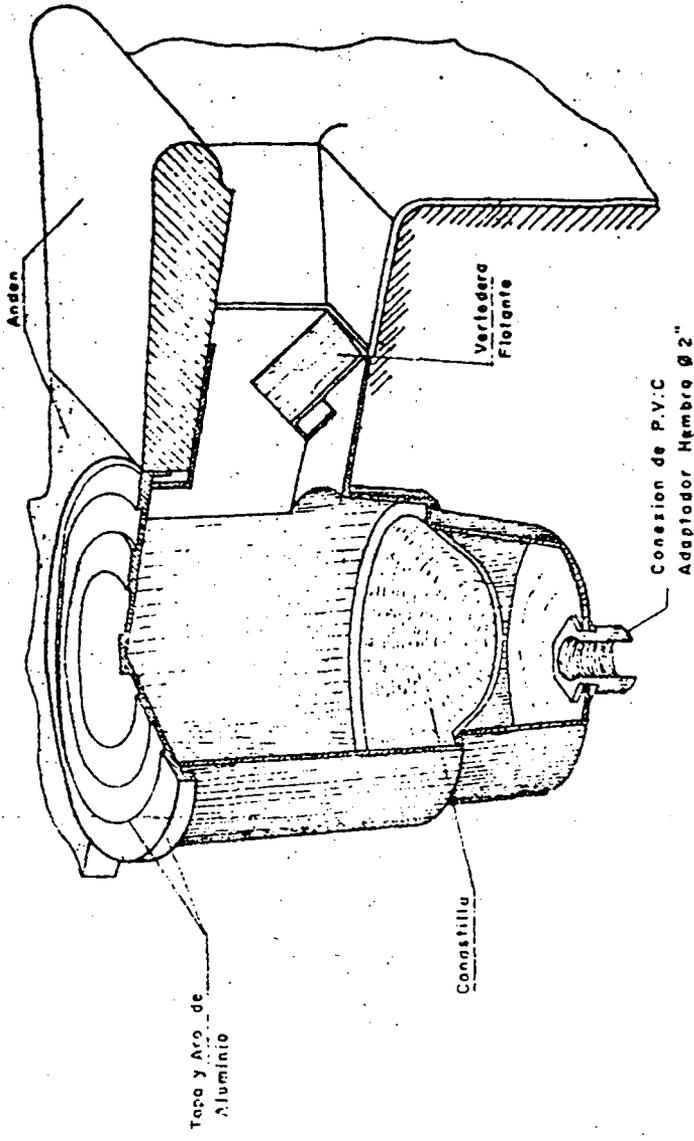
SUCCION



INYECTOR



ESCALERA



DESNATADOR

MATERIAL FIBRA DE VIDRIO

CAPACIDADES DE FILTROS

Tasa de Filtración : 20 GPM/pie² (13.6 lt/seg/M²)
 (48.8 M³/hr/M²)

Piscinas Públicas 4 horas
 Piscinas Semipúblicas 6 horas
 Piscinas Privadas 8 horas

Velocidad tubería de succión = 1.5 m/seg
 Velocidad tubería presión = 3.0 m/seg
 Potencia del Motor HP = $Q \text{ (lt/seg)H (mts)}$
 = 76 E
 E= Eficiencia 75%

PERIODO DE RECIRCULACION:

Diámetro del Filtro	AREA M ²	CAUDAL		VOLUMEN (M ³)			POTENC. MOTOR HP	Diámetro de Tubería Pulgadas
		GPM	M ³ /hora	4h	6h	8h		
14	0.36	22.5	5.1	20	31	41	1/2	1 1/4
18	0.46	36.6	8.3	33	50	66	1	1 1/2
20	0.51	45	8.2	41	61	82	1	1 1/2
24	0.61	64	14.5	58	87	116	1.5	2
30	0.76	99.7	22.6	90	136	181	2.5	2 1/2
36	0.91	142.4	32.3	129	194	258	3.5	2 1/2
42	1.07	197.1	44.7	179	268	358	4.5	3
48	1.22	256.2	58.1	232	349	465	6	4
54	1.37	323.3	73.3	293	440	586	7.5	4
60	1.52	398.3	90.3	361	542	722	9.5	4
72	1.83	676.8	130.8	523	785	1.046	13.5	6

14

TABLA ROY HUNTER - WILLIAM HAZEN

TABLA ROY HUNTER - WILLIAM HAZEN

Esta tabla de cálculos de pérdidas unitarias preparada por Dicohidro Ltda, en sus dos primeras columnas contempla la tabulación del gráfico del Dr Roy Hunter para aparatos de tanque; basado en esta tabulación y teniendo controlada la velocidad máxima a 2 m/seg para diámetros menores a 3" y 2,5 m/seg para diámetros mayores o iguales a 3", se le aplican a la fórmula de William - Hazen los diferentes caudales para los coeficientes de fricción de :

Tubería de Hierro galvanizado	C = 100
Tubería de cobre	C = 140
Tubería de PVC	C = 150
Tubería de PVC teniendo en cuenta el diámetro real de fabricación.	

Por lo anterior, la columna uno (1) y la columna dos (2), son la tabulación del gráfico de Hunter para aparatos de tanque.

La columna tres (3) corresponde a los diámetros comerciales de tubería en Pulgadas.

La columna cuarta (4) corresponde a las velocidades del fluido en las tuberías.

La columna quinta (5) corresponde a las pérdidas unitarias para tubería de hierro galvanizado.

La columna sexta (6) corresponde a las pérdidas unitarias para tubería de cobre.

La columna séptima corresponde a las pérdidas unitarias para tubería de PVC.

La columna octava (8) corresponde a las pérdidas unitarias para tubería de PVC teniendo en cuenta el RDE.

INSTALACIONES HIDRAULICAS

HAZEN-WILLIAM PREPARADO POR "D I C O M I D R O L T D A"

Un	U	D	V	J	J	J	J
	E.P.M	"	M/Seg	100	140	150	PVC
1	1	0,50	0,49	0,059	0,032	0,028	0,005
2	2	0,50	0,99	0,213	0,114	0,100	0,017
3	3	0,50	1,48	0,450	0,242	0,213	0,037
4	4	0,50	1,97	0,767	0,411	0,362	0,063
5	5	0,75	1,10	0,161	0,086	0,076	0,027
6	6	0,75	1,32	0,226	0,121	0,107	0,037
7	7	0,75	1,53	0,300	0,161	0,142	0,050
8	8	0,75	1,75	0,384	0,206	0,181	0,060
9	9	0,75	1,97	0,478	0,256	0,226	0,079
10	9	0,75	1,97	0,478	0,256	0,226	0,079
11	10	1,00	1,23	0,143	0,077	0,069	0,029
12	10	1,00	1,23	0,143	0,077	0,069	0,029
13	11	1,00	1,36	0,171	0,092	0,081	0,035
14	11	1,00	1,36	0,171	0,092	0,081	0,035
15	12	1,00	1,48	0,201	0,108	0,095	0,041
16	12	1,00	1,48	0,201	0,108	0,095	0,041
17	13	1,00	1,60	0,233	0,125	0,110	0,047

GUTIERREZ L GARCIA S. Ing Sanitario Univalle.

Un	Q	D	V	J	J	J	J
18	13	1,00	1,60	0,233	0,125	0,110	0,047
19	14	1,00	1,73	0,267	0,143	0,126	0,054
20	14	1,00	1,73	0,267	0,143	0,126	0,054
21	15	1,00	1,85	0,303	0,163	0,143	0,062
22	15	1,00	1,85	0,303	0,163	0,143	0,062
23	16	1,00	1,97	0,342	0,183	0,161	0,069
24	16	1,00	1,97	0,342	0,183	0,161	0,069
25	17	1,25	1,34	0,129	0,069	0,061	0,025
26	17	1,25	1,34	0,129	0,069	0,061	0,025
27	18	1,25	1,42	0,143	0,077	0,068	0,028
28	18	1,25	1,42	0,143	0,077	0,068	0,028
29	18	1,25	1,42	0,143	0,077	0,068	0,028
30	19	1,25	1,50	0,159	0,085	0,075	0,031
31	19	1,25	1,50	0,159	0,085	0,075	0,031
32	19	1,25	1,50	0,159	0,085	0,075	0,031
33	20	1,25	1,58	0,174	0,094	0,082	0,034
34	20	1,25	1,58	0,174	0,094	0,082	0,034
35	20	1,25	1,58	0,174	0,094	0,082	0,034
36	21	1,25	1,66	0,191	0,102	0,090	0,037
37	21	1,25	1,66	0,191	0,102	0,090	0,037
38	21	1,25	1,66	0,191	0,102	0,090	0,037
39	22	1,25	1,74	0,208	0,112	0,098	0,040
40	22	1,25	1,74	0,208	0,112	0,098	0,040
41	22	1,25	1,74	0,208	0,112	0,098	0,040
42	23	1,25	1,82	0,226	0,121	0,107	0,044
43	23	1,25	1,82	0,226	0,121	0,107	0,044
44	23	1,25	1,82	0,226	0,121	0,107	0,044
45	24	1,25	1,89	0,244	0,131	0,115	0,047

