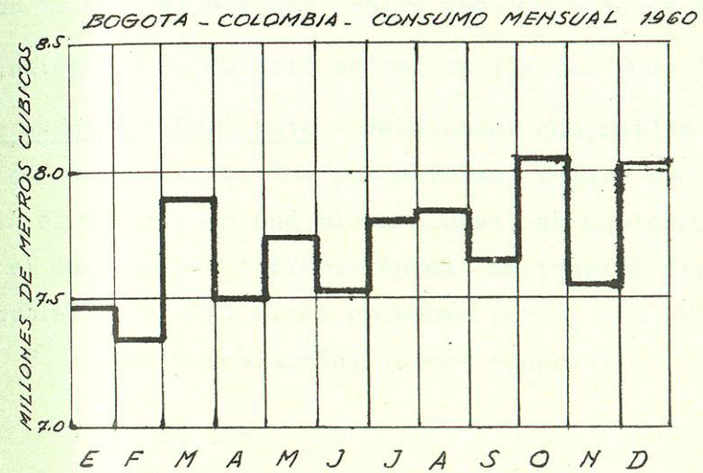
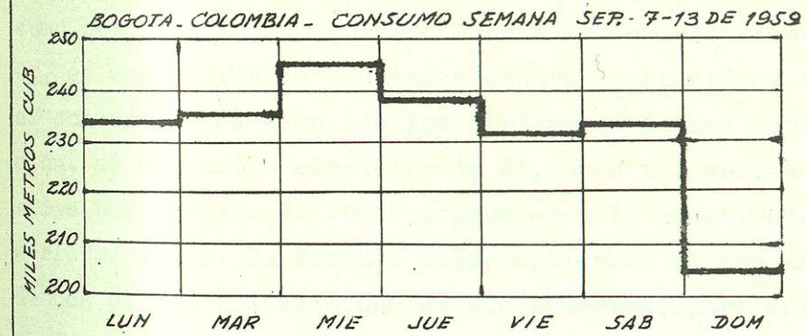




	Miles m.c.
LUNES	279
MARTES	291
MIERCOLES	290
JUEVES	284
VIERNES	282
SABADO	278
DOMINGO	245

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

El índice 100 se sucedió entre las 7 y las 9 de la noche.

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

$$C_M = q.P$$

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

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

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

d) El consumo público

e) Los desperdicios

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

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

1) Los desperdicios domiciliares

2) Las fugas en la red.

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

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

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

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

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

El coeficiente de rugosidad puede entenderse de dos maneras:

