

1.- NORMATIVIDAD PARA EL SISTEMA DE AGUA POTABLE

1. NORMATIVIDAD PARA EL SISTEMA ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

El presente capítulo pretende exponer en forma clara y sencilla los lineamientos para elaborar los proyectos hidráulicos de los sistemas de abastecimiento de agua potable.

El objetivo de un sistema de abastecimiento es proporcionar un sistema eficiente, considerando cantidad, calidad y continuidad.

En la elaboración de un proyecto se deben plantear varias alternativas, definiendo para cada una de ellas, las obras que lo integran, realizando un análisis y selección de la más conveniente, en función de los aspectos de eficiencia, constructivos y económicos.

1.1. DATOS PARA EL PROYECTO

Para llevar a cabo los proyectos de Agua Potable de los fraccionamientos y condominios, se deben de conocer los siguientes datos:

Tabla 1.a Datos a considerar en el diseño de proyectos de agua potable		
No.	Datos	Características
1	Tipo de desarrollo	Habitacional Comercial Industrial Mixto
2	Tabla de áreas de usos del suelo (m ²)	Terreno Vendible (habitacional, comercial etc.) Vialidad Donaciones Verde Otros
3	Número de lotes	Cantidad (habitacional, comercial etc.)
4	Densidad de población	<i>hab/ha</i> ó <i>hab/lote</i>
5	Población de proyecto	Habitantes (total para el desarrollo)
6	Dotación	<i>l/hab/día</i>
7	Gasto medio diario.	<i>l/s</i>
8	Gasto máximo diario	<i>l/s</i>
9	Gasto máximo horario	<i>l/s</i>
10	Coeficiente de variación diaria	1.2 a 1.5
11	Coeficiente de variación horaria	1.5 a 2.0
12	Tipo de tubería a emplear	Material, características
13	Coeficiente de rugosidad de la tubería	<i>f</i> (material de la tubería)
14	Punto de conexión definido por la C.E.A:	Ubicación del cruce de conexión
15	Presión disponible en el punto de conexión definido por la C.E.A.	Definir carga que proporcionará el punto de conexión
16	Tipo de conducción	Gravedad, bombeo, combinada
17	Regularización	Tanque superficial, tanque elevado
18	Capacidad de la regularización	m ³
19	Rebombeo	Tanque superficial
20	Capacidad de rebombeo	m ³

1.- NORMATIVIDAD PARA EL SISTEMA DE AGUA POTABLE

Tabla 1.a Datos a considerar en el diseño de proyectos de agua potable

No.	Datos	Características
21	Tipo de distribución	Gravedad, bombeo, combinada
22	Definir si habrá re-uso de aguas negras o grises	Describir

1.2. POBLACIÓN

La población de proyecto deberá ser la cantidad total que tendrá el fraccionamiento al 100% de su capacidad, aunque el desarrollo se realice por etapas.

Para el caso de los fraccionamientos habitacionales, el número total de habitantes por servir será el producto de multiplicar el número de lotes por la cantidad de habitantes por lote, en la ciudad de Querétaro y su zona Conurbada se deberá de considerar 5 habitantes por lote.

Cálculo de la población para fraccionamientos habitacionales:

$$\text{No de lotes} \times 5 \text{ habitantes por lote} = \text{número total de habitantes}$$

1.3. DOTACIÓN

La dotación es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas que existen en cualquier sistema de distribución, su unidad es en *l/hab /día*.

Para el caso de la ciudad de Querétaro y su zona conurbada la C.E.A. ha definido los siguientes valores para la dotación de agua potable para diferentes giros:

Tabla 1.b Dotación de Agua Potable para diferentes giros

Giros	Tipos	Dotación
Habitacional	Doméstico	200 <i>l/hab/día</i>
	Doméstico (Administraciones)	150 <i>l/hab/día</i>
Espacios abiertos ó Áreas de donación		5 <i>l/m²/día</i>

1.4. GASTOS DE DISEÑO

1.4.1. Gasto medio diario

El gasto medio es la cantidad de agua requerida, para satisfacer las necesidades de una población en un día de consumo promedio.

$$Q_{med} = \frac{P \times D}{86400}$$

donde:

Q_{med} Gasto medio diario en *l/s*.