Un	U	D	V	J	J	J	J
46	24	1,25	1,89	0,244	0,131	0,115	0,047
47	24	1,25	1,89	0,244	0,131	0,115	0,047
48	25	1,25	1,97	0,263	0,141	0,124	0,051
49	25	1,25	1,97	0,263	0,141	0,124	0,051
50	25	1,25	1,97	0,263	0,141	0,124	0,051
51	26	1,50	1,43	0,117	0,063	0,055	0,028
52	26	1,50	1,43	0,117	0,063	0,055	0,028
53	26	1,50	1,43	0,117	0,063	0,055	0,028
54	27	1,50	1,48	0,125	0,067	0,059	0,030
55	27	1,50	1,48	0,125	0,067	0,059	0,030
56	27	1,50	1,48	0,125	0,067	0,059	0,030
57	28	1,50	1,53	0,134	0,072	0,063	0,032
58	28	1,50	1,53	0,134	0,072	0,063	0,032
59	28	1,50	1,53	0,134	0,072	0,063	0,032
60	29	1,50	1,59	0,143	0,077	0,067	0,033
61	29	1,50	1,59	0,143	0,077	0,067	0,033
62	29	1,50	1,59	0,143	0,077	0,067	0,033
63	30	1,50	1,64	0,152	0,082	0,072	0,035
64	30	1,50	1,64	0,152	0,082	0,072	0,035
65	30	1,50	1,64	0,152	0,082	0,072	0,035
66	31	1,50	1,70	0,162	0,087	0,076	0,039
67	31	1,50	1,70	0,162	0,087	0,076	0,039
68	31	1,50	1,70	0,162	0,087	0,076	0,039
69	32	1,50	1,75	0,171	0,092	0,081	0,042
70	32	1,50	1,75	0,171	0,092	0,081	0,042
71	32	1,50	1,75	0,171	0,092	0,081	0,042
72	33	1,50	1,81	0,181	0,097	0,086	0,044
73	33	1,50	1,81	0,181	0,097	0,086	0,044

Un	Q	D	V	J	J	J	J
74	33	1,50	1,81	0,181	0,097	0,086	0,044
75	34	1,50	1,86	0,192	0,103	0,090	0,046
76	34	1,50	1,86	0,192	0,103	0,090	0,046
77	34	1,50	1,86	0,192	0,103	0,090	0,046
78	35	1,50	1,92	0,202	0,108	0,095	0,049
79	35	1,50	1,92	0,202	0,108	0,095	0,049
80	35	1,50	1,92	0,202	0,108	0,095	0,049
81	36	1,50	1,97	0,213	0,114	0,101	0,052
82	36	1,50	1,97	0,213	0,114	0,101	0,052
83	36	1,50	1,97	0,213	0,114	0,101	0,052
84	37	2,00	1,14	0,055	0,030	0,026	0,018
85	37	2,00	1,14	0,055	0,030	0,026	0,018
86	37	2,00	1,14	0,055	0,030	0,026	0,018
87	38	2,00	1,17	0,058	0,031	0,027	0,019
88	38	2,00	1,17	0,058	0,031	0,027	0,019
89	38	2,00	1,17	0,058	0,031	0,027	0,019
90	39	2,00	1,20	0,061	0,033	0,029	0,020
91	39	2,00	1,20	0,061	0,033	0,029	0,020
92	39	2,00	1,20	0,061	0,033	0,029	0,020
93	40	2,00	1,23	0,064	0,034	0,030	0,021
94	40	2,00	1,23	0,064	0,034	0,030	0,021
95	40	2,00	1,23	0,064	0,034	0,030	0,021
96	40	2,00	1,23	0,064	0,034	0,030	0,021
97	41	2,00	1,26	0,067	0,036	0,032	0,022
98	41	2,00	1,26	0,067	0,036	0,032	0,022
99	41	2,00	1,26	0,067	0,036	0,032	0,022
100	41	2,00	1,26	0,067	0,036	0,032	0,022
101	42	2,00	1,30	0,070	0,037	0,033	0,023

Un	Q	D	V	J	J	J	J
102	42	2,00	1,30	0,070	0,037	0,033	0,023
103	42	2,00	1,30	0,070	0,037	0,033	0,023
104	42	2,00	1,30	0,070	0,037	0,033	0,023
105	43	2,00	1,33	0,073	0,039	0,034	0,024
106	43	2,00	1,33	0,073	0,039	0,034	0,024
107	43	2,00	1,33	0,073	0,039	0,034	0,024
108	43	2,00	1,33	0,073	0,039	0,034	0,024
109	44	2,00	1,36	0,075	0,041	0,036	0,025
110	44	2,00	1,36	0,076	0,041	0,036	0,025
111	44	2,00	1,36	0,076	0,041	0,036	0,025
112	44	2,00	1,36	0,076	0,041	0,036	0,025
113	45	2,00	1,39	0,079	0,043	0,037	0,026
114	45	2,00	1,39	0,079	0,043	0,037	0,026
115	45	2,00	1,39	0,079	0,043	0,037	0,026
116	45	2,00	1,39	0,079	0,043	0,037	0,026
117	46	2,00	1,42	0,083	0,044	0,039	0,027
118	46	2,00	1,42	0,083	0,044	0,039	0,027
119	46	2,00	1,42	0,083	0,044	0,039	0,027
120	46	2,00	1,42	0,083	0,044	0,039	0,027
121	47	2,00	1,45	0,086	0,046	0,041	0,029
122	47	2,00	1,45	0,086	0,046	0,041	0,029
123	47	2,00	1,45	0,086	0,046	0,041	0,029
124	47	2,00	1,45	0,086	0,046	0,041	0,029
125	49	2,00	1,48	0,089	0,048	0,042	0,030
126	48	2,00	1,48	0,089	0,048	0,042	0,030
127	48	2,00	1,48	0,089	0,048	0,042	0,030
128	48	2,00	1,48	0,089	0,048	0,042	0,030
129	49	2,00	1,51	0,093	0,050	0,044	0,031

Un	Q	D	V	J	J	J	J
130	49	2,00	1,51	0,093	0,050	0,044	0,031
131	49	2,00	1,51	0,093	0,050	0,044	0,031
132	49	2,00	1,51	0,093	0,050	0,044	0,031
133	50	2,00	1,54	0,096	0,052	0,046	0,032
134	50	2,00	1,54	0,096	0,052	0,046	0,032
135	50	2,00	1,54	0,096	0,052	0,046	0,032
136	50	2,00	1,54	0,096	0,052	0,046	0,032
137	51	2,00	1,57	0,100	0,054	0,047	0,033
138	51	2,00	1,57	0,100	0,054	0,047	0,033
139	51	2,00	1,57	0,100	0,054	0,047	0,033
140	51	2,00	1,57	0,100	0,054	0,047	0,033
141	52	2,00	1,60	0,104	0,056	0,049	0,034
142	52	2,00	1,60	0,104	0,056	0,049	0,034
143	52	2,00	1,60	0,104	0,056	0,049	0,034
144	52	2,00	1,60	0,104	0,056	0,049	0,034
145	53	2,00	1,63	0,107	0,058	0,051	0,036
146	53	2,00	1,63	0,107	0,058	0,051	0,036
147	53	2,00	1,63	0,107	0,058	0,051	0,036
148	53	2,00	1,63	0,107	0,058	0,051	0,036
149	54	2,00	1,67	0,111	0,060	0,053	0,037
150	54	2,00	1,67	0,111	0,060	0,053	0,037
151	54	2,00	1,67	0,111	0,060	0,053	0,037
152	54	2,00	1,67	0,111	0,060	0,053	0,037
153	55	2,00	1,70	0,115	0,062	0,054	0,038
154	55	2,00	1,70	0,115	0,062	0,054	0,038
155	55	2,00	1,70	0,115	0,062	0,054	0,038
156	55	2,00	1,70	0,115	0,062	0,054	0,038
157	56	2,00	1,73	0,119	0,064	0,056	0,040

Un	Q	D	V	J	J	J	
158	56	2,00	1,73	0,119	0,064	0,056	0,040
159	56	2,00	1,73	0,119	0,064	0,056	0,040
160	56	2,00	1,73	0,119	0,064	0,056	0,040
161	57	2,00	1,76	0,123	0,066	0,058	0,041
162	57	2,00	1,76	0,123	0,066	0,058	0,041
163	57	2,00	1,76	0,123	0,066	0,058	0,041
164	57	2,00	1,76	0,123	0,066	0,058	0,041
165	58	2,00	1,79	0,127	0,068	0,060	0,042
166	58	2,00	1,79	0,127	0,068	0,060	0,042
167	58	2,00	1,79	0,127	0,068	0,060	0,042
168	58	2,00	1,79	0,127	0,068	0,060	0,042
169	59	2,00	1,82	0,131	0,070	0,062	0,044
170	59	2,00	1,82	0,131	0,070	0,062	0,044
171	59	2,00	1,82	0,131	0,070	0,062	0,044
172	59	2,00	1,82	0,131	0,070	0,062	0,044
173	59	2,00	1,82	0,131	0,070	0,062	0,044
174	60	2,00	1,85	0,135	0,073	0,064	0,045
175	60	2,00	1,85	0,135	0,073	0,064	0,045
176	60	2,00	1,85	0,135	0,073	0,064	0,045
177	60	2,00	1,85	0,135	0,073	0,064	0,045
178	60	2,00	1,85	0,135	0,073	0,064	0,045
179	61	2,00	1,88	0,139	0,075	0,066	0,046
180	61	2,00	1,88	0,139	0,075	0,066	0,046
181	61	2,00	1,88	0,139	0,075	0,066	0,046
182	61	2,00	1,88	0,139	0,075	0,066	0,046
183	61	2,00	1,88	0,139	0,075	0,066	0,046
184	62	2,00	1,91	0,144	0,077	0,068	0,048
185	62	2,00	1,91	0,144	0,077	0,068	0,048

