



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

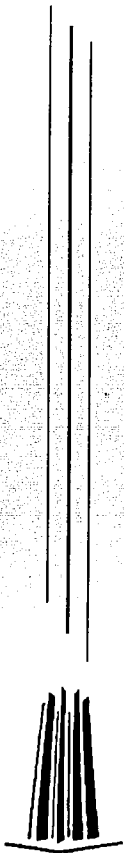
CAMPUS ARAGÓN

“ANÁLISIS DE MÉTODOS DE DISEÑO
HIDRÁULICO DE INSTALACIONES”.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
JOSÉ ANDRÉS VELÁSQUEZ ALCAYA

ASESOR:
EVERARDO SOLIS ALCANTAR



MÉXICO

2002.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCIÓN**

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**JOSÉ ANDRÉS VELÁZQUEZ ALCAYA
P R E S E N T E.**

En contestación a la solicitud de fecha 27 de junio del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. EVERARDO SOLÍS ALCANTAR pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado "ANÁLISIS DE MÉTODOS DE DISEÑO HIDRÁULICO DE INSTALACIONES", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 2 de julio de 1960
LA DIRECTORA

L. Turcott González
ARQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ



- C p Secretaría Académica.
C p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Civil.
C p Asesor de Tesis.

LTG/AIR/IIa.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Dedicatoria



A Jehová Dios; el único Dios vivo y verdadero creador de todas las cosas, que me permitió la vida y con ella poder realizar sueños e ilusiones. A él sea la alabanza y la gloria por siempre

A mi Señor y Rey Jesucristo quien con su sacrificio permitió la reconciliación con Dios Jehová, Bendito sea.

*A mis Padres; que cultivaron la vida que Dios Jehová me dio, que me guiaron, quisieron y ayudaron para que mi vida fuera de provecho.
Papa, Mama, tal vez nunca se los he dicho pero los amo profundamente, gracias.*

A mi esposa; el amor de mi vida, a quien siempre he tratado de darle motivos para sentirse orgullosa. Te quiero tanto que todo mi trabajo es para que tu seas feliz ahora y mucho más en el ya cercano paraíso.

*A mi hija Suzette Abigail; quien me motiva a seguir adelante con su ternura y cariño y a quien no quiero decepcionar nunca.
Hija fija tus metas y lógralas, sirve a Jehová Dios con todo tu corazón, mente y fuerzas y el nunca te abandonara, de hecho él me puso como tu padre para quererte y cuidarte.*

A mi Héctor Andrés; hijo quisiera que éste pequeño trabajo te sirva para que sepas que tú y yo, juntos, podemos lograr lo que queramos, que si seguimos fielmente a Jehová y a Jesucristo tendrás bendiciones inmensas y tesoros en el cielo, te quiero mucho, lo que quieras lograr, esfuérzate, ruégale a Dios y cuenta conmigo

A mi José Alberto (Betoven); Pequeño, creo mucho en ti, te quiero más de lo que sabes a tu pequeña edad y siempre te querré, sé que eres muy inteligente y que con un esfuerzo extra podrás alcanzar las metas que te propongas, yo soy tu escalón, la base donde te apoyes, utilízame, pero confía más que nada, en Jehová nunca te apartes de él y sigue fielmente a Jesucristo.

A mis hermanos; Juana, José Luis, Isabel, Guadalupe, Ma. De la Luz, Raúl, Lilliana, Enriqueta y Teresita, a todos los quiero mucho y ustedes lo saben, siempre han sido mi respaldo y apoyo en cada aspecto de mi vida, sin la motivación que ustedes me provocan tal vez no hubiera logrado terminar mi carrera.

A mi Tia Ma. De la Salud; (q.e.p.d.) a quien no valore lo suficiente quizás por la inmadurez o porque no sabía cuanto me quería, espero verla en el paraíso y decirle que yo también siempre la quise mucho pero no supe expresarlo, ruego mucho por ella para que Jehová Dios, según su voluntad, se acuerde de ella y le de una nueva oportunidad de vida.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A mi Tío Fernando González M. (Jefe); que me ayudo a formarme en la adolescencia, es usted una figura que forma parte de toda mi vida ya que aprendí mucho de usted tanto que todavía influye en mí. Muchas pero muchas gracias.

A mi suegro Salvador Alva; por el apoyo incondicional siempre, en lo económico y moral, que me permitió continuar estudiando y porque en los años muy difíciles fue la primera persona que nos ayudo.

A mi suegra Martha Ruiz; a quien he aprendido a querer (no son solo palabras) porque a pesar de tantos errores míos continúa ayudándonos abnegadamente, sigue siendo una figura muy importante en mi vida, espero no decepcionarla más, por el apoyo físico, espiritual y económico.



Gracias



A mi Abuelita Guadalupe (q.e.p.d.); quien muchas ocasiones sin que yo lo supiera me estaba cuidando, incluso sacrificando posesiones muy preciadas por mí y por quien ruego a Jehová Dios para que la despierte del sueño de la muerte y le permita conocerlo.

A mi abuelita Josefita; quien sin preguntar nada yo sabía que siempre contaba con ella, que Jehová le dé salud en la medida de su bondad.

A mis Tíos Vicente y Ma. Del Carmen; por ayudarnos en nuestro matrimonio con sus consejos lo cual permitió concentrarme más en mis estudios.

A mi primo hermano Rafael; que fue mi compañero de juegos y gran ayuda en la escuela, cuidate mucho.

A mis primos; Fernando, Verónica, Alberto y David, con quienes conviví mucho.

A mi cuñado y cuñadas; Salvador, Claudia, América, Ivonne; mi segunda familia, por aguantar que en ocasiones les quitaran de lo suyo para ayudarnos a que yo estudiara y por su compañerismo y comprensión.

A Jesús Soto; Por su ayuda para obtener un patrimonio y por el apoyo para mi esposa que permitió concentrarme en la escuela.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Al Ing. Rodolfo Leal M.; Mi amigo, un pilar en mi formación en compañía de Luz, que me ha dado más de lo que merecía para terminar mi carrera, gracias por considerarme su amigo, espero no decepcionarlo nunca.

A Alberto Herrera M.; que me ha ayudado con consejo sabio, moral y económicamente, que me ha sostenido emocionalmente cuando las cosas iban mal y que me enseñó a querer a Jehová Dios

Al Ing. Carlos Chávez Ruiz; más que un gran amigo que siempre me alentó a terminar la carrera y que durante muchos años me apoyo en Compañía de Luz.

A Citlalli Dominguez; Por su apoyo para terminar éste trabajo, cuidate mucho niña.

A mis compañeros de Luz y Fuerza; Ing. Carlos I. Rodríguez R, Fidel Sampayo L., Cipriano Sánchez G. Ing. Héctor Duarte, Ing. Jorge Moncada M., Ing. Bernardino Sánchez

Al Ing. Everardo Solís Alcantar; Por asesorarme tan pacientemente en éste trabajo y con sus conocimientos me permitió terminar de una buena forma la carrera.

A todos y cada uno de los profesores que intervinieron en la formación de un servidor como profesional.

A la más grande universidad de México

"Universidad Nacional Autónoma de México"

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

INDICE

TEMA	PAGINA
"INTRODUCCIÓN"	1
CAPITULO I	
"BASES HIDRÁULICAS"	
1.1 Bases Hidráulicas	6
CAPITULO II	
"SISTEMAS DE PRESIÓN"	
2.1 Instalaciones con tanque o depósito elevado	20
2.2 Instalaciones con tanque bajo o de bombeo	26
2.3 Bombas centrifugas.	35
2.4 Equipos Hidroneumáticos.	49
CAPITULO III	
"MÉTODOS DE CÁLCULO EN SERVICIOS DE AGUA FRÍA"	
3.1 Isométrico.	62
3.2 Corrientes de agua a simple gravitación.	67
3.3 Redes de distribución.	69
3.4 Presión en las calles.	71
3.5 Consumo diario por persona y dotación.	73
3.6 Primer método de cálculo.	76
3.7 Segundo método de cálculo.	88
3.8 Cálculo de tuberías basado en las velocidades.	89
3.9 Cálculo de tuberías basado en las pérdidas de carga.	91
3.10 Primer procedimiento para el cálculo de gasto simultaneo.	95
3.11 Segundo procedimiento para el cálculo del gasto simultaneo.	96
CAPITULO IV	
"SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE"	
4.1 Agua caliente (Antecedentes)	110
4.2 Sistemas de abastecimiento.	112
4.3 Redes de distribución.	119
4.4 Métodos de cálculo.	123
CAPITULO V	
"COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE CÁLCULO Y CONCLUSIONES"	
5.1 Comparativo de los métodos de cálculo.	135
5.2 Resumen.	145
5.3 Conclusiones y recomendaciones.	146
BIBLIOGRAFÍA	148
ANEXOS	



"INTRODUCCIÓN"

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ARAGON"
"ANÁLISIS DE MÉTODOS DE DISEÑO HIDRÁULICO EN INSTALACIONES"
JOSÉ ANDRÉS VELÁZQUEZ ALCAYA**

INTRODUCCIÓN

"Para la supervivencia, el bienestar y el desarrollo socioeconómico de toda la humanidad es fundamental tener garantizado el acceso a un suministro suficiente de agua potable. Sin embargo, continuamos actuando como si el agua dulce fuera un recurso abundante e inagotable, cuando no lo es."

"Kofi Annan, secretario general de las naciones unidas"

El agua siempre ha sido la manzana de la discordia en los países semiáridos, por la sencilla razón de que es esencial para la vida. "El agua dulce es preciosa ya que no podemos vivir sin ella. Resulta irremplazable ya que no tenemos sustitutos y es un recurso delicado, pues la actividad humana tiene un profundo impacto en la cantidad y calidad del agua dulce disponible."

Hoy día, la cantidad y calidad del agua dulce se ve amenazada como nunca antes. Así pues, no debemos dejarnos llevar por la aparente abundancia de agua que existe en algunas regiones afortunadas del mundo.

En algunas zonas del mundo, la demanda de agua potable sobrepasa ya las reservas existentes. La razón es obvia: buena parte de la humanidad vive en zonas áridas o semiáridas donde falta el preciado líquido desde hace mucho. Según el Instituto de Medio Ambiente de Estocolmo, un tercio de la población mundial vive en zonas que sufren una escasez hídrica entre moderada y severa. Además, el incremento de la demanda ha superado en más del doble a la taza de crecimiento demográfico.

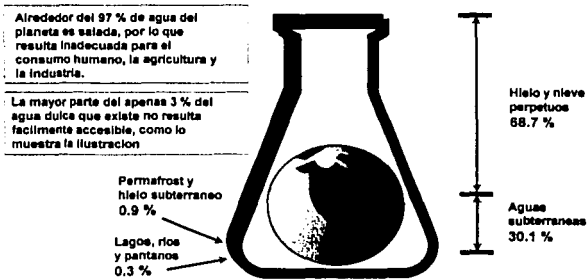
Por otro lado, el abastecimiento de agua es prácticamente estable. Tal vez se alivie provisionalmente la situación excavando pozos más profundos y localizando nuevas reservas, pero, en esencia, la cantidad de lluvia que cae sobre la tierra y el agua almacenada en los acuíferos se mantienen invariables. De ahí que los meteorólogos estimen que dentro de veinticinco años cada habitante del planeta verá reducida a la mitad la cantidad de litros de que dispone en la actualidad.

¿Cómo afecta a las personas la escasez de agua? En primer lugar, perjudica su salud. No es que mueran de sed, sino que la poca calidad de agua que utilizan para beber y cocinar las enferma. Elizabeth Dowdeswell, Secretaria adjunta de las Naciones Unidas, indica que "Alrededor del 80 % de todas las enfermedades y más de una tercera parte de todas las muertes en los países en desarrollo son causadas por aguas contaminadas" En las naciones semiáridas en vías de desarrollo, los abastecimientos de agua suelen contaminarse con heces humanas y animales, pesticidas, fertilizantes y residuos industriales. Las familias pobres quizás no tengan otra opción que utilizar esa agua llena de impurezas.

Tal como nuestro cuerpo necesita agua para eliminar los desechos, un saneamiento adecuado también precisa de agua en abundancia, recurso al que gran parte de la humanidad no tiene acceso.

