

*Alejandro Estrada Echeverri*  
INGENIERO EN SISTEMAS DE ACUEDUCTO - CONSERVADOR DE OBRAS  
DE ACUEDUCTO

CONSERVADOR  
DE OBRAS  
DE ACUEDUCTO  
DE LA  
CIUDAD DE  
MEDELLIN

INVESTIGACION SOBRE PERDIDAS DE ACUEDUCTO

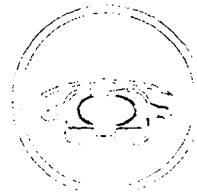
( AGUA NO FACTURADA )

INGEN. ALEJANDRO AUGUSTO ESTRADA ECHEVERRI

COORDINADOR DEL CONTROL DE PERDIDAS DE ACUEDUCTO

GERENCIA DE OPERACIONES

MEDELLIN, Agosto de 1980



276  
801N

KD 3574

LSN= 983

**EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN**

**INVESTIGACIONES SOBRE PERDIDAS DE ACUEDUCTO**

( AGUA NO FACTURADA )

**INGO. ALEJANDRO AUGUSTO ESTRADA ECHEVERRI**

COORDINADOR DEL CONTROL DE PERDIDAS DE ACUEDUCTO  
GERENCIA DE OPERACIONES

MEDELLIN, Agosto de 1980



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

Al apróximarse la década Internacional del Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento (1981-1990) que promulgó la Organización de Naciones Unidas a través de sus organismos el P.N.U.D., La O.M.S La F.A.O., La O.I.T y La UNICEF así como el Banco Mundial y el BID se han reunido aquí investigaciones llevada a cabo sobre el Agua no Facturada que comunmente se mal denomina "Pérdidas de Acueducto" en un sólo folleto que pongo a su consideración y que espero sea un aporte positivo a aumentar la cantidad de agua disponible en nuestras ciudades para abastecer un mayor número de personas y en una mejor forma a un costo más bajo que el necesario para realizar nuevas y gigantescas obras que se pueden atrasar si se adelanta un programa adecuado de control del agua no facturada de este trabajo.

En la actualidad me desempeño como Coordinador del Control de Pérdidas de Acueducto en las Empresas Públicas de Medellín y las investigaciones que aquí se encuentran fueron realizadas en dicho puesto.

Los conceptos y opiniones son de la absoluta responsabilidad del autor no refleja necesariamente la posición de las Empresas Públicas de Medellín.

## CAPITULO I - DEFINICION DEL PROBLEMA

Toda Empresa dedicada al suministro de agua, debe tener conciencia de la que no factura, pero que sin embargo, es suministrada al público y que ha tenido que ser embalsada en una represa, traída a una planta de tratamiento por unas largas aducciones; allí se le ha suministrado diferentes químicos, o bien, ha sido bombeada con un alto costo de energía eléctrica también se ha tratado con químicos o simplemente clorado; luego, llevada por unas complicadas redes de distribución, hasta las instalaciones de los usuarios o se ha perdido en éste largo y costoso camino.

Aquí no se incluyen los otros costos directos en el suministro y distribución del agua, ya que, éstos son constantes para el agua facturada no interesando la suministrada, ó sea, los jornales de los obreros y empleados, los equipos, maquinarias, etc.

Por ésto es necesario contar con una medida confiable del suministro ésta se puede afectar por medio de: Canaleta parshall, venturis, toberas, placa orificio, medidor de velocidad Woltman y annubares. Los anteriores aparatos llamados medidores de caudal, tienen una exactitud de  $\pm 2\%$  estando perfectamente bien calibrados y trabajando dentro del rango de flujo para el cual fueron diseñados.

Actualmente existen aparatos ultrasónicos que garantizan una exactitud de  $\pm 0.5\%$  en el rango antes mencionado.

Como se ve es mu difícil garantizar una exactitud del 100% en el suministro y se acostumbra calibrar los anteriores aparatos por medio del Pitómetro, que consiste en dos tubos con orificios en los extremos que miran hacia el flujo y contra él, miden presión por medio de un manómetro o tubo en U, donde se marca una diferencia de presión que gracias a unas fórmulas se transforma en caudal. Este también viene siendo reemplazado en Francia y Gran Bretaña, por una diminuta turbina colocada en el centro del tubo con similar propósito y se llama Medidor de Turbina.

Cuando se tiene debidamente medida la salida de las Plantas o de las Estaciones de bombeo, se puede hablar de pérdidas mientras tanto no.

Es necesario tener aparatos de medida localizados en todas las instalaciones si queremos conocer la cantidad exacta de agua que no facturamos, pero ésto no quiere decir que pueda existir un sistema que no necesite medidores en cada propiedad y un buen ejemplo de ello, es Gran Bretaña que gracias a la poca cantidad de agua existente en la Isla, obliga a un consumo racional del agua por toda la ciudadanía, la cual, ha sido educada en éste sentido y no necesita tener un aparato que le esté controlando el gasto en la vivienda y le esté obligando a no malgastar el agua.

Como la facturación del servicio de agua se hace por medio del computador, aún en las poblaciones pequeñas, entonces es muy fácil con seguir la totalidad de metros cúbicos que se facturaron en un determinado período de tiempo que puede ser: Mensual, Bimensual, Trimes-  
tral; semestral ó anual.

El total de facturación se compara con el total suministrado y la diferencia será el motivo de la investigación.

Cuando hay abundante agua y ésta requiere un mínimo de tratamiento o simplemente la adición del cloro el incentivo para evitar las pérdidas de agua es mínimo y no se tiene en cuenta. Pero si dicho suministro es limitado o requiere un tratamiento intensivo para potabilizar el agua, el incentivo para controlar las pérdidas es mucho mayor. Cuando el suministro es bombeado y requiere tratamiento, conlleva al tos costos de suministro, entonces el incentivo es máximo y conlleva a hacer investigaciones para un estricto control de pérdidas de agua.

Cuándo debemos pensar en realizar una investigación o cuándo debemos sentirnos satisfechos porque el sistema se encuentra en el mínimo de Pérdidas ?. Cuando el porcentaje de agua facturada sobre agua suministrada es del 90%, los medidores tanto los de caudal como los indus-triales y residenciales, están bien mantenidos y registrando correc-  
tamente . Si puede hablar que dicho sistema está libre de fugas con-trolables y libre de conexiones fraudulentas (contrabandos). Indica también que hay un gran número de medidores industriales y los sus-  
criptores por kilómetro de red es muy alto. Es casi imposible obtener registros de más del 90% sin estar con algún error en la medida del suministro o del facturado.

Es un sistema que sea puramente residencial con un reducido número de suscriptores por kilómetro de red, la relación del 80% de agua factu-rada, puede ser el resultado de una buena operación con muy pocas fu-  
gas subterráneas localizables, libre de contrabandos y con un perfec-  
to mantenimiento de los medidores.

Cuando el sistema tiene una relación de medida inferior al 75% y nos atrevemos a decir que todas las capitales Latinoamericanas están por debajo de dicho valor e igualmente están las que atienden un mínimo de 20.000 instalaciones no teniendo un excelente control sobre todos los aparatos de medida, sobre los contrabandos y sobre los demás factores, tema del capítulo siguiente.

Si a los anteriores problemas le agregamos presiones altas en la red, el problema puede llegar hasta valores cercanos al 50%.

En ciudades de México, Buenos Aires, Managua, Caracas, Montevideo, el agua no facturada supera el 50% razón por la cual las inversiones que deben realizarse para ampliación de la Empresa de Acueducto son el doble o más por el beneficio que van a obtener, ya que, la demanda de cada consumidor es superior al doble de su verdadero consumo.

Adicionalmente, si se hiciera un verdadero control del problema, el agua que ya es de por sí escasa en todas las ciudades mencionadas, de hecho alcanzaría con creces para abastecer la población actual plenamente sin los racionamientos existentes en algunas zonas y alcanzaría por algunos años más.

En un sistema donde el agua suministrada para uso a los consumidores residenciales no es medida, gracias a estudios que aconsejen dicha disposición, como puede ser la no posibilidad de lectura, mantenimiento y el convencimiento de la comunidad del uso racional del agua que no necesite del policía en la puerta (el medidor); no existe un criterio exacto para evaluar las pérdidas de agua. Si el agua suministrada al sistema es medida y tanto los consumidores industriales como comerciales están medidos, entonces, es fácil restarle el consumo industrial y comercial al total suministrado y luego dividiendo por el número de suscriptores o por la población servida obtenemos en ésta forma el agua que consume cada residencia o cada persona; por similitud con gráficas o comparando los consumos medidos en otras ciudades de características razonablemente similares, puede obtenerse una idea de la posible pérdida de agua y del desperdicio: Pero lo óptimo como ya lo dijimos, es tener el sistema completamente medido, tanto las salidas de Plantas y Tanques de Almacenamiento, como la totalidad de las instalaciones que se surten de la Empresa y además, dichos medidores estén perfectamente calibrados y registrando correctamente.

## CAPITULO II - FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL AGUA NO FACTURADA.

En éste Capítulo vamos a ver cuáles son las causas por las cuales hay pérdidas de acueducto y el siguiente, tratará de mostrar los programas tendientes a causar una disminución real de dichas pérdidas.

Es muy frecuente escuchar la palabra pérdidas como sinónimo de fugas en uniones y tuberías aquí pretendemos probar que las fugas son una parte importante de las pérdidas de Acueducto, o sea, del agua no facturada, pero nunca el todo.

Son ocho los factores principales que intervienen en éste problema:

### 1. EXACTITUD DE MEDIDORES DE CAUDAL QUE DEBEN MEDIR EL AGUA SUMINISTRADA AL SISTEMA DE DISTRIBUCION:

Como dijimos al principio, es vital para cualquier investigación que se vaya a realizar conocer exáctamente los dos factores que generan el agua no facturada el primero es éste:  
Cuánta agua le suministramos al sistema ?

En algunas Empresas es muy común tener como suministro el valor resultante de multiplicar el caudal nominal de las bombas por el número de horas trabajadas; el valor es exácto 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, como son por ejemplo: La altura estática de bombeo que fuctúa 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 si en el camino al tanque receptor se deja agua a algunas instalaciones; como se ve por todos los factores anteriores y otros más, que podrían establecerse; ésta medida es imprecisa y distorciona cualquier investigación que se pretenda realizar.