Lin	Q	D	V	J	J	J	J
186	62	2,00	1,91	0,144	0,077	0,068	0,048
187	62	2,00	1,91	0,144	0,077	0,068	0,048
188	62	2,00	1,91	0,144	0,077	0,068	0,048
189	63	2,00	1,94	0,148	0,079	0,070	0,049
190	63	2,00	1,94	0,148	0,079	0,070	0,049
191	63	2,00	1,94	0,148	0,079	0,070	0,049
192	63	2,00	1,94	0,148	0,079	0,070	0,049
193	63	2,00	1,94	0,148	0,079	0,070	0,049
194	64	2,00	1,97	0,152	0,082	0,072	0,051
195	64	2,00	1,97	0,152	0,082	0,072	0,051
196	64	2,00	1,97	0,152	0,082	0,072	0,051
197	64	2,00	1,97	0,152	0,082	0,072	0,051
198	64	2,00	1,97	0,152	0,082	0,072	0,051
199	65	2,50	1,28	0,053	0,028	0,025	0,021
200	65	2,50	1,28	0,053	0,028	0,025	0,021
201	65	2,50	1,28	0,053	0,028	0,025	0,021
202	65	2,50	1,28	0,053	0,028	0,025	0,021
203	65	2,50	1,28	0,053	0,028	0,025	0,021
204	66	2,50	1,30	0,054	0,029	0,026	0,021
205	66	2,50	1,30	0,054	0,029	0,026	0,021
206	66	2,50	1,30	0,054	0,029	0,026	0,021
207	66	2,50	1,30	0,054	0,029	0,026	0,021
208	66	2,50	1,30	0,054	0,029	0,026	0,021
209	67	2,50	1,32	0,056	0,030	0,026	0,022
210	67	2,50	1,32	0,056	0,030	0,026	0,022
211	67	2,50	1,32	0,056	0,030	0,026	0,022
212	67	2,50	1,32	0,056	0,030	0,026	0,022
213	67	2,50	1,32	0,056	0,030	0,026	0,022

Un	U	D	V	J	J	J	J
214	68	2,50	1,34	0,058	0,031	0,027	0,022
215	68	2,50	1,34	0,058	0,031	0,027	0,022
216	68	2,50	1,34	0,058	0,031	0,027	0,022
217	68	2,50	1,34	0,058	0,031	0,027	0,022
218	68	2,50	1,34	0,058	0,031	0,027	0,022
219	69	2,50	1,36	0,059	0,032	0,028	0,023
220	69	2,50	1,36	0,059	0,032	0,028	0,023
221	69	2,50	1,36	0,059	0,032	0,028	0,023
222	69	2,50	1,36	0,059	0,032	0,028	0,023
223	69	2,50	1,36	0,059	0,032	0,028	0,023
224	70	2,50	1,38	0,061	0,033	0,029	0,024
225	70	2,50	1,38	0,061	0,033	0,029	0,024
226	70	2,50	1,38	0,061	0,033	0,029	0,024
227	70	2,50	1,38	0,061	0,033	0,029	0,024
228	70	2,50	1,38	0,061	0,033	0,029	0,024
229	71	2,50	1,40	0,062	0,033	0,029	0,024
230	71	2,50	1,40	0,062	0,033	0,029	0,024
231	71	2,50	1,40	0,062	0,033	0,029	0,024
232	71	2,50	1,40	0,062	0,033	0,029	0,024
233	71	2,50	1,40	0,062	0,033	0,029	0,024
234	72	2,50	1,42	0,064	0,034	0,030	0,025
235	72	2,50	1,42	0,064	0,034	0,030	0,025
236	72	2,50	1,42	0,064	0,034	0,030	0,025
237	72	2,50	1,42	0,064	0,034	0,030	0,025
238	72	2,50	1,42	0,064	0,034	0,030	0,025
239	73	2,50	1,44	0,066	0,035	0,031	0,026
240	73	2,50	1,44	0,066	0,035	0,031	0,026
241	73	2,50	1,44	0,066	0,035	0,031	0,026

Un	Q	D	V	J	J	J	J
242	73	2,50	1,44	0,066	0,035	0,031	0,026
243	73	2,50	1,44	0,066	0,035	0,031	0,026
244	74	2,50	1,46	0,067	0,036	0,032	0,026
245	74	2,50	1,46	0,067	0,036	0,032	0,026
246	74	2,50	1,46	0,067	0,036	0,032	0,026
247	74	2,50	1,46	0,067	0,036	0,032	0,026
248	74	2,50	1,46	0,067	0,036	0,032	0,026
249	75	2,50	1,48	0,069	0,037	0,033	0,027
250	75	2,50	1,48	0,069	0,037	0,033	0,027
251	75	2,50	1,48	0,069	0,037	0,033	0,027
252	75	2,50	1,48	0,069	0,037	0,033	0,027
253	75	2,50	1,48	0,069	0,037	0,033	0,027
254	76	2,50	1,50	0,071	0,038	0,033	0,027
255	76	2,50	1,50	0,071	0,038	0,033	0,027
256	76	2,50	1,50	0,071	0,038	0,033	0,027
257	76	2,50	1,50	0,071	0,038	0,033	0,027
258	76	2,50	1,50	0,071	0,038	0,033	0,027
259	77	2,50	1,52	0,072	0,039	0,034	0,028
260	77	2,50	1,52	0,072	0,039	0,034	0,028
261	77	2,50	1,52	0,072	0,039	0,034	0,028
262	77	2,50	1,52	0,072	0,039	0,034	0,028
263	77	2,50	1,52	0,072	0,039	0,034	0,028
264	78	2,50	1,54	0,074	0,040	0,035	0,029
265	78	2,50	1,54	0,074	0,040	0,035	0,029
266	78	2,50	1,54	0,074	0,040	0,035	0,029
267	78	2,50	1,54	0,074	0,040	0,035	0,029
268	78	2,50	1,54	0,074	0,040	0,035	0,029
269	79	2,50	1,56	0,076	0,041	0,036	0,030

Un	Q	D	V	J	J	J	J
270	79	2,50	1,56	0,076	0,041	0,036	0,030
271	79	2,50	1,56	0,076	0,041	0,036	0,030
272	79	2,50	1,56	0,076	0,041	0,036	0,030
273	79	2,50	1,56	0,076	0,041	0,036	0,030
274	80	2,50	1,58	0,078	0,042	0,037	0,030
275	80	2,50	1,58	0,078	0,042	0,037	0,030
276	80	2,50	1,58	0,078	0,042	0,037	0,030
277	80	2,50	1,58	0,078	0,042	0,037	0,030
278	80	2,50	1,58	0,078	0,042	0,037	0,030
279	81	2,50	1,60	0,079	0,043	0,038	0,031
280	81	2,50	1,60	0,079	0,043	0,038	0,031
281	81	2,50	1,60	0,079	0,043	0,038	0,031
282	81	2,50	1,60	0,079	0,043	0,038	0,031
283	81	2,50	1,60	0,079	0,043	0,038	0,031
284	82	2,50	1,62	0,081	0,044	0,038	0,032
285	82	2,50	1,62	0,081	0,044	0,038	0,032
286	82	2,50	1,62	0,081	0,044	0,038	0,032
287	82	2,50	1,62	0,081	0,044	0,038	0,032
288	82	2,50	1,62	0,081	0,044	0,038	0,032
289	83	2,50	1,64	0,083	0,045	0,039	0,032
290	83	2,50	1,64	0,083	0,045	0,039	0,032
291	83	2,50	1,64	0,083	0,045	0,039	0,032
292	83	2,50	1,64	0,083	0,045	0,039	0,032
293	83	2,50	1,64	0,083	0,045	0,039	0,032
294	84	2,50	1,66	0,085	0,046	0,040	0,033
295	84	2,50	1,66	0,085	0,046	0,040	0,033
296	84	2,50	1,66	0,085	0,046	0,040	0,033
297	84	2,50	1,66	0,085	0,046	0,040	0,033

GUILLERMO L GARCIA S. Ing Sanitario Univalle.

Un	Q	D	V	J	J	J	J
298	84	2,50	1,66	0,085	0,046	0,040	0,023
299	85	2,50	1,68	0,087	0,047	0,041	0,024
300	85	2,50	1,68	0,087	0,047	0,041	0,024
301	85	2,50	1,68	0,087	0,047	0,041	0,024
302	85	2,50	1,68	0,087	0,047	0,041	0,024
303	85	2,50	1,68	0,087	0,047	0,041	0,024
304	86	2,50	1,70	0,089	0,048	0,042	0,025
305	86	2,50	1,70	0,089	0,048	0,042	0,025
306	86	2,50	1,70	0,089	0,048	0,042	0,025
307	86	2,50	1,70	0,089	0,048	0,042	0,025
308	86	2,50	1,70	0,089	0,048	0,042	0,025
309	87	2,50	1,72	0,091	0,049	0,043	0,025
310	87	2,50	1,72	0,091	0,049	0,043	0,025
311	87	2,50	1,72	0,091	0,049	0,043	0,025
312	87	2,50	1,72	0,091	0,049	0,043	0,025
313	87	2,50	1,72	0,091	0,049	0,043	0,025
314	88	2,50	1,74	0,093	0,050	0,044	0,026
315	88	2,50	1,74	0,093	0,050	0,044	0,026
316	88	2,50	1,74	0,093	0,050	0,044	0,026
317	88	2,50	1,74	0,093	0,050	0,044	0,026
318	88	2,50	1,74	0,093	0,050	0,044	0,026
319	89	2,50	1,76	0,095	0,051	0,045	0,027
320	89	2,50	1,76	0,095	0,051	0,045	0,027
321	89	2,50	1,76	0,095	0,051	0,045	0,027
322	89	2,50	1,76	0,095	0,051	0,045	0,027
323	89	2,50	1,76	0,095	0,051	0,045	0,027
324	90	2,50	1,78	0,097	0,052	0,046	0,028
325	90	2,50	1,78	0,097	0,052	0,046	0,028