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

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

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

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

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

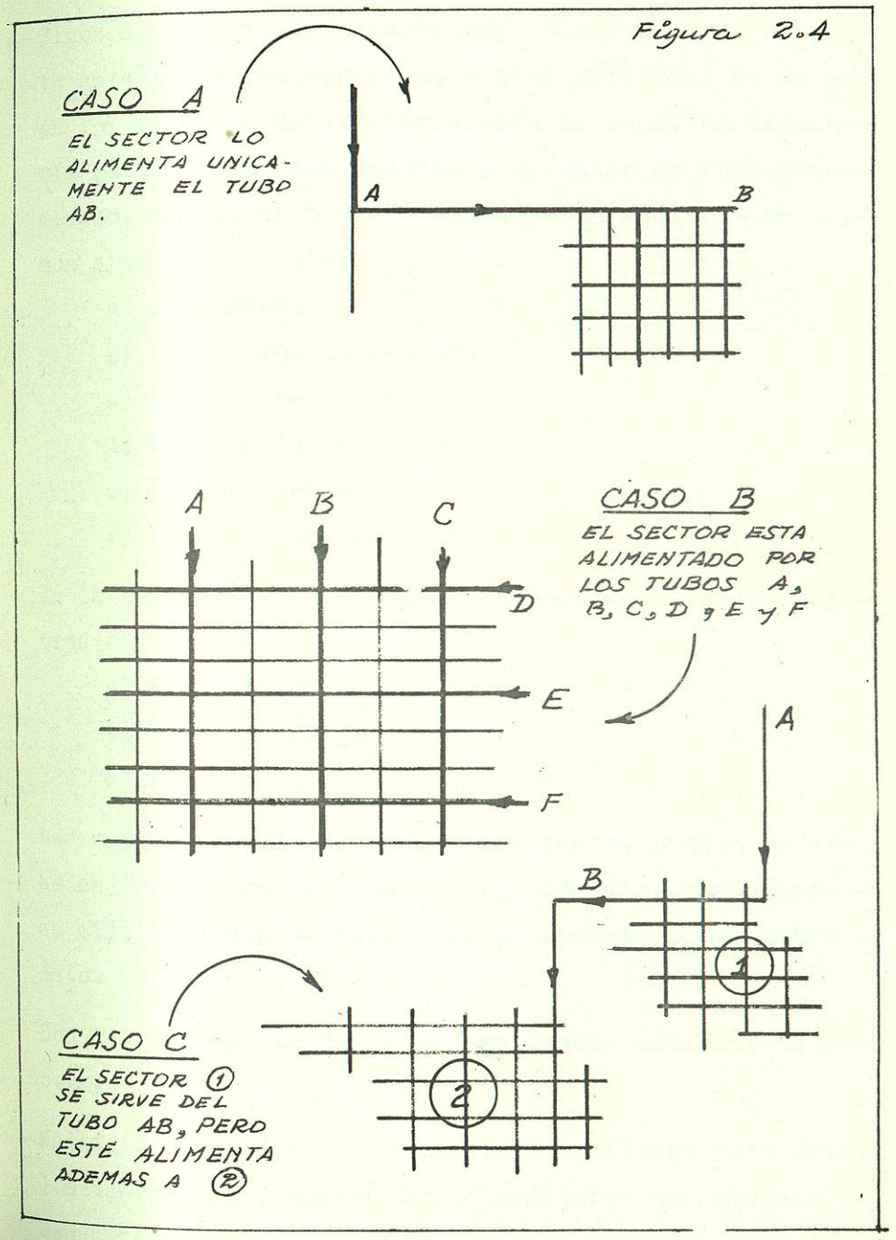
b) Al sector lo alimentan varias tuberías simultáneamente.

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

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

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

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



3.- APARATOS DE MEDIDA.

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

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

En la práctica estas medidas se reducen a determinar tres cosas :

a) Flujo total
b) Gasto de flujo
c) Presión

Las medidas de flujo total y del gasto, pueden hacerse en forma directa o indirecta. Son directas cuando se mide cada una de ellas con un aparato propio para ésto.

Son indirectas cuando la una se deduce midiendo la otra.

3.2.- Medida directa del flujo total. Se utilizan para ésto, los denominados, contadores o medidores de agua que dan directamente el volúmen pasado, haciendo la dife--

rencia entre las lecturas V_1 inicial y V_2 final del registrador del aparato.

Este tipo se emplea para medir los consumos domiciliares.

En el caso de las redes, es posible utilizarlo y existen comercialmente los aparatos para ello. Pueden emplearse en forma fija (fig. 3.5), intercalándolos en las líneas de tuberías, pero ésto restringe mucho las investigaciones y las concentra en puntos determinados. En forma móvil se usan haciendo instalaciones similares a la indicada en la figura 3.6, aún cuando son más elásticos que los flujos, sus instalaciones son complicadas y costosas. Sin embargo, constituyen un sistema de aforos en las redes.

3.3.- Medida de los gastos de flujo. Se pueden emplear principalmente tres procedimientos,

a) El de tipo de Venturis, discos con orificios, los cuales dan el gasto en proporción a la raíz cuadrada de la pérdida de carga.

b) Los que miden la velocidad y permiten por lo tanto deducir el gasto, tales como el medidor rotatorio y los basados en el tubo Pitot, denominados "Pitómetros" comercialmente.