Otro error muy frecuente se presenta en la instalación de los elementos primarios de los medidores de caudal que no cumplen con las especificaciones hidráulicas del fabricante, por ejemplo, que se encuentre completamente vertical u horizontal, que no tenga accesorios un determinado número de diámetros, aguas arriba y aguas abajo, etc. Otro error frecuentemente, es el de no proporcionarle las debidas protecciones contra descargas eléctricas o tensiones en los elementos secundarios.



Pero la más frecuente de todas es solicitar medidores de caudal para la demanda máxima del distrito o la zona a alimentar de dicha planta o tanque y ésto apenas se logrará al cabo de algunos años o a lo mejor nunca, entonces, el rango de exactitud en el cual se mueve el me didor no corresponde al rango en el cual se mueve la demanda y por consiguiente, se introduce errores muy grandes y difícilmente detec tables.

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 me didores de entrada de las plantas que generalmente son estructuras hi dráulicas tales como canaletas Parshall, vertederos, etc. descontándo- les el consumo en plantas por efectos de lavado, dichas 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 apara to, motivo de calibración, es posible que no dé exactamente ya que, tó dos los aparatos de medida a excepción del volumétrico (que dice lo que cabe en un recipiente) tienen error de exactitud y por lo general, es por defecto o por exceso, sin poder precisar en un momento dado en cual sentido es y por tanto, no saber cuál es el correcto.

Se puede pensar en calibrarlos también por medio de mediciones de concen traciones de algún ión no destruible o soluble en agua, como es el caso del ión fluor, aunque si se utiliza permanentemente antes del proceso de floculación, no permite la formación del Floc y el alumbre resulta in - crustándose en las tuberías de distribución después de las plantas cau - sándole una pérdida grande de su capacidad.

Otro sistema es el de los iones radicativos, que pueden ocasionar proble- mas si el agua no tiene forma de una gran dilución en tanques de almacena miento de gran tamaño y/o un tiempo de retención muy grande (36 horas por lo menos) para hacer que dicho elemento radicativo, no sea nocivo para las personas y animales.

## 2. SUBREGISTRO DE LOS MEDIDORES INDUSTRIALES.

El medidor industrial es un aparato de gran tamaño con relación a los domi ciliarios, va de 2" en adelante de diámetro y tiene como finalidad medir los altos consumos. Este medidor generalmente, es combinado o sea, que hay un medidor de gran tamaño (4", 6" 8" ó 12") que registra los altos consumos que se entran en una instalación de éste tipo durante los seis días labo- rables, pero es posible que de noche o al menos los días feriados de un gran consumo se reduzca hasta en un 98% y éste aparato no es capaz de registrar correctamente dicho flujo, entonces, hace falta un medidor pequeño (1/2", 3/4" 1" y 2"), para el cual ese flujo sea el 50% o más de su caudal nominal entonces, existe una valvula de compensación que es la encargada de permitir el flujo por uno u otro medidor dependiendo del caudal que esté consumi- do la instalación.

Toda Empresa industrial cuando va a iniciar su producción en una nueva planta solicita un determinado diámetro de acometida domiciliar que pueda ser el que necesita inicialmente o a corto plazo; cuando se enfrenta a las primeras cuentas de acueducto, o a un cambio de tarifas del servicio en donde los costos del agua empiezan a incidir en el costo final del artículo, entonces, se hace necesario un replanteamiento del uso racional del agua y se ve obligada a rebajar consumos; ésto conlleva a que la Empresa de Acueducto, deberá tomar los controles suficientes para ordenar el cambio inmediato del medidor por el correspondiente a dicho consumo racionalizado. El problema puede ser a la inversa, o sea, que lleguen nuevas máquinas y se necesario aumentar el consumo grandemente en esa instalación y por consiguiente, el respectivo cambio por un diámetro mayor.

La Empresa del suministro de agua no se entera de dichos cambios, sino, por casualidad en algún chequeo eventual de alguna instalación. Cuando el medidor no es el apropiado bien sea por defecto o por exceso, quiere decir que no trabaja dentro del rango de exactitud por el cual fue diseñado y por consiguiente, habrá una deficiencia que podrá llegar hasta el 90% de error en cualquiera de los dos casos. Entonces, el medidor que se exige de masiado, pasando por él un caudal muy por encima del de diseño, causa excesiva pérdida de presión a través de él y tiende a acabar rápidamente con los mecanismos internos aunque externamente parezca correcto.

La Empresa de Acueducto debe exigir que cualquier cambio sustancial en el consumo de su instalación, se le debe notificar a ella con dos meses siquiera de anticipación. Debe instalar medidores adecuados a cada necesidad para garantizar su registro exacto; se debe tener la provisión de poder instalar medidores testigos para que sirvan de prueba de exactitud en el terreno sin necesidad de chequeos en el taller, garantizando la no interrupción del servicio y su fácil conexión. Actualmente, existen unos medidores ultrasónicos de flujo que garantizan el 0.5% de exactitud a través de toda la escala y operan en tuberías de diámetros de 1/2" a 96" de diámetro y tienen circuito de estado sólido e interpretación analógica de datos en forma digital en base a un trasductor; son de marca Maning y se pueden instalar y retirar por medio de dos flanges; colocando en su defecto un niple con flanges, también el Dr. FRANK C. CAMPBELL en un artículo titulado "Investigación de Fugas en un Sistema de Distribución", publicado por journal del AWWA de Julio de 1970 en él cuenta que chequeó 34 instalaciones industriales y encontró 14 que registraban entre el 8% y el 92% menos y éste sólo programa le representó US \$ 200.000 al año. Esto con el ánimo de mostrar que los medidores industriales que en una ciudad pueden ser muy pocos por ejemplo en Medellín, representan el 0.5% de las instalaciones aunque corresponden el 11% de su consumo y al 16% de los recaudos que por facturación entran a la Empresa, por consiguiente es fácil controlar correctamente los medidores industriales reubicándolos de acuerdo a los consumos y adquiriendo los que sean necesarios, ya que, dicho programa financieramente no tiene problema porque el consumidor industrial, paga el aparato que se le debe instalar y en justicia se le debe reconocer el valor de reposición que tenga el medidor que se le va a retirar siempre y cuando no haya cumplido el ciclo de vida útil que el fabricante garantiza en la información técnica que proporciona con el medidor.

Cuando haya garantía de flujos altos, permanentemente se recomienda el medidor Woltman de velocidad que tiene una hélice de dimensiones y diseño muy especial; el flujo lleva la dirección del eje de la turbina ó hélice. Se caracterizan porque sólo producen una pequeña pérdida de presión en el agua. Son muy exactos pero de alto costo. Como dijimos atrás, no hay problema económico, ya que, ésta corre a cargo del Suscriptor. Es necesario advertir aquí, que todo aparato de medida tiene en su interior, maquinismos similares a los de reloj y como tal debe tratarse. Muchos problemas en exactitud ocurren gracias al mal manejo o sea, al desconocimiento que el medidor debe tratarse en la misma forma que se hace con un reloj.

### 3. IMPRECISION DE LOS MEDIDORES RESIDENCIALES:

Son la principal entrada de las Empresas en todas nuestras ciudades intermedias en donde la industria y el comercio se encuentran en etapa de desarrollo y sólo alcanzan en el mejor de los casos un 25% de consumo entre ambas. Los medidores residenciales son la parte más olvidada de un sistema de agua en casi todas las ciudades y pueblos.

Es fácil solicitarle al computador en su informe las causas de no lectura y el volumen de medidores no leídos por cada una de ellas; la cifra total no debe superar el 10% del total de instalaciones domiciliarias y las causas de no lecturas reparables como son: Medidor parado, obstruido y tapado, no debe ser superior al 5% cuando la lectura es mensual o bimensual; ya que, la vida útil de éstos medidores está entre cinco y siete años dependiendo de la marca, es lógico, que se dañen mensualmente casi el 2% (para cinco años de vida útil) y éstos deben ser cambiados durante el período siguiente comprendido entre la anterior y la próxima lectura; pero como los mecanismos de la Empresa pueden ser lentos y demorarse hasta tres períodos para su ejecución; entonces, es apenas lógico estimar en 5% el valor máximo de medidores malos o por cambiar en cada lectura.

Lo anterior, ocasiona unas pérdidas grandes en el sistema porque cuando la persona se entera que se le está cobrando por un promedio de meses anteriores, no se preocupa por el mal gasto, reparación de llaves y accesorios y en general por el consumo exagerado de agua que puede llegar al doble o triple del consumo cobrado por promedio y si ésto lo multiplicamos por el número de instalaciones que se encuentran así, la cifra se vuelve nada despreciable y si a ésto le agregamos que, gracias al sistema tarifario que castiga los altos consumos la Empresa está dejando de cobrar éstos, para cobrar únicamente los subsidiados como son generalmente los 10, 20 ó 30 primeros metros cúbicos por instalación.

Pero el problem más grave es el siguiente: La forma de usar el agua en un sistema de acueducto por las residencias a baja rata de flujo, es más grande que lo que muchos hombres dedicados a manejar las Empresas de Acueducto, pueden darse cuenta. Estadísticas realizadas en Estados Unidos y algunas capitales Latinoamericanas prueban que cerca de un 13% del agua usada en las viviendas fluctúan con flujos entre cero y un litro por minuto además, un total de aproximadamente el 22% a flujos de cuatro litros por minuto o

menos, éste, es el rango en el cual los medidores domésticos, permanecen parados o registran por debajo del verdadero valor; en la zona entre uno y cuatro litros por minuto la medida es errática pero siempre registra por defecto. El agua que pasa a través de los medidores y no es registrada, proporciona pérdidas sustanciales de ingresos.

Los medidores domiciliarios pueden dividirse en dos grandes tipos: Volumétricos y de Velocidad; los primeros, pueden ser: De pistón o de disco mutativo,; los segundos: de chorro único, chorro múltiple, Woltman y de hélice.