Un	U	D	V	J	J	J	J
326	90	2,50	1,78	0,097	0,052	0,046	0,038
327	90	2,50	1,78	0,097	0,052	0,046	0,038
328	90	2,50	1,78	0,097	0,052	0,046	0,038
329	91	2,50	1,80	0,099	0,053	0,047	0,038
330	91	2,50	1,80	0,099	0,053	0,047	0,038
331	91	2,50	1,80	0,099	0,053	0,047	0,038
332	91	2,50	1,80	0,099	0,053	0,047	0,038
333	91	2,50	1,80	0,099	0,053	0,047	0,038
334	92	2,50	1,82	0,101	0,054	0,048	0,039
335	92	2,50	1,82	0,101	0,054	0,048	0,039
336	92	2,50	1,82	0,101	0,054	0,048	0,039
337	92	2,50	1,82	0,101	0,054	0,048	0,039
338	92	2,50	1,82	0,101	0,054	0,048	0,039
339	93	2,50	1,84	0,103	0,055	0,048	0,040
340	93	2,50	1,84	0,103	0,055	0,048	0,040
341	93	2,50	1,84	0,103	0,055	0,048	0,040
342	93	2,50	1,84	0,103	0,055	0,048	0,040
343	93	2,50	1,84	0,103	0,055	0,048	0,040
344	94	2,50	1,86	0,105	0,056	0,049	0,041
345	94	2,50	1,86	0,105	0,056	0,049	0,041
346	94	2,50	1,86	0,105	0,056	0,049	0,041
347	94	2,50	1,86	0,105	0,056	0,049	0,041
348	94	2,50	1,86	0,105	0,056	0,049	0,041
349	95	2,50	1,87	0,107	0,057	0,050	0,042
350	95	2,50	1,87	0,107	0,057	0,050	0,042
351	95	2,50	1,87	0,107	0,057	0,050	0,042
352	95	2,50	1,87	0,107	0,057	0,050	0,042
353	95	2,50	1,87	0,107	0,057	0,050	0,042

Un	U	D	V	I	J	J	J
354	96	2,50	1,84	0,109	0,058	0,051	0,042
355	96	2,50	1,89	0,109	0,058	0,051	0,042
356	96	2,50	1,89	0,109	0,058	0,051	0,042
357	96	2,50	1,89	0,109	0,058	0,051	0,042
358	96	2,50	1,89	0,109	0,058	0,051	0,042
359	97	2,50	1,91	0,111	0,060	0,052	0,043
360	97	2,50	1,91	0,111	0,060	0,052	0,043
361	97	2,50	1,91	0,111	0,060	0,052	0,043
362	97	2,50	1,91	0,111	0,060	0,052	0,043
363	97	2,50	1,91	0,111	0,060	0,052	0,043
364	98	2,50	1,93	0,113	0,061	0,053	0,044
365	98	2,50	1,93	0,113	0,061	0,053	0,044
366	98	2,50	1,93	0,113	0,061	0,053	0,044
367	98	2,50	1,93	0,113	0,061	0,053	0,044
368	98	2,50	1,93	0,113	0,061	0,053	0,044
369	99	2,50	1,95	0,115	0,062	0,054	0,045
370	99	2,50	1,95	0,115	0,062	0,054	0,045
371	99	2,50	1,95	0,115	0,062	0,054	0,045
372	99	2,50	1,95	0,115	0,062	0,054	0,045
373	99	2,50	1,95	0,115	0,062	0,054	0,045
374	100	2,50	1,97	0,117	0,063	0,055	0,046
375	100	2,50	1,97	0,117	0,063	0,055	0,046
376	100	2,50	1,97	0,117	0,063	0,055	0,046
377	100	2,50	1,97	0,117	0,063	0,055	0,046
378	100	2,50	1,97	0,117	0,063	0,055	0,046
379	101	2,50	1,99	0,120	0,064	0,056	0,047
380	101	2,50	1,99	0,120	0,064	0,056	0,047
381	101	2,50	1,99	0,120	0,064	0,056	0,047

Un	Q	D	V	J	J	J	J
382	101	2,50	1,99	0,120	0,064	0,056	0,047
383	101	2,50	1,99	0,120	0,064	0,056	0,047
384	102	3,00	1,40	0,050	0,027	0,024	0,018
385	102	3,00	1,40	0,050	0,027	0,024	0,018
386	102	3,00	1,40	0,050	0,027	0,024	0,018
387	102	3,00	1,40	0,050	0,027	0,024	0,018
388	102	3,00	1,40	0,050	0,027	0,024	0,018
389	102	3,00	1,40	0,050	0,027	0,024	0,018
390	102	3,00	1,40	0,050	0,027	0,024	0,018
391	103	3,00	1,41	0,051	0,027	0,024	0,019
392	103	3,00	1,41	0,051	0,027	0,024	0,019
393	103	3,00	1,41	0,051	0,027	0,024	0,019
394	103	3,00	1,41	0,051	0,027	0,024	0,019
395	103	3,00	1,41	0,051	0,027	0,024	0,019
396	103	3,00	1,41	0,051	0,027	0,024	0,019
397	104	3,00	1,43	0,052	0,028	0,025	0,019
398	104	3,00	1,43	0,052	0,028	0,025	0,019
399	104	3,00	1,43	0,052	0,028	0,025	0,019
400	104	3,00	1,43	0,052	0,028	0,025	0,019
401	104	3,00	1,43	0,052	0,028	0,025	0,019
402	104	3,00	1,43	0,052	0,028	0,025	0,019
403	104	3,00	1,43	0,052	0,028	0,025	0,019
404	105	3,00	1,44	0,053	0,028	0,025	0,019
405	105	3,00	1,44	0,053	0,028	0,025	0,019
406	105	3,00	1,44	0,053	0,028	0,025	0,019
407	105	3,00	1,44	0,053	0,028	0,025	0,019
408	105	3,00	1,44	0,053	0,028	0,025	0,019
409	105	3,00	1,44	0,053	0,028	0,025	0,019

GUILLELMO L GARCIA S. Ing Sanitario Univalle.

410	106	3,00	1,45	0,054	0,029	0,025	0,020
411	106	3,00	1,45	0,054	0,029	0,025	0,020
412	106	3,00	1,45	0,054	0,029	0,025	0,020
413	106	3,00	1,45	0,054	0,029	0,025	0,020
414	106	3,00	1,45	0,054	0,029	0,025	0,020
415	106	3,00	1,45	0,054	0,029	0,025	0,020
416	107	3,00	1,47	0,055	0,029	0,026	0,020
417	107	3,00	1,47	0,055	0,029	0,026	0,020
418	107	3,00	1,47	0,055	0,029	0,026	0,020
419	107	3,00	1,47	0,055	0,029	0,026	0,020
420	107	3,00	1,47	0,055	0,029	0,026	0,020
421	107	3,00	1,47	0,055	0,029	0,026	0,020
422	108	3,00	1,48	0,056	0,030	0,026	0,020
423	108	3,00	1,48	0,056	0,030	0,026	0,020
424	108	3,00	1,48	0,056	0,030	0,026	0,020
425	108	3,00	1,48	0,056	0,030	0,026	0,020
426	108	3,00	1,48	0,056	0,030	0,026	0,020
427	108	3,00	1,48	0,056	0,030	0,026	0,020
428	109	3,00	1,49	0,057	0,030	0,027	0,021
429	109	3,00	1,49	0,057	0,030	0,027	0,021
430	109	3,00	1,49	0,057	0,030	0,027	0,021
431	109	3,00	1,49	0,057	0,030	0,027	0,021
432	109	3,00	1,49	0,057	0,030	0,027	0,021
433	109	3,00	1,49	0,057	0,030	0,027	0,021
434	110	3,00	1,51	0,058	0,031	0,027	0,021
435	110	3,00	1,51	0,058	0,031	0,027	0,021
436	110	3,00	1,51	0,058	0,031	0,027	0,021

GUILHERMO L GARCIA S. Ing Sanitario Univalle.

Un	Q	D	V	J	J	J	J
437	110	3,00	1,51	0,058	0,031	0,027	0,021
438	110	3,00	1,51	0,058	0,031	0,027	0,021
439	110	3,00	1,51	0,058	0,031	0,027	0,021
440	111	3,00	1,52	0,059	0,031	0,028	0,021
441	111	3,00	1,52	0,059	0,031	0,028	0,021
442	111	3,00	1,52	0,059	0,031	0,028	0,021
443	111	3,00	1,52	0,059	0,031	0,028	0,021
444	111	3,00	1,52	0,059	0,031	0,028	0,021
445	111	3,00	1,52	0,059	0,031	0,028	0,021
446	112	3,00	1,53	0,060	0,032	0,028	0,022
447	112	3,00	1,53	0,060	0,032	0,028	0,022
448	112	3,00	1,53	0,060	0,032	0,028	0,022
449	112	3,00	1,53	0,060	0,032	0,028	0,022
450	112	3,00	1,53	0,060	0,032	0,028	0,022
451	112	3,00	1,53	0,060	0,032	0,028	0,022
452	113	3,00	1,55	0,061	0,033	0,029	0,022
453	113	3,00	1,55	0,061	0,033	0,029	0,022
454	113	3,00	1,55	0,061	0,033	0,029	0,022
455	113	3,00	1,55	0,061	0,033	0,029	0,022
456	113	3,00	1,55	0,061	0,033	0,029	0,022
457	113	3,00	1,55	0,061	0,033	0,029	0,022
458	114	3,00	1,56	0,062	0,033	0,029	0,022
459	114	3,00	1,56	0,062	0,033	0,029	0,022
460	114	3,00	1,56	0,062	0,033	0,029	0,022
461	114	3,00	1,56	0,062	0,033	0,029	0,022
462	114	3,00	1,56	0,062	0,033	0,029	0,022
463	114	3,00	1,56	0,062	0,033	0,029	0,022
464	115	3,00	1,58	0,063	0,034	0,030	0,023

GUILLEMO L GARCIA S. Ing Sanitario Univalle.