El número de personas afectadas por la falta de instalaciones sanitarias apropiadas - prácticamente un asunto de vida o muerte- aumentó de 2.600 millones en 1990 a 2.900 millones en 1997. lo que representa cerca de la mitad de la población del mundo, Carol Bellamy y Nitin Desai, representantes de las Naciones Unidas, advirtieron: "Cuando los niños carecen de agua potable y servicios sanitarios, se pone en peligro casi todo aspecto de su salud y desarrollo."

Tal vez nos cueste creer que se esté acabando el agua limpia si ésta mana en abundancia del grifo en nuestro hogar y disponemos de un higiénico inodoro dotado de cisterna. Pero debemos recordar que solo el 20 % de la humanidad disfruta de tales lujos. En África, muchas mujeres- que dedican seis horas al día a obtener agua, (no pocas veces contaminada)- comprenden mucho mejor la dura realidad: el agua limpia y potable es escasa y escaseará más.



AGUAS SUBTERRÁNEAS: En Ciudad de México, la segunda más grande del mundo, el 80 % del suministro proviene de su nivel freático; y en California, pues la extracción supera el reabastecimiento en más del 50 %.

AGUAS SUBTERRÁNEAS: La merma del inmenso acuífero de Ogallala de Estados Unidos ha alcanzado una tercera parte de las tierras de regadío del noroeste de Texas.

AGUAS SUBTERRÁNEAS: DESAPARECEN: Durante la estación seca, las aguas del cauce de los ríos se evaporan y se pierden.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

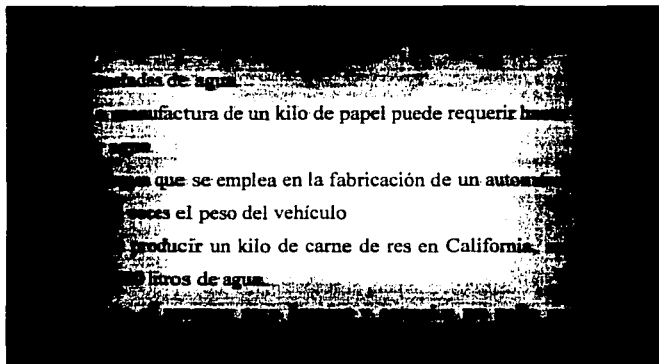
¿QUÉ USO SE LE DA AL AGUA?

Seguramente habrá notado que las fábricas se aglomeran cerca de ríos importantes. La razón es sencilla: precisan los recursos hídricos para producir casi todo, desde computadoras hasta sujetapapeles. Las empresas alimenticias utilizan una sorprendente cantidad de agua, y la sed de las centrales eléctricas es insaciable, por lo que también se sitúan a orillas de lagos y ríos.

La agricultura consume la mayor parte de agua dulce de la tierra por la dependencia que se tiene de los cultivos de regadío.

El uso doméstico también ha crecido. En la década de los 90 precisaron servicios sanitarios apropiados y acceso a agua salubre 900 millones de nuevos ciudadanos. Las fuentes tradicionales, como los ríos y pozos, ya no dan abasto para cubrir las necesidades de las grandes urbes.

La ciudad de México tiene que recibir el agua por cañerías desde más de 125 kilómetros de distancia y bombearla por encima de un macizo montañoso que se eleva a 1,200 metros sobre el nivel de la metrópoli. La situación es equiparable a un pulpo, cuyos tentáculos desde la ciudad en busca de agua.



En México los servicios de agua potable, alcantarillado y el tratamiento de aguas residuales presentan problemas no sólo de infraestructura, sino también sociales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

México tiene actualmente una población cercana a los 100 millones de habitantes y cuenta con una disponibilidad de agua del orden de 4.900 metros cúbicos por habitante por año, lo que equivale al 50 % menos que en 1965, volumen que nos ubica como un país con baja disponibilidad media.

En 10 años el 80 % de los mexicanos viviremos en las ciudades y probablemente, habrá 414 ciudades de más de 150 mil habitantes.

Actualmente hay 13 millones de mexicanos sin agua y 30 millones sin alcantarillado.

En el Distrito Federal, el suministro de agua se ve amenazado por problemas sociales que impiden utilizar otras fuentes de abastecimiento y por problemas de insuficiente distribución, y mientras existen zonas donde la población disfruta de más de 300 litros por habitante por día, otras áreas son abastecidas mediante pipas, fluctuando su consumo aproximadamente en 30 litros por habitante por día.

En el Distrito Federal, en un espacio de tan sólo 1.400 kilómetros cuadrados, vivimos 8 millones de mexicanos y ampliando un poco más la región al área del valle de México, es decir, a 9.600 kilómetros cuadrados, puede decirse que aquí nos encontramos 20 millones de habitantes: uno de cada cinco mexicanos estamos en esta cuenca.

Tomando en cuenta la problemática existente, el ingeniero civil debe tener las herramientas necesarias y suficientes para encarar los retos futuros sin olvidar que él es responsable de:

- Idear cambios en el ambiente que lo rodea
- Realizar transformaciones en el entorno físico
- Modificar su escenario
- Componer el medio en que se mueve y
- Mejorar el espacio natural donde está.

Con estos principios debe modificar el ambiente sin crear daños por los trabajos que realiza, ni problemas para el medio que utiliza.

Así como la estructura de los edificios es la base de su seguridad y los acabados de su apariencia, las instalaciones lo vuelven funcional e incluso habitable.

Los edificios pueden ser destinados a servir como hospitales, oficinas, laboratorios, naves industriales, centros comerciales, centros de espectáculos, etc. Cada uno requiere instalaciones que los hagan funcionar adecuadamente, ello llevara a prever la integración de instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas, alumbrado, etc.

Una instalación hidráulica es la prolongación, dentro de edificio, de la red municipal de distribución de agua potable, y su eficiencia y calidad estarán, en gran medida, determinada por ella.

El presente trabajo tiene la finalidad, no de indicar la superioridad de un método sobre otro en el diseño de las instalaciones hidráulicas, sino de dar opciones al ingeniero para aplicar el que mejor convenga, considerando todas las variantes de cada problema en particular.

Dado que un problema frecuente, en el cálculo de la red hidráulica de una edificación, es la estimación del gasto necesario, lo que involucra el uso simultaneo de los aparatos higiénicos, se mencionan varios métodos para obtener dicho valor y finalmente se hace una comparativa entre estos métodos.



CAPITULO 1
"BASES HIDRÁULICAS"

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ARAGON"
"ANÁLISIS DE MÉTODOS DE DISEÑO HIDRÁULICO EN INSTALACIONES"
JOSÉ ANDRÉS VELÁZQUEZ ALCAYA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO I

1.1 BASES HIDRÁULICAS

Peso específico.- El peso específico de un cuerpo sólido o líquido, es el peso de la unidad de volumen. El peso específico (W_a) del agua es igual a 1000 Kg./m^3 y la densidad (D) es igual a 1.0, resulta de considerar agua destilada a 4°C , a cuya temperatura tiene su máxima densidad y tomando como referencia valores a nivel del mar. (ver tabla 2.1)

Densidad.- La densidad de un cuerpo o sustancia, es la relación entre su peso y el de igual volumen de agua. La densidad relativa de un cuerpo o sustancia, se obtiene dividiendo el peso de cierto volumen de dicho cuerpo o sustancia, entre el peso de un volumen igual de agua. La densidad de agua varía a temperaturas mayores o menores de 4°C . La densidad del agua destilada y a 4°C es igual a la unidad y se toma como referencia para las demás sustancias, por ello, siempre se hace mención de sustancias o cuerpos más o menos densos que el agua. (ver tabla 2.2)

Temp. °C.	densidad UTM / m ³	Peso Especifico Kg / m ³	Viscosidad Dinámica Kg seg. / m ²	Tensión Superficial Kg / m.	Presión de Vapor Kg / cm ² (ab)	Modulo de elasticidad Volumétrico Kg / cm ²
0	101.96	999.87	18.27×10^{-3}	0.00771	0.0056	20200
5	101.97	999.99	15.50	0.00764	0.0088	20900
10	101.95	999.73	13.34	0.00756	0.0120	21500
15	101.88	999.12	1.63	0.00751	0.0176	22000
20	101.79	998.23	10.25	0.00738	0.0239	22400
25	101.67	997.07	9.12	0.00735	0.0327	22800
30	101.53	995.68	8.17	0.00728	0.0439	23100
35	101.37	994.14	7.37	0.00718	0.0401	23200
40	101.18	992.25	6.69	0.00711	0.0780	23300
50	100.76	988.07	5.60	0.00693	0.1249	23400

Tabla 2.1 Propiedades mecánicas del agua a la presión atmosférica

Temp. °C	Agua		Disolvente Comercial		Tetracloruro de Carbono		Aceite Lubricante medio	
	Densidad Relativa	Visc. cinem. m ² / seg.	Densidad Relativa	Visc. cinem. m ² / seg.	Densidad Relativa	Visc. cinem. m ² / seg.	Densidad Relativa	Visc. cinem. m ² / seg.
5	1.000	1.520					0.905	471
10	1.000	1.380	0.728	1.476	1.620	0.763	0.900	260
15	0.999	1.142	0.725	1.376	1.608	0.696	0.896	186
20	0.998	1.007	0.721	1.301	1.595	0.655	0.893	122
25	0.997	0.897	0.718	1.189	1.584	0.612	0.890	92
30	0.995	0.804	0.714	1.101	1.572	0.572	0.886	71
35	0.993	0.727	0.710	1.049	1.558	0.531	0.883	54.9
40	0.991	0.661	0.706	0.984	1.544	0.504	0.875	39.4
50	0.990	0.556	0.703	0.932	1.522	0.482	0.866	25.7
60	0.998	0.442					0.865	15.4

Tabla 2.2 Densidad relativa y viscosidad cinemática de algunos líquidos

Viscosidad.- En un fluido es aquella propiedad que determina la cantidad de resistencia opuesta a las fuerzas cortantes. La viscosidad se debe primordialmente a la interacción entre las moléculas del fluido. La resistencia que presentan los líquidos a las deformaciones, es lo que se conoce como Viscosidad de un Líquido; en los líquidos más viscosos el movimiento de deformación es más lento, como es el caso de; aceites, mieles, ceras, resinas, etc. en los líquidos menos viscosos el movimiento de deformación es más rápido. El líquido perfecto sería aquel en el que cada partícula pudiera moverse sin fricción en contacto con las partículas que la rodean, sin embargo, todos los líquidos son capaces de resistir ciertos grados de fuerzas tangenciales; La magnitud en que posean esta habilidad es una medida de su viscosidad, *el agua destilada es el menos viscoso de los líquidos.* (ver tabla 2.2)

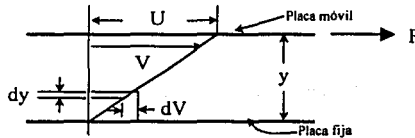


Fig. 2a

Con referencia a la Fig. 2a, se consideran dos placas planas y paralelas de grandes dimensiones, separadas una pequeña distancia y , con el espacio entre ellas lleno de fluido. Se supone que la placa superior se mueve a una velocidad constante U al actuar sobre ella una fuerza F , también constante. El fluido en contacto con la placa móvil se adhiere a ella moviéndose a la misma velocidad U , mientras que el fluido en contacto con la placa fija permanecerá en reposo. Si la velocidad " y " y la velocidad " U " son muy grandes, la variación de las velocidades (gradiente) vendrá dada por una línea recta. La experiencia ha demostrado que la fuerza " F " varía con el área de la placa, con la velocidad U e inversamente con la separación y , como por triángulos semejantes, $U/y = dV/dy$, tenemos:

$$F \propto \frac{A U}{y} = A \frac{dV}{dy} \quad \text{o} \quad F = \tau \propto \frac{dV}{dy}$$

donde $\tau = F / A =$ tensión o esfuerzo cortante. Al introducir la constante de proporcionalidad μ llamada viscosidad absoluta o dinámica,

$$\tau = \mu \frac{dV}{dy} \quad \text{o} \quad \mu = \frac{\tau}{dV/dy} \quad (2.1)$$

$$\text{Las unidades de } \mu \text{ son } \frac{\text{Kg}}{\text{seg.}} \text{ ya que } \frac{\text{Kg}/\text{m}^2}{(\text{m}/\text{seg.})/\text{m}} = \frac{\text{Kg. seg.}}{\text{m}^2}$$

los fluidos que siguen la relación (1) se llaman *fluidos Newtonianos*

Otro coeficiente de viscosidad llamado *viscosidad cinemática*, viene dado por

$$\text{viscosidad cinemática } \nu = \frac{\text{viscosidad absoluta } \mu}{\text{densidad}}$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\mu}{w/g} = \frac{\mu g}{w} \frac{m^2}{\text{seg.}} \quad (2.2)$$

Las viscosidades en los manuales vienen dadas normalmente en poises o stokes (unidades del sistema cgs) y en ocasiones en grados o en segundos Saybolt, a partir de medidas en viscosímetros.