El medidor volumétrico dispone de una cámara de volumen determinado y dicho elemento móvil, situado dentro de ella, que adquiere al pasar el agua, un movimiento periódico con el cual ocasionan continuamente la llenada y desocupada de la cámara.

Este desplazamiento del elemento móvil divide la cámara por lo menos en dos compartimientos uno que se está llenando y otro que se desocupa, verificándose el flujo de agua en el mismo sentido en que se sucede el movimiento del órgano.

El medidor de velocidad obtiene el volumen del agua contando las revoluciones que da una rueda a manera de turbina accionadas por el agua al fluír, se necesita un determinado orificio y un determinado rotor, el agua pasada durante un determinado tiempo y por consiguiente, el número de revoluciones producido dependerá únicamente de la velocidad que ella tenga al pasar a través de la sección; es por ésto que para pequeños caudales el medidor volumétrico tiene una mayor sensibilidad, o sea, que arranca a registrar aunque sin ninguna exactitud y empieza a registrar dentro del rango de  $\pm 2\%$  de exactitud con mayor anterioridad al de velocidad.

Sobra decir que en medidores de gran tamaño, los volumétricos resultan ser muchísimos más costosos y no tienen ninguna ventaja adicional contra los de velocidad y máximo si son de tipo Woltman.

Los medidores volumétricos están diseñados para trabajar con agua potable, o sea, agua completamente libre de impurezas y suciedades que obstruyen el medidor; por tanto, si no es posible tener agua potable no es aconsejable tener medidores volumétricos en cambio el medidor de velocidad es el apropiado para este tipo de aguas.

#### 4. CONTRABANDOS:

Este problema es ampliamente conocido por todas aquellas personas que tienen que manejar un sistema de agua y se localiza principalmente en los barrios marginados (tugurios, favelas, barrios jóvenes y otras muchas denominaciones) que generalmente, son campesinos que llegan a las ciudades atraídos por el espejismo que ésta genera de comodidades, mejor empleo y posición pero al poco tiempo, sufre decepción y van a parar a este tipo de construcción primitiva con el estómago vacío y por tanto está con ansias de revolución; por consiguiente no tienen con qué pagar el servicio de agua y la gran mayoría de ellos siempre la tuvo en el campo en forma gratuita.

No les importa los daños que causen en la red de distribución pues su único interés es la obtención del precioso líquido sin el cual no es posible vivir y están dispuestos a hacer respetar éste "derecho" a costa de cualquier sacrificio y es por esto que las Empresas de servicio público no pueden entrar allí a privar a sus habitantes del servicio si no que por el contrario hay que concientizarlos que para entregar agua a la ciudad tiene unos costos que llegan a ser muy altos y que a diferencia del campo requiere de productos químicos, equipos y maquinarias y mucha mano de obra calificada; esto se logra más eficientemente, si hay Acción Comunal ( es una Organización en la cual intervienen todas las personas de una comunidad y tiene por finalidad aportar mano de obra en días fuera de los laborables y ciertas cuotas para compra de algunos materiales y el resto de ellos es aportado por el Gobierno) con Personería Jurídica, a dichas entidades se les responsabiliza del servicio y se le coloca un contador de buen tamaño según la cantidad de usuarios y se les subsidia el cobro del agua con doble propósito: Enseñarles a pagar y que no derrochen ni mal-gasten el agua que otras personas pueden estar necesitando; sobra decir que éstos barrios son de clase baja y por tanto de muy escasos recursos.

Otro sistema de proliferación de contrabandos son los servicios provisionales que se venden en algunas Empresas sin colocarles medidor mientras dura la construcción de la obra; dicha acometida provisional, se deja abandonada y taponada al término de la obra procediendo a construir las acometidas respectivas por el sitio más apropiado. Con posterioridad el usuario encuentra dicha tubería y procede a abastecerse de ella a sabidas que no queda registrada y en algunos casos, creyendo que sí está siendo registrada por el medidor principal.

Una tercera causa es en las zonas comerciales de la ciudad cuando de acuerdo al uso de los locales y bodegas varían de tamaño de acuerdo al inquilino; por ejemplo: En un local funcionaba un depósito de manteca y grasas vegetales, la Empresa construyó su propia bodega y desocupó el local que por su tamaño es fraccionado en tres ó cuatro locales solicitando para cada uno de ellos su propio contador pero como el sitio no es el apropiado para ventas de repuestos, telas, etc., los dueños de éstos negocios o quiebran o pierden mucha plata y deciden abandonarlos después que por falta de pago, se les corta el suministro de agua. El propietario del inmueble resuelve fusionarlos de nuevo en uno ó máximo dos locales y solicita de nuevo la respectiva instalación pero las que fueron taponadas por no pago; en corto o mediano plazo resultan habilitadas como en el caso de las provisionales sin que sea muy fácil su detección.

Existe un cuarto tipo de contrabando localizado preferencialmente, en las residencias de extrato social muy elevado que por no pagar los muy altos consumos, resuelve construir un by-pass cerca del medidor para que pase por allí muy buena parte del consumo y sólo una pequeña cantidad a través del medidor; o también gracias a una acometida tomada de la red principal de distribución que alimenta la piscina o las porquerizas o el sistema de riego de jardines y huertas. No es muy frecuente.

Un quinto y último sistema es similar al segundo y consiste en utilizar las redes internas de incendio que son colocadas en algunas fábricas por compromiso adquirido con las firmas aseguradoras y que no son medidas, ya que, la Empresa de servicio público considera que se va a obrar de buena fé y que dicha red sólo se utilizaría en caso de incendio, y además, por disposiciones internacionales que los consumos por incendio no se cobran al usuario; pero sucede que tarde ó temprano resulta siendo utilizada por el usuario por ignorancia o a sabiendas que no es medida; es muy fácil detectar dicho problema y proceder a instalar medidor en ésta acometida facturando el agua consumida.

#### 5. CONSUMO POR HIDRATANTES:

Aunque la ciudad tenga controlado tanto el suministro como la facturación de todos y cada uno de los usuarios a base de medida, muy pocas ciudades le agregan el agua usada para combatir incendios, para el aseo de las calles, limpieza de alcantarillados y otros consumos incidentales.

Estos consumos no son continuos y pueden representar grandes cantidades de agua en cortos períodos de tiempo, sin embargo el promedio diario durante un año es pequeño. El efecto en el porcentaje de agua no facturada es comparativamente despreciable. La American Water Works Association, a través del Comité " De agua no Facturada", recomienda que el porcentaje no debe ser mayor que el 1% del agua suministrada.

Para el aseo de las calles hay dos alternativas que yo recomendé a la empresa encargada de ello en Medellín: PRIMERA: Construir dos o más pozos, en distintos sitios para el ahorro de transporte, para regar las calles con agua no tratada y rebajar así los costos. SEGUNDA: (ésta fué la aceptada) vender los carros-tanques dedicados a lavar las calles, que funcionaba de la siguiente forma: A ambos lados del carro -tanque iban varias personas empujando la mugre y basuras que el agua no alcanzaba a empujar. Al vender los carro-tanques se compraron máquinas barredoras, de tres escobillas circulares que giran lanzando la basura hacia el centro de la máquina, y por succión se almacena en un tanque; aquí el consumo de agua es mínimo únicamente para lubricar el piso evitando un desgaste excesivo de las escobillas metálicas. Con el consiguiente ahorro de agua y mano de obra.

El mayor problema del uso de hidrantes es el mal uso de ellos; utilizando herramientas no apropiadas, causando destrozos en ellos, ó no cerrándolos bien después de su uso, causando un gasto innecesario de agua.

Otro uso propio es para descargar las tuberías principales para poder efectuar una reparación y entre más deficiente sea el mantenimiento de las válvulas de compuerta instaladas en la red, más grande será la zona para aislar y por consiguiente más cantidad de agua habrá que botar por los hidrantes para poder descargar la tubería.

## 6. FUGAS INEVITABLES:

En todo sistema de suministro de agua están presentes algunas fugas subterráneas, generalmente ubicadas en uniones y que resulta muchísimo más costoso localizarlas y repararlas que permitir que existan. Se han elaborado muchas fórmulas para encontrar una cifra real que permita tranquilizar a los ejecutivos de la Empresa. Algunos métodos están basados en las pulgadas perimetrales de las uniones, otros en el número de conexiones a la red principal, otros de acuerdo al diámetro de las tuberías, etc.

A continuación presentamos los valores más usados con éste propósito:

- a. En las secciones más antiguas de una ciudad, donde hay juntas ó uniones muy viejas, las tuberías son de pequeñas porciones, o sea, en tubos de poca longitud, se estima entre 4.000 y 7.500 litros/Km./día, ó sea, de 1.500 a 3.000 g.p.d./milla de tubería principal, son las cantidades aceptables.
- b. En las secciones nuevas con longitud de tubería de 6 mts ó 18 ft. con juntas mejoradas y pocas conexiones por kilómetro de tubería, las fugas inevitables no deberán exceder de 2.500 a 6.000 litros Km./día ó sea, de 1.000 a 2.500 g.p.d./milla de tubería principal.

## 7. FUGAS SUBTERRANEAS:

Las fugas subterráneas son frecuentemente la principal causa de un alto porcentaje de agua no facturada. Para mantener estas al mínimo, se requiere de una constante atención y de una planeación consciente de la conservación del agua.

Hay muchas ciudades en las cuales las fugas subterráneas no son el mayor problema, por algunos de los siguientes aspectos: Tienen tuberías de excelente material (por ejemplo hierro dúctil); tienen suelos neutros y hasta alcalinos, ó sea, no hay suelos ácidos ni presencia de ningún tipo de materia orgánica en ellos ni tampoco son arcillas expansivas; además, está localizada en zonas geológicas muy estables ausentes de temblores de tierra fuertes; y también ha habido una excelente instalación, gracias a mano de obra calificada y una excelente interventoría. Si todo lo anterior se reúne en una ciudad Latinoamericana, será por excepción y tal vez merecen citarse aquellas ubicadas en zonas desérticas y donde existe un excelente control por ser muy escaso el recurso agua como Arequipa.