Un	U	D	V	J.	J	J	J
465	115	3,00	1,58	0,063	0,034	0,030	0,023
466	115	3,00	1,58	0,063	0,034	0,030	0,023
467	115	3,00	1,58	0,063	0,034	0,030	0,023
468	115	3,00	1,58	0,063	0,034	0,030	0,023
469	115	3,00	1,58	0,063	0,034	0,030	0,023
470	116	3,00	1,59	0,064	0,034	0,030	0,023
471	116	3,00	1,59	0,064	0,034	0,030	0,023
472	116	3,00	1,59	0,064	0,034	0,030	0,023
473	116	3,00	1,59	0,064	0,034	0,030	0,023
474	116	3,00	1,59	0,064	0,034	0,030	0,023
475	116	3,00	1,59	0,064	0,034	0,030	0,023
476	117	3,00	1,60	0,065	0,035	0,031	0,023
477	117	3,00	1,60	0,065	0,035	0,031	0,023
478	117	3,00	1,60	0,065	0,035	0,031	0,023
479	117	3,00	1,60	0,065	0,035	0,031	0,023
480	117	3,00	1,60	0,065	0,035	0,031	0,023
481	117	3,00	1,60	0,065	0,035	0,031	0,023
482	118	3,00	1,62	0,066	0,035	0,031	0,024
483	118	3,00	1,62	0,066	0,035	0,031	0,024
484	118	3,00	1,62	0,066	0,035	0,031	0,024
485	118	3,00	1,62	0,066	0,035	0,031	0,024
486	118	3,00	1,62	0,066	0,035	0,031	0,024
487	118	3,00	1,62	0,066	0,035	0,031	0,024
488	119	3,00	1,63	0,067	0,036	0,031	0,024
489	119	3,00	1,63	0,067	0,036	0,031	0,024
490	119	3,00	1,63	0,067	0,036	0,031	0,024
491	119	3,00	1,63	0,067	0,036	0,031	0,024
492	119	3,00	1,63	0,067	0,036	0,031	0,024

GUILLERMO L. GARCIA S. Ing Sanitario Univalle.

Un	O	D	V	J	J	J	J
493	119	3,00	1,63	0,067	0,036	0,031	0,024
494	120	3,00	1,64	0,068	0,036	0,032	0,025
495	120	3,00	1,64	0,068	0,036	0,032	0,025
496	120	3,00	1,64	0,068	0,036	0,032	0,025
497	120	3,00	1,64	0,068	0,036	0,032	0,025
498	120	3,00	1,64	0,068	0,036	0,032	0,025
499	120	3,00	1,64	0,068	0,036	0,032	0,025
500	121	3,00	1,66	0,069	0,037	0,032	0,025
501	121	3,00	1,66	0,069	0,037	0,032	0,025
502	121	3,00	1,66	0,069	0,037	0,032	0,025
503	121	3,00	1,66	0,069	0,037	0,032	0,025
504	121	3,00	1,66	0,069	0,037	0,032	0,025
505	121	3,00	1,66	0,069	0,037	0,032	0,025
506	122	3,00	1,67	0,070	0,037	0,033	0,025
507	122	3,00	1,67	0,070	0,037	0,033	0,025
508	122	3,00	1,67	0,070	0,037	0,033	0,025
509	122	3,00	1,67	0,070	0,037	0,033	0,025
510	122	3,00	1,67	0,070	0,037	0,033	0,025
511	122	3,00	1,67	0,070	0,037	0,033	0,025
512	123	3,00	1,69	0,071	0,038	0,033	0,026
513	123	3,00	1,69	0,071	0,038	0,033	0,026
514	123	3,00	1,69	0,071	0,038	0,033	0,026
515	123	3,00	1,69	0,071	0,038	0,033	0,026
516	123	3,00	1,69	0,071	0,038	0,033	0,026
517	123	3,00	1,69	0,071	0,038	0,033	0,026
518	124	3,00	1,70	0,072	0,039	0,034	0,026
519	124	3,00	1,70	0,072	0,039	0,034	0,026
520	124	3,00	1,70	0,072	0,039	0,034	0,026

Un	Q	D	V	J	J	J	J
521	124	3,00	1,70	0,072	0,039	0,034	0,026
522	124	3,00	1,70	0,072	0,039	0,034	0,026
523	124	3,00	1,70	0,072	0,039	0,034	0,026
524	125	3,00	1,71	0,073	0,039	0,034	0,027
525	125	3,00	1,71	0,073	0,039	0,034	0,027
526	125	3,00	1,71	0,073	0,039	0,034	0,027
527	125	3,00	1,71	0,073	0,039	0,034	0,027
528	125	3,00	1,71	0,073	0,039	0,034	0,027
529	125	3,00	1,71	0,073	0,039	0,034	0,027
530	126	3,00	1,73	0,074	0,040	0,035	0,027
531	126	3,00	1,73	0,074	0,040	0,035	0,027
532	126	3,00	1,73	0,074	0,040	0,035	0,027
533	126	3,00	1,73	0,074	0,040	0,035	0,027
534	126	3,00	1,73	0,074	0,040	0,035	0,027
535	126	3,00	1,73	0,074	0,040	0,035	0,027
536	127	3,00	1,74	0,075	0,040	0,036	0,027
537	127	3,00	1,74	0,075	0,040	0,036	0,027
538	127	3,00	1,74	0,075	0,040	0,036	0,027
539	127	3,00	1,74	0,075	0,040	0,036	0,027
540	127	3,00	1,74	0,075	0,040	0,036	0,027
541	127	3,00	1,74	0,075	0,040	0,036	0,027
542	128	3,00	1,75	0,076	0,041	0,036	0,028
543	128	3,00	1,75	0,076	0,041	0,036	0,028
544	128	3,00	1,75	0,076	0,041	0,036	0,028
545	129	3,00	1,75	0,076	0,041	0,036	0,028
546	128	3,00	1,75	0,076	0,041	0,036	0,028
547	128	3,00	1,75	0,076	0,041	0,036	0,028
548	129	3,00	1,77	0,077	0,042	0,037	0,028

Un	Q	D	V	J	J	J	J
549	129	3,00	1,77	0,077	0,042	0,037	0,028
550	129	3,00	1,77	0,077	0,042	0,037	0,028
551	129	3,00	1,77	0,077	0,042	0,037	0,028
552	129	3,00	1,77	0,077	0,042	0,037	0,028
553	129	3,00	1,77	0,077	0,042	0,037	0,028
554	130	3,00	1,78	0,079	0,042	0,037	0,029
555	130	3,00	1,78	0,079	0,042	0,037	0,029
556	130	3,00	1,78	0,079	0,042	0,037	0,029
557	130	3,00	1,78	0,079	0,042	0,037	0,029
558	130	3,00	1,78	0,079	0,042	0,037	0,029
559	130	3,00	1,78	0,079	0,042	0,037	0,029
560	131	3,00	1,80	0,080	0,043	0,038	0,029
561	131	3,00	1,80	0,080	0,043	0,038	0,029
562	131	3,00	1,80	0,080	0,043	0,038	0,029
563	131	3,00	1,80	0,080	0,043	0,038	0,029
564	131	3,00	1,80	0,080	0,043	0,038	0,029
565	131	3,00	1,80	0,080	0,043	0,038	0,029
566	132	3,00	1,81	0,081	0,043	0,038	0,029
567	132	3,00	1,81	0,081	0,043	0,038	0,029
568	132	3,00	1,81	0,081	0,043	0,038	0,029
569	132	3,00	1,81	0,081	0,043	0,038	0,029
570	132	3,00	1,81	0,081	0,043	0,038	0,029
571	132	3,00	1,81	0,081	0,043	0,038	0,029
572	133	3,00	1,82	0,082	0,044	0,039	0,030
573	133	3,00	1,82	0,082	0,044	0,039	0,030
574	133	3,00	1,82	0,082	0,044	0,039	0,030
575	133	3,00	1,82	0,082	0,044	0,039	0,030
576	133	3,00	1,82	0,082	0,044	0,039	0,030

GUILLELMO L GARCIA B. Ing Sanitario Univalle.