P Número de habitantes.

D Dotación en *l/hab /día*.

86400 Segundos en un día.

1.4.2. Gasto máximo diario

Es el caudal que debe de proporcionar la fuente de abastecimiento y se utiliza para diseñar:

- La obra de captación.
- Los equipos de bombeo.
- La línea de conducción antes del tanque de regularización.

1.- NORMATIVIDAD PARA EL SISTEMA DE AGUA POTABLE

- El tanque de regularización y almacenamiento.

$$Q_{md} = CV_d \times Q_{med}$$

donde:

- Q_{md} Gasto máximo diario en l/s .
 CV_d Coeficiente de variación diaria (de 1.2 a 1.5).
 Q_{med} Gasto medio diario en l/s .

1.4.3. Gasto máximo horario

El gasto máximo horario es el requerido para satisfacer las necesidades de la población en el día y a la hora de máximo consumo. Se utiliza para diseñar:

- La línea de alimentación a la red (después del tanque de regularización).
- Las redes de distribución.

$$Q_{mh} = CV_h \times Q_{md}$$

donde:

- Q_{mh} Gasto máximo horario en l/s .
 CV_h Coeficiente de variación horaria (de 1.5 a 2.0).
 Q_{md} Gasto máximo diario en l/s .

1.5. LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Se llama línea de conducción al conjunto de tuberías, estaciones de bombeo y dispositivos de control, que permiten el transporte del agua desde una fuente de abastecimiento, hasta el sitio donde será regulada y posteriormente distribuida.

Si existen dos o más fuentes de abastecimiento se denominan redes de conducción.

1.5.1. Conducción por bombeo

La conducción por bombeo se requiere cuando la fuente de abastecimiento tiene una altura piezométrica menor a la requerida en el punto de entrega, es decir, se encuentra en un nivel inferior al del tanque de regulación ó la red de distribución.

1.5.2. Conducción por gravedad

La conducción por gravedad se requiere cuando la fuente de abastecimiento tiene una altura piezométrica mayor a la requerida en el punto de entrega, es decir, se encuentra en un nivel superior al del tanque de regulación ó la red de distribución.

1.5.3. Conducción mixta

Es una combinación de conducción por bombeo en una primera parte y una conducción por gravedad en una segunda parte o viceversa.

1.5.4. Conceptos a considerar para el diseño

Las tuberías de conducción deberán de cumplir con los aspectos mencionados a continuación:

- Contar con el perfil y el trazo del terreno donde se ubicará la línea.
- No cruzar terrenos particulares.
- Dejar pasillos de servicio entre terrenos para ubicar la línea de conducción. Estos pasillos de servicio deberán ser de 4.00m de ancho mínimo (2.00m a cada lado), con acceso libre de construcciones y obstáculos, no se permitirá ningún tipo de construcción.
- Buscar el recorrido más corto entre la fuente de abastecimiento y el tanque de regulación.
- Deberá de ubicarse la línea de conducción en zanjas separadas de las redes de distribución.
- En la conducción nunca deberán de conectarse tomas domiciliarias.

1.- NORMATIVIDAD PARA EL SISTEMA DE AGUA POTABLE

- Deberá de contar con válvulas de admisión y expulsión de aire (combinadas) en los sitios más elevados del perfil, en las zonas sensiblemente planas a distancias entre 400m y 800m. Lo anterior es para eliminar el aire presente en el agua y permitir la correcta operación de la línea durante el llenado y vaciado de la misma.
- En los puntos bajos del perfil deberán de colocarse válvulas de desagüe.
- Contar con un tren de descarga que una la fuente de abastecimiento con la línea de conducción.