El resto de ciudades no comprendidas por el grupo anterior adolecen de todas o casi todos los problemas que ya anunciamos, a saber: Mala o regular calidad de tuberías, deficiente mano de obra para su instalación e interventoría, suelos abrasivos o arcillas expansivas o zonas que anteriormente, fueron basureros públicos y lo más grave al menos la parte

montañosa del Continente Latinoamericano ser zona volcánica y tectónica por excelencia.

Los métodos por localización de fugas subterráneas son de dos clases: VISUALES Y AUDIBLES.

El método visual es muy limitado, ya que, la mayoría de fugas no afloran a la superficie salvo casos especiales de suelos muy cohesivos como es el caso de Ciudad de Guatemala.

Sin embargo, la inspección de la superficie de las calles que pueden presentar baches, hundimientos en el pavimento; áreas engrasadas; cajas de válvulas; cámaras de alcantarillado; cámaras de energía eléctrica y teléfonos podrán mostrar muchas veces alguna evidencia de una fuga. Es una verdadera lástima que no tengamos rayos X en los ojos para este propósito.

En la ciudad de Medellín ocurrió un caso que puede ilustrar lo que acabamos de decir: En la construcción de una nueva vía se destaparon las cámaras de inspección de alcantarillado para conocer sus profundidades y determinar la dirección del flujo, ya que, no había sido usada la red de alcantarillado de una urbanización nueva, sin embargo, por sorpresa de una cámara a la siguiente aparecía una cantidad muy grande de agua que no tenía ninguna justificación a no ser una fuga de la red de distribución.

Gracias a un vertedero fué aforada marcando 2.300 m<sup>3</sup>/día casi 1.000.000 metros cúbicos al año, o sea, unos US \$100.000 al año. La fuga no mostraba nada fuera de lo común en la superficie y correspondía a una tubería de 8" en asbesto-cemento cizallada que formó un túnel hacia la tubería de alcantarillado la cual rompió y a no ser por la inspección antes anotada, no habría sido detectada.

El método audible de localización de fugas, es el más usado y consistente en un aparato detector de sonidos que se coloca sobre la superficie del suelo y encima de las tuberías principales o domiciliarias. El agua escapando a través de un hueco en la tubería o en las domiciliarias producen vibraciones que son transmitidas a la superficie de la tierra y entonces son recogidas; las vibraciones se convierten y cuantifican en sonidos audibles; la cantidad de vibración producida por el escape de agua a través de un hueco o grieta en las tuberías dependerá del estado y la presión en la tubería. No hay mucha relación entre el volumen de agua que se escapa y el sonido recibido en la superficie de la calle.

No hay un grado de sonido que pueda ser atribuido a fuga de agua, pues puede variar toda la gama desde un silbido agudo hasta un rugido grave; la naturaleza del suelo o el medio de transmisión varía ampliamente; los suelos sueltos son por lo general muy malos transmisores en cambio los suelos compactos, son excelentes transmisores de sonido.



Otras cosas que intervienen son las cavidades o fallas, los tipos de superficie de la calle, la dimensión y material de la tubería y accesorios.

Las cavidades o grietas causadas por la colocación de la tubería de algún tamaño, ó donde el suelo fué lavado por debajo del pavimento no hay ningún tipo de transmisión de vibraciones a la superficie de la vía. Cuando el sonido proveniente de la tubería se aproxima a una falla o grieta, el sonido se disciplará a través de ésta y a lo largo de la tubería; en éstas condiciones es mejor escuchar a pocos pasos a cada lado paralelo de la tubería.

Las superficies duras o pavimentadas de la calle son donde mejor se escuchan; las superficies de concreto son mucho más sensibles y recogen muchos otros sonidos externos. El asfalto y las superficies de macadam, son las mejores superficies pavimentadas para éste tipo de trabajo.

Cuando las tuberías de agua se encuentran ubicadas debajo de las zonas verdes, es necesario excavar en la grama y más abajo de las raíces, colocar el instrumento auditivo sobre el suelo firme, si es geófono porque los electrónicos más modernos pueden escuchar en éstos terrenos a través de un punzón especial.

Una fuga que produce un ruido tremendo en un domiciliar o en una pequeña tubería de distribución puede corresponder a una fuga pequeña y un pequeño ruido en una tubería grande puede corresponder a una fuga muy grande. Los accesorios especialmente tees y cruces producen un ruido considerable sobre ellos y pueden hacer creer la existencia de una fuga en la vecindad.

Se puede escuchar las válvulas y en el vástago de ellas se escucha un sonido mayor que en la tubería inmediatamente adyacente a la válvula. La válvula en un hidrante es mucho más sensible que el hidrante adyacente cuando se encuentra cerrado.

#### INSTRUMENTOS:

El tipo de instrumentos audibles se encuentran clasificados en dos grupos: Los amplificadores mecánicos y eléctricos o electrónicos.

Los instrumentos mecánicos audibles se conocen con el nombre de geófonos, los más simples, son de barra o varilla. Los aparatos eléctricos son de mayor precio y de operación más complicada y eficiente, ellos constan de un equipo amplificador y un micrófono con todos los aparatos. Teniendo experiencia para interpretar los sonidos recibidos, se puede trabajar indistintamente.

El geófono no tiene ninguna parte móvil ni componentes eléctricos que necesiten ajustarse. Es robusto y puede ser transportado en su pequeña caja sin que varíen sus condiciones de operación. Debe tener una gran sensibilidad y el operador debe saber distinguir los distintos sonidos. Es fácil de usar y de peso liviano. Una persona que use geófonos regularmente puede detectar alrededor del 90% de todos los tipos de fugas eficientemente. Sin embargo los geófonos son extremadamente fastidiosos en el oído después de un uso prolongado.

Los geófonos tienen una vida útil limitada, y es una tontería repararlos porque la pérdida de sensibilidad no se recupera fácilmente por tanto, es recomendable no comprar cualquier tipo de geófonos que parezcan iguales a otros pero son "sordos" que es la expresión común entre los expertos en el tema. Por tanto, ojo con comprar geófonos por catálogo o peor aún, por precio. Hay que ensayarlos primero si son "sordos o algo sordos" no los compre.

Los instrumentos eléctricos y electrónicos son diseñados esencialmente, para medir el nivel del sonido. Hay un buen número en el mercado que opera satisfactoriamente cuando el operador es experimentado. Son instrumentos delicados y deben ser tratados como tales y no como herramientas. Muchos modelos tienen ambas componentes auditivas y visuales. Las fugas de baja intensidad de sonido se puede amplificarlas mucho, haciendo posible localizar exactamente la fuga, o una fuga ruidosa puede disminuirse el volumen del ruido considerablemente y por la observación del medidor de sonido la fuga puede ser localizada mucho más fácil. Algunos de éstos aparatos están equipados con filtros de frecuencia, con lo cual el operador puede excluir todo ruido extraño; mucho puede decirse a cerca de la frecuencia de los sonidos de las fugas, pero esencialmente la frecuencia varía considerablemente según la superficie del suelo o los ruidos normales de tipo industrial, como lo vimos atrás.

Como el control de volumen ha avanzado tanto en los instrumentos eléctricos, puede escucharse un ruido que parece señalar a una pequeña fuga, pero que es generalmente debido a los componentes eléctricos.

En teoría puede leerse la intensidad del sonido en el medidor visual en dos válvulas o hidrantes u otros puntos de contacto en una misma tubería principal y conociendo la distancia entre dos puntos será posible por simples proporciones determinar la distancia a la fuga. Sin embargo como las condiciones no son generalmente uniformes entre los dos puntos y escuchando en la superficie sobre la tubería es el camino positivo para localizar una fuga. Una combinación de varios equipos mecánicos y eléctricos, pueden ser los necesarios en una ciudad para puntualizar las fugas. La hora apropiada para usar éstos instrumentos debe ser, si es posible realizarlos en los períodos de nivel mínimo de ruido. Este tiempo generalmente es entre las 2 A.M. a 5 A.M., muy inconvenientemente pero muy productivo, en cuanto a los mecánicos, ya que, los eléctricos

y electrónicos, por los filtros y demás ventajas ya descritas es posible trabajarlos con algún tráfico y por consiguiente no es necesario hacerlo a éstas horas.

En la Ciudad de Los Angeles California, tienen que traer el agua desde 360 millas de distancia por un río artificial construido en 1909 y el consumo de agua en dicha ciudad es muy racional existiendo una conciencia de no mal gasto debido a los altos costos y dificultad para su suministro. Para el control permanente y eficiente de fugas utilizan cuatro aparatos electrónicos de la Empresa Heath Consultants Incorporated, manejados cada uno por una pareja de personas que a su vez, localiza las fugas internas en las residencias y el recorrido lo empiezan donde hay más porcentaje de agua no facturado y luego en las zonas donde es más caro el suministro o sea, en alguna de las 42 zonas de bombeo. El control es estricto y efectivo.

En la ciudad de Chicago, Estado de Illinois, también controlan todas las fugas subterráneas con aparatos electrónicos según artículo aparecido en el Journal AWWA de Julio de 1970 por ROBERT O. WALLER.

#### 8. ALTAS PRESIONES EN LA RED:

Para poder suministrar un servicio eficiente muchas veces se sacrifica alguna parte en el diseño de la red. Las normas internacionales hablan de una presión máxima de 70 m. de columna de agua que son aproximadamente 100 p.s.i.

Sin embargo en aquellas ciudades donde no se exige el diseño hidráulico de la propiedad para la aprobación de planos y la licencia para poder construir y además la construcción de la red hidráulica se hace con el criterio de ahorrar en materiales queda en forma de "esquina de pescado" y por consiguiente aunque la presión antes del contador se encuentre por encima de los valores antes mencionados, al abrirse simultáneamente más de una llave la presión llega a unos valores mínimos increíbles. Entonces éstas ciudades se ven abocadas para poder garantizar un servicio eficiente, mantener unas presiones altas en la red con los siguientes perjuicios para todos como es el estallarse tuberías de deficiente calidad o mal instaladas, el daño permanente en válvulas y otros accesorios y que una fuga a altas presiones bota agua en proporción geométrica con respecto a una de igual tamaño pero a bajas presiones.

Existen muchas curvas que correlacionan los escapes de agua según su tamaño para diferentes presiones en la red como es el caso de las variaciones debido a la demanda y por la noche llega al más alto nivel, éste es otro argumento más para la localización de fugas a dichas horas.