Un	O	D	V	J	J	J	J
577	133	3,00	1,82	0,082	0,044	0,039	0,030
578	134	3,00	1,84	0,083	0,045	0,039	0,030
579	134	3,00	1,84	0,083	0,045	0,039	0,030
580	134	3,00	1,84	0,083	0,045	0,039	0,030
581	134	3,00	1,84	0,083	0,045	0,039	0,030
582	134	3,00	1,84	0,083	0,045	0,039	0,030
583	134	3,00	1,84	0,083	0,045	0,039	0,030
584	135	3,00	1,85	0,084	0,045	0,040	0,031
585	135	3,00	1,85	0,084	0,045	0,040	0,031
586	135	3,00	1,85	0,084	0,045	0,040	0,031
587	135	3,00	1,85	0,084	0,045	0,040	0,031
588	135	3,00	1,85	0,084	0,045	0,040	0,031
589	135	3,00	1,85	0,084	0,045	0,040	0,031
590	136	3,00	1,86	0,085	0,046	0,040	0,031
591	136	3,00	1,86	0,085	0,046	0,040	0,031
592	136	3,00	1,86	0,085	0,046	0,040	0,031
593	136	3,00	1,86	0,085	0,046	0,040	0,031
594	136	3,00	1,86	0,085	0,046	0,040	0,031
595	136	3,00	1,86	0,085	0,046	0,040	0,031
596	137	3,00	1,88	0,087	0,046	0,041	0,031
597	137	3,00	1,88	0,087	0,046	0,041	0,031
598	137	3,00	1,88	0,087	0,046	0,041	0,031
599	137	3,00	1,88	0,087	0,046	0,041	0,031
600	137	3,00	1,88	0,087	0,046	0,041	0,031
601	137	3,00	1,88	0,087	0,046	0,041	0,031
602	138	3,00	1,89	0,088	0,047	0,041	0,032
603	138	3,00	1,89	0,088	0,047	0,041	0,032
604	138	3,00	1,89	0,088	0,047	0,041	0,032

Un	Q	D	V	J	J	J	J
605	138	3,00	1,89	0,088	0,047	0,041	0,032
606	138	3,00	1,89	0,088	0,047	0,041	0,032
607	138	3,00	1,89	0,088	0,047	0,041	0,032
608	139	3,00	1,90	0,089	0,048	0,042	0,032
609	139	3,00	1,90	0,089	0,048	0,042	0,032
610	139	3,00	1,90	0,089	0,048	0,042	0,032
611	139	3,00	1,90	0,089	0,048	0,042	0,032
612	139	3,00	1,90	0,089	0,048	0,042	0,032
613	139	3,00	1,90	0,089	0,048	0,042	0,032
614	140	3,00	1,92	0,090	0,048	0,043	0,033
615	140	3,00	1,92	0,090	0,048	0,043	0,033
616	140	3,00	1,92	0,090	0,048	0,043	0,033
617	140	3,00	1,92	0,090	0,048	0,043	0,033
618	140	3,00	1,92	0,090	0,048	0,043	0,033
619	140	3,00	1,92	0,090	0,048	0,043	0,033
620	141	3,00	1,93	0,091	0,049	0,043	0,033
621	141	3,00	1,93	0,091	0,049	0,043	0,033
622	141	3,00	1,93	0,091	0,049	0,043	0,033
623	141	3,00	1,93	0,091	0,049	0,043	0,033
624	141	3,00	1,93	0,091	0,049	0,043	0,033
625	141	3,00	1,93	0,091	0,049	0,043	0,033
626	142	3,00	1,95	0,093	0,050	0,044	0,034
627	142	3,00	1,95	0,093	0,050	0,044	0,034
628	142	3,00	1,95	0,093	0,050	0,044	0,034
629	142	3,00	1,95	0,093	0,050	0,044	0,034
630	142	3,00	1,95	0,093	0,050	0,044	0,034
631	142	3,00	1,95	0,093	0,050	0,044	0,034
632	143	3,00	1,96	0,094	0,050	0,044	0,034

GUILLERMO L. GARCIA S.

Ing Sanitario

Univalle.

Un	D	D	V	J	J	J	J
633	143	3,00	1,96	0,094	0,050	0,044	0,034
634	143	3,00	1,96	0,094	0,050	0,044	0,034
635	143	3,00	1,96	0,094	0,050	0,044	0,034
636	143	3,00	1,96	0,094	0,050	0,044	0,034
637	143	3,00	1,96	0,094	0,050	0,044	0,034
638	144	3,00	1,97	0,095	0,051	0,045	0,034
639	144	3,00	1,97	0,095	0,051	0,045	0,034
640	144	3,00	1,97	0,095	0,051	0,045	0,034
641	144	3,00	1,97	0,095	0,051	0,045	0,034
642	144	3,00	1,97	0,095	0,051	0,045	0,034
643	144	3,00	1,97	0,095	0,051	0,045	0,034
644	145	3,00	1,99	0,096	0,052	0,045	0,035
645	145	3,00	1,99	0,096	0,052	0,045	0,035
646	145	3,00	1,99	0,096	0,052	0,045	0,035
647	145	3,00	1,99	0,096	0,052	0,045	0,035
648	145	3,00	1,99	0,096	0,052	0,045	0,035
649	145	3,00	1,99	0,096	0,052	0,045	0,035
650	146	3,00	2,00	0,097	0,052	0,046	0,035
651	146	3,00	2,00	0,097	0,052	0,046	0,035
652	146	3,00	2,00	0,097	0,052	0,046	0,035
653	146	3,00	2,00	0,097	0,052	0,046	0,035
654	146	3,00	2,00	0,097	0,052	0,046	0,035
655	146	3,00	2,00	0,097	0,052	0,046	0,035
656	147	3,00	2,01	0,099	0,053	0,047	0,036
657	147	3,00	2,01	0,099	0,053	0,047	0,036
658	147	3,00	2,01	0,099	0,053	0,047	0,036
659	147	3,00	2,01	0,099	0,053	0,047	0,036
660	147	3,00	2,01	0,099	0,053	0,047	0,036

Un	Q	D	V	J	J	J	J
661	147	3,00	2,01	0,099	0,053	0,047	0,036
662	148	3,00	2,03	0,100	0,054	0,047	0,036
663	148	3,00	2,03	0,100	0,054	0,047	0,036
664	148	3,00	2,03	0,100	0,054	0,047	0,036
665	148	3,00	2,03	0,100	0,054	0,047	0,036
666	148	3,00	2,03	0,100	0,054	0,047	0,036
667	148	3,00	2,03	0,100	0,054	0,047	0,036
668	149	3,00	2,04	0,101	0,054	0,048	0,037
669	149	3,00	2,04	0,101	0,054	0,048	0,037
670	149	3,00	2,04	0,101	0,054	0,048	0,037
671	149	3,00	2,04	0,101	0,054	0,048	0,037
672	149	3,00	2,04	0,101	0,054	0,048	0,037
673	149	3,00	2,04	0,101	0,054	0,048	0,037
674	150	3,00	2,06	0,102	0,055	0,048	0,037
675	150	3,00	2,06	0,102	0,055	0,048	0,037
676	150	3,00	2,06	0,102	0,055	0,048	0,037
677	150	3,00	2,06	0,102	0,055	0,048	0,037
678	150	3,00	2,06	0,102	0,055	0,048	0,037
679	150	3,00	2,06	0,102	0,055	0,048	0,037
680	151	3,00	2,07	0,104	0,056	0,049	0,038
681	151	3,00	2,07	0,104	0,056	0,049	0,038
682	151	3,00	2,07	0,104	0,056	0,049	0,038
683	151	3,00	2,07	0,104	0,056	0,049	0,038
684	151	3,00	2,07	0,104	0,056	0,049	0,038
685	151	3,00	2,07	0,104	0,056	0,049	0,038
686	151	3,00	2,07	0,104	0,056	0,049	0,038
687	152	3,00	2,08	0,105	0,056	0,050	0,038
688	152	3,00	2,08	0,105	0,056	0,050	0,038

Un	D	D	V	J	J	J	J
689	152	3,00	2,08	0,105	0,056	0,050	0,038
690	152	3,00	2,08	0,105	0,056	0,050	0,038
691	152	3,00	2,08	0,105	0,056	0,050	0,038
692	152	3,00	2,08	0,105	0,056	0,050	0,038
693	153	3,00	2,10	0,106	0,057	0,050	0,039
694	153	3,00	2,10	0,106	0,057	0,050	0,039
695	153	3,00	2,10	0,106	0,057	0,050	0,039
696	153	3,00	2,10	0,106	0,057	0,050	0,039
697	153	3,00	2,10	0,106	0,057	0,050	0,039
698	153	3,00	2,10	0,106	0,057	0,050	0,039
699	154	3,00	2,11	0,107	0,058	0,051	0,039
700	154	3,00	2,11	0,107	0,058	0,051	0,039
701	154	3,00	2,11	0,107	0,058	0,051	0,039
702	154	3,00	2,11	0,107	0,058	0,051	0,039
703	154	3,00	2,11	0,107	0,058	0,051	0,039
704	154	3,00	2,11	0,107	0,058	0,051	0,039
705	155	3,00	2,12	0,109	0,058	0,051	0,040
706	155	3,00	2,12	0,109	0,058	0,051	0,040
707	155	3,00	2,12	0,109	0,058	0,051	0,040
708	155	3,00	2,12	0,109	0,058	0,051	0,040
709	155	3,00	2,12	0,109	0,058	0,051	0,040
710	155	3,00	2,12	0,109	0,058	0,051	0,040
711	156	3,00	2,14	0,110	0,059	0,052	0,040
712	156	3,00	2,14	0,110	0,059	0,052	0,040
713	156	3,00	2,14	0,110	0,059	0,052	0,040
714	156	3,00	2,14	0,110	0,059	0,052	0,040
715	156	3,00	2,14	0,110	0,059	0,052	0,040
716	156	3,00	2,14	0,110	0,059	0,052	0,040