El medidor rotatorio presenta dificultades similares a los Venturis etc., que son los mismos anotados para los de flujo total.

En cambio hasta ahora, el pitómetro, es el aparato que ha dado resultados mejores, en cuanto a flexibilidad y facilidad en los aforos. El mide la velocidad y permite así calcular el gasto de flujo.

3.4.- Medida del flujo total, por medio de gastos de flujo. Se basa en medir el gasto de flujo Q y el tiempo t y luego multiplicar $Q_t = Q \times t$

Para gastos de flujo variables, se calcula el flujo total para intervalos constantes y luego se suman los resultados.

4.- TEORIA DEL PITOMETRO.

4.1.- Definición. El pitómetro es una aplicación del llamado tubo de Pitot, inventado por el ingeniero francés Henry de Pitot en 1732, a la determinación de la velocidad de flujo en un conducto forzado.

4.2.- Principios fundamentales. Cuando en un líquido se introduce, un tubo doblado, tal como lo indica la figura 4.1,

a) Si el líquido está en reposo, penetrará en el tubo hasta alcanzar una altura H, igual al nivel de la superficie libre.

b) Si está en movimiento y lo hace en dirección contraria al doblez del tubo, la velocidad V, al llegar al punto B, se anulará, es decir, producirá un impacto que transformará la energía de movimiento estática, ocasionando el ascenso del líquido hasta una altura h que será función de la velocidad V.

4.3.- Relación de la velocidad y la altura. Tomando el caso del agua, como peso específico 1, la relación entre los valores V y h pueden calcularse de la siguiente manera :

Considerando dos puntos, uno B, fuera del tubo y otro A, dentro de él, deberá tenerse:

$$P_B + V^2 / 2g = P_A \qquad (1)$$

siendo P_A y P_B, las presiones en los puntos A. y B. Estos valores, pueden por otra parte, calcularse así:

$$P_B = H + P_{at}$$

$$P_A = H + h + P_{at}$$

por consiguiente, la fórmula (1) quedará :

$$H + P_{at} + V^2/2g = h + H = P_{at}$$

es decir

$$V^2/2g = h \quad \text{por lo tanto} \quad V = \sqrt{2gh}$$

En la práctica el valor V debe tomarse igual a :

$$V = C\sqrt{2gh}$$

en que C es un coeficiente que depende del diseño del tubo.

4.4.- Tubo de Pitot, en conductos forzados. Cuando se trata de una tubería a presión, como en la figura 4.2, entonces, para los puntos A y B deberá tenerse:

$$H + V^2/2g = h, \text{ por lo tanto } H - h = V^2/2g$$

o sea, $d = V^2/2g$, por lo tanto $V = \sqrt{2gd}$

es decir, que la velocidad en el conducto es función de la flecha que se produce entre los dos tubos.

en la práctica, $V = C\sqrt{2gd}$

siendo C un coeficiente que depende del diseño del tubo.

4.5.- Formas prácticas. El empleo del tubo Pitot para medir las velocidades en los conductos forzados, requiere siempre dos tubos destinados, el uno a medir solamen-