En la siguiente página presentaremos dos gráficos aparecidos en la Revista Recursos Hidráulicos Volumen VI 1977 Nro 1 incertados en el artículo " Control y Evaluación Periódica del Funcionamiento del Sistema de Agua Potable", escrito por el Ingeniero Civil ALFONSO BUENO CARRERA. Como se ve la presión no pasa de 70 metros de columna de agua ó sea unos 100 p.s.i. cifra ésta muy deficiente por sí sola.

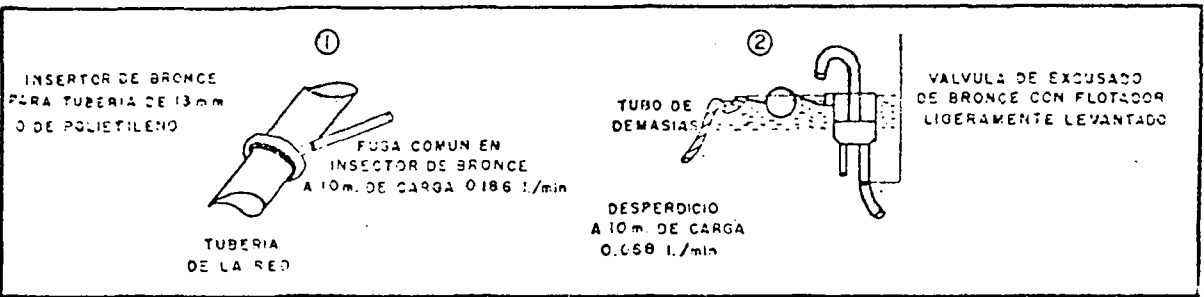
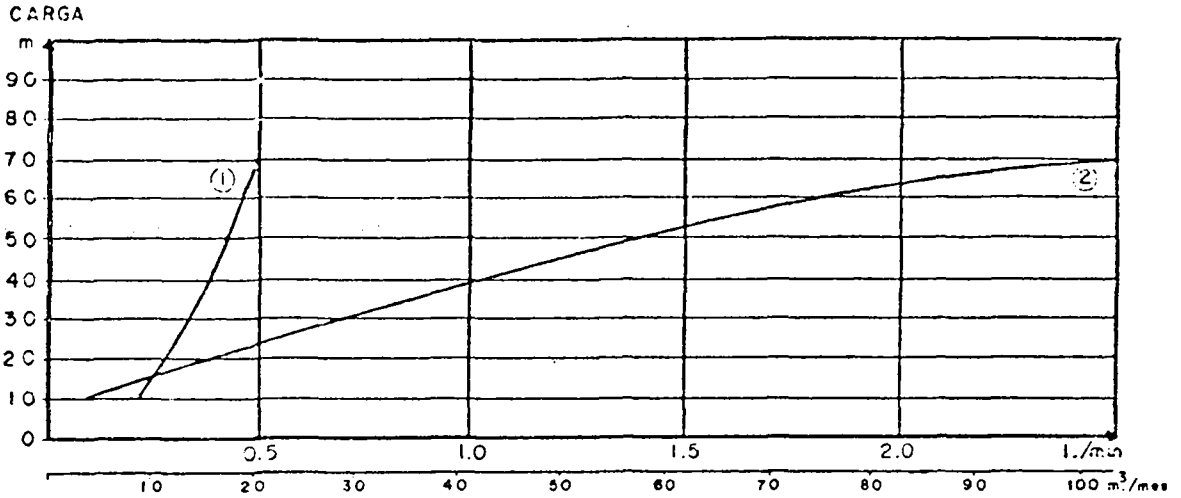
Se supone que no debe existir en un sistema de distribución de agua presiones superiores ya que ellas ocasionan generalmente fugas que sirven de discipación normal de presión y por tanto no deben ser reparadas ya que se estallará por otra parte de la tubería y a lo mejor una de diámetro mayor ó una abertura más grande que la anterior.

En la Ciudad de Medellín tenemos un barrio localizado en la cota 1560 y la Planta que lo alimenta se encuentra en la 1.900. Cuando se estalla una tubería en la zona, antes de pensar en repararla hay que ir al sitio de las tres válvulas reguladoras de presión para proceder a calibrarlas y con ellas operando correctamente, entonces si reparar la fuga porque de lo contrario, se rompería por otro sitio la tubería ya que esa es la forma de regular la presión al descalibrarse las válvulas arriba enunciadas.

Son 340 metros de columna de agua ó sea casi 500 p.s.i. no previsto en las normas de fabricación de tuberías de Asbesto-Cemento y de PVC que son las usadas por las Empresas Públicas de Medellín en estos casos, aunque ya se está elaborando una Licitación para comprar tubería de Hierro Dúctil que si resiste esas presiones y las fugas se presentarían por desconexión de los tubos que resulta muy fácil de reparar.

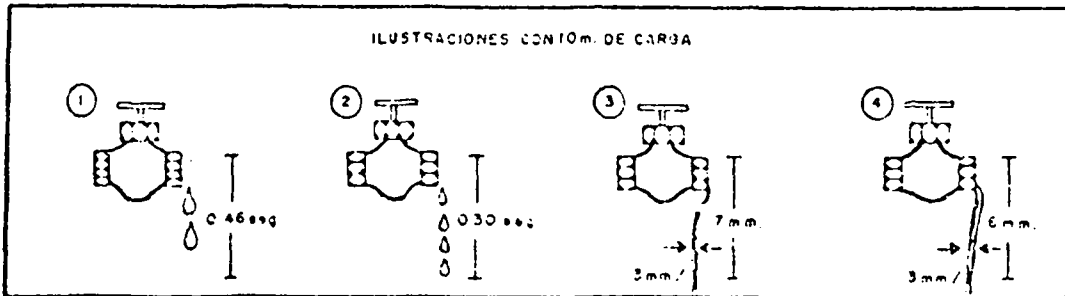
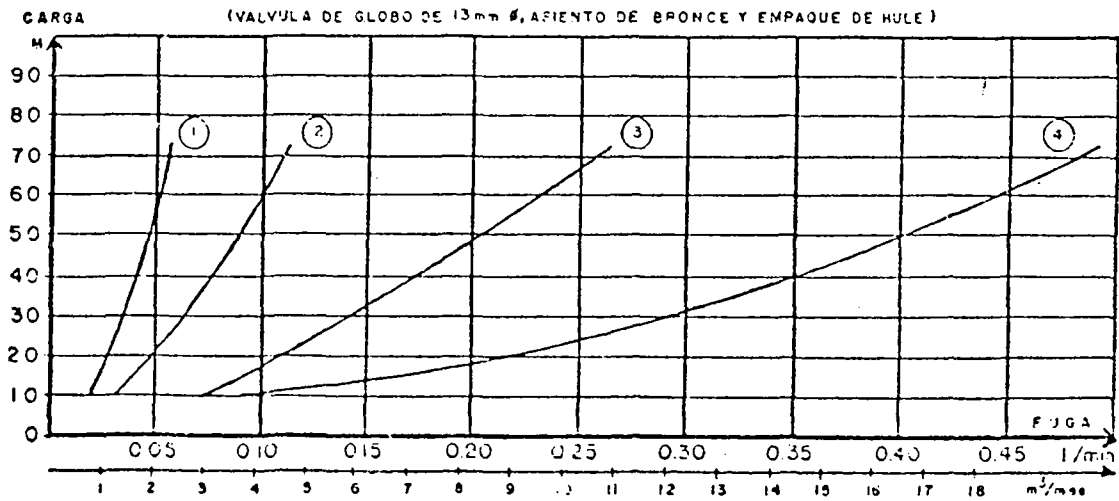
A continuación los citados gráficos.

CONDICIONES DE PRESION



GRAFICA DE COMPORTAMIENTO DE FUGAS A DIFERENTES

CONDICIONES DE PRESION



### CAPITULO III - PROGRAMA QUE DEBE REALIZARSE PARA MINIMIZAR EL AGUA NO FACTURADA

Es lógico, que cada ciudad tenga problemas diferentes, con respecto al agua no factura para solucionar el grave problema económico financiero y de falta de agua que ésto ocasiona. Algunas, tendrán problemas de excesivos contrabandos; otras, será problema de medida; en otras serán las fugas y las altas presiones; y en otras, las más, todos los fenómenos enunciados en el capítulo anterior se encuentran presentes en buen grado, para proporcionar una cantidad cercana al 50% y que adicionalmente no conocen el valor exacto porque ni siquiera saben la cantidad de agua que se suministra al sistema.

Antes de comenzar un programa tendiente a aumentar el agua facturada en la Empresa de Suministro de Agua es necesario hacer investigaciones previas y rápidas para orientar la elaboración de un programa sobre cada uno de los ocho factores vistos atrás.

Es de suponer que cada Empresa tendrá particulares problemas sobre dichos factores, por tanto, en éste capítulo vamos a hablar de los programas que se pueden adelantar para minimizar cada uno de los temas del capítulo anterior para que sirvan de guía.

#### 1. PROGRAMA DE MEDIDORES DE SALIDA DE PLANTAS TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y BOMBEO:

Se deben tener perfectamente calibrados y ubicados en los sitios apropiados de acuerdo al rango de exactitud proporcionado por el fabricante de cada uno de éstos aparatos y cumpliendo con todas las normas de correcta instalación.

La calibración de estos aparatos debe hacerse con una periodicidad regular, el Ingeniero MARIO EDMUNDO MIGUEL DIB en su "Trabajo de Investigación y Control de Pérdidas, ejecutados por SABESP", publicado en la revista DAE en 1978 recomienda que sean chequeados contra otro sistema, cada cuatro meses y en esta forma tener una certeza del verdadero suministro.

#### 2. PROGRAMAS PARA MEDIDORES INDUSTRIALES:

Como en el caso anterior es necesario una selección óptima y si ésta no se pudo realizar, entonces, proceder a una reubicación de todos los medidores industriales y colocarlos en las instalaciones que mejor se acomoden a los rangos de exactitud de los catálogos del fabricante y haciéndoles calibraciones periódicas en el terreno con un medidor patrón que garantice que la facturación corresponde casi exactamente a su consumo.