Un	Q	D	V	J.	J	J	J
717	157	3,00	2,15	0,111	0,060	0,053	0,040
718	157	3,00	2,15	0,111	0,060	0,053	0,040
719	157	3,00	2,15	0,111	0,060	0,053	0,040
720	157	3,00	2,15	0,111	0,060	0,053	0,040
721	157	3,00	2,15	0,111	0,060	0,053	0,040
722	157	3,00	2,15	0,111	0,060	0,053	0,040
723	158	3,00	2,17	0,113	0,060	0,053	0,041
724	158	3,00	2,17	0,113	0,060	0,053	0,041
725	158	3,00	2,17	0,113	0,060	0,053	0,041
726	158	3,00	2,17	0,113	0,060	0,053	0,041
727	158	3,00	2,17	0,113	0,060	0,053	0,041
728	158	3,00	2,17	0,113	0,060	0,053	0,041
729	159	3,00	2,18	0,114	0,061	0,054	0,041
730	159	3,00	2,18	0,114	0,061	0,054	0,041
731	159	3,00	2,18	0,114	0,061	0,054	0,041
732	159	3,00	2,18	0,114	0,061	0,054	0,041
733	159	3,00	2,18	0,114	0,061	0,054	0,041
734	159	3,00	2,18	0,114	0,061	0,054	0,041
735	160	3,00	2,19	0,115	0,062	0,054	0,042
736	160	3,00	2,19	0,115	0,062	0,054	0,042
737	160	3,00	2,19	0,115	0,062	0,054	0,042
738	160	3,00	2,19	0,115	0,062	0,054	0,042
739	160	3,00	2,19	0,115	0,062	0,054	0,042
740	160	3,00	2,19	0,115	0,062	0,054	0,042
741	161	3,00	2,21	0,117	0,063	0,055	0,042
742	161	3,00	2,21	0,117	0,063	0,055	0,042
743	161	3,00	2,21	0,117	0,063	0,055	0,042
744	161	3,00	2,21	0,117	0,063	0,055	0,042

Un	Q	D	V	J	J	J	J
745	161	3,00	2,21	0,117	0,063	0,055	0,042
746	161	3,00	2,21	0,117	0,063	0,055	0,042
747	162	3,00	2,22	0,118	0,063	0,056	0,043
748	162	3,00	2,22	0,118	0,063	0,056	0,043
749	162	3,00	2,22	0,118	0,063	0,056	0,043
750	162	3,00	2,22	0,118	0,063	0,056	0,043
751	162	3,00	2,22	0,118	0,063	0,056	0,043
752	162	3,00	2,22	0,118	0,063	0,056	0,043
753	163	3,00	2,23	0,119	0,064	0,056	0,043
754	163	3,00	2,23	0,119	0,064	0,056	0,043
755	163	3,00	2,23	0,119	0,064	0,056	0,043
756	163	3,00	2,23	0,119	0,064	0,056	0,043
757	163	3,00	2,23	0,119	0,064	0,056	0,043
758	163	3,00	2,23	0,119	0,064	0,056	0,043
759	164	3,00	2,25	0,121	0,065	0,057	0,044
760	164	3,00	2,25	0,121	0,065	0,057	0,044
761	164	3,00	2,25	0,121	0,065	0,057	0,044
762	164	3,00	2,25	0,121	0,065	0,057	0,044
763	164	3,00	2,25	0,121	0,065	0,057	0,044
764	164	3,00	2,25	0,121	0,065	0,057	0,044
765	165	3,00	2,26	0,122	0,066	0,058	0,044
766	165	3,00	2,26	0,122	0,066	0,058	0,044
767	165	3,00	2,26	0,122	0,066	0,058	0,044
768	165	3,00	2,26	0,122	0,066	0,058	0,044
769	165	3,00	2,26	0,122	0,066	0,058	0,044
770	165	3,00	2,26	0,122	0,066	0,058	0,044
771	166	3,00	2,28	0,124	0,066	0,058	0,045
772	166	3,00	2,29	0,124	0,066	0,058	0,045

Un	Q	D	V	J	J	J	J
773	166	3,00	2,28	0,124	0,066	0,058	0,045
774	166	3,00	2,28	0,124	0,066	0,058	0,045
775	166	3,00	2,28	0,124	0,066	0,058	0,045
776	166	3,00	2,28	0,124	0,066	0,058	0,045
777	167	3,00	2,29	0,125	0,067	0,059	0,045
778	167	3,00	2,29	0,125	0,067	0,059	0,045
779	167	3,00	2,29	0,125	0,067	0,059	0,045
780	167	3,00	2,29	0,125	0,067	0,059	0,045
781	167	3,00	2,29	0,125	0,067	0,059	0,045
782	167	3,00	2,29	0,125	0,067	0,059	0,045
783	168	3,00	2,30	0,126	0,068	0,060	0,046
784	168	3,00	2,30	0,126	0,068	0,060	0,046
785	168	3,00	2,30	0,126	0,068	0,060	0,046
786	168	3,00	2,30	0,126	0,068	0,060	0,046
787	168	3,00	2,30	0,126	0,068	0,060	0,046
788	168	3,00	2,30	0,126	0,068	0,060	0,046
789	169	3,00	2,32	0,128	0,068	0,060	0,046
790	169	3,00	2,32	0,128	0,068	0,060	0,046
791	169	3,00	2,32	0,128	0,068	0,060	0,046
792	169	3,00	2,32	0,128	0,068	0,060	0,046
793	169	3,00	2,32	0,128	0,068	0,060	0,046
794	169	3,00	2,32	0,128	0,068	0,060	0,046
795	170	3,00	2,33	0,129	0,069	0,061	0,047
796	170	3,00	2,33	0,129	0,069	0,061	0,047
797	170	3,00	2,33	0,129	0,069	0,061	0,047
798	170	3,00	2,33	0,129	0,069	0,061	0,047
799	170	3,00	2,33	0,129	0,069	0,061	0,047

Un	H	D	V	J	J	J	J
800	170	3,00	2,33	0,129	0,069	0,061	0,047
801	171	3,00	2,34	0,130	0,070	0,062	0,047
802	171	3,00	2,34	0,130	0,070	0,062	0,047
803	171	3,00	2,34	0,130	0,070	0,062	0,047
804	171	3,00	2,34	0,130	0,070	0,062	0,047
805	171	3,00	2,34	0,130	0,070	0,062	0,047
806	171	3,00	2,34	0,130	0,070	0,062	0,047
807	171	3,00	2,34	0,130	0,070	0,062	0,047
808	172	3,00	2,36	0,132	0,071	0,062	0,048
809	172	3,00	2,36	0,132	0,071	0,062	0,048
810	172	3,00	2,36	0,132	0,071	0,062	0,048
811	172	3,00	2,36	0,132	0,071	0,062	0,048
812	172	3,00	2,36	0,132	0,071	0,062	0,048
813	172	3,00	2,36	0,132	0,071	0,062	0,048
814	172	3,00	2,36	0,132	0,071	0,062	0,048
815	173	3,00	2,37	0,133	0,072	0,063	0,048
816	173	3,00	2,37	0,133	0,072	0,063	0,048
817	173	3,00	2,37	0,133	0,072	0,063	0,048
818	173	3,00	2,37	0,133	0,072	0,063	0,048
819	173	3,00	2,37	0,133	0,072	0,063	0,048
820	173	3,00	2,37	0,133	0,072	0,063	0,048
821	173	3,00	2,37	0,133	0,072	0,063	0,048
822	174	3,00	2,38	0,135	0,072	0,064	0,049
823	174	3,00	2,38	0,135	0,072	0,064	0,049
824	174	3,00	2,38	0,135	0,072	0,064	0,049
825	174	3,00	2,38	0,135	0,072	0,064	0,049
826	174	3,00	2,38	0,135	0,072	0,064	0,049
827	174	3,00	2,38	0,135	0,072	0,064	0,049

Un	Q	D	V	J	J	J	J
828	174	3,00	2,38	0,135	0,072	0,064	0,049
829	175	3,00	2,40	0,136	0,073	0,064	0,049
830	175	3,00	2,40	0,136	0,073	0,064	0,049
831	175	3,00	2,40	0,136	0,073	0,064	0,049
832	175	3,00	2,40	0,136	0,073	0,064	0,049
833	175	3,00	2,40	0,136	0,073	0,064	0,049
834	175	3,00	2,40	0,136	0,073	0,064	0,049
835	175	3,00	2,40	0,136	0,073	0,064	0,049
836	176	3,00	2,41	0,138	0,074	0,065	0,050
837	176	3,00	2,41	0,138	0,074	0,065	0,050
838	176	3,00	2,41	0,138	0,074	0,065	0,050
839	176	3,00	2,41	0,138	0,074	0,065	0,050
840	176	3,00	2,41	0,138	0,074	0,065	0,050
841	176	3,00	2,41	0,138	0,074	0,065	0,050
842	176	3,00	2,41	0,138	0,074	0,065	0,050
843	177	3,00	2,43	0,139	0,075	0,066	0,051
844	177	3,00	2,43	0,139	0,075	0,066	0,051
845	177	3,00	2,43	0,139	0,075	0,066	0,051
846	177	3,00	2,43	0,139	0,075	0,066	0,051
847	177	3,00	2,43	0,139	0,075	0,066	0,051
848	177	3,00	2,43	0,139	0,075	0,066	0,051
849	177	3,00	2,43	0,139	0,075	0,066	0,051
850	178	3,00	2,44	0,141	0,075	0,066	0,051
851	178	3,00	2,44	0,141	0,075	0,066	0,051
852	178	3,00	2,44	0,141	0,075	0,066	0,051
853	178	3,00	2,44	0,141	0,075	0,066	0,051
854	178	3,00	2,44	0,141	0,075	0,066	0,051
855	178	3,00	2,44	0,141	0,075	0,066	0,051

Un	Q	D	V	J	J	J	J
856	178	3,00	2,44	0,141	0,075	0,066	0,051
857	179	3,00	2,45	0,142	0,076	0,067	0,052
858	179	3,00	2,45	0,142	0,076	0,067	0,052
859	179	3,00	2,45	0,142	0,076	0,067	0,052
860	179	3,00	2,45	0,142	0,076	0,067	0,052
861	179	3,00	2,45	0,142	0,076	0,067	0,052
862	179	3,00	2,45	0,142	0,076	0,067	0,052
863	179	3,00	2,45	0,142	0,076	0,067	0,052
864	180	3,00	2,47	0,143	0,077	0,068	0,052
865	180	3,00	2,47	0,143	0,077	0,068	0,052
866	180	3,00	2,47	0,143	0,077	0,068	0,052
867	180	3,00	2,47	0,143	0,077	0,068	0,052
868	180	3,00	2,47	0,143	0,077	0,068	0,052
869	180	3,00	2,47	0,143	0,077	0,068	0,052
870	180	3,00	2,47	0,143	0,077	0,068	0,052
871	181	3,00	2,48	0,145	0,078	0,068	0,053
872	181	3,00	2,48	0,145	0,078	0,068	0,053
873	181	3,00	2,48	0,145	0,078	0,068	0,053
874	181	3,00	2,48	0,145	0,078	0,068	0,053
875	181	3,00	2,48	0,145	0,078	0,068	0,053
876	181	3,00	2,48	0,145	0,078	0,068	0,053
877	181	3,00	2,48	0,145	0,078	0,068	0,053
878	182	3,00	2,49	0,146	0,079	0,069	0,053
879	182	3,00	2,49	0,146	0,079	0,069	0,053
880	182	3,00	2,49	0,146	0,079	0,069	0,053
881	182	3,00	2,49	0,146	0,079	0,069	0,053
882	182	3,00	2,49	0,146	0,079	0,069	0,053
883	182	3,00	2,49	0,146	0,079	0,069	0,053

GUILLEMO L GARCIA S. Ing Sanitario Univalle.