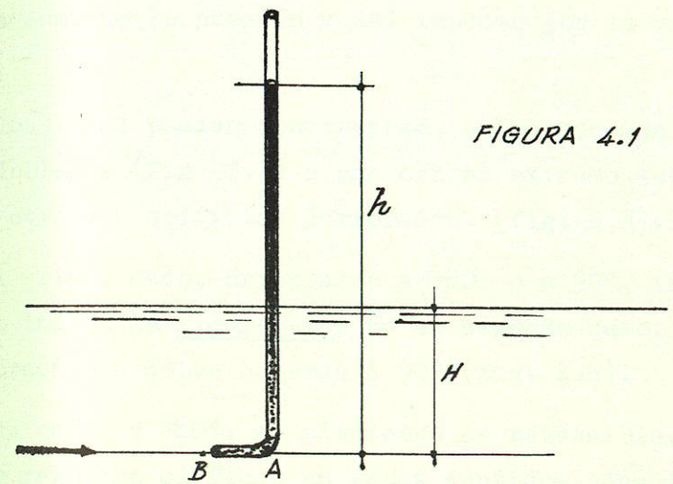


FIGURA 4.1

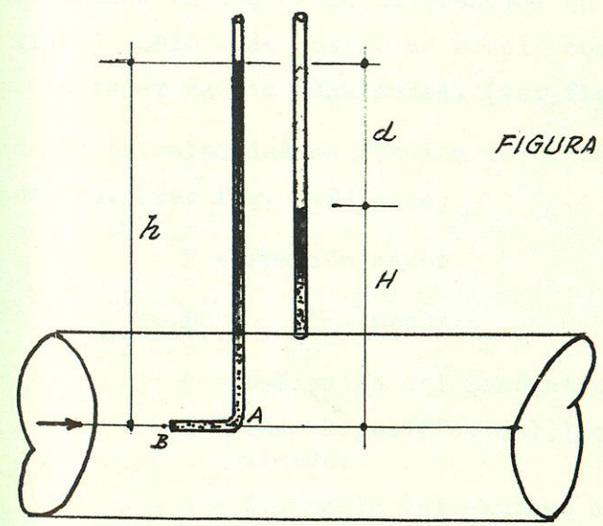


FIGURA 4.2

te la presión H y el otro, a conocer el valor h, que es la suma de la presión y del impacto por la velocidad.

Los dos tubos pueden construirse, ambos son sus extremos doblados (fig. 4.3) o uno con el extremo doblado y el otro con orificios perforados. (fig. 4.4).

En el primer caso, orientarse a 180° o a 90°, tal como lo indica la figura 4.5. En el segundo caso, las perforaciones deben hacerse a 90° (fig. 4.6).

Cuando están a 180°, el pitómetro es reversible, es decir registra el flujo en ambos sentidos, cuando están a 90° no es reversible (fig. 4.7).

Para facilitar la medida de la flecha entre los dos tubos, se emplea un manómetro diferencial en U, lleno con un líquido coloreado que no se mezcla con el agua y que pueda tener varias densidades. (ver fig. 4.8).

4.6.- Expresión de la velocidad en función de la deflexión del manómetro. (ver fig. 4.9) sean:

P = Presión mayor

P_1 = " menor

D = Deflexión del manómetro en pies

x = Peso específico del líquido indicador.

z = Distancia del extremo del manómetro a la columna mayor.

El equilibrio en el tubo en U, se consigue para :

$$P + (z + D) = P_1 + z + Dx$$

$$P - P_1 = h = Dx - D$$

$$h = D (x - 1)$$

por consiguiente, la expresión $V = C\sqrt{2gh}$, quedará :