La Empresa debe tener control estricto sobre cualquier cambio sustancial en el consumo que obligue a un cambio de medidor y debe ser anunciada con dos meses mínimo de anticipación cualquiera de éstos cambios.

Adicionalmente los medidores industriales se deben leer cada 1.000 metros de consumo y si ésto ocurre varias veces en un día, es apenas lógico que haya una sólo lectura en 24 horas; en ésta forma se está controlando cualquier posible parada del contador y se tendrán promedios muy ajustados a la realidad que permitan el cobro cuando no marque el contador y también casi inmediatamente se pare el aparato, el taller de medidores lo sabrá para proceder a repararlo oportunamente.

Es muy conveniente realizar un mantenimiento preventivo consistente en el chequeo en el terreno de cada medidor y el retiro obligatorio de la cámara motor o del aparato encargado de la medida por otro nuevo o reparado y debidamente calibrado en el taller de medidores esto debe hacerse mínimo cada seis meses y podrá mejorar la exactitud aunque es conveniente combinar éste programa con la calibración gracias a un medidor patrón también cada seis meses.

Es de vital importancia para un estricto control de los medidores industriales, solicitarle al computador un listado de los mayores consumidores con un tope mínimo de 400 m<sup>3</sup>/mes y seguirle la historia comparando los valores facturados en un determinado período con lo registrado por los medidores en el mismo.

### 3. PROGRAMAS PARA LOS MEDIDORES RESIDENCIALES:

Todo fabricante de éstos aparatos recomienda chequearlos en el taller de medidores cuando cumplen 5.000 metros cúbicos y/o cinco años continuos de registro (ésto para los medidores residenciales de 1/2", para los demás diámetros cada fabricante específica dichas cantidades). También advierte que para una buena exactitud el medidor no debe ser exigido a más de dos veces el caudal nominal de una hora durante las 24 horas del día y nunca más de 30 veces el caudal nominal en el mes y si alguna de éstas dos cosas ocurre el medidor tiende a auto destruirse con la correspondiente pérdida de exactitud en él.

Debe hacerse por consiguiente un programa preventivo de cambio de medidores que pasen de cinco años o que hayan registrado más de 5.000 metros cúbicos o que hayan registrado más de 30 veces el caudal nominal en un mes y en éste último caso debe procederse a colocar un medidor de mayor caudal nominal y decimos ésto, porque no siempre habrá que aumentar de diámetro, ya que, existen medidores que tienen un caudal nominal mayor a otros de igual diámetro.

El programa correctivo o sea el consistente en cambiar todo aquel medidor que se encuentre parado u obstruido debe ser prioritario en toda Empresa de suministro de agua por lo anotado en el capítulo anterior, sobre de - rroche.

En esta forma , estamos controlando para obtener un registro de un 78% como vimos antes o si no hacemos ésto, el problema puede alcanzar cifras no imaginadas.

Es lógico que éste 22% que no registran los medidores residenciales equivalen a una cantidad muchísimo menor en el conjunto de agua no facturada de una ciudad. En Medellín ésta cantidad es cercana al 15%, ya que, el consumo residencial es del 68% del total.

Es conveniente desde todo punto de vista la instalación de medidores residenciales aunque como lo dijimos atrás, respetamos las ideas y mentalidad del pueblo inglés; consideramos que el medidor sirve de policía para obligar a un consumo racional y adicionalmente registra la cantidad que se debe facturar a cada residencia aunque no siempre es la cantidad consumida; la diferencia debe estar involucrada en las tarifas del servicio, ya que, el suscriptor no va a admitir que se le cobre una cantidad mayor a la que el propio aparato haya marcado con el cuento aquél que el medidor no registra los bajos consumos.

Un sistema recomendable para evitar ésta merma en el registro es la de colocar medidores grandes para varias residencias agrupadas en alguna forma, por ejemplo, en condominios o urbanizaciones cerradas de una sólo entrada con parques, piscinas, en su interior en los cuales, cada apartamento o residencia puede tener su pequeño contador colocado por el constructor para verificar cada consumo, pero la Empresa va a facturar por el contador general y la administración procederá a distribuir la cuenta en forma equitativa.

#### 4. COMBATIR EL PROBLEMA DE CONTRABANDOS:

Los contrabandos de los barrios marginados sólo se puede realizar con ayuda de las Acciones Comunes responsabilizando a sus directivos de los cobros a que del lugar la legalización de la instalación y sus respectivos consumos.

Hay que mantener el espíritu cívico en dichas comunidades para que permanezcan como usuarios del servicio y más adelante cuando las humildes viviendas pasen a construcciones sólidas, establecer mecanismos especiales, como por ejemplo, no instalar teléfono o energía eléctrica individual sino se tiene legalizado el servicio de agua; en las Empresas Públicas de Medellín resulta ser muy fácil ya que se manejan los tres servicios y en otras ciudades deben trabajar unidades, apoyándose unas a otras.

Los contrabandos debidos a servicios provisionales proliferan por descuido de la misma Empresa de Agua, ya que debe existir un control permanente de dicho servicio y la mejor manera de llevarlo a cabo es colocarle un medidor y facturarle como cualquier otra instalación definitiva, y cuando la obra esté terminada se debe proceder al retiro definitivo, desde la toma de dicha instalación, antes de proceder a las instalaciones definitivas o simultáneamente.



En caso tal de no colocarle medidor, lo cual no está bien pero ocurre, debe hacerle visitas periódicas y cobrar dicho servicio con una relativa periodicidad hasta tanto quede terminada la obra y proceder a taponar en la toma también.

En cuanto a la zonas comerciales descritas en el capítulo anterior el único programa efectivo es el de investigación en el terreno, sol citando la factura del servicio, haciendo un estimativo del consumo posible del local y si resulta alguna duda, debe procederse a cerrar la llave del contador y chequear si queda con agua la instalación y si esto ocurre con equipos localizadores de tuberías proceder a localizar la toma fraudulenta para ordenar taponarla y cobrar por lo me - nos dos años el consumo que no se facturó como recuperación de pér - didas y notificando que otro fraude se sancionará más drásticamente.

El cuarto tipo de contrabando es todavía más difícil de detectar y só lo es posible hacerlo por inspección, casa a casa, tal como expli - qué hace un momento, para la zona comercial.

El quinto , o sea, el uso de la red de incendio que se encuentra sin contador, éste problema se soluciona como ya lo dijimos colocándole un contador apropiado y cobrando como un usuario más no importa si consume mucho o poco por dicha acometida. Es muy fácil conocer cuando se tiene dicha acometida porque debió ser aprobada por la Empresa de Suministro de Agua , y se debe tener planos de su ubicación correcta, entonces, es muy fácil elaborar el listado completo.

#### 5. HACER QUE EL CONSUMO DE AGUA POR HIDRANTES SEA RACIONAL .

Hay que establecer contactos con la Empresa encargada del aseo de la ciudad para evitar a toda costa el lavado de las calles.

Debe colocarse una red de manómetros registradores en toda la ciudad con el fin de detectar el uso no autorizado de hidrantes y adicional - mente, fugas de gran tamaño que hagan descender la presión.

La red de manómetros puede pensarse que en un futuro esté comunicada con el centro de despacho del sistema de telemetría que es hacia donde va el mundo moderno y en esa forma será inmediato el registro del consumo de un hidrante, en cambio, por el sistema de manómetro registra - dores cuyo carta de registro dura una semana sólo se conocerá dicho con sumo con una periodicidad muchísimo menor.

La Empresa debe cobrar toda el agua que se tome de Hidrantes para in - cendio y cuyo uso sea diferente a ello. Deben sancionar a los que to - man el agua sin pagar suspendiendo la matrícula de funcionamiento del vehículo por ocho días y colocando una multa bien elevada para evitar que se repita el abuso.

El mantener en perfecto estado las válvulas de compuertas de la red de distribución hará que el consumo de agua por la descarga de tuberías en caso de reparaciones sea muchísimo menor que si se encuentran en mal estado ya que la aislada será muchísimo más grande en este caso y el agua a descargar mucho mayor.

En caso de no existir válvulas o no estar debidamente localizadas en tarjetas de esquinas, debe procederse a hacer dicha labor ya que es definitiva tanto en este caso como para atender el mantenimiento correctivo en la reparación de las fugas.

Es frecuente que exista las tarjetas, pero hechas desde mucho tiempo atrás y muchas válvulas hayan sido tapadas por andenes ó pavimentaciones posteriores, entonces, debe procederse a actualizar dicha información, localizar las válvulas en el plano de la red, cambiar las que se encuentren dañadas e intercalar válvulas cuando se considere necesario para una buena operación y mantenimiento del sistema.

#### 6. CONTROL DE FUGAS INEVITABLES

Las fugas inevitables como su nombre lo indica se escapan al programa que hablamos, pero sin embargo, debe existir un control para ellas y éste se debe realizar en la construcción y recibo de las tuberías haciendo el ensayo de presurización de la red nueva hasta la presión establecida en las normas de cada Empresa ( cercano a 150 p.s.i. ó 100 metros de columna de agua).

Cuando no es posible hacer el chequeo de presurización por no contar con los elementos necesarios, entonces, se debe chequear todas las uniones a la presión existente en el sitio antes de recibir la red y dejar por lo menos 24 horas sin tapar dichas uniones; en esta forma podemos mejorar algo las fugas inevitables .

En la Ciudad de Monterrey en México se inventaron un método para no tener interventores, ya que éstos daban muy mal resultado a la Empresa y no alcanzaban a atender todas las urbanizaciones nuevas que se estaban construyendo.

El sistema consiste en colocar un medidor grande a la entrada de la urbanización nueva e instalar los medidores en las residencias que se vayan construyendo; al Contratista se le cobrará la diferencia entre lo leído en los medidores pequeños adicionándole un 25%, ( achacable a fugas inevitables, errores en medición, y usos de hidrantes), a lo marcado por el medidor grande; si al cabo de dos años se le sigue facturando algo al Contratista se dejará el medidor hasta tanto la urbanización se encuentre con el 25% de agua no facturada y adicionalmente toda fuga que aparece en la urbanización mientras existe el contador grande debe ser reparada o el contratista debe pagar su reparación y también el consumo de agua que dicha fuga ocasione.