Un	Q	D	V	J	J	J	J
884	182	3,00	2,49	0,146	0,079	0,069	0,053
885	183	4,00	1,41	0,036	0,020	0,017	0,016
886	183	4,00	1,41	0,036	0,020	0,017	0,016
887	183	4,00	1,41	0,036	0,020	0,017	0,016
888	183	4,00	1,41	0,036	0,020	0,017	0,016
889	183	4,00	1,41	0,036	0,020	0,017	0,016
890	183	4,00	1,41	0,036	0,020	0,017	0,016
891	183	4,00	1,41	0,036	0,020	0,017	0,016
892	184	4,00	1,42	0,037	0,020	0,017	0,016
893	184	4,00	1,42	0,037	0,020	0,017	0,016
894	184	4,00	1,42	0,037	0,020	0,017	0,016
895	184	4,00	1,42	0,037	0,020	0,017	0,016
896	184	4,00	1,42	0,037	0,020	0,017	0,016
897	184	4,00	1,42	0,037	0,020	0,017	0,016
898	184	4,00	1,42	0,037	0,020	0,017	0,016
899	185	4,00	1,43	0,037	0,020	0,018	0,016
900	185	4,00	1,43	0,037	0,020	0,018	0,016
901	185	4,00	1,43	0,037	0,020	0,018	0,016
902	185	4,00	1,43	0,037	0,020	0,018	0,016
903	185	4,00	1,43	0,037	0,020	0,018	0,016
904	185	4,00	1,43	0,037	0,020	0,018	0,016
905	185	4,00	1,43	0,037	0,020	0,018	0,016
906	186	4,00	1,43	0,038	0,020	0,018	0,016
907	186	4,00	1,43	0,038	0,020	0,018	0,016
908	186	4,00	1,43	0,038	0,020	0,018	0,016
909	186	4,00	1,43	0,038	0,020	0,018	0,016
910	186	4,00	1,43	0,038	0,020	0,018	0,016
911	186	4,00	1,43	0,038	0,020	0,018	0,016

Un	Q	D	V	J	J	J	J
912	186	4,00	1,43	0,038	0,020	0,018	0,016
913	187	4,00	1,44	0,038	0,020	0,018	0,016
914	187	4,00	1,44	0,038	0,020	0,018	0,016
915	187	4,00	1,44	0,038	0,020	0,018	0,016
916	187	4,00	1,44	0,038	0,020	0,018	0,016
917	187	4,00	1,44	0,038	0,020	0,018	0,016
918	187	4,00	1,44	0,038	0,020	0,018	0,016
919	187	4,00	1,44	0,038	0,020	0,018	0,016
920	188	4,00	1,45	0,038	0,021	0,018	0,017
921	188	4,00	1,45	0,038	0,021	0,018	0,017
922	188	4,00	1,45	0,038	0,021	0,018	0,017
923	188	4,00	1,45	0,038	0,021	0,018	0,017
924	188	4,00	1,45	0,038	0,021	0,018	0,017
925	188	4,00	1,45	0,038	0,021	0,018	0,017
926	188	4,00	1,45	0,038	0,021	0,018	0,017
927	189	4,00	1,46	0,039	0,021	0,018	0,017
928	189	4,00	1,46	0,039	0,021	0,018	0,017
929	189	4,00	1,46	0,039	0,021	0,018	0,017
930	189	4,00	1,46	0,039	0,021	0,018	0,017
931	189	4,00	1,46	0,039	0,021	0,018	0,017
932	189	4,00	1,46	0,039	0,021	0,018	0,017
933	189	4,00	1,46	0,039	0,021	0,018	0,017
934	190	4,00	1,46	0,039	0,021	0,018	0,017
935	190	4,00	1,46	0,039	0,021	0,018	0,017
936	190	4,00	1,46	0,039	0,021	0,018	0,017
937	190	4,00	1,46	0,039	0,021	0,018	0,017
938	190	4,00	1,46	0,039	0,021	0,018	0,017
939	190	4,00	1,46	0,039	0,021	0,018	0,017

Un	G	D	V	J	J	J	J
940	190	4,00	1,46	0,039	0,021	0,018	0,017
941	191	4,00	1,47	0,039	0,021	0,019	0,017
942	191	4,00	1,47	0,039	0,021	0,019	0,017
943	191	4,00	1,47	0,039	0,021	0,019	0,017
944	191	4,00	1,47	0,039	0,021	0,019	0,017
945	191	4,00	1,47	0,039	0,021	0,019	0,017
946	191	4,00	1,47	0,039	0,021	0,019	0,017
947	191	4,00	1,47	0,039	0,021	0,019	0,017
948	192	4,00	1,48	0,040	0,021	0,019	0,017
949	192	4,00	1,48	0,040	0,021	0,019	0,017
950	192	4,00	1,48	0,040	0,021	0,019	0,017
951	192	4,00	1,48	0,040	0,021	0,019	0,017
952	192	4,00	1,48	0,040	0,021	0,019	0,017
953	192	4,00	1,48	0,040	0,021	0,019	0,017
954	192	4,00	1,48	0,040	0,021	0,019	0,017
955	193	4,00	1,49	0,040	0,022	0,019	0,017
956	193	4,00	1,49	0,040	0,022	0,019	0,017
957	193	4,00	1,49	0,040	0,022	0,019	0,017
958	193	4,00	1,49	0,040	0,022	0,019	0,017
959	193	4,00	1,49	0,040	0,022	0,019	0,017
960	193	4,00	1,49	0,040	0,022	0,019	0,017
961	193	4,00	1,49	0,040	0,022	0,019	0,017
962	194	4,00	1,50	0,041	0,022	0,019	0,018
963	194	4,00	1,50	0,041	0,022	0,019	0,018
964	194	4,00	1,50	0,041	0,022	0,019	0,018
965	194	4,00	1,50	0,041	0,022	0,019	0,018
966	194	4,00	1,50	0,041	0,022	0,019	0,018
967	194	4,00	1,50	0,041	0,022	0,019	0,018

Un	D	D	V	J	J	J	J
968	194	4,00	1,50	0,041	0,022	0,019	0,018
969	195	4,00	1,50	0,041	0,022	0,019	0,018
970	195	4,00	1,50	0,041	0,022	0,019	0,018
971	195	4,00	1,50	0,041	0,022	0,019	0,018
972	195	4,00	1,50	0,041	0,022	0,019	0,018
973	195	4,00	1,50	0,041	0,022	0,019	0,018
974	195	4,00	1,50	0,041	0,022	0,019	0,018
975	195	4,00	1,50	0,041	0,022	0,019	0,018
976	196	4,00	1,51	0,041	0,022	0,020	0,018
977	196	4,00	1,51	0,041	0,022	0,020	0,018
978	196	4,00	1,51	0,041	0,022	0,020	0,018
979	196	4,00	1,51	0,041	0,022	0,020	0,018
980	196	4,00	1,51	0,041	0,022	0,020	0,018
981	196	4,00	1,51	0,041	0,022	0,020	0,018
982	196	4,00	1,51	0,041	0,022	0,020	0,018
983	197	4,00	1,52	0,042	0,022	0,020	0,018
984	197	4,00	1,52	0,042	0,022	0,020	0,018
985	197	4,00	1,52	0,042	0,022	0,020	0,018
986	197	4,00	1,52	0,042	0,022	0,020	0,018
987	197	4,00	1,52	0,042	0,022	0,020	0,018
988	197	4,00	1,52	0,042	0,022	0,020	0,018
989	197	4,00	1,52	0,042	0,022	0,020	0,018
990	198	4,00	1,53	0,042	0,023	0,020	0,018
991	198	4,00	1,53	0,042	0,023	0,020	0,018
992	198	4,00	1,53	0,042	0,023	0,020	0,018
993	198	4,00	1,53	0,042	0,023	0,020	0,018
994	198	4,00	1,53	0,042	0,023	0,020	0,018
995	198	4,00	1,53	0,042	0,023	0,020	0,018

Ln	D	D	V	J	J	J	J
996	198	4,00	1,53	0,042	0,023	0,020	0,018
997	199	4,00	1,53	0,042	0,023	0,020	0,018
998	199	4,00	1,53	0,043	0,023	0,020	0,018
999	199	4,00	1,53	0,043	0,023	0,020	0,018
1000	199	4,00	1,53	0,043	0,023	0,020	0,018