$$V_{pies/seg} = C \sqrt{2gD \ (x - 1)}$$

si d es la deflexión media en pulgadas, $d = D/12$

$$V_{pies/seg} = C \sqrt{1/6 \ g \ d \ (x-1)}$$

que también puede escribirse,

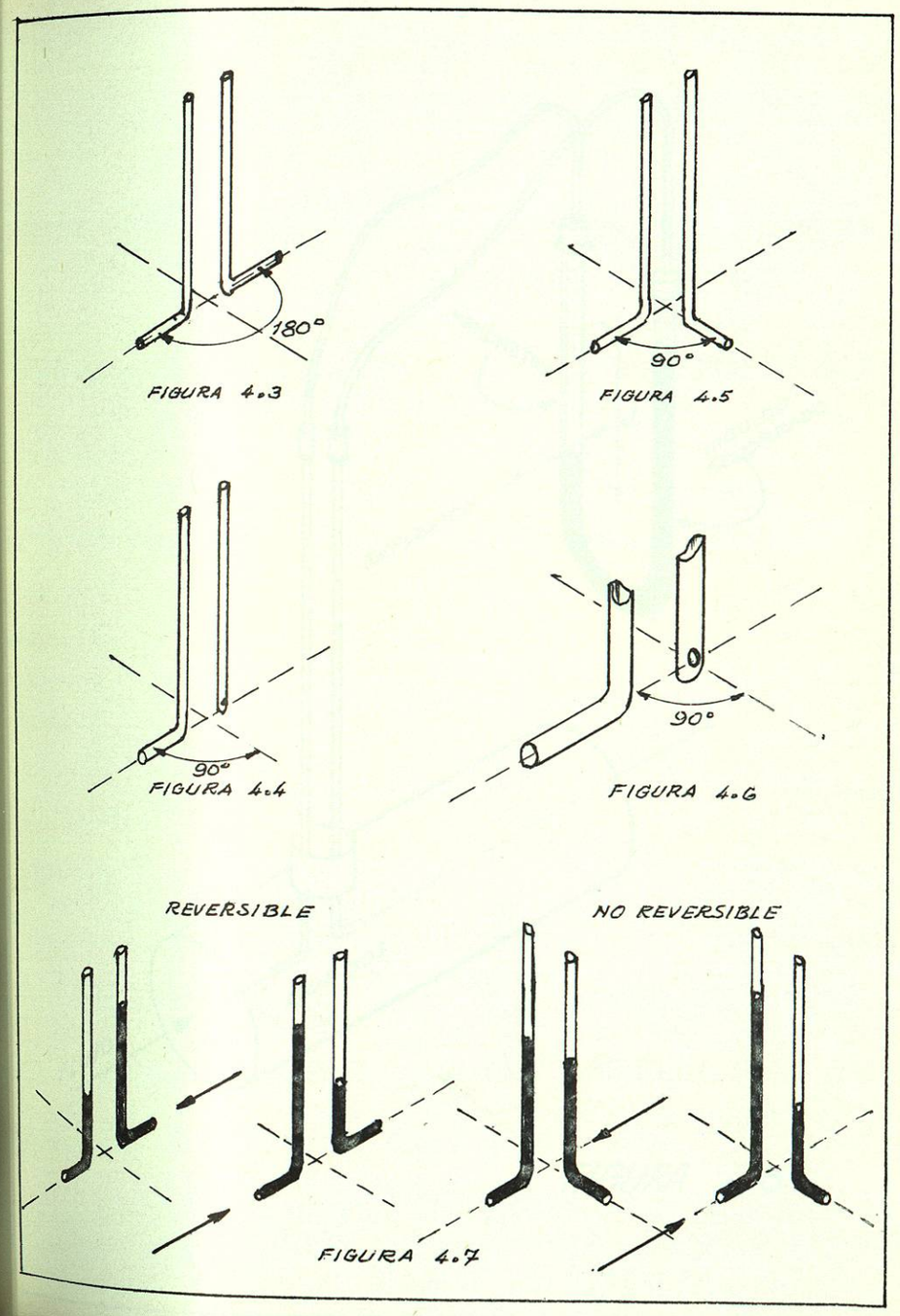
$$V = C \sqrt{1/6 \ g \ (x - 1)} \ \sqrt{d}$$

4.7.- Tabla que da las velocidades para cada deflexión según la densidad del líquido manométrico. Los valores de V, en función de d y x, tomados de la fórmula anterior, se tabulan, en la práctica, para cada densidad. Estas tablas acompañan a los aparatos.

Los valores que no se encuentren, es decir que correspondan a pesos específicos diferentes, pueden intercalarse, de la siguiente manera:

Escribiendo asi la fórmula :

$$V_{pies/seg} = R \sqrt{x - 1}$$

en que $R = C \sqrt{1/6 \ g \ d}$, se tendrá :

a) $V = R \sqrt{x - 1}$ para la densidad dada en la tabla.