1.5.5. Gasto de diseño

El gasto de diseño está en función del gasto que se debe entregar al tanque y del gasto que proporciona la fuente de abastecimiento.

$$Q_e = \frac{Q_d}{\text{No. horas bombeo por día}}$$

1.5.6. Pérdidas de energía por fricción en la conducción

Para el cálculo de las pérdidas de carga por fricción, se utiliza la fórmula de Darcy- Weisback:

$$h_f = f \frac{L x V^2}{D x 2g}$$

donde:

- h_f Pérdida de energía por fricción en *metros de columna de agua*.
 f Coeficiente de pérdidas por fricción.
 L Longitud de tubería en *m*.
 V Velocidad media del flujo en *m/s*.
 D Diámetro interior de la tubería en *m*.
 g Aceleración de la gravedad = 9.81 *m/s*².

1.5.7. Pérdidas de energía por fricción en la conducción en función de η

La formula anterior de pérdida de energía se puede expresar de manera más práctica, en función de η (coeficiente de rugosidad de la tubería) con la fórmula de Manning

$$h_f = K x L x Q^2 = \frac{10.3 x \eta^2 x L x Q^2}{D^{16/3}}$$

donde:

- h_f Pérdida por fricción en *metros de columna de agua*.
 L Longitud de la tubería en *m*.
 Q Gasto en *m*³/*s*.
 η Coeficiente de rugosidad (ver Tabla 1.d).
 D Diámetro de la tubería en *m*.

1.5.8. Pérdidas secundarias o menores

Se entiende por pérdidas secundarias a las producidas por ensanchamientos, contracciones, cambios de dirección, entradas, salidas, válvulas y demás accesorios de las tuberías. Éstas pérdidas en algunos casos no son significativas y normalmente se ignoran, salvo que el proyectista considere necesario calcularlas, se emplea la siguiente formula.

$$h = k \frac{V^2}{2g}$$

donde:

- h Pérdida secundaria en *metros de columna de agua*.
 K Coeficiente de pérdida que depende del accesorio que lo genera (ver tabla 1.c).
 V Velocidad del flujo, en *m/s*
 g Aceleración de la gravedad = 9.81 *m/s*².

1.- NORMATIVIDAD PARA EL SISTEMA DE AGUA POTABLE

Tabla 1.c Valores de k coeficiente de pérdida			
No.	Accesorio	Valor de k	
1	Pérdida a la entrada de un depósito	0.50	
	Conexión de tubería a ras de la pared	0.50	
	Tubería entrante	1.00	
	Conexión de tubería abocinada	0.05	
2	Pérdida a la salida de un depósito	1.00	
3	Contracción brusca de la tubería para distintos valores de $D1 / D2$	$D1 / D2$	
		1.20	0.08
		1.40	0.17
		1.60	0.26
		1.80	0.34
		2.00	0.37
		2.50	0.41
		3.00	0.43
		4.00	0.45
5.00	0.46		
4	Ensanchamiento brusco	$\frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$	
5	Codos de 45°	0.35 a 0.45	
6	Codos de 90°	0.50 a 0.75	
7	Tes	1.50 a 2.00	
8	Válvulas de compuerta (abierta)	0.25	

1.5.9. Velocidad del agua en las tuberías

Se emplea la siguiente fórmula de Manning para el cálculo de la velocidad en tuberías llenas.

$$V = \frac{(0.397 \times D^{2/3} \times S^{1/2})}{\eta}$$

donde:

- V Velocidad del flujo en el tubo en m/s .
- D Diámetro de la tubería en m .
- S Pérdida de carga unitaria h/L (m/m).
- η Coeficiente de rugosidad (ver Tabla 1.d).

Tabla 1.d Coeficiente de rugosidad η para las fórmulas de Manning	
Material	η
PVC y Polietileno de alta densidad	0.009
Asbesto Cemento	0.010
Hierro fundido dúctil (nuevo)	0.013
Hierro fundido dúctil (usado)	0.017
Concreto liso	0.012
Concreto rugoso	0.016
Mampostería con mortero de cemento	0.020
Acero soldado con revestimiento interior basado en epoxi / hierro fundido dúctil con recubrimiento interno de mortero acabado fino	0.011
Acero sin revestimiento	0.014
Acero galvanizado nuevo o usado	0.014

Tabla 1.e Velocidades máxima y mínima permisibles en tuberías		
Material de la tubería	Velocidad (m/seg)	
	Máxima	Mínima
Concreto simple hasta 45cm de diámetro	3.00	0.30
Concreto reforzado a partir de 60cm de diámetro	3.50	0.30
Acero con revestimiento	5.00	0.30
Acero sin revestimiento		
Acero galvanizado		
Asbesto cemento		
Hierro fundido		
Hierro dúctil		
PEAD (Polietileno de Alta Densidad)		
PVC (Policloruro de Vinilo)		

1.5.10. Cálculo del diámetro de la tubería

Las diferentes formulas para calcular el diámetro dan un valor teórico, que deberá de revisarse con los diámetros comerciales más cercanos a éste valor.

El diámetro se encontrará entre los valores obtenidos por las siguientes fórmulas:

- Análisis del diámetro más económico, de la Formula de Bresse

$$D_0 = 1.2 Q^{1/2}$$

donde:

D_0 Diámetro interior del tubo en m .

Q Gasto requerido en m^3/s .

1.- NORMATIVIDAD PARA EL SISTEMA DE AGUA POTABLE

- Para la obtención del diámetro en centímetros de la fórmula de Manning

$$D_{cm} = \left(\frac{691,000 \times Q \times \eta}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

donde:

- D_{cm} Diámetro interior del tubo en *cm*.
 Q Gasto requerido en m^3/s .
 η Coeficiente de rugosidad (ver tabla 1.d)
 S Pérdida de energía por metro h/L (m/m).

- Para la obtención del diámetro en metros de la fórmula de Manning

$$D = \left(\frac{3.208 \times Q \times \eta}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

donde:

- D Diámetro interior del tubo en *m*.
 Q Gasto requerido en m^3/s .
 η Coeficiente de rugosidad (ver tabla 1.d)
 S Pérdida de energía por metro h/L (m/m).

1.5.11. Procedimiento de cálculo de la línea de conducción por bombeo

Para el cálculo de la línea de conducción se deben de seguir los siguientes pasos:

- Partiendo del trazo y perfil de la línea de conducción, se deberán definir las longitudes de cada tramo y los desniveles de la línea, pudiendo determinar así la carga estática total a vencer.
- Determinar el gasto que aporta la fuente de abastecimiento.
- Determinar el Gasto Demandado por día que será igual al Gasto Máximo Diario por 24 hrs.

$$Q_d = Q_{md} \times 24 \text{ hrs.}$$

- Determinar el Gasto de entrada Q_e al tanque de regulación, que será igual al gasto demandado entre el número de horas que se bombea al día.

$$Q_e = \frac{Q_d}{\text{No. horas bombeo por día}}$$

- Calcular el diámetro de la tubería de conducción con el gasto de entrada Q_e con alguna de las fórmulas de Manning o de Bresse.
- Calcular las pérdidas por fricción y si se considera necesario, las pérdidas secundarias o menores.
- Hacer varias alternativas con diámetros comerciales menores y mayores al calculado volviendo a calcular las pérdidas por fricción y elegir el diámetro más conveniente.
- Revisar la velocidad de la línea que este dentro de los parámetros permitidos (ver tabla 1.e).

1.6. TANQUE DE REGULACIÓN

La regularización tiene por objeto lograr la transformación de un régimen de aportaciones (de la conducción) que normalmente es constante, en un régimen de consumos o demandas (de la red de distribución) que siempre es variable. El tanque de regularización debe de proporcionar un servicio eficiente bajo normas estrictas de higiene y seguridad, procurando que su costo de inversión y mantenimiento sea mínimo.

Adicionalmente a la capacidad de regulación, se puede contar con un volumen para alimentar la red de distribución en condiciones de emergencia (incendios, desperfectos en la captación o en la

1.- NORMATIVIDAD PARA EL SISTEMA DE AGUA POTABLE

conducción). Este volumen adicional debe de justificarse en aspectos técnicos y financieros, y se define como el volumen de almacenamiento.

La capacidad del tanque está en función del gasto máximo diario Q_{md} y la ley de demandas de la localidad. Para el caso del presente manual se adoptarán los valores de variación de gasto horario en (%) determinados por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) para diferentes ciudades de la república mexicana, (ver gráfica 1.a y tabla 1.f).

En el cálculo de la capacidad de los tanques se debe de considerar tanto el número de horas de alimentación o bombeo como su horario.

Cuando se modifique el horario de bombeo a un periodo menor de 24 horas se debe de cambiar el gasto de diseño de la fuente de abastecimiento y conducción, incrementándolo proporcionalmente a la reducción del tiempo de bombeo, según la siguiente expresión:

$$Q_e = \frac{Q_d}{t_b} = \frac{24hrs. \times Q_{md}}{t_b}$$

donde:

Q_e Gasto de entrada al tanque en l/s.

Q_d Gasto demandado en l/s.

Q_{md} Gasto máximo diario en l/s.

t_b Tiempo de bombeo en horas/día.

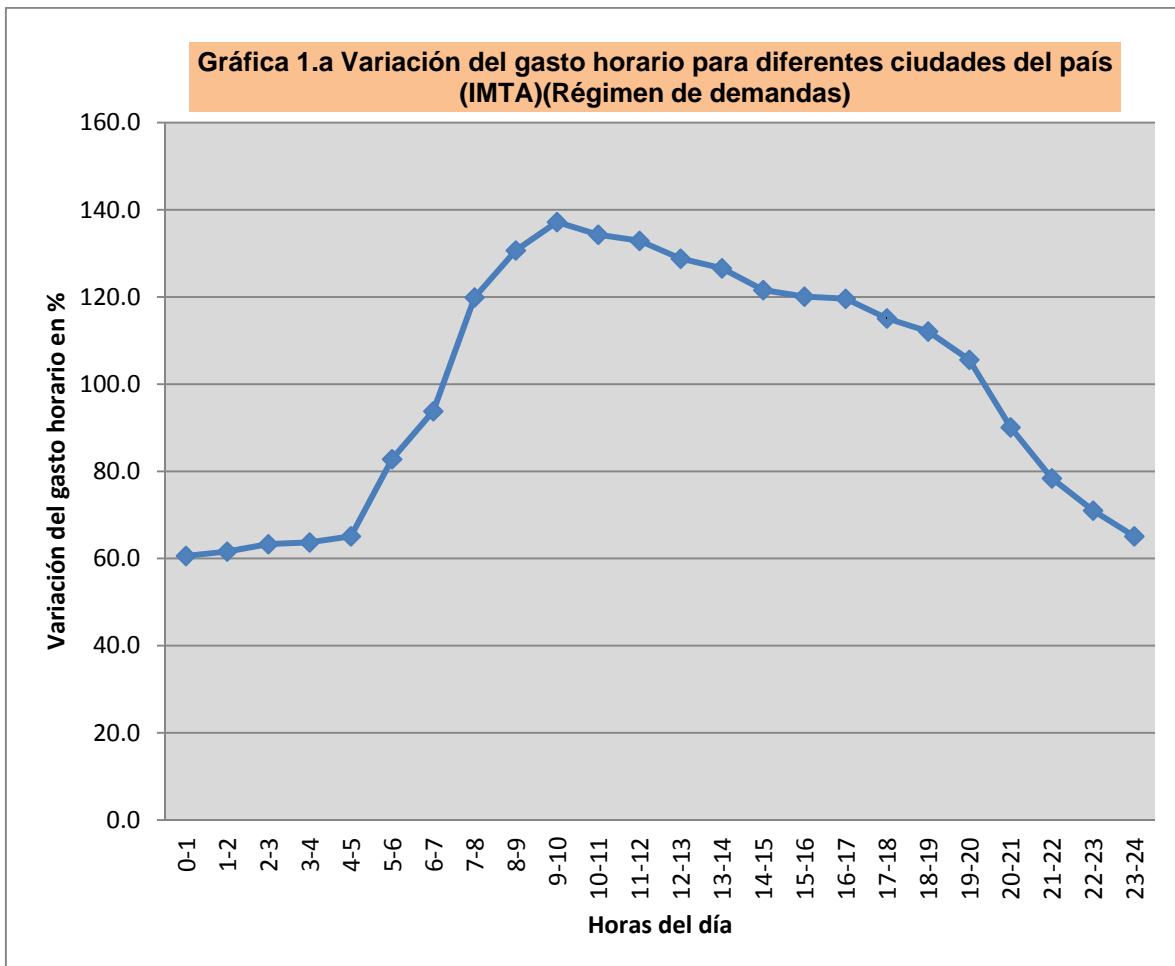


Tabla 1.f Régimen de demandas			
Hora	Variación del gasto horario %	Hora	Variación del gasto horario %
0-1	60.6	12-13	128.8
1-2	61.6	13-14	126.6
2-3	63.3	14-15	121.6
3-4	63.7	15-16	120.1
4-5	65.1	16-17	119.6
5-6	82.8	17-18	115.1
6-7	93.8	18-19	112.1
7-8	19.9	19-20	105.6
8-9	130.7	20-21	90.1
9-10	137.2	21-22	78.4
10-11	134.3	22-23	71.0
11-12	132.9	23-24	65.1

1.6.1. Volumen del tanque

Con el régimen de demandas anterior podemos establecer que el volumen útil del tanque se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$V_{tanque} = Q_{md} \times 3600 \times F$$

donde:

V_{tanque} Volumen útil del tanque en m^3 .

Q_{md} Gasto máximo diario en m^3/s .

3600 Valor para convertir de m^3/s a m^3 .

F Valor obtenido de calcular el Máximo déficit + Máximo superávit dividido entre 100 para convertirlo de porcentaje a unidad.

Tabla 1.g Procedimiento de cálculo		
Columna	Explicación	Cálculo
1	Horario del bombeo	
2	Gasto suministrado o gasto de entrada expresado en %	
3	Gasto demandado o gasto de salida expresado en %	Ver tabla 1.f Régimen de demandas
4	Diferencias entre el gasto de entrada – gasto de salida	(2 – 3)
5	Diferencias acumuladas	

Se obtiene la suma del Máximo déficit y el Máximo superávit en valor absoluto de los valores anteriores convertido de porcentaje a unidad, aplicando este factor al gasto máximo diario convertido a m^3 , se obtiene el volumen útil del tanque de regulación en m^3 .

En caso de considerar un volumen adicional, este tanque también será de almacenamiento.

Con este criterio se calcularon los valores de “ F ” para 24, 20, 16, 12, 8 y 6 horas.

Tabla 1.h Valor de "F" para distintos horarios de bombeo		
Cantidad de horas de bombeo al día	Horario de bombeo	Valor de F
24	0 – 24	3.0
20	4 a 24	2.5
16	16 a 20	5.5
12	6 a 18	9.0
8	9 a 17	14.0
6	10 a 16	16.0

Determinando el periodo de bombeo que abastecerá al tanque de regulación, se podrá conocer el valor del Máximo déficit y del Máximo superávit para determinar el volumen más conveniente del tanque, siendo el óptimo, la suma en valor absoluto de los dos valores anteriores y el mínimo el valor del Máximo déficit.

1.6.2. Cisterna y tinaco

La regulación del suministro del consumo del agua en forma particular para cada vivienda con el uso de la cisterna y el tinaco, puede ser un complemento al tanque de regulación,

El uso de la cisterna y el tinaco será necesario analizar conjuntamente con la C.E.A. para cada fraccionamiento en particular y dependerá de:

- Las condiciones de la fuente de abastecimiento.
- La presión en el punto de conexión definido por la C.E.A.
- Que se cuente o no con un tanque de regulación específico para el fraccionamiento o Sector de Distribución.
- El horario que se tenga de disponibilidad del servicio en la red de distribución.

1.6.2.1. La cisterna

Será necesaria para el caso de que no se logre hacer llegar el agua a un segundo nivel como mínimo. Este puede ser el caso de las partes altas de los fraccionamientos o para construcciones de alturas mayores a dos niveles.

1.6.2.2. El tinaco

Será necesario cuando se tenga presión suficiente para que el agua de la red llegue a un segundo nivel pero el horario de suministro no sea continuo.

1.7. REDES DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua potable desde los tanques de regulación (y almacenamiento) o desde el punto de conexión con alguna red ya existente indicado por la C.E.A. hasta las tomas domiciliarias o hidrantes públicos.

De acuerdo a su función, la red de distribución puede dividirse en red primaria y red secundaria. A la tubería que conduce el agua desde el tanque de regulación hasta el punto donde se inicia la distribución se le denomina línea de alimentación y se le considera como parte de la red primaria, sujetándose a los mismos criterios de diseño que la red de distribución en general.

La red de distribución se diseña con el Gasto Máximo Horario Q_{mh} .

1.7.1. Formas de distribución

- **Por gravedad.-** El agua de la fuente de abastecimiento se bombea hasta un tanque de regulación localizado en algún punto elevado del terreno que pueda proporcionar la suficiente presión, para de ahí ser distribuida por gravedad a través de la línea de alimentación;

Éste es el método más conveniente de operación, debiéndose de utilizar siempre que se disponga de cotas de terreno elevadas con un tanque superficial o en terrenos planos con un tanque elevado que nos proporcione la carga hidráulica requerida.

El Sistema de Distribución de Sectorización que se está conformando por la C.E.A. en la ciudad de Querétaro, considera tanques elevados con una altura disponible de 15.00m.

- **Por bombeo directo a la red a partir de un tanque central de almacenamiento.-** Éste sistema de operación, consiste en el abastecimiento directo a la red a través de un equipo de bombeo que garantice la carga hidráulica adecuada para el suministro en los puntos cercanos al tanque que no presenten desnivel con respecto a la ubicación del mismo, considerando equipos de bombeo con variadores de velocidad para generar parámetros de presión constante en la red y gasto de acuerdo a la demanda que se presenta durante el día.

1.7.2. Criterio del cálculo hidráulico.

Cuando la operación de la red es a presión y los gastos que circulan en sus tuberías no cambian con el tiempo, se tiene el caso de flujo permanente y corresponde a una red estática, que es el caso que se considerará para el cálculo de las redes de distribución de los fraccionamientos.

Las siguientes reglas se deben de considerar en el cálculo de redes:

- La pérdida de carga en un conducto varía como una potencia del gasto.
- La suma algebraica de todos los gastos de entrada y salida en cualquier unión de los tubos es igual a cero.
- La suma algebraica de todas las pérdidas de carga entre dos puntos cualesquiera, es la misma por cualquier ruta, y
- La suma algebraica de todas las pérdidas de carga alrededor de un circuito, es igual a cero.

Existen diferentes procedimientos de cálculo, en el presente manual se presentará el método de Hardy Cross, por ser el más práctico para la solución de las redes de los fraccionamientos, los pasos a seguir son:

1. Definir el material a emplear para la tubería y sus características.
2. Determinar el coeficiente de fricción η (ver tabla 1.d) de la tubería de acuerdo al tipo de material.
3. Definir el tipo de la red: primaria o secundaria.
4. Identificar todos los cruces de la red, numerándolos en forma consecutiva.
5. Calcular la longitud propia, tributaria y acumulada de la línea de distribución, así como la longitud total.
6. Calcular el gasto Q_1 (inicial o de primer tanteo) para la longitud acumulada de la línea, en cada tramo proporcional a la longitud de la tubería.

$$Q_1 = \frac{Q_{mh} \times \text{longitud acumulada}}{\text{longitud total de la línea}}$$

7. Determinar el sentido del flujo del agua, dándole por costumbre el signo “+” a los flujos en el sentido del reloj y “-” a los de sentido opuesto.
8. Corregir el gasto inicial afectándolo con el signo correspondiente al flujo.

1.- NORMATIVIDAD PARA EL SISTEMA DE AGUA POTABLE

- Suponer un diámetro para cada tramo de la línea, preferentemente un diámetro comercial.
- Los gastos en cada conexión es igual a la suma de las salidas de ella, normalmente esto no se logra en la primera aproximación, debiéndose proceder a hacer nuevos tanteos.
- Calcular las pérdidas por fricción h_f de la tubería correspondientes a la longitud propia de la misma, las cuales tendrán el mismo signo del gasto inicial Q_1 ya afectado por el signo del flujo, con la fórmula de Manning.

$$h_f = K \times L \times Q_1^2 = \frac{10.3 \times \eta^2 \times L \times Q_1^2}{D^{16/3}}$$

donde:

- h_f Pérdida por fricción en *metros de columna de agua*.
 L Longitud de la tubería en *m*.
 Q_1 Gasto 1 inicial en m^3/s .
 η Coeficiente de rugosidad (ver Tabla 1.d).
 D Diámetro de la tubería en *m*.

- Hacer la suma algebraica de todas las pérdidas por fricción y determinando así con un valor igual pero de signo contrario la carga necesaria para vencer las pérdidas por fricción.

$$-\sum h_f$$

- Obtener la relación entre las pérdidas de cada tramo con el gasto inicial ya afectado del signo del flujo. Este valor es absoluto y por lo tanto deberá ser siempre positivo, haciendo la suma total correspondiente.

$$\frac{h_{f1}}{\pm Q_1}$$

- Se calcula la corrección del gasto haciendo la siguiente relación:

$$\Delta Q_{i1} = - \sum \frac{h_{f1}}{2 \sum \frac{h_f}{Q_1}}$$

- Esta corrección debe ser la misma para la misma red en análisis.
- Se calcula un nuevo gasto Q_2 :

$$Q_2 = \pm Q_1 + \Delta Q_1$$

- Con el nuevo Q_2 se calculan las nuevas pérdidas h_{f2} .
- Se realiza la suma la suma de las pérdidas con signo “-“ y con signo “+”, debiendo ser próxima a cero, en caso de no serlo, el proyectista deberá de determinar si es necesario repetir el procedimiento calculando un nuevo ajuste de gasto, repitiendo desde el punto No. 13.
- Partiendo de la cota del terreno y la cota piezométrica en el punto inicial de la red de distribución, se calculan las siguientes cotas piezométricas, restándole a la cota piezométrica anterior la pérdida por fricción del tramo en análisis.

$$\text{Cota piezométrica 2} = \text{Cota piezométrica 1} - h_{f(1-2)}$$

- La carga disponible en cada nodo o crucero se obtiene restando a la cota piezométrica la cota del terreno.

$$\text{Carga disponible} = \text{Cota piezométrica} - \text{Cota de terreno}$$

- Por último deberán de verificarse las velocidades en cada tramo y compararlas con las máximas permisibles (ver tabla 1.e), si están excedidas, deberá de modificarse el diámetro.

$$V = \frac{(0.397 \times D^{2/3} \times S^{1/2})}{\eta}$$

donde:

- V Velocidad del flujo en el tubo en m/s .
 D Diámetro de la tubería en m .
 S Pérdida de carga unitaria h/L (m/m).
 η Coeficiente de rugosidad (ver Tabla 1.d)

1.8. CONSIDERACIONES ADICIONALES PARA LOS PROYECTOS DE AGUA POTABLE.

- El diámetro mínimo para una red de distribución es de 2".
- La carga hidráulica mínima disponible a considerar en cualquier cruce de una red de distribución es de 10.00mca. Para cargas menores se deberá de obtener la autorización de la C.E.A.
- Se deberá de indicar la ubicación de las tomas domiciliarias, considerando una sola toma para cada lote, ya sea unifamiliar o condominal. Cualquier condición diferente a la definida la deberá autorizar la C.E.A.
- Deberá de hacerse un análisis de los niveles entre las diferentes instalaciones subterráneas.
- En las cajas de válvulas no se permitirá ninguna instalación que no sea la red de agua potable.
- La tubería a emplearse en las redes de distribución se sugiere sea de PEAD PE 3408 termofusionable ó P.V.C. unión espiga-campana con anillo de acero encapsulado fijo a campana NMX-E-145, así como de P.V.C. AWWA C900 (4" a 12") y AWWA C905 (de 14" en adelante) sistema inglés.
- Cualquier sistema diferente al AWWA e inglés o material diferente al especificado deberá de ser autorizado por la C.E.A. previo a la realización del proyecto.
- Deberá de proyectarse primeramente el drenaje sanitario, definiendo sus niveles de colocación tanto de atarjeas, colectores, y descargas, como de albañales, profundizándolos lo necesario para respetar los colchones, profundidades y separaciones con la red de agua potable.