En los líquidos la viscosidad disminuye al aumentar la temperatura, pero no se ve afectada apreciablemente por las variaciones de presión. Como el peso específico de los gases varía con la presión (a temperatura constante), la viscosidad cinemática es inversamente proporcional a la presión. Sin embargo, de la ecuación anterior tenemos, $\mu g / wv$.

Tabla de viscosidades

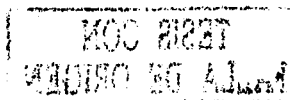
LIQUIDOS DE USO COMUN	TEMPERATURA EN ° C.	VISCOSIDAD EN POISES
Agua	100	0.0028
Agua	20	0.0100
Alcohol	20	0.0120
Cerosota	20	0.1200
Glicerina	20	14.900
Mercurio	20	0.0154
Aceite de linaza	30	0.3310

Fluido.- Es todo aquel que fluye o escurre, es decir, cuyas proporciones pueden moverse unas más con respecto a otros (líquido, gas o vapor), de tal manera que queda alterada su forma sin que para ello sea necesario el empleo de grandes fuerzas (no soportan fuerzas tangenciales o cortantes) Todos los fluidos son compresibles en cierto grado.

Los fluidos pueden dividirse en líquidos y gases. La diferencia esencial es que los líquidos son prácticamente incompresibles y los gases compresibles.

La movilidad es la propiedad más sobresaliente de los líquidos; como características principales tienen las de ocupar volúmenes definidos al carecer de forma propia y adoptar la del recipiente que los contiene, además de presentar una superficie libre.

Como los líquidos no tienen forma propia, una fuerza sobre ellos por muy pequeña que sea, puede originar deformaciones ilimitadas; la rapidez con que se ganan tales deformaciones no es igual en todos, pues no todos oponen la misma resistencia.



Flujo de fluidos, tres principios fundamentales que se aplican al flujo de fluidos:

- el principio de conservación de la masa, a partir de la cual se establece la ecuación de continuidad.
- el principio de la energía cinética, del cual se deducen ecuaciones aplicables al flujo, y
- El principio de la cantidad de movimiento, del cual se deducen las ecuaciones de las fuerzas dinámicas ejercidas por los fluidos en movimiento.

Flujo permanente, tiene lugar cuando, en un punto cualquiera, la velocidad de las sucesivas partículas que ocupan ese punto en los sucesivos instantes es la misma. Por tanto, la velocidad es constante respecto al tiempo o bien $\partial V / \partial t = 0$, pero puede variar de un punto a otro. Este supuesto da por sentado que las otras variables no varían con el tiempo o $\partial p / \partial t = 0$, $\partial Q / \partial t = 0$, etc. La mayoría de los problemas técnicos prácticos implican condiciones permanentes de flujo. Por ejemplo, el transporte de líquido con altura de carga constante o el vaciado de depósitos con orificios con altura de carga constante. Estos pueden ser uniformes o no uniformes.

Flujo uniforme, cuando la dirección, el módulo y el sentido de la velocidad no varían de un punto a otro del fluido, es decir, $\partial V / \partial s = 0$. Este supuesto implica que las otras magnitudes físicas del fluido no varían con las coordenadas especiales $\partial y / \partial s = 0$, $\partial p / \partial s = 0$, etc. el flujo de fluidos bajo presión a través de tuberías de diámetro constante y de gran longitud es uniforme tanto si el régimen es permanente o no permanente.

Ecuaciones del movimiento para flujo Permanente. Se considera como cuerpo libre la masa elemental del fluido dM mostradas en la Fig. 2b y El movimiento tiene lugar en el plano del papel y se escoge el eje x paralelo en dirección al movimiento. No se han representado las fuerzas que actúan sobre el cuerpo libre dM en dirección normal al movimiento. Las fuerzas que actúan sobre en la dirección x se deben a (1) las presiones que actúan sobre las caras de los extremos. (2) la componente del peso y (3) las fuerzas cortantes (dF_s en kilogramos) ejercidas por las partículas fluidas adyacentes.

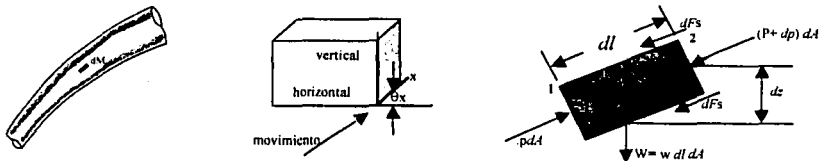


Fig. 2b

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

De la ecuación del movimiento $\Sigma F_x = Ma_x$ se obtiene

$$[+pdA - (p + dp) dA - wdA dl \operatorname{sen} \theta_x - dF_s] = \frac{w dA dl}{g} \left(\frac{dV}{dt} \right) \quad (2.3)$$

Dividiendo (2.3) por $w dA$ y sustituyendo dl / dt por la velocidad V ,

$$\left[\frac{p}{w} - \frac{p}{w} - \frac{dp}{w} - dl \operatorname{sen} \theta_x - \frac{dF_s}{wdA} \right] = \frac{V dV}{g} \quad (2.4)$$

El término $\frac{dF_s}{WdA}$ representa la resistencia que se opone al movimiento en la longitud dl

Las fuerzas cortantes dF_s por el producto de la tensión cortante τ por el área sobre la que actúa (perímetro \times longitud), es decir $dF_s = \tau dP dl$.

$$\text{Así, } \frac{DF_s}{w dA} = \frac{\tau dP dl}{w dA} = \frac{T dl}{wR}$$

Donde R se conoce con el nombre de radio hidráulico y se define como el cociente del área de la sección recta por el perímetro mojado o, en este caso, dA / dP . La suma del trabajo realizado por todas las fuerzas cortantes mide la pérdida de energía debida al flujo, y, medida en Kg/m , será:

$$\text{pérdida de carga } dh_L = \frac{\tau dl}{wR} = \frac{\text{Kg/m}^2 \times \text{m}}{\text{Kg/m}^3 \times \text{m}^2/\text{m}} = \text{m}$$

Para futuras referencias,

$$\tau = wR \left(\frac{dh_L}{dl} \right) \quad (2.5)$$

Volviendo sobre la expresión (2.4), como $dl \operatorname{sen} \theta_x = dz$, adopta finalmente la forma

$$\frac{dp}{w} + \frac{V dV}{g} + dz + dh_L = 0 \quad (2.6)$$

Esta expresión se conoce con el nombre de ecuación de Euler cuando se aplica a un fluido ideal (pérdida de carga = 0). Al integrar la ecuación anterior, para flujos de densidad constante, se obtiene la llamada ecuación de Bernoulli. La ecuación diferencial (2.6), para flujos permanentes, es una de las ecuaciones fundamentales para flujo de fluidos.

Para fluidos incompresibles la integración es como sigue.

$$\int_{p_1}^{p_2} \frac{dp}{w} + \int_{v_1}^{v_2} \frac{VdV}{g} + \int_{z_1}^{z_2} dz + \int_1^2 dh_L = 0 \quad (2.7)$$

El término de la pérdida de carga total se representa por H_L . Al integrar y sustituir límites,

$$\left(\frac{p_2}{w} - \frac{p_1}{w} \right) + \left(\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right) + (z_2 - z_1) + H_L = 0$$

$$\left(\frac{p_1}{w} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 \right) - H_L = \left(\frac{p_2}{w} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \right) \quad (2.8)$$

que es la forma más conocida del teorema de Bernoulli, aplicable al flujo de fluidos incompresibles (sin adición de carga exterior).

Aplicación del teorema de Bernoulli

La aplicación del teorema de Bernoulli debe hacerse de forma racional y sistemática. El procedimiento sugerido es el siguiente:

- 1) Dibujar un esquema del sistema, seleccionando y marcando cada una de las secciones rectas bajo consideración
- 2) Aplicar la ecuación de Bernoulli en la dirección del flujo. Se escoge el punto de menor elevación para que no existan signos negativos.
- 3) Calcular la energía aguas arriba en la sección uno. La energía se mide en Kg m / Kg que se reduce en definitiva en metros de fluido
- 4) Añadir, en metros de fluido, toda energía adicionada al fluido mediante cualquier dispositivo mecánico, tal como bombas.
- 5) Restar, en metros de fluido, cualquier energía perdida durante el flujo.
- 6) Restar, en metros de fluido, cualquier energía extraída mediante dispositivos mecánicos, tal como turbinas.
- 7) Igualar la anterior suma algebraica a la suma de alturas de presión, de velocidad, topográfica o elevación en la sección dos.
- 8) Si las dos alturas de velocidad son desconocidas, relacionarlas mediante la ecuación de continuidad.

Ecuación de continuidad, es una consecuencia del principio de conservación de la masa. Para un flujo permanente, la masa del líquido que atraviesa cualquier sección de una corriente de fluido, por unidad de tiempo, es constante.

$$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2 = \text{constante}$$

$$w_1 A_1 V_1 = w_2 A_2 V_2 \quad (\text{en Kg / seg.})$$

Para fluidos incompresibles y para todos los casos prácticos en que $w_1 = w_2$, la ecuación se transforma en

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 = \text{constante} \quad (\text{en m}^3 / \text{seg.}) \quad (2.9)$$

Donde A_1 y V_1 son, respectivamente, el área de la sección recta en m^2 y la velocidad media de la corriente en $m / \text{seg.}$ en la sección 1, con significado análogo en la sección 2.

La ecuación de continuidad para un flujo permanente incompresible bidimensional es

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 = A_3 V_3 = \text{constante} \quad (2.10)$$

Pérdida de carga.- Pero los líquidos no son perfectos, sino siempre viscosos en mayor o menor grado, y se desarrollan en ellos, al moverse, esfuerzos tangenciales que influyen notablemente en los caracteres del movimiento.

La carga H no se mantiene constante, sino que una parte se emplea en vencer las resistencias que se oponen al movimiento del líquido

La parte de H gastada en vencer las resistencias al movimiento del agua constituye la *pérdida de carga.* (Fig. 2c).

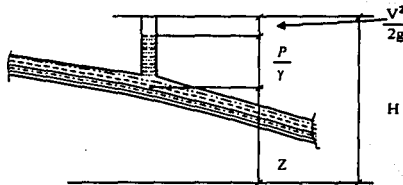


Fig. 2c Teorema de Bernoulli

Altura o carga piezométrica. Si en un tubo, por el que circula agua a presión, aplicamos a las paredes tubos Piezométricos verticales, el agua se eleva en cada uno a una altura (piezométrica) en metros igual a P / γ , siendo p la presión en Kg / m^2 en la tubería, y γ , el peso específico del agua ($1.000 Kg / m^3$). Es natural, puesto que así cada columna ejerce en su base una presión de $p Kg / m^2$ (fig. 2d).

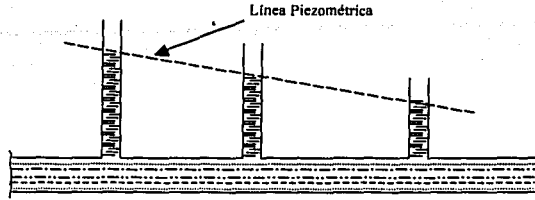


Fig.- 2d.- Línea de cargas piezométricas

Altura cinética.- Se le llama así a la expresión $\frac{V^2}{2g}$, siendo V la velocidad (m / seg.)

del agua y g la aceleración de la gravedad. Representa, como sabemos, la altura que ha de recorrer un cuerpo que se deja caer en el vacío con velocidad inicial nula, para que alcance la velocidad V .

Flujo de fluidos en tuberías, Existen dos tipos de flujos permanentes en el caso de fluidos reales;

a) *Flujo laminar;* donde las partículas se mueven según trayectorias paralelas, formando el conjunto de ellas capas o láminas. El flujo laminar está gobernado por la ley que relaciona la tensión cortante con velocidad de deformación angular, es decir, la tensión cortante es igual al producto de la viscosidad del fluido por el gradiente de las velocidades o bien $\tau = \mu \, dv / dy$. La viscosidad del fluido es la magnitud física predominante y su acción amortigua cualquier tendencia a la turbulencia.

Velocidad crítica, es aquella velocidad por debajo de la cual toda turbulencia es amortiguada por la acción de la viscosidad del fluido. La experiencia muestra que, un límite superior para el régimen laminar, en tuberías, viene fijado por un valor del número de Reynolds alrededor de 2000.

Número de Reynolds

Es un grupo adimensional, dado por el cociente de las fuerzas de inercia por las fuerzas debidas a la viscosidad.

para tuberías circulares, en flujo a tubería llena,

$$\text{Número de Reynolds} \quad Re = \frac{V \, dp}{\mu} \quad \text{o} \quad \frac{Vd}{\nu} = \frac{V(2 \, r_0)}{\nu} \quad (2.11)$$

donde: V = velocidad media en m / seg.
 d = radio de la tubería en m, r_0 = radio de la tubería en m.
 ν = viscosidad cinemática del fluido en $m^2 / \text{seg.}$
 ρ = densidad del fluido en UTM / m^3 ó $Kg \text{ seg}^2 / m^4$
 μ = viscosidad absoluta en $Kg \text{ seg.} / m^2$

b) *Flujo turbulento*, donde las partículas se mueven en forma desordenada en todas las direcciones. Es imposible conocer la trayectoria de una partícula individualmente.

La tensión cortante en el flujo turbulento puede expresarse así:

$$\tau = (\mu + \eta) \frac{dv}{dy}$$

donde: τ = un factor que depende de la densidad del fluido y de las características del movimiento
 μ = los efectos debidos a la viscosidad
 η = los efectos debidos a la turbulencia

Formula de Darcy-Weisbach

Es la formula básica para el cálculo de las pérdidas de carga en las tuberías y conductos

Para un fluido cualquiera la pérdida de carga viene dada por la caída de presión y es una medida de la resistencia presentada al flujo a través de la tubería. La resistencia es una función del diámetro de la tubería, la viscosidad y la densidad del fluido, la longitud de la tubería, la velocidad del fluido y la rugosidad K de la tubería, se puede escribir

$$(p_1 - p_2) = f(d, \mu, \rho, L, V, K)$$

$$(p_1 - p_2) = C d^a \mu^b \rho^c L^d V^e (\epsilon / d)^f \quad (a)$$

A partir de datos experimentales se ve que el exponente de la longitud L es la unidad. El valor K se expresa usualmente como la relación entre el tamaño de las protuberancias superficiales ϵ y el diámetro d de la tubería, resultando adimensionales. Se puede escribir por tanto,

$$F^1 L^{-2} T^0 = (L^a) (F^b T^b L^{-2b}) (F^c T^{2c} L^{-4c}) (L^1) (L^e T^{-e}) (L^f / L^f)$$

y $1 = b + c$, $-2 = a - 2b - 4c + 1 + e + f - f$, $0 = b + 2c - e$, a partir de las cuales se pueden determinar los valores de a , b y c en función de e o bien

$$c = e - 1, \quad b = 2 - e, \quad a = e - 3$$

sustituyendo en (a)

$$(p_1 - p_2) = C d^{e-3} \mu^{2-e} \rho^{e-1} L^1 V^e (\epsilon / d)^f$$

dividiendo el primer miembro de la ecuación por μ y el segundo por el equivalente pg .

$$\frac{p_1 - p_2}{w} = \text{pérdida de carga} = \frac{C (\epsilon / d)^f L (d^{\epsilon-3} v^{\epsilon} \rho^{\epsilon-1} \mu^{2-\epsilon})}{pg}$$

que puede transformarse en; (al introducir 2 en el numerador y en el denominador)

$$\begin{aligned} \text{pérdida de carga} &= 2C \left(\frac{\epsilon}{d} \right)^f \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g} \left[\frac{d^{\epsilon-2} v^{\epsilon-2} \rho^{\epsilon-2} \mu^{2-\epsilon}}{\mu^{2-\epsilon}} \right] \\ &= K' (Re^{\epsilon-2}) \left(\frac{L}{d} \right) \left(\frac{V^2}{2g} \right) = f \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g} \end{aligned} \quad (2.12)$$

Coefficiente de fricción, El factor o coeficiente de fricción f puede deducirse matemáticamente en el caso de régimen laminar, más en el caso de régimen turbulento no se dispone de relaciones matemáticas sencillas para obtener la variación de f con el número de Reynolds. Nikuradse y otros investigadores han encontrado que sobre el valor de f también influye la rugosidad relativa de la tubería.

- a) Para régimen *laminar* en todas las tuberías y para cualquier fluido, el valor de f viene dado por:

$$f = 64 / Re \quad (2.13)$$

Re tiene un valor práctico máximo de 2000 para el flujo laminar.

- b) para *flujo turbulento*, en tuberías rugosas o lisas las leyes de resistencias universales pueden deducirse a partir de

$$1) \quad f = 8\tau_0 / \rho V^2 = 8 V_0^2 / V^2 \quad (2.14)$$

- 2) para tuberías lisas, Blasius ha sugerido, con el número de Reynolds comprendido entre 3000 y 100.000,

$$f = 0.316 / Re^{0.25} \quad (2.15)$$

- 3) para tuberías *rugosas*

$$1/\sqrt{f} = 2 \log r_0 / \epsilon + 1.74 \quad (2.16)$$

- 4) para todas las tuberías, el Hidráulik Institute de los Estados Unidos y la mayoría de los ingenieros consideran la ecuación de Colebrook como la más aceptada para calcular f .

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\epsilon}{3.7d} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right] \quad (2.17)$$

Aunque esta última ecuación es muy engorrosa de resolver, se dispone de diagramas que dan las relaciones existentes entre el coeficiente de fricción f , el número de Reynolds Re y la rugosidad relativa ϵ / d .

El diagrama A-1 se utiliza cuando se conoce Q , y el diagrama A-2 se utiliza cuando se desea calcular el caudal. La última forma fue sugerida por S. P. Johnson y Hunter Rouse.

Presión.- Es la acción y efecto de apretar o comprimir, también puede decirse que *presión* es la resultante de aplicar una fuerza o un peso sobre un área o superficie determinada. A la fuerza o peso por unidad de área o superficie se le conoce como intensidad de presión.

$$P \text{ (Kg / m}^2\text{)} = \frac{dP \text{ (Kg)}}{dA \text{ (m}^2\text{)}} \quad (2.18)$$

donde

P = Fuerza o peso aplicado, expresado en toneladas, Kg, Lb., gr, etc.

A = Superficie o área de contacto, en Km², m², cm.², pies², pulg.², etc.

P = Presión resultante, expresada en ton./m², Kg / m², Kg / cm.², lb. / pulg.², lb. / pies², gr/ cm.², etc.

Diferencia de presiones. Las variaciones de presión en un fluido compresible son, por lo general, muy pequeñas ya que los pesos específicos son muy pequeños, como también lo son las diferencias en elevación consideradas en la mayoría de los cálculos en la hidráulica. cuando se han de tener en cuenta para pequeñas diferencias en elevación dh , la ley de variación de la presión puede escribirse en la forma

$$dp = -w dh$$

El signo negativo indica que la presión disminuye al aumentar la altitud, con h positiva hacia arriba.

La altura de presión h representa la altura de una columna de fluido homogéneo que dé la presión dada. Así

$$h \text{ (m de fluido)} = \frac{p \text{ (Kg / m}^2\text{)}}{w \text{ (Kg / m}^3\text{)}}$$

$$P_2 - P_1 = w(h_2 - h_1) \text{ en Kg / m}^2 \text{ donde:}$$

W = peso específico del líquido Kg / m³ y $h_2 - h_1$ = diferencia de elevación (m).

Presión de los fluidos

Principio de Pascal.- La presión ejercida sobre un punto cualquiera de un líquido en reposo, actúa con igual intensidad en todas direcciones y perpendicularmente a las paredes interiores de las tuberías o recipientes que lo contienen.

El principio de Pascal, es de constante aplicación en Instalaciones hidráulicas, gas L.P. o natural, Diesel, Gasolina, Petróleo, Refrigeración, Oxígeno, de los fluidos en general, en edificaciones particulares o en redes de abastecimiento, para realizar las pruebas de hermeticidad también conocidas como pruebas de recepción, que son las que determinan si existen o no fugas.

Al introducir a las tuberías o recipientes sometidos a la prueba de hermeticidad agua, aire o cualquier gas inerte hasta alcanzar una cierta presión, cuyo valor debe ser de acuerdo al material de las tuberías, conexiones, tipo de válvulas, etc. y conociendo el tipo de fluido por conducir además de la presión de trabajo, podemos estar seguros que el principio de Pascal se cumple.

Si por alguna razón técnica o simplemente tratando de demostrar el principio de Pascal, se cambia de lugar el manómetro que generalmente se instala inmediatamente después del medio de inyección del fluido de prueba, o se instalan varios manómetros en diferentes lugares de las tuberías (en circuito cerrado) sujetas a presión, el valor de la presión medida en cada punto a considerar es exactamente el mismo.

Al conocerse el concepto de *presión* y sus unidades tanto en el sistema métrico (M.K.S.) como en el sistema ingles (F.P.S.), y en virtud de que las instalaciones de fluidos en general se trabajan en ambos sistemas, hay necesidad de relacionar sus valores.

$$1.00 \text{ m} = 3.28 \text{ pies}$$

$$1.00 \text{ m}^2 = 10.75 \text{ pies}^2$$

$$1.00 \text{ lb. / pie}^2 = 4.88 \text{ Kg / m}^2$$

A la presión unitaria expresada en Kg / m^2 que es en realidad una unidad auxiliar, se le conoce como atmósfera estándar.

La presión atmosférica, es la fuerza unitaria que ejerce la capa que cubre a la tierra conocida como atmósfera; Torricelli fue el primero en calcular el valor de la presión atmosférica con ayuda de un barómetro sencillo de fabricación casera.

Dicho barómetro consiste en un depósito abierto, parcialmente lleno de mercurio y un tubo de vidrio de 85 a 90 cm. de longitud (puede ser más largo), su sección transversal puede ser de cualquier valor y cerrado en uno de sus extremos.

Modo de operarse.- Una vez lleno parcialmente de mercurio el depósito, se llena también el tubo con mercurio y tapándose el extremo abierto, se invierte y se introduce en el mercurio del depósito, observándose que al destapar dicho extremo, el mercurio contenido dentro del tubo desciende por su propio peso hasta estabilizarse a una altura "h", dejando sobre este nivel libre del mercurio y el extremo cerrado, un espacio vacío, al cual se le conoce como "Cámara barométrica".

Para calcular el valor de la presión atmosférica, es necesario tener presente:

Si se consideran los puntos A y B, se observa que se trata de dos puntos diferentes en un mismo nivel de un líquido homogéneo en reposo, por lo tanto, la presión en ambos puntos debe ser exactamente la misma. Considerando lo anterior, la presión sobre el punto A es únicamente la atmosférica y debe ser igual a la presión sobre el punto B que es la ejercida por la columna de mercurio. El valor de la presión sobre el punto B, se obtiene al multiplicar el peso específico del mercurio W_m . Por la altura "h" de la columna.

Al nivel del mar y sin perturbaciones atmosféricas, la altura "h" de la columna es en promedio de 76 cm. en consecuencia, la presión atmosférica vale:

$$\begin{aligned} P. \text{ atmosférica} &= W_m \times h \\ P. \text{ atmosf.} &= 13,600 \text{ kg/m}^3 \times 0.76 \text{ m.} \\ P. \text{ atmosf.} &= 1.033 \text{ Kg./cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_m &= \text{Peso específico del mercurio} = 13600 \text{ kg/m}^3 \\ H &= \text{Altura de la columna de mercurio} = 0.76 \text{ m.} \end{aligned}$$

A este valor de presión atmosférica media al nivel del mar, se le conoce como Atmósfera estándar.

Por su similitud con el de la atmósfera estándar, a la presión unitaria del sistema métrico, se le denomina Atmósfera métrica.

$$\begin{aligned} 1.00 \text{ Atmósfera estándar} &= 1.00 \text{ atm. Std.} \\ 1.00 \text{ atm. estd} &= 1.033 \text{ Kg./cm}^2 \end{aligned}$$

Como puede observarse, si la presión ejercida por la columna de mercurio sobre un punto es igual al peso específico del mismo $W_m = 13600 \text{ Kg./m}^3$ multiplicado por la altura "h" expresada en metros, esto explica que en las instalaciones hidráulicas y sanitarias el instalador exprese las presiones en metros de columna de agua.

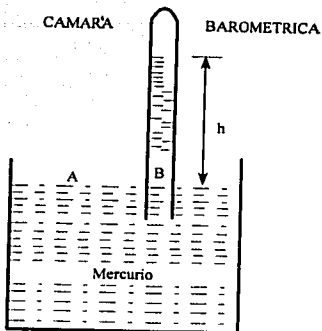


Fig. 2e

Considerando lo anterior y recordando que el peso específico del agua es $W_a = 1000 \text{ Kg/m}^3$, para obtener una presión de 1.0 Kg/cm^2 , es necesario disponer de una columna de agua de 10 m.

De la formula $P = W_a \times h$

$$P = 1000 \text{ Kg/m}^3 \times 10 \text{ m.} = 10000 \text{ Kg/m}^3 \times \text{m}$$

$$P = 1.0 \text{ Kg/cm}^2.$$

En consecuencia

$$10 \text{ m de columna de agua} = 1.0 \text{ Kg/cm}^2$$



CAPÍTULO 2
"SISTEMAS DE PRESIÓN"

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ARAGON"
"ANÁLISIS DE MÉTODOS DE DISEÑO HIDRÁULICO EN INSTALACIONES"
JOSÉ ANDRÉS VELÁZQUEZ ALCAYA

CAPITULO II

SISTEMAS DE PRESIÓN

2.1 Instalaciones Con tanque o depósito elevado, un esquema de este tipo es como el de la fig. 3a y 3a-1, una bomba aspira el agua de un pozo o de la tubería general y la eleva mediante un tubo a un tanque colocado en la terraza o azotea del edificio. Otras veces éste va colocado sobre una estructura metálica o de concreto. Del tanque parten los distribuidores horizontales que llevan el agua a las columnas descendentes que a su vez alimentan en cada punto de la derivación los grifos de servicio.

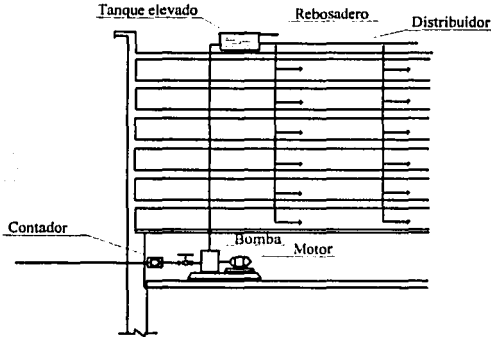


Fig. 3a Instalacion con tanque elevado

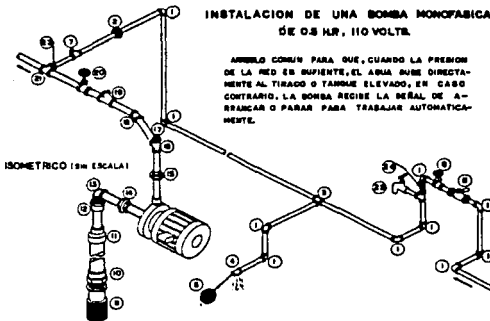


Fig. 3a-1 Bomba monofásica

Los depósitos pueden ser de diferentes materiales, metálicos (Los de hierro deben estar galvanizados), asbesto cemento, uralita, etc., con tal que sean materiales impermeables e inodoros. Deben tener tapa hermética y sanitaria que evite filtraciones que contaminen el agua, además de un fácil acceso para su limpieza.

Todos los tanques deben contar con una llave de purga y una llave de paso para controlar el tinaco en caso de que suceda una avería en la red y se necesite cortar el suministro de agua para repararla.

Los depósitos se llaman de *compensación*, cuando su función consiste en proveer el consumo durante los ratos en que ésta pasa por un máximo, y de *reserva*, cuando la cantidad que se acumula de agua permite también el servicio aun el caso de una avería en la instalación.

El tamaño del depósito conviene que sea el menor posible para limitar los gastos de instalación, reducir el peso y para que el agua no este mucho tiempo en él.

El tamaño mínimo dependerá del suministro de agua al mismo y del consumo en el edificio, por lo que el depósito será tanto menor como el suministro y el consumo sean más parecidos. (Si ambos fueran iguales no haría falta el depósito)

En el régimen de entrada del agua al depósito influirá el número de veces que se desea que funcione la bomba y el tiempo que funcionara cada vez. Si se fijan estos datos, el gasto de la bomba será el consumo total diario dividido por el número de horas de funcionamiento. Y en relación con el gasto será la potencia de la bomba. (Conviene que la potencia de la bomba no sea demasiado grande, para limitar los gastos de instalación, ni demasiado pequeña, para reducir el tiempo de funcionamiento)

Para determinar el tamaño mínimo que en cada caso debe darse al depósito, conviene empezar por hacer un grafico (Fig. 3b) del consumo a las distintas horas al día. Este indica, por ejemplo, que de las once a las doce horas se han consumido 300 lts. y de las doce a la una 400 lts. En el esquema hay una punta de siete a nueve, otra de once a trece y otra de las veinte a las veintidós.

Así pueden fijarse; los periodos de funcionamiento y la potencia de la bomba y la capacidad mínima del tanque, de modo tal que al finalizar cada periodo de funcionamiento, queda almacenada una cantidad de agua mayor que la que se va a consumir, hasta que de nuevo funcionará la bomba.

Todo lo expresado aplica para el caso en que el *control sea manual*.

En el caso de los *sistemas automáticos*, El agua impulsada por el equipo de bombeo llega al tanque elevado por la columna montante, penetrando en él sin interposición de elemento alguno. Alcanzada la cantidad de agua de reserva establecida, es necesario interrumpir la llegada de agua por bombeo, y para ello debe interrumpirse el funcionamiento de las bombas elevadoras.

Ello se produce como consecuencia del funcionamiento de un "flotante automático electricizo" que se encuentra en el interior del tanque.

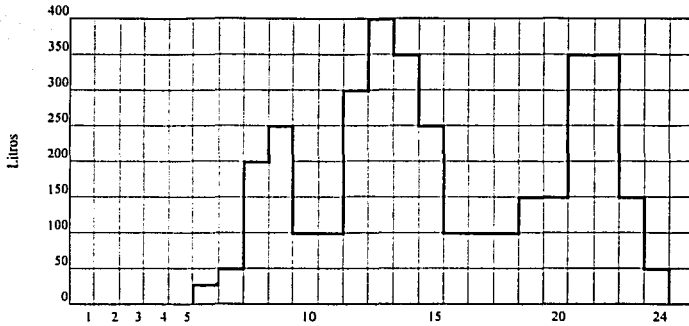


Fig. 3b Diagrama de consumo horario

Este flotante está constituido por una varilla de bronce que posee dos topes, uno inferior y otro superior, colocada verticalmente, cuyo extremo inferior está guiado desde el fondo del tanque y el superior se halla vinculado a un interruptor eléctrico, que obra directamente sobre la puesta en marcha o la desconexión de las bombas.

A lo largo de la varilla se desplaza un flotador, cuyo recorrido está limitado por los topes antes citados. Cuando el agua entra al tanque acciona contra el tope superior de la varilla, la cual es empujada hacia arriba, hasta alcanzar el interruptor eléctrico, interrumpiendo el accionamiento de las bombas.

Contrariamente, al producirse consumo de agua, esta baja su nivel dentro del tanque y cuando alcanza el tope inferior de la varilla, el flotador cierra el circuito eléctrico y vuelven a ponerse en funcionamiento las bombas.

Es oportuno dejar establecido que en el tanque elevado, existe solamente un flotador: el automático. (Fig. 3c)

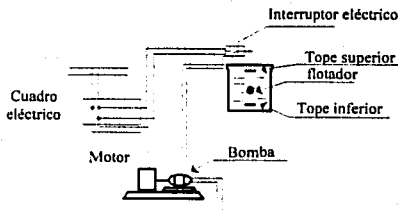


Fig. 3c. Sistema automático

Cálculo de la capacidad, La capacidad en litros de los tinacos o tanques elevados, se puede calcular de acuerdo al valor de la dotación asignada (Tabla 3.1) y al número de personas calculado en forma aproximada de acuerdo al criterio siguiente:

$$\text{Para una recámara} = 1 \times 2 + 1 = 3 \text{ personas}$$

$$\text{Para dos recámaras} = 2 \times 2 + 1 = 5 \text{ personas}$$

$$\text{Para tres recámaras} = 3 \times 2 + 1 = 7 \text{ personas}$$

De lo anterior deducimos:

$$\text{Cap. Tinaco} = (\text{No. de recámaras} \times 2 + 1) (\text{dotación})$$

$$\text{Cap. Tinaco} = (\text{Personas}) \left(\frac{\text{Lts.}}{\text{per./ día}} \right) = \frac{\text{Lts.}}{\text{día}}$$

En el caso en que se tengan más de tres recámaras, se agregan solamente dos personas por cada recámara adicional.

Para cuatro recámaras deberán considerarse como mínimo:

$$(3 \times 2 + 1) + 2 = 9 \text{ personas}$$

Para cinco recámaras

$$(3 \times 2 + 1) + 2 \times 2 = 11 \text{ personas}$$

Ejemplo

Calcular la capacidad de un tinaco para una vivienda popular que cuenta con tres recámaras, en cuyo servicio se ha asignado una dotación de 150 litros por persona por día.

$$\text{Capacidad Tinaco} = (3 \times 2 + 1) (150) = 1050 \text{ Litros / día.}$$

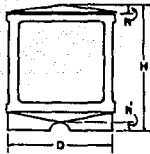
Ajustando a un tinaco de capacidad comercial será de 1100 Lts.

Los tinacos deberán contar con llave de purga y llave de paso para controlar el flujo del agua.

Habitación tipo popular	150 L / persona día
Habitación de interés social	200 L / persona día
Residencial y departamentos	250 a 500 L / persona día
Oficinas (edificios de)	70 L / persona día
En el caso de oficinas puede estimarse también 10 L / m ² de área rentable.	
Hoteles	500 L / huésped día
Cines	2 L / espectador función
Fábricas (sin consumo industrial)	70 L / obrero
Hay que sumar los obreros de los tres turnos	
Baños públicos	500 L / bañista día
Escuelas	100 L / alumno día
Clubes	500 L / bañista día
Hay que adicionar las dotaciones por cada concepto diferente, es decir: bañista, restaurante, riego de jardines, auditorio, salones de reunión, etc.	
Restaurantes	16 a 30 L / comensal
Lavandería	40 L / Kg de ropa seca 60 % de agua caliente
Hospitales	500 a 1000 L / cama día
Riego de jardines	50 L / m ² de superficie de césped cada que se riegue
Riego de patios	2 L / m ²

Tabla 3.1 Consumo diario por persona o dotación

Formas y capacidades. Las formas y capacidades de los tanques elevados son diversas, a continuación se indican los más frecuentes.

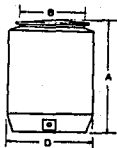


TINACOS VERTICALES

CAP LTS	D	H	NUM. PATAS	N°	R	PESO EN KILOGRAMOS	
						TANQUE	TAPA
200	820	1040	3	80	110	42	8
400	850	1260	4	90	160	80	14
700	850	1740	4	120	180	110	14
800	1040	1550	4	140	200	150	18
1100	1040	1900	4	150	200	170	18
1200	1040	2300	4	180	200	212	18

MEDIDAS EN MM.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

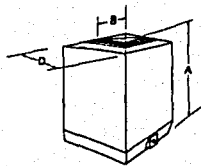


TINACO VERTICAL CON PATAS

MODELO	CAPACIDAD LTS.	PESO KGS.
T	200	38
T	400	47
T	800	74
T	1100	133

A	D	B	CAPACIDAD LTS.	PESO KGS.
982	805	480	240	33
1092	850	480	536	60
1022	1000	480	808	74
1827	1085	480	1220	128

D REAL DIMENSIONES EN MM.

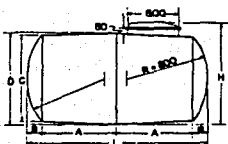


TINACO VERTICAL CUADRADO

MODELO	CAPACIDAD LTS.	PESO KGS.
C	400	75
C	800	118
C	1100	190

A	D	B	CAPACIDAD LTS.	PESO KGS.
1158	880	480	418	78
1305	800	450	848	118
1395	980	450	1100	190

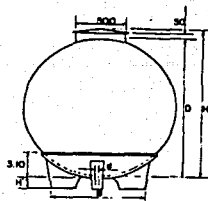
MEDIDAS EN MM.



TINACOS HORIZONTALES

CAP.	PESO	A	B	C	D	L	H
700	80	700	108	730	838	1018	938
1000	100	750	158	818	918	1018	1118
1800							

MEDIDAS EN MM. PESO EN KGS.



TINACOS ESFERICOS

CAP	PESO	ESPESOR	D	H	H'	A	B
1800	140	8	1480	1880	130	100	970
2500	250	12	1710	1810	175	115	1080
3000	300	14	1800	1940	200	130	1150

MEDIDAS EN MM PESO EN KGS.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2.2 Instalaciones con tanque bajo o de bombeo. Para realizar el diseño de un tanque bajo, (cisterna) es necesario tener presente lo que establecen los reglamentos y demás disposiciones sanitarias en vigor, (ver anexo de normalización de la CNA; NOM-009-CNA-1997 y del IMSS) pues es importante evitar en lo posible la contaminación del agua almacenada, a base de una construcción "impermeable" y de establecer distancias mínimas de dicho tanque a los linderos más próximos, a las bajadas de agua negra y con respecto a los albañales, además de considerar otras condiciones impuestas por las características y dimensiones del terreno disponible, del volumen de agua requerido o por otras condiciones generales o particulares en cada caso.

Deben estar contruidos con materiales que no alteren las características del agua: generalmente son de hormigón armado, pudiendo ser también en albañilería de ladrillos asentados en mortero reforzado, en el caso de tratarse de tanques de poca capacidad.

Interiormente se impermeabilizan con concreto e hidrófugo y exteriormente la textura es variada, desde el hormigón visto, el revoque común o revestimiento de cualquier otro tipo.

Cuando su capacidad excede los 4,000 litros, debe dividirse en dos partes. Los encuentros de paredes entre sí y con el fondo, deben terminarse con un chaflán a 45°, de no menos de 20 cms., y el fondo debe terminarse con pendiente no menor de 1:10, hacia la salida de las ramas del colector.

El tabique interior, debe sobrepasar la altura del pelo de agua, o entrada de la cañería de alimentación, pudiendo o no alcanzar la losa que cubre el tanque.

En al parte superior del tanque se coloca una tapa de 25 x 25 o de 35 x 35 cms, a través de la cual se colocan o arman los flotantes, mecánico y automático, según los casos, y que permite su inspección y eventual reparación. Esta tapa no es hermética, pero tiene un dispositivo especial que no le permite permanecer abierta en forma natural y debe sellarse y precintarse una vez usada.

En la misma parte superior lleva una ventilación, generalmente de bronce o plomo galvanizado, de 25 mm de ϕ , curvada con abertura hacia abajo y protegida con una malla de bronce.

Habitualmente el tanque bajo se ubica en salas de máquinas en subsuelo y excepcionalmente en piso bajo (anexo IMSS 5.5.7)

Su capacidad no está definida específicamente, pero puede considerarse conveniente, cuando oscila entre el tercio y el quinto del total del agua necesaria como reserva (ver anexo IMSS 5.5.1)

Se alimenta directamente de agua de la conexión directa que llega por gravitación de la red hasta el tanque, volcando el agua en el mismo, regulándose su entrada por medio

de un flotante mecánico a presión. En la entrada debe colocarse una llave de paso, para una eventual reparación o cambio de flotante (anexo IMSS 5.5.2 y 5.5.6)

Además del flotante mecánico a presión, que regula la entrada de agua directa, existe un flotador automático con un solo tope en la varilla ubicado en la parte inferior, aproximadamente a 30 cm. del fondo, de modo tal que, si en algún momento se interrumpe la entrada de agua directa, y se agota su reserva por efecto del funcionamiento del equipo de bombeo, al accionar el flotador sobre el tope inferior, se abre el circuito eléctrico y dejan de funcionar las mismas, evitando de esta manera el funcionamiento en vacío con sus consecuentes deterioros.

En consecuencia, el tanque bajo (o de bombeo) posee dos flotantes, uno mecánico y otro automático.

Ejemplo:

Diseñar una cisterna para casa habitación que consta de tres recámaras, en cuyo caso se asigna una dotación de 150 Litros por persona por día, además de una reserva de 150 lts. por persona.

1.- De acuerdo al número de recamaras se determina en forma aproximada el número de personas.

Para el ejemplo que nos ocupa tenemos:

- a) total de personas $3 \times 2 + 1 = 7$
- b) Volumen requerido $7 \times 150 = 1\ 050$ lts.

Volumen requerido = $1\ 050 + 1\ 050 = 2\ 100$ lts. = 2.10 m³

- c) Se diseña la cisterna indicando medidas interiores y tomando en consideración piso y muros de concreto con doble armado de 20 cm de espesor, sin olvidar que para cisternas de poco volumen y como consecuencia de profundidades que no rebasen los 2.00 m, ni sean menores de 1.60 m de altura total interior, la altura del agua debe ocupar como máximo las 3/4 (Fig. 3e) partes cuando se trabaja con valores específicos.

Otra solución es calcular la cisterna de acuerdo al volumen total requerido y enterrarla, para dejar entre 40 y 50 cm entre el nivel libre del agua y la parte baja de la losa que la cubre, para la correcta operación y manejo de los controles.

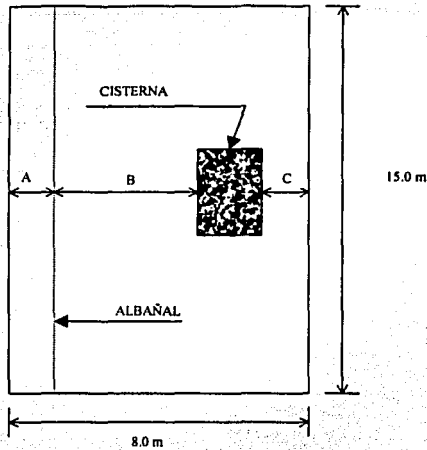


Fig. 3d diseño de cisterna

Como puede observarse (Fig. 3d), se dispone a lo ancho del terreno de:

8.00 m ancho total del terreno

A = Distancia del albañal al lindero más próximo 1.00 m

B = Distancia mínima del albañal a la cisterna 3.00 m

C = Distancia de la parte exterior de la cisterna a los linderos más próximo 0.40 m

quedando 0.40 m de espacio total ocupado por los dos muros de concreto de doble armado.

Considerando que no se tiene problema con la dureza del terreno ni con los niveles freáticos y tomando en cuenta el reducido volumen requerido, se dará para este caso un valor a la altura total interior de la cisterna de $H = 1.60$ m.

Conocido el volumen requerido $V = 2.10$ m³ y la altura máxima de agua dentro de la cisterna $h = 1.20$ m, al dividir el volumen entre la altura obtenemos el área de la base:

$$A = \frac{V}{h} = \frac{2.10 \text{ m}^3}{1.20 \text{ m}} = 1.75 \text{ m}^2$$

Si se tratara de una cisterna de base cuadrada, obtendríamos el valor de sus lados simplemente realizando la raíz cuadrada de área.

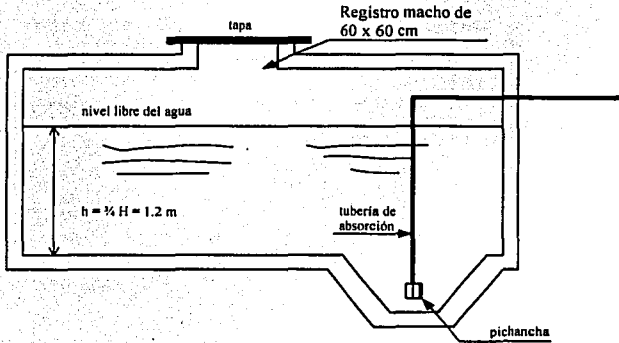
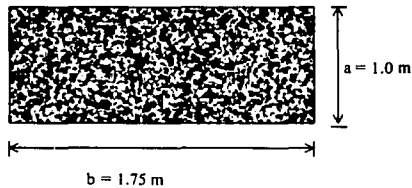


Fig. 3e Diseño de cisterna

Pero, como en este caso deseamos una cisterna rectangular tenemos:

$$b = \frac{A}{a} = \frac{1.75}{1.00} = 1.75 \text{ m}$$

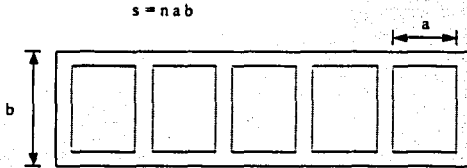
Área de la base de la cisterna



Notas: Todas las esquinas interiores de las cisternas, deben ser redondeadas para evitar la formación de colonias de bacterias y para una mejor limpieza. La capacidad debe ser suficiente para abastecer la edificación con un mínimo de 2/3 del consumo diario.

Proporciones de las cisternas más económicas. Una vez decidido el espesor de la lamina de agua dentro de la cisterna y el volumen que se va a almacenar (anexo IMSS 5.5.2), queda definida la superficie total que deben tener los compartimientos, cuyo número se fija en atención a sus medidas constructivas, a fin de no tener que recurrir a espesores exagerados en las losas de concreto con que se cubrirán estos.

Si la cisterna de (s) metros cuadrados de superficie en planta, se dividiera en (n) compartimientos (anexo IMSS 5.5.4), siendo cada uno de (a) por (b) metros entonces tenemos:



En el caso de que los (n) compartimientos formen una sola hilera, la superficie de los muros será proporcional a la altura interior de la cisterna, dimensión que se toma como fija y proporcional a la suma de las longitudes de los muros, suma que será:

$$M = 2 n a + (n + 1) b$$

pero como $b = s / n a$

$$M = b (n + 1) + 2 s / b$$

y para que el desarrollo de los muros sea mínimo, derivamos e igualamos a cero:

$$\frac{dM}{db} = (n + 1) - 2 s / b^2 = 0$$

o sea que:

$$n + 1 = 2 s / b^2 = n a / b \quad (3.1)$$

de lo que resulta que las proporciones de cada compartimiento están en la relación:

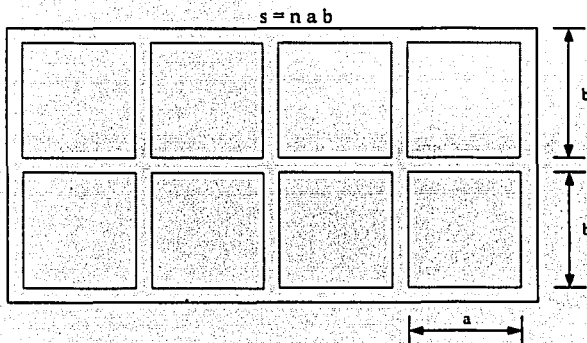
$$2 n a = b (n + 1) \quad (3.2)$$

según lo anterior las proporciones óptimas de cada compartimiento, en cisternas de una sola hilera son como sigue:

numero total de celdas	proporciones de los lados
n	a : b
1	1 : 1
2	3 : 4
3	2 : 3
4	5 : 8
5	3 : 5
6	7 : 12
7	4 : 7
8	9 : 16
9	5 : 19
10	11 : 20

tabla 3.2

Para cisternas con división axial, es decir, con dos hileras de celdas, se tiene como superficie total en planta de los (n) compartimientos.



O bien:

$$M = 3 n a / 2 + b (n + 2) \quad (3.3)$$

por lo que.

$$dM / db = 3 s / 2b + (n + 2) = 0 \quad (3.4)$$

$$n + 2 = na / 2b \quad (3.5)$$

Y también en este caso el mínimo de muros se obtiene cuando el desarrollo de los transversales es igual al de los muros longitudinales

$$2na / 2 = b (n + 2) \quad (3.6)$$

De acuerdo con lo anterior, las proporciones óptimas para cada compartimiento en cisternas con dos hileras de celas son:

numero total de celas	proporciones de los lados
n	a : b
2	4 : 3
4	1 : 1
6	8 : 9
8	5 : 6
10	4 : 5
12	7 : 9
14	16 : 21
16	3 : 4
18	20 : 27
20	11 : 15

Tabla 3.3

Así, por ejemplo una cisterna de 72,000 lts., con un metro de lámina de agua y de tres compartimientos, puede construirse con dimensiones: $a = 4.00$ m y $b = 6.00$ m a cada compartimiento, dando un largo de 12 m, más cuatro espesores de muro, y una anchura total de 5.0 m, más el grueso de dos muros. Esta misma cisterna podría tener 10 compartimientos de $a = 2.40$ m por $b = 3.00$ m, con una longitud total de 12.00 m más gruesos de muros y un ancho total de 6.00 m más 3 gruesos de muros.

Igualmente una cisterna de 200 m^2 de planta con 10 compartimientos en dos hileras, resulta con dimensiones de 4.00 m por 5.00 m en cada compartimiento, dando una longitud total de 20.00 m más seis espesores de muro, y una anchura total de 10.00 m más el grueso de tres muros.

En los tres ejemplos anteriores puede comprobarse que los muros longitudinales miden lo mismo que los transversales, sin tomar en cuenta los espesores:

Primer ejemplo.- los muros longitudinales miden $12 \text{ m} \times 2 = 24$ metros, en tanto los transversales suman $6 \times 4 = 24$ metros.

Segundo ejemplo.- total de muros longitudinales $3 \times 5 \times 2.40 = 36$ metros; suma de los muros transversales $2 \times 3 \times 6 = 36$ metros.

Tercer ejemplo.- Muros transversales con desarrollo total de $2 \times 5 \times 6 = 60$ metros, muros longitudinales $3 \times 5 \times 4 = 60$ metros.

Cálculo de cisterna, para un condominio protegido con sistema contra incendio

Datos:

Planta baja y seis niveles

Dos departamentos en planta baja y por cada nivel

Tres recamaras por departamento

Dotación = 150 litros / persona / día

Solución:

No. de departamentos = 7 x 2	14
No. de personas por departamento	7
Total de personas	98
Volumen requerido por día	14,700 lts.

$$Q \text{ medio} = \frac{\text{Volumen mínimo requerido} / \text{día}}{\text{No. de segundos} / \text{día}}$$

$$Q \text{ medio} = \frac{14,700}{24 \times 60 \times 60} = 0.17 \text{ litros / seg.}$$

$$Q \text{ máx. diario} = Q \text{ medio} \times 1.2 = 0.24 \text{ litros / seg.}$$

Tomando 1.2 como coeficiente de variación diaria, el cual afecta el gasto medio, porque se ha demostrado que de acuerdo a las estaciones del año, se tienen variaciones notables en el gasto máximo diario con un valor promedio de 1.2

$$\text{Gasto máximo horario (Q máx. Horario)} = Q \text{ máx. diario} \times 1.5$$

$$Q \text{ máx. horario} = 0.306 \text{ litros / seg.}$$

Se toma el 1.5 como el coeficiente de variación horario, el cual se obtiene de considerar que durante el día existen horas de mayor consumo que varían en 1.5 veces el consumo promedio durante el día.

$$\text{consumo máximo promedio / día (Q máx., prom. / día)} = Q \text{ máx. horario} \times 86.400$$

$$Q \text{ máx., prom. / día} = 0.306 \times 86.400 = 26,438 \text{ litros}$$

La reserva del consumo diario previniendo fallas en el sistema de abastecimiento y considerando que se va a contar con un sistema contra incendio, debe ser del 50 % del consumo máximo promedio por día.

Consumo máx. / día + reserva

$$= 26,438 + 13219 = 39,657 \text{ litros}$$

Volumen mínimo requerido para el sistema contra incendios

Se consideran como mínimo dos mangueras de 38 mm de diámetro, que deben funcionar en forma simultanea y que cada una tiene un gasto de 140 lts. / min., por lo que el gasto total será de 280 lts. / min.

El tiempo mínimo probable que deben de funcionar, en tanto se dispone del servicio de bomberos será de 90 min., entonces QTSI = 25,200 lts.

Sumando el consumo máximo promedio más el 50 % de esta cantidad para reserva, más el volumen contra incendio, se obtiene la capacidad útil de la cisterna o tanque bajo.

$$\text{Cáp. útil cisterna} = 26,438 + 13,219 + 25,200 = 64,857 \text{ litros.}$$

Tanques de reserva intermedios, Las características Constructivas y su funcionamiento, son iguales a los de los tanques de reserva conocidos, el calculo de su capacidad, su tubería de alimentación y su colector de bajadas, tienen idéntico proceso.

Estos tanques intermedios pueden ser alimentados directamente por bombeo, desde el tanque de bombeo ubicado en el sótano, por bombeo desde otro tanque intermedio ubicado en un nivel inferior a él o bien mediante una bajada, desde el tanque de reserva ubicado en la zona más alta del edificio.

Tanques reductores de presión, Sus características constructivas son las mismas que para los tanques de reserva, su ubicación se dispondrá de igual forma que la adoptada para los tanques intermedios.

Su capacidad es relativamente pequeña, pero no menor que 1/5 del volumen que debe alimentar.

Se alimentara por medio de una bajada especial desde el tanque de reserva ubicado en la zona más alta del edificio.

Esta bajada accede al tanque reductor, previa colocación de una llave esclusa, y en el interior del mismo se coloca un flotante mecánico a presión, que cierra el paso del agua cuando esta alcanza su nivel.

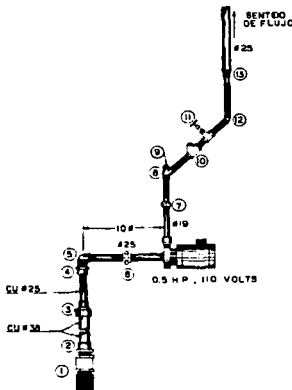
En su parte inferior, se deriva un colector, del cual se desprenderán las bajadas que alimentarán a los distintos sectores.

Cargas mínimas, Se deben tener presentes las prescripciones sobre cargas mínimas y debe dejarse perfectamente establecido, que los tanques intermedios o los reductores de presión, cuando estén ubicados en pisos intermedios de luz libre normal de 3.00 m., no podrán alimentar accesorios ubicados en el piso inmediato inferior. Esos pisos, deberán ser alimentados por los tanques ubicados en una zona superior.

2.3 Motobombas centrifugas. Cuando el agua se toma de una captación particular (por ejemplo un pozo) o de una red general sin presión suficiente para llegar a los accesorios situados altos, hay que hacer una instalación de toma y suministro del agua con la presión necesaria para llegar a todos los servicios.

Esta en su forma más simple, consiste en una bomba que aspira el agua y la inyecta en la red del edificio (Fig. 3f, y Fig. 3f-1), proporcionándole la presión necesaria.

La sola bomba no resultaría practica, pues estaría sujeta a variaciones muy grandes de gasto y presión, debido a las variaciones en el consumo y la presión en la red general. Por este motivo hay que instalar un depósito que acumule el agua, que sirve de compensador o regulador en las fluctuaciones del consumo y permite un gasto constante en la bomba mientras esta actúa.



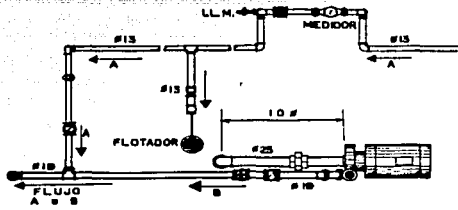
- 1.- Pichanca check \varnothing 38 mm
- 2.- Conector de cobre cuerda exterior \varnothing 38 mm.
- 3.- Reducción campana de cobre de 38 a 25 mm
- 4.- Conector de cobre cuerda exterior \varnothing 25 mm
- 5.- Codo galvanizado de \varnothing 25 x 90°
- 6.- Tuerca unión galvanizada \varnothing 25 mm
- 7.- Tuerca unión galvanizada \varnothing 19 mm
- 8.- "Y" griega galvanizada \varnothing 19 mm
- 9.- Tapón macho galvanizado \varnothing 19 mm
- 10.- Válvula check columpio \varnothing 19 mm
- 11.- Válvula compuerta roscada \varnothing 19 mm
- 12.- Codo galvanizado \varnothing 19 mm x 45°
- 13.- Reducción campana galvanizada \varnothing 25 x \varnothing 19 mm

Fig. 3f Bomba de 0.5 HP para sistema sencilla

Clasificación de las bombas centrifugas

CLASE	TIPO
Centrifuga	Voluta o espiral Difusor o rueda directriz Turbina regenerativa Flujo mixto Flujo axial

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

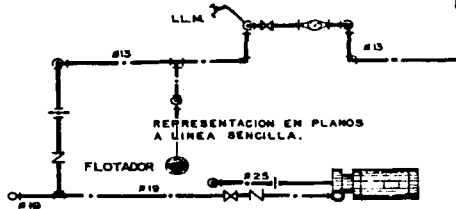


Fig. 3f-1 Bomba monofásica vista en planta

Las bombas centrífugas, Se destinan para elevar líquidos a distintos niveles utilizando la presión resultante de la fuerza centrífuga engendrada por el giro de las aspas de un impulsor, colocado en el interior de una carcasa.

Funcionamiento: El agua penetra a la bomba por el tubo de succión y en la región del impulsor, con el movimiento de rotación de los álabes obtiene energía cinética y potencial que aumentan la velocidad y presión ya existentes: pasando después a una armadura en forma de voluta o espiral y saliendo finalmente por el tubo de descarga. fig. 3g

Por medio de un dispositivo como el mostrado en la fig. 3h, y con la ayuda de piezómetros, es posible dar una explicación más clara del modo de actuar de las bombas centrífugas. Este dispositivo puede considerarse una bomba centrífuga cuyo impulsor está formado por dos canales rectos y opuestos diametralmente.

Consideremos varias posiciones explicativas:

1°.- Completa quietud, los piezómetros marcan un nivel horizontal a_0 c_0 b_0 que indica una carga de presión inicial h .

2°.- Al hacer girar el impulsor a un bajo número de revoluciones, el nivel piezométrico toma la forma de la parábola $a_1 c_1 b_1$; disminuye la presión h hasta h_1 en el centro y aumenta en los extremos hasta h_1' .

3°.- Si aumenta la velocidad de giro, la carga de presión h_1 disminuye en el centro hasta llegar a ser igual a cero, representada por h_2 , y aumenta en los extremos de h_1' hasta h_2' .

4°.- Elevando todavía más la velocidad de giro, la parábola $a_3 c_3 b_3$ indica la presencia de una carga negativa de presión en el centro, que equivale a una succión y una presión mucho mayor en los extremos.

Generalizando puede decirse que, a mayor velocidad de giro, mayor será la carga de succión y mayor la presión en el tubo de descarga.

Comparación de las bombas de émbolo con las centrifugas

Ventajas de las bombas centrifugas:

1.- Operan a grandes velocidades, por lo que pueden acoplarse directamente a una maquina motriz, que puede ser un motor eléctrico, una turbina de vapor o bien un motor de combustión interna, este acoplamiento directo disminuye las pérdidas mecánicas que se presentarían en el caso de transmisiones.

2.- Debido a la gran velocidad de giro son de menor tamaño, para una capacidad dada, abaratando la cimentación.

3.- No tienen válvulas ni partes que rocen entre sí, lo que reduce el desgaste, excepto en las chumaceras, que además son accesibles.

4.- La regulación del gasto es más sencilla y el bombeo del líquido es uniforme, por lo que no se hace necesario la instalación de cámaras de aire.

Las desventajas que presentan, con respecto a las de émbolo, son:

1.- Las bombas de émbolo tienen mayor rendimiento.

2.- Las bombas de émbolo pueden trabajar sin cebarlas o "purgarlas" y en las centrifugas es necesario.

3.- Las centrifugas no se adaptan a cualquier altura de descarga, teniendo que calcularse un equipo para cada caso específico, y no compiten con las de émbolo en elevar pequeños gastos a considerables alturas.

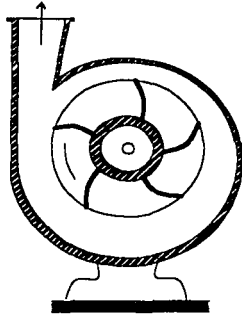


Fig. 3g BOMBA CENTRIFUGA TIPO ESPIRAL

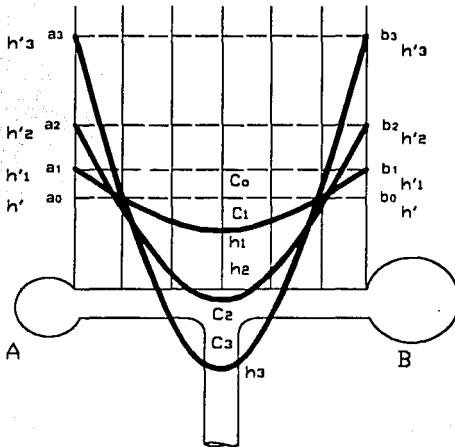


FIGURA 3h

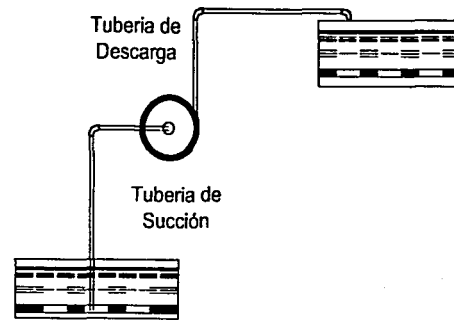


FIGURA 3i

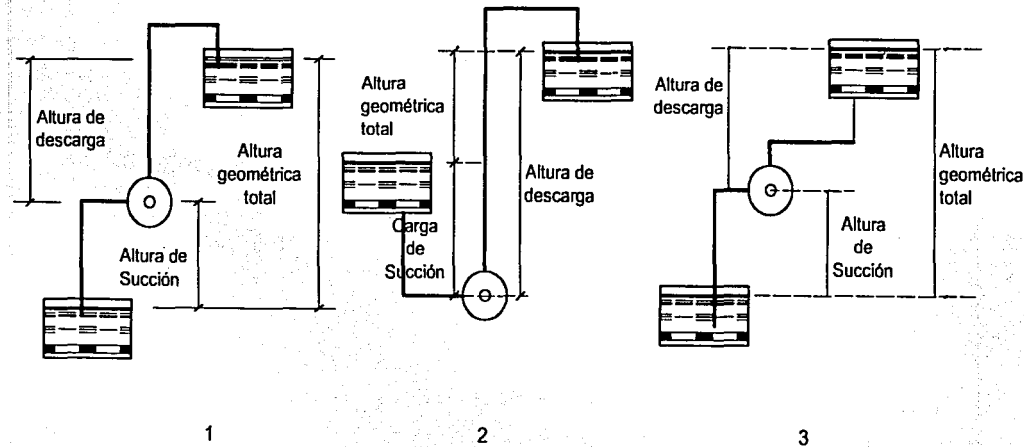


FIGURA 3j

37-0

Energía teórica necesaria para elevar un líquido

La energía teórica necesaria para elevar un líquido de masa "m", desde un plano inferior hasta otro superior, es el producto del peso por la distancia medida verticalmente entre los dos planos considerados.

$$E_p = Wh \quad [F L] \quad (3.7)$$

Pero como también $W = mg$

$$E_p = mgh \quad \left[\frac{FT^2}{L} \times \frac{L}{T^2} L \right] = [FL] \quad (3.8)$$

Donde E_p es la energía teórica necesaria para elevar un líquido de peso W a una altura h entre los dos planos considerados.

Potencia teórica necesaria para elevar un líquido

En general la forma en que se expresa la potencia es la siguiente:

$$P = \frac{Wh}{t} \quad \left[\frac{FL}{T} \right] \quad (3.9)$$

Se sabe también que el peso de un cuerpo es igual a su peso específico por el volumen.

$$W = \gamma V \quad \left[\frac{F}{L^3} \times L^3 \right] = [F] \quad (3.10)$$

Por lo que:

$$P = \frac{\gamma Vh}{t} = \left[\frac{(F/L^3) L^3 L}{T} \right] = \left[\frac{[F \times L]}{T} \right] \quad (3.11)$$

Pero además, la relación:

$$\frac{V}{t} \quad \left[\frac{L^3}{T} \right] \quad (3.12)$$

Corresponde a la ecuación del gasto, por lo que finalmente se tendrá la ecuación que nos da la potencia teórica necesaria para elevar un líquido entre dos planos.

$$P = \gamma Qh \quad \left[\frac{F}{L^3} \frac{L^3}{T} L \right] = \left[\frac{FL}{T} \right] \quad (3.13)$$

Y en el sistema métrico se tendrá:

$$P = \gamma Qh \quad \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \frac{\text{m}^3}{\text{Seg.}} \text{ m} \right] = \left[\frac{\text{Kg m}}{\text{Seg.}} \right] \quad (3.14)$$

$$\text{Pero como además } 1 \text{ C.V.} = 75 \left[\frac{\text{Kg m}}{\text{Seg.}} \right] \quad (3.15)$$

$$P = \frac{\gamma Qh}{75} \quad [\text{C. V.}] \quad (3.16)$$

Esta ecuación nos dará la potencia teórica necesaria para elevar un líquido entre dos planos, expresada en C.V.

Y en forma similar se tendrá en el sistema inglés:

$$P = \gamma Qh \quad \left[\frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \frac{\text{ft}^3}{\text{Seg.}} \text{ ft} \right] = \left[\frac{\text{lb. ft}}{\text{Seg.}} \right] \quad (3.17)$$

Pero como además:

$$1 \text{ HP} = 550 \left[\frac{\text{lb. ft}}{\text{seg.}} \right] \quad (3.18)$$

$$P = \frac{\gamma Qh}{550} \quad [\text{H. P.}] \quad (3.19)$$

Esta ecuación nos dará la potencia teórica necesaria para elevar un líquido entre dos planos, expresada en H. P.

Potencia real necesaria para elevar un líquido

Primeramente habrá que considerar dos nuevos conceptos, uno de los cuales es la altura manométrica y que denotaremos por "Hm" y el otro es el rendimiento total de la unidad y que denotaremos por " η_t ".

La altura manométrica es igual a la altura teórica de elevación h (altura geométrica) más todas las pérdidas que se originan en el sistema, tales como rozamientos en las tuberías, en las válvulas y conexiones, pérdidas por energía cinética; y que pueden expresarse de la forma siguiente:

$$H_m = \text{Altura geométrica} + \text{Pérdidas por rozamiento} + \text{Pérdidas por energía cinética} \quad (3.20)$$

Y el rendimiento total de la unidad será:

$$\eta_t = \eta_m + \eta_b \quad (3.21)$$

Donde η_m es el rendimiento del motor acoplado a la bomba y η_b es el rendimiento de la bomba misma.

Por lo que la ecuación que nos da la potencia real necesaria para elevar un líquido, quedará expresada, para el sistema técnico métrico, como sigue:

$$P = \frac{\gamma Q H_m}{75 \eta_t} \text{ [C. V.]} \quad (3.22)$$

Y en forma similar, se tendrá para el sistema técnico Inglés, la ecuación correspondiente:

$$P = \frac{\gamma Q H_m}{550 \eta_t} \text{ [HP]} \quad (3.23)$$

En general se acepta que el rendimiento de las bombas, tenga los valores siguientes:

Bombas de émbolos: varía de 85 % a 95 %

Bombas centrífugas: varía de 50 % a 85 %

Se recomienda calcular con un rendimiento (η_t) de 0.65 para motores menores a 2 HP y de 0.65 a 0.80 para motores mayores a 2 HP.

Altura manométrica o altura de trabajo

Generalmente en las instalaciones de bombas, se lleva el líquido desde una toma o depósito, que puede ser un río, una cisterna, un tanque, etc., hasta la bomba y de ésta hasta el punto de utilización. La tubería que conduce el líquido desde la toma hasta la bomba, se llama tubería de succión y la que conduce el líquido desde la bomba hasta el punto de utilización, se llama tubería de descarga. Fig. 3i

Las diferentes formas en que se colocan, se han representado en la Fig. 3j, y a continuación se describen los elementos que la forman.

La altura de succión es la distancia medida verticalmente entre el nivel del líquido y el eje que pasa por la bomba. Fig. 3j-1 y 3j-3.

Carga de succión es la distancia medida verticalmente entre el nivel del líquido y el eje que pasa por el centro de la bomba, cuando está se encuentra abajo del nivel del líquido. Fig. 3j-2.

Altura de descarga es la distancia medida verticalmente entre el eje que pasa por el centro de la bomba y el punto donde descarga libremente el líquido. Fig. 3j-1, 3j-2 y 3j-3.

En el caso de las Fig. 3j-1 y 3j-3, la altura geométrica total es igual a la altura de succión más la altura de descarga.

Como en el caso de la figura 3j-2, la altura geométrica total es igual a la altura de descarga menos la carga de succión.

Para determinar la altura manométrica, habrá que tomar en cuenta además de la altura geométrica total, todas las resistencias en las tuberías, las válvulas y las conexiones, así como las pérdidas por energía de velocidad, las cuales deben vencerse para elevar el líquido. Dichas pérdida son:

- h_1 : Carga de velocidad, Que es la energía necesaria para producir velocidad en la tubería de succión.
- h_2 : Pérdida en la entrada de la tubería de succión, que depende de la forma y condición de ésta.
- h_3 : Pérdida por rozamiento en la tubería de succión, que depende de las dimensiones y el estado de la misma, así como de los cambios de dirección, de sección, etc.
- h_4 : Pérdidas en el paso a través de la bomba, en el lado de la succión.
- h'_1 : Carga de velocidad, tubería de descarga.
- h'_2 : Pérdida en la salida de la tubería de descarga.
- h'_3 : Pérdida por rozamiento en la tubería de descarga.
- h'_4 : Pérdidas en el paso a través de la bomba, en el lado de la descarga.

Si designamos por "hs" la altura geométrica de succión y por "hp" la altura geométrica de descarga.

La altura real de trabajo será:

En el caso de las figuras 3j-1 y 3j-3:

$$H_m = h_s + h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_p + h'_1 + h'_2 + h'_3 + h'_4 \quad [L] \quad (3.24)$$

En el caso de la figura 3j-2:

$$H_m = -h_s + h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_p + h'_1 + h'_2 + h'_3 + h'_4 \quad [L] \quad (3.25)$$

Factores para determinar la altura de succión disponible

- hb Que es la presión sobre la superficie del líquido y que corresponde a la atmosférica cuando el depósito es abierto, o absoluta cuando el tanque es cerrado (Fig. 3k)
- hs Altura de succión, con signo negativo en las Fig. 3j-1 y 3j-3 y positivo en la Fig. 3j-2.
- hva Columna equivalente a la tensión del vapor acuoso a la temperatura del líquido
- hf Pérdidas en la tubería de succión, tales como rozamiento, válvulas, codos, etc.

Si designamos por "h_{sd}" la altura de succión disponible, tendremos en el caso de las figuras 3j-1 y 3j-3:

$$h_{sd} = hb - hs - hv - hf \quad [L] \quad (3.26)$$

En el caso de la Fig. 3j-2:

$$h_{sd} = hb + hs - hv - hf \quad [L] \quad (3.27)$$

Determinación de las pérