

## IV.- DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE

### 4.1 SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE

Los sistemas de distribución de agua potable, tienen por objeto llevar el líquido a los usuarios, en la cantidad requerida y a presiones adecuadas.

Para determinar el número de usuarios, es necesario conocer la forma en que crecen las poblaciones, pues el sistema debe tener capacidad para abastecerlas al final del período de diseño.

La cantidad de agua requerida, se estima en función de las dotaciones y de la protección contra incendio; y la presión adecuada, es característica de los distintos sectores en que se divide la población.

### 4.2 DOTACION.

Como se mencionó en los párrafos relativos a las demandas de agua potable, (véase inciso II.4 DEMANDAS DE AGUA), la dotación, que es el valor correlativo, depende de varios factores. Pero como la dotación se refiere a la cantidad de agua que se proveerá a los habitantes de la localidad, y la demanda depende del uso que los mismos habitantes hagan del agua con que se les provee, deben considerarse también, además de los mencionados en los párrafos relativos, los siguientes:

- a) Si la localidad es rural o urbana.
- b) La existencia o no de abastecimiento (al que se proyectan ampliaciones).
- c) Las pérdidas por fugas y desperdicios.
- d) Registro de los consumos.

Por todos los motivos mencionados, los datos existentes respecto a los consumos, muestran una gran discrepancia, aún para ciudades con características semejantes, obteniéndose valores que llegan desde menos de 50 a más de 400 litros por habitante por

día.

Desde luego, debe establecerse una diferencia importante, en cuanto a los consumos para las zonas rurales y a las zonas urbanas, para las cuales se pueden tomar los siguientes valores base: (1)

- 1.- Zona rural.- Distribución con bombeo a mano,  
o por hidrantes públicos: 25 lts/hab/día.
- 2.- Zona rural.- Toma domiciliaria: 100 lts/hab/día.
- 3.- Zona urbana.- Toma domiciliaria: 200 a 250 lts/hab/día.

Estos valores pueden considerarse adecuados, cuando se proyecta una instalación en una localidad en la cual no existe un sistema de abastecimiento. Las cantidades de agua indicadas incluyen pérdidas por fugas y desperdicios (siempre que estén dentro de límites razonables).

Es condición indispensable también que se instalen los medidores correspondientes en las tomas domiciliarias.

Las grandes ciudades, y en esta clasificación, dadas las características sociales y económicas de nuestro medio, se encuentran aquellas cuya población es superior a los 50,000 habitantes, requieren estudios especiales para determinar en forma correcta la dotación, tomando en cuenta que en su totalidad disfrutan de servicios de agua potable, aún cuando muchas veces sumamente deficiente, y que además tienen necesidades específicas en cuanto a las actividades comerciales e industriales, en muchas de las cuales estas últimas son determinantes de las características del abastecimiento que se planea.

El procedimiento de cálculo es el siguiente:

a) PARA LAS ZONAS INDUSTRIALES: Puesto que las distintas industrias tienen completamente definidas sus necesidades de agua,

(1) Cartilla de Saneamiento.- Agua.- S.S. y Asistencia

éstas se pueden fijar con cierta precisión, tomando en cuenta las aplicaciones que en la generalidad de las veces, son previstas por los propios industriales. En algunos casos, debido a los altos consumos y a que las características del agua no son muy importantes, se pueden establecer sistemas de abastecimiento para estos fines, independientes del sistema general de la población. En cuanto a las necesidades del personal que trabaja en las propias industrias, se cubren calculando una dotación de 25 a 50 lts/persona/día. El agua para riego de jardines y para la limpieza de los edificios, puede satisfacerse con una dotación equivalente a un gasto de 0.15 a 0.25 lts/seg/hectárea, tomando la superficie total de la zona industrial.

b) PARA LAS ZONAS COMERCIALES: Los sectores comerciales, integrados por edificios destinados a salones de venta, oficinas, hoteles, apartamentos, etc., tienen consumos que en general se calculan en función de las áreas cubiertas por el sector. Algunos valores estimados son los siguientes: (1)

Hoteles:	de 2.80 a 5.20 lts/seg/ha.
Edificios de apartamentos:	0.95 a 1.90 lts/seg/ha.
Edificios de oficinas:	0.50 a 2.40 lts/seg/ha.
Edificios de departamentos:	0.50 a 1.90 lts/seg/ha.

En las grandes ciudades, el consumo comercial e industrial, representa en general desde un 15% a un 65% del consumo total.

c) PARA SERVICIOS PUBLICOS: La demanda para estos servicios, incluyendo aseo de calles, operación de fuentes públicas y riego de jardines, representa en general un 25% de la demanda total anual. Sin embargo, las demandas máximas corresponden a los meses de verano, y durante el mes de máximo consumo, la demanda puede llegar a 1.40 lts/seg/ha. (2)

d) PARA ZONAS RESIDENCIALES: Para determinar las necesida-

(1) "Davis Calvin Victor, Handbook of Applied Hydraulics"

(2) Davis Calvin Victor, "Handbook of Applied Hydraulics".

des en las zonas residenciales, se deben considerar dos factores fundamentales:

1.- Nivel económico de la población en el sector o colonia, y tamaño de lotes.

2.- Clima del lugar.

El primer factor es importante, puesto que las necesidades de las familias están condicionadas a la capacidad económica de las mismas. En consecuencia, los consumos en los sectores humildes serán evidentemente menores que en los sectores de nivel económico elevado. Respecto al tamaño de los lotes o propiedades, debe considerarse su influencia en los consumos, principalmente por la existencia de patios cuya limpieza se hace con agua, y por el tamaño de los jardines que cubren superficies importantes en los sectores de nivel económico fuerte. Conviene recordar aquí, que la dotación debe cubrir las necesidades de la población en cuanto a los servicios domésticos, de aseo personal, limpieza de edificios y patios, riego de jardines y pérdidas. En cuanto al factor clima, su influencia se refleja en los grandes consumos registrados en poblaciones con clima cálido y seco, contra los muy moderados en poblaciones de clima húmedo y templado.

Tomando en cuenta estos datos, pueden establecerse las siguientes tablas como base de cálculo:

TABLA No. 6  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
DOTACIONES EN SECTORES RESIDENCIALES

Categoría de consumo	Densidad de población. Hab/Hect.	Superficie de lotes. Mts. <sup>2</sup>	Dotación lts/hab/día.
1	60 a 150	1,000 a 2,000	600 a 2,000
2	150 a 250	200 a 600	300 a 600
3	250 a 400	100 a 250	150 a 350

TABLA No. 7  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
DOTACIONES PARA POBLACIONES SEGUN CLIMA

ZONA	CLIMA	Dotación lts/hab/dña.
RURAL	Templado o frño, húmedo	100 a 200
	Templado o frño, seco	150 a 250
	Cálido, húmedo	150 a 250
	Cálido, seco	200 a 300
URBANA	Templado o frño, húmedo	150 a 250
	Templado o frño, seco	250 a 350
	Cálido, húmedo	250 a 400
	Cálido, seco	300 a 600

Para realizar un análisis cuidadoso de las dotaciones, pueden revisarse los consumos según el siguiente ejemplo: (1)

TABLA No. 8  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ANÁLISIS DE CONSUMOS

Tipo de consumo.	Distribución en lts/persona/dña		Porcentaje de consumo
Consumo privado:	75		36.5
Servicio industrial:	50		24.5
Servicios públicos:			
Limpieza	10	5	
Riego	2	1	
Alcantarillado	10	5	
Fuentes públicas	17	8	
Fuentes monumentales	6	3	22.0
SUMAN LOS CONSUMOS:	170		83.0
Pérdidas: 20%	34		17.0
TOTAL:	204		100.0

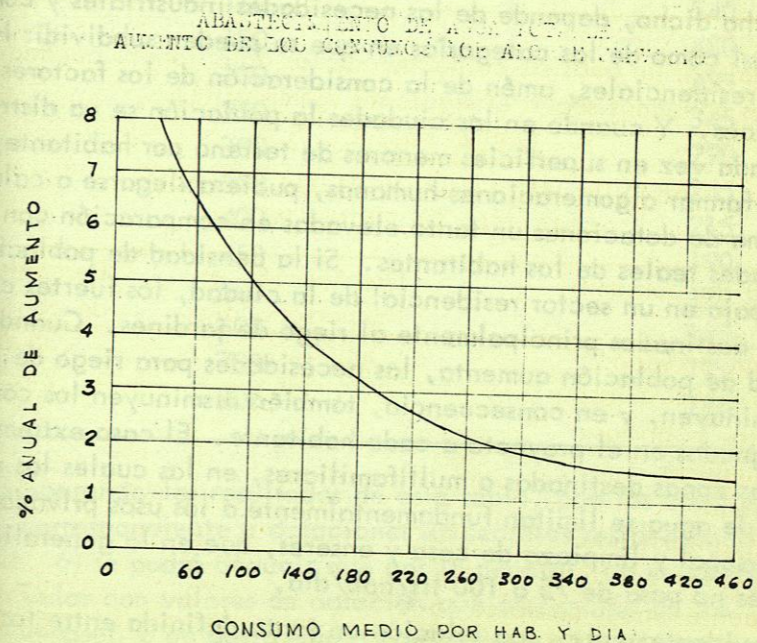
(1) Lázaro Urra-Fesser, Hidrología Urbanística)

Cuando en una población se establecen los servicios de abastecimiento de agua potable y eliminación de aguas negras, los consumos, que al principio son muy limitados, van aumentando paulatinamente, debido principalmente a los siguientes factores:

- Aumento de población.
- Aumento de las necesidades por familia. (toma domiciliaria)

El aumento de las necesidades por familia, depende del aumento de las instalaciones sanitarias en las casas habitación, las que consistiendo muchas veces en una sola toma de agua intradomiciliaria, van incrementándose paulatinamente con la instalación de baños, servicio en la cocina, (fregadero, instalaciones de lavandería), sistemas de riego de jardines, etc.

De acuerdo con un estudio realizado por Lhereux (1), el aumento de consumo por año de servicio puede acercarse a lo indicado en la siguiente gráfica:



Gráfica No. 3

(1) Lázaro Urra-Fesser, "Hidrología Urbanística".

Si se considera como constante el aumento de consumo, durante períodos de cinco años, el aumento para treinta años, en una población cuya dotación (y consumo) inicial fuera de 220 lts/hab/día, sería el siguiente:

A los 5 años:	220	(1 + 0.026 x 5)	: 250 lts/hab/día.
" " 10 "	250	(1 + 0.023 x 5)	: 278 " " "
" " 15 "	278	(1 + 0.021 x 5)	: 307 " " "
" " 20 "	307	(1 + 0.020 x 5)	: 338 " " "
" " 25 "	338	(1 + 0.018 x 5)	: 372 " " "
" " 30 "	372	(1 + 0.017 x 5)	: 404 " " "

Conviene insistir en el hecho de que en el medio rural, y en pequeñas poblaciones no totalmente urbanizadas, las necesidades de agua se restringen generalmente para consumo como potable, y para uso doméstico, por lo cual el factor determinante de diseño es la dotación por habitante. Esto no siempre rige en el medio urbano, pues según se ha dicho, depende de las necesidades industriales y comerciales, así como de las categorías en que se pueden subdividir los sectores residenciales, amén de la consideración de los factores climatológicos. Y cuando en las ciudades la población se va distribuyendo cada vez en superficies menores de terreno por habitante, llegando a formar aglomeraciones humanas, pudiera llegarse a calcular un sistema de dotaciones un tanto elevadas en comparación con las necesidades reales de los habitantes. Si la densidad de población es muy baja en un sector residencial de la ciudad, los fuertes consumos van destinados principalmente al riego de jardines. Cuando la densidad de población aumenta, las necesidades para riego de jardines disminuyen, y en consecuencia, también disminuyen los consumos asignados en el proyecto a cada habitante. El caso extremo llega en las zonas destinadas a multifamiliares, en las cuales las necesidades de agua se limitan fundamentalmente a los usos privados de aseo personal y limpieza de casa y enseres, que en la generalidad de las veces no pasa de 75 a 100 lts/hab/día.

Existe evidentemente, una relación un tanto definida entre los requerimientos de agua para uso de los habitantes y la superficie de terreno que corresponde a cada uno de ellos.

En consecuencia, si consideramos las necesidades de agua para una localidad poblada totalmente de acuerdo con el proyecto urbanístico respectivo, en función de la superficie de terreno ocupada, se obtendrán los siguientes resultados, para un abastecimiento de un litro por segundo por hectárea.

TABLA No. 9

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
CONSUMOS LIMITE POR HABITANTE PARA UN ABASTECIMIENTO DE UN LITRO POR SEGUNDO POR HECTAREA CUBIERTA

Densidad de Población Habitantes/Hectárea	Dotación Lts/hab/día
100	866
120	720
140	620
160	540
180	480
200	435
250	345
300	290
350	245
400	215
450	190
500	170
600	145
700	125
800	110

Comparando los resultados de esta tabla, con los consignados en la correspondiente a dotaciones en sectores residenciales, (tabla No. 6) se podrá deducir que por lo general, no es conveniente calcular con valores de dotación que en función de los consumos, sobrepasen a un gasto medio equivalente a un litro por segundo por hectárea, ya que en la mayoría de los casos, los consumos ma

yores significan un mal uso de los recursos hidráulicos disponibles, y que deben estar sujetos a control.

#### 4.3 MEDIDORES: EL SERVICIO MEDIDO.

Muchos abastecimientos de agua en nuestro medio, por la necesidad de reducir la inversión inicial, se han puesto en servicio sin incluir la instalación de medidores domiciliarios. Esto trae por consecuencia un aumento en los consumos, que en la mayoría de las veces sobrepasan la capacidad del sistema aún mucho antes de llegar a instalarse el total de tomas previstas. La diferencia de consumos, en algunos poblados en que es moderada, puede ser de un 50% mayor cuando el servicio no se controla con medidores, pero se han registrado casos en que sobrepasan más de 10 veces el cálculo original.

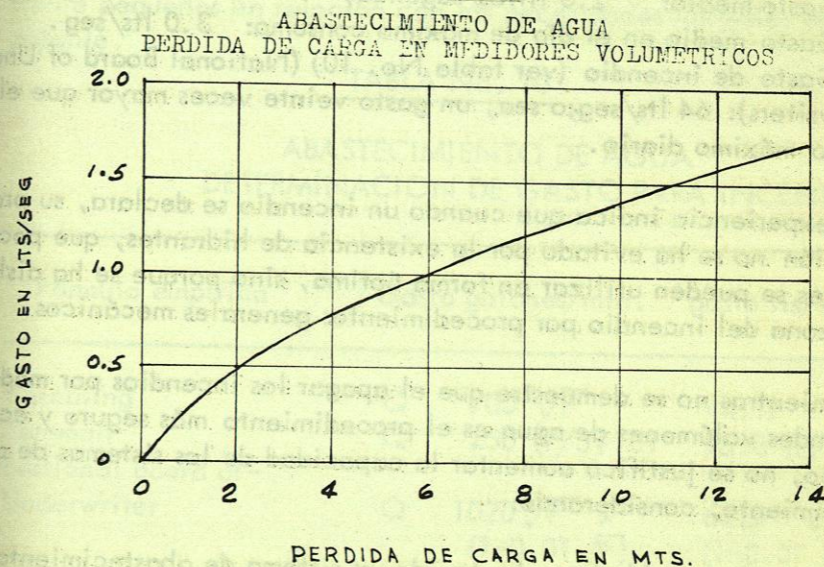
Debe pensarse que si un sistema de abastecimiento de agua se pone en operación sin contar con servicio medido, se tendrán siempre dificultades por no disponer del agua suficiente. Igualmente es nociva la falta de un procedimiento administrativo que permita controlar adecuadamente las lecturas de los medidores, pues tan malo es no instalar medidores, como instalarlos y no llevar un control correcto de las lecturas.

Se fabrican dos tipos de medidores:

- Los volumétricos o de desplazamiento.
- Los de velocidad o de turbina.

En igualdad de circunstancias en cuanto a calidad, mantenimiento, gastos de operación, etc., resulten: en general más precisos los primeros que los segundos, pero su costo es más elevado. Si se toman en cuenta las grandes ventajas que reporta el instalar medidores de servicio, la relativa falta de precisión (que generalmente no pasa de 2 o 3%), deja de ser un factor importante, y el escoger un medidor de velocidad tiene además la ventaja de disminuir los costos de mantenimiento, ya que raras veces dejan de funcionar por la mala calidad del agua, que solamente en casos excepcionales se proporciona, en nuestro medio, cumpliendo estrictamente con las normas estable-

cidas al respecto. Es factor importante también, tomar en cuenta la pérdida de carga en el medidor, que es mucho mayor en los medidores de tipo de desplazamiento (ver gráfica No. 4) que en los de velocidad, en los que es prácticamente despreciable<sup>(1)</sup> lo que redundará en este último caso en una disminución en las presiones requeridas en las redes y en una economía apreciable de los costos de bombeo o en una mayor eficiencia del sistema con las presiones establecidas.



Gráfica No. 4

#### 4.4 PROTECCION CONTRA INCENDIO.

En América Latina, la protección contra incendios no ha sido un

<sup>(1)</sup> Herbert Adisson, "Tratado de Hidráulica Aplicada" pág. 562.

factor importante, a pesar de que en algunos sistemas de distribución modernos se han instalado hidrantes de acuerdo con la práctica de Estados Unidos. (1)

En general, la protección contra incendios repercute en una modificación substancial de los proyectos, en cuanto a la capacidad de los sistemas de abastecimiento, que resulta prohibitiva en la mayoría de los casos. Baste un ejemplo:

Población: 1,000 habitantes,  
 Dotación: 200 lts/hab/día.  
 Coef. de variación diaria: 1.3  
 Gasto medio: 2.3 litros/segundo,  
 Gasto medio en el día de máximo consumo: 3.0 lts/seg.  
 Gasto de incendio (ver tabla No. 10) (National Board of Underwriters): 64 lts/seg; o sea, un gasto veinte veces mayor que el gasto máximo diario.

La experiencia indica que cuando un incendio se declara, su propagación no se ha evitado por la existencia de hidrantes, que pocas veces se pueden utilizar en forma óptima, sino porque se ha aislado la zona del incendio por procedimientos generales mecánicos.

Y mientras no se demuestre que el apagar los incendios por medio de grandes volúmenes de agua es el procedimiento más seguro y económico, no se justifica aumentar la capacidad de los sistemas de abastecimiento; considerando:

- Que si un poblado no ha tenido un sistema de abastecimiento de agua con protección contra incendio en toda su historia, no es obligatorio que lo tenga ahora.
- Que el tipo de construcción, en nuestro medio, es generalmente de materiales incombustibles (adobe, ladrillo, piedra, "sillar," concreto).

(1) Richard Hazen.- Objetivos de los diseños de proyectos de abastecimientos de agua.- Seminario sobre diseño de abastecimientos de agua O. M. S.- 1964

- Que cuando las construcciones son de madera, palmito, carrizo o cualquier material combustible, el procedimiento que se ha usado con éxito, es el de aislar la zona de incendio.

Sin embargo, deben utilizarse juiciosamente los recursos hidráulicos disponibles, colocando hidrantes en los lugares en que puedan operar con eficiencia razonable.

En cuanto a las zonas industriales, deben estar protegidas en forma tal, que no signifiquen un peligro para la población.

En las grandes ciudades, la protección contra incendio es más factible, ya que los volúmenes de agua suplementarios son generalmente pequeños en relación con las necesidades normales de agua potable.

TABLA No. 10

ABASTECIMIENTO DE AGUA  
 DETERMINACION DE GASTO PARA INCENDIO

Fórmula empírica	Gasto galones/min.	gasto lts/seg.
Kuichling	$Q = 700 \sqrt{P}$	$44.17 \sqrt{P}$
Fereman	$Q = 250 (P/5 + 10)$	$15.8 (P/5 + 10)$
National Board of Underwriter	$Q = 1020 \sqrt{P} \times (1 - 0.01 \sqrt{P})$	$64.2 \sqrt{P} \times (1 - 0.01 \sqrt{P})$

4.5 CRECIMIENTO DE POBLACIONES.

La mejor base para determinar el crecimiento de las poblaciones, es contar con censos previos, cuyo valor es mayor entre mayor período de tiempo comprendan. Los censos generalmente se levantan en nuestro medio, por períodos de diez años, al final de cada década (en el mes de julio de los años terminados en cero), y los