El sistema de Monterrey debería implantarse en todas las ciudades porque obliga a una responsabilidad mayor por parte del urbanizador durante dos años ó más, y descarga un poco la responsabilidad de la Empresa al menos mientras la tubería está nueva y habrá muchísimo menos errores de instalación. Además la interventoría podría desaparecer en estos casos, o reducirse al máximo, las ventajas de ello no son del caso explicarlas aquí, pero son muchas.

## 7. DETECCION DE FUGAS SUBTERRANEAS.

Siempre que se habla de Pérdidas de Acueducto ó de agua no facturada se remite a este tema de las fugas, pero como ya vimos atrás es apenas uno de los múltiples factores que intervienen en el agua no facturada.

El mejor sistema que existe para controlar las fugas de agua es mantener medida toda el agua que sale de las Plantas de Tratamiento hacia los tanques de almacenamiento o hacia la distribución misma y desde los tanques a la red de distribución. Cualquier cambio sustancial en el suministro va a mostrar una fuga o una apertura de una válvula divisoria de circuito que alimenta uno más bajo.

Al tener medido todo el sistema que llega a las tuberías principales de acueducto podemos en un momento dado conocer que una tubería se ha estallado y ésto es mucho más efectivo si existe un centro de despacho con telemandos conectado a un sistema completo de telemetría.

Una relación definitiva antes de iniciar cualquier investigación de fugas internas es " la relación de flujo mínimo nocturno" consistente en medir el flujo hora por hora durante 24 continuas y tomar el consumo mínimo dividiéndolo por el promedio horario en las mismas 24.

La cifra debe ser inferior al 35% según toda la literatura al respecto , a no ser que en la zona haya consumidores industriales, Clínicas, Hospitales, Guarniciones Militares o fugas internas dentro de los domicilios, que es necesario descontar.

Cuando el valor sobrepasa el 35% ya dicho es necesario determinar cual es el consumo nocturno de las industrias y otros consumidores durante la noche y restarle dichos consumos para volver a recalcular el mínimo flujo nocturno. Si todavía sigue superior al 35% es posible hacer un chequeo con equipos de sonido para detectar posibles fugas en la zona.

Para que este porcentaje sea confiable es necesario que la zona medida no sea superior a 70 kilómetros de longitud de red y que los distritos de investigación de fugas tengan 30 kilómetros en promedio de red de distribución; esto es posible aislando una zona gracias a válvulas de compuerta

bien mantenidas y en perfecto estado, dejando como alimentación principal una tubería de buen diámetro en donde se instalará el medidor maestro. Si la ciudad está dividida en circuitos como es el caso de Medellín, donde muchos de ellos cumplen el requisito y las demás pueden subdividirse cumpliendo los requisitos anteriores, entonces es fácil llevar a efecto la zonificación de la ciudad para la investigación de fugas.

Hacemos hincapié en que antes de iniciar cualquier recorrido o investigación de fugas necesitamos puntualizar las zonas que tienen una mayor cantidad de ellas que con dicho análisis se gana mucho tiempo y dinero. Como dijimos anteriormente, es necesario mantener debidamente calibrados los medidores grandes y para esto es necesario aforar cada tres meses dichos aparatos con otro que sirva de patrón (ultrasonico, de turbina ó pitómetro) para garantizar su veracidad; además se debe aprovechar la oportunidad para establecer la relación de flujo mínimo.

Por los inconvenientes anotados en el capítulo anterior para la localización de fugas subterráneas, es posible que en una primera investigación no se detecten todas las fugas y entonces es preferible, donde sea posible hacerlo, subdividir el circuito investigativo chequeando las dos ó más partes en las cuales se dividió el circuito para conocer su relación de flujo mínimo nocturno; la que dé mayor se procederá a investigarla con todo detenimiento descartando la otra zona y por consiguiente ahorrando tiempo y energías de los empleados encargados de los recorridos que como ya dijimos es preferible hacerlos en las peores horas de la noche (de 12 P.M. a 4 P.M.) aunque los equipos electrónicos como Aquafone y Son-y-Kit permite trabajar en zonas con poco tráfico en las horas diurnas ya que están provistos de unos filtros de sonidos que permiten esta labor.

La Empresa Hydrotronic de Estados Unidos realiza investigaciones de este tipo con patente de C.A. Talmon, consiste en un carro (Station Wagons) que contiene todos los equipos y los llevan a un tablero luminoso en donde se prende el bombillo que marca los determinados decibeles y tienen forma de traducir el ruido en caudal aproximado; pueden puntualizar el sitio de la fuga con un máximo de error de 25 centímetros claro que dicha precisión no es necesaria ya que el nicho para reparar la fuga es de 40x40 cms mínimo. Esta Empresa ha hecho investigaciones en Ciudad de México, Monterrey, Ciudad de Guatemala, Lima, Belice en América Latina y en muchas ciudades de los Estados Unidos y Europa.

Es posible, en las ciudades donde está dividida la red de distribución en circuitos plenamente identificados e independientes poder conocer por computador cuál es la cantidad de  $m^3$  facturados en cada uno de ellos, para ello es necesario colocarle un número al respectivo circuito y es conveniente, como lo hicimos en Medellín dejar el último de los tres espacios asignados a cada tanque de suministro para identificar los subcircuitos que se puedan dividir los de gran tamaño cuando llevemos a cabo la futura investigación de fugas que está programada dentro de un préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo (llamado Río Buey).

En muchas ciudades se acostumbra hacer un barrido total de la ciudad durante uno ó dos años con geofónos de tipo mecánico, este sistema es anticuado y como ya dijimos, causa mucho desgaste en el personal siendo su rendimiento menor al sistema consistente en aforar cada tres meses todas las entradas a los circuitos y subcircuitos adicionalmente procesar por computador la facturación de los mismos en que se haya dividido la ciudad para investigación de fugas.

Siempre habrá cifras de períodos anteriores contra que comparar y ver si ha empeorado o mejorado la zona; además el computador da las cantidades por circuito o zona de investigación es muy fácil establecer cuales son las zonas de mayor porcentaje de Pérdidas de Acueducto (agua no facturada) por fugas y otros motivos. Las fugas nos las dará la relación de flujo mínimo nocturno y de la inspección ocular de la zona se podrán determinar los otros factores, si se está bien experimentado en estas disciplinas.

Existen tres medidas para la inspección de fugas.

- 1) Escuchando en válvulas e hidrantes. Este método es utilizado con aparatos electrónicos, pero no es el más efectivo de acuerdo a investigaciones realizadas en el Reino Unido.
- 2) Chequeando o escuchando en todos los aparatos de acueducto que se encuentran en el camino del recorridor, tales como hidrantes, válvulas, medidores, llaves de acera o cualquier otro accesorio. Su efectividad es la óptima y puede realizarse con aparatos electrónicos o mecánicos.
- 3) Recorrer la red auscultándola o sea, escuchando por encima de ella. Este es el sistema más anticuado pero en muchos casos resulta ser más efectivo que el primero de los nombrados. Y es imprescindible cuando se trata de puntualizar el sitio exacto de una fuga.

Hasta donde se debe llevar la investigación de fugas ?.

Es lógico que debe ser menor su costo que el beneficio que representa la cantidad de agua recuperada en ella. Dicho valor debe incluir el costo social que representa a los usuarios el verse privados durante algunas horas del día de este precioso líquido ó el costo de atender una mayor cantidad de habitantes de una Comarca por el agua dejada de verter por fugas, visibles o no. Aparte de los demás costos financieros, administrativos y de operación que deben tenerse en cuenta para determinar en que punto debemos parar la investigación.

Es importantísimo coordinar con el área encargada de la reparación de las fugas detectadas para que sean reparadas casi inmediatamente después de detectadas, porque más rápidamente se empieza a recibir los frutos de la investigación, o sea, el ahorro de agua.

Es muy diciente llevar un informe acumulado del agua recuperada por fugas y para esto es necesario aforar o estimar el agua recuperada. Es fácil multiplicar esta cifra por el valor del  $m^3$  promedio vendido y aunque no es el costo real del agua se da un índice y puede mostrar a la Administración resultados económicos válidos y verdaderos que garantizarán el apoyo de ella en futuras investigaciones y la efectividad del sistema. Si por casualidad esta cifra no llega a ser lo suficientemente convincente es porque la ciudad se encuentra bastante libre de fugas detectables y no hay porque preocuparse por dicho factor.

Las causas de las fugas han sido suficientemente ilustradas en el capítulo anterior pero quiero hacer énfasis en la calidad de las tuberías tanto de red principal como de domiciliarias para proceder a cambiar básicamente aquellos tipos en que cada ciudad se considere de baja calidad o de muy difícil colocación motivo por el cual abundan las fugas.

## 8. CONTROL DE PRESION

El mejor control que existe para la presión es el basado en obras hidráulicas, tales como, tanques de almacenamiento que permitan una división de circúito para alimentar una zona que puede ser investigada como dijimos atrás, para conocer su relación de flujo mínimo nocturno y la facturación que se hace por medio del computador. La separación del circúito a circúito debe chequearse periódicamente para evitar excesos de presiones en el circúito inferior y mal servicio en las zonas altas del circúito superior.

Existen válvulas reguladoras de presión que permiten rebajar la presión pero su funcionamiento es mecánico, crea problemas cuando hay suspensión del servicio y se pueden descalibrar muy facilmente.

En el caso de Medellín de los 34 sitios de válvulas reguladoras hay 21 que tienen problemas, o sea, que están malas, abiertas o no funcionan. Sinembargo en la Ciudad de Los Angeles California tienen una red de éstas que permite una presión máxima de 60 p.s.i. con un excelente mantenimiento que prueba que si es posible que en alguna parte operen correctamente; pero a nosotros los Latinos nos falta esa disciplina y administración que caracteriza todas las obras de nuestros amigos del Norte, para garantizar un buen desempeño de las válvulas reguladoras de presión en nuestro medio.

Por tanto, y apoyándome en la opinión del Eminente Maestro en Hidráulica, José Avila, Mejicano, cuando nos visitó hace dos años, decía:

"Las válvulas reguladoras ó cualquier otro mecanismo fué inventado por los gringos para su uso y nosotros tenemos que contentarnos con tanques de quiebre de presión que no fallan ya que las otras no nos funcionan".

Quedan en el tintero muchas otras ideas sobre el tema pero que le restarían unidad y efectividad, motivos primordiales de este trabajo que tal vez más adelante se escriban con igual proposito al que pretendí con éste.

## CAPITULO IV DEFINICIONES

En los capítulos anteriores aparecieron algunos términos que paso a definir y que pueden ser diferentes de región a región ó que no son utilizados en otras partes.

ABASTO VER, AGUA SUMINISTRADA O SUMINISTRO.

### ACOMETIDA

Es la totalidad de accesorios necesarios para abastecerse de agua desde una red de distribución a una determinada instalación. Llave de incorporación, tubería, ojalá de cobre, llave de corte, medidor, llave de paso, racores , etc.

### ACOMETIDA COMERCIAL

La que atiende a una Empresa dedicada al comercio, o sea, venta de artículos.

### ACOMETIDA INDUSTRIAL

La que atiende Empresas Industriales, o sea, manufactureras.

### ACOMETIDA OFICIAL

Es aquella que sirve a las Entidades de Servicio Público, tanto Distritales como Regionales y Nacionales.

### ACOMETIDA PREFERENCIAL

Es aquello que por razón de su importancia está bajo ésta denominación.

### ACOMETIDA RESIDENCIAL

Es aquella que surte a una vivienda ó conjunto de viviendas.

### ADUCCION

Tubería que une las fuentes con las Plantas de Tratamiento, sinónimo en parte de conducción.

### AGUA DEJADA DE FACTURAR (PERDIDAS)

Es la cantidad de agua que queda después de restarle al total suministrado, la cantidad facturada por la Empresa.



### AGUA FACTURADA

Es la cantidad de metros cúbicos que se le cobran a los usuarios, de dicho servicio, en un período de tiempo. Pueden ser: Registrada ó Estimada.

### AGUA SUMINISTRADA (ABASTO)

Es la cantidad de agua que sale de las Plantas de Tratamiento, de las Estaciones de Bombeo ó de las Bocatomas cuando no existen aquellas, hacia la red de distribución y luego a las instalaciones.

### AREA(ZONA)

Es la zona motivo de investigación. En este caso es la zona donde se va a estudiar sobre pérdidas de agua (agua no facturada). Generalmente entre 7 y 70 km de red, siendo un valor óptimo 30 km de longitud de red principal.

### CIRCUITO: VER DISTRITO

### CONDUCCION:

Toda aquella tubería que transporta el agua desde una Fuente hasta una Planta de Tratamiento o desde una Planta de Tratamiento a un Tanque de Almacenamiento y no debe tener conexiones domiciliarias en su trayecto.

### CONSUMO:

Es la cantidad de agua que es aprovechada por la ciudadanía aunque no necesariamente sea facturada.

### CONSUMIDOR:

Es la persona que obtiene agua de una Empresa de Acueducto. En Colombia hay 6.6 consumidores promedio por instalación domiciliar.

### CONSUMO MEDIDO:

Cantidad de agua registrada por los medidores de todas las instalaciones incluye además, las fugas y los desperdicios de agua ocasionados dentro de las instalaciones.

### DEMANDA:

Es el volumen de agua que necesita ser puesta en la red de distribución para satisfacer las necesidades del consumidor incluye, las fugas y toda aquella agua que se pierde durante todo el proceso.

DETECCION DE FUGAS:

Es el proceso de detectar y localizar las fugas ó escapes en una forma deliberada, con los aparatos apropiados.

DISTRITO (CIRCUITO):

Es el área correspondiente a un sistema de suministro y distribución que puede ser perfectamente definido por el cierre de válvulas o tapones y que permite medir la cantidad de agua que entra a la zona, para adelantar investigaciones de pérdidas.

EMPRESA:

Entidad encargada de suministrar agua.

EXACTITUD DE MEDIDORES:

Es el caudal necesario que permite medir en un rango determinado de error, que generalmente es del  $\pm 2\%$  en los mecánicos y de  $\pm 0.5\%$  en los electrónicos a base de ultrasonido.

GEOFONO:

Aparato para escuchar los ruidos de la tierra, en especial las fugas subterráneas. Es una especie de estetoscopio.

HIDRANTE:

Accesorio intercalado en la red con el propósito de combatir incendios o suministrar agua en abundancia para obras civiles o para descargar la red de distribución, cuando es necesario hacer alguna reparación de ella.

INSPECCION:

La investigación física para localizar fugas por los métodos de audición ó medición siguiendo unos pasos determinados.

INSTALACION:

Es toda propiedad que recibe suministro de agua de una Empresa de servicio público, puede ser, domiciliar, comercial, industrial, oficial, preferencial.

LOCALIZADOR DE FUGAS:

Hay mucha variedad de aparatos que sirven para éste propósito que van desde el anticuado geófono estetoscópio, hasta sofisticados de tipo electrónico y de alta precisión.

LOCALIZADOR DE TUBERIAS:

Es un aparato que detecta el sitio por donde va la tubería que se encuentra debajo de la tierra. Existen ya aparatos que registran tuberías no metálicas como son de asbesto-cemento o plásticas.

LOCALIZADOR DE VALVULAS:

Es un aparato menos complicado que el anterior y su propósito es el de puntualizar el sitio de una válvula y de su caja cuando ha sido tapada por una pavimentación o repavimentación o por cualquier otro motivo.

MEDIDOR DE CAUDAL:

Es un equipo compuesto generalmente de dos partes: Un ELEMENTO PRIMARIO, (vénturi, tobera, placa orificio, annubar) ó sea, el aparato que mide el flujo en unidades de presión que después el ELEMENTO SECUNDARIO, las interpreta y las convierte en unidades de caudal.

MEDIDOR COMBINADO:

Es un conjunto de dos medidores diseñado en tal forma que cuando hay poco consumo, funciona el pequeño y cuando el consumo es grande, acciona una válvula que impide el flujo del agua a través del anterior y empieza a trabajar el medidor grande. Se usa preferencialmente en la Industria.

MEDIDOR DE DISTRITO:

Es un aparato que mide la cantidad de agua que entra o sale de un distrito dedicado a investigación sobre pérdidas de acueducto.

MEDIDOR DE PERDIDAS:

Es un aparato capaz de medir y registrar el rango de las ratas de flujo que entran a un distrito, antes mencionado. Es el especial para dar la rata mínima de flujo nocturno.

MEDIDOR RESIDENCIAL:

Instalado en una acometida domiciliar tiene por oficio medir el agua, que pase a la instalación respectiva; es simple; puede ser volumétrico o de velocidad.

MEDIDOR WOLTMAN:

Es un medidor de velocidad con un diseño de hélice muy especial que sirve para altos consumos. Viene en diámetros entre 2" y 64".

PERDIDAS DE ACUEDUCTO:

Ver agua dejada de facturar.

PROPIETARIO:

Es la persona dueña de una instalación que debe responder a la Empresa tanto económica como judicialmente.

RATA DE FLUJO MAXIMA DIARIA:

Es el consumo registrado durante la hora de máximo consumo del día, dividido por la rata de flujo promedio diaria.

RATA DE FLUJO MINIMA NOCTURNA:

Es el flujo mínimo de suministro de agua en una área determinada durante una hora del día (24 horas), dividido por la rata de flujo promedio diaria, generalmente ocurre entre las 12 p.m. y 4 a.m.

RATA DE FLUJO PROMEDIO DIARIA:

Se obtiene dividiendo el consumo registrado en el día, por 24 que son las horas del éste.

RED DE DISTRIBUCION:

Es la tubería de gran tamaño entre 2" y 20", normalmente que la Empresa de Servicio de Agua ha colocado con el propósito general de suministro de agua a los consumidores individuales, incluye: Tuberías, Válvulas, Hidrantes y demás accesorios para una óptima operación del sistema.

SECCION:

Es la subdivisión de un distrito de pérdidas.

### SENSIBILIDAD DE MEDIDORES:

Es el momento en el cual el medidor arranca a marcar en forma imprecisa, ó sea, que el caudal que pasa es capaz de vencer la inercia.

### SON Y KIT O AQUAFONO:

Aparatos electrónicos de alta sensibilidad que reemplazan actualmente el antiguo geófono, para localizar fugas directamente sobre la superficie por donde va la tubería o indirectamente localizándolo en los accesorios tales como: válvulas, hidrantes, medidores y según la intensidad del sonido puede puntualizar el sitio de la fuga.

### SUMINISTRO (ABASTO):

Es el agua que satisface la demanda.

### TANQUE DE ALMACENAMIENTO:

Es la estructura hidráulica capaz de contener el agua que va a alimentar un 30% ó 20% en algunos casos, del suministro promedio diario de un Distrito. También puede calcularse su volumen multiplicando por tres la demanda máxima horaria. Puede servir también como dissipador de presión. (Para el quiebre de presión). Debe tener un medidor para saber su demanda y se le debe calibrar cada tres meses con algún aparato patrón para tal efecto.

### TUBERIA:

Cilindro hueco por ambos extremos de los más diversos materiales como: acero, hierro fundido, hierro dúctil, asbesto-cemento, PVC, fibra de vidrio, barro vitrificado, concreto, concreto reforzado, lámina de acero revestida interior y exteriormente por concreto reforzado (American Pipe) y algunos otros materiales; que tienen como finalidad unirse entre sí, para proporcionar un conducto cerrado para el transporte de fluidos.

### UNION:

Es la encargada de permitir el sellado hermético entre dos tubos, puede ser: Mecánica o de otros tipos. Cuando la tubería es de buena calidad y la red está recién instalada, la única causa de fugas o escapes es a través de ellas.

### VALVULA:

Accesorio instalado en una tubería con el propósito de reducir o suspender el paso de un fluido. Puede ser de muchos tipos por ejemplo, de compuerta, mariposa, esférica, reguladora de flujo, reguladora de presión de chorro múltiple, de globo etc. Se usa para aislar un tramo que va a ser investigado o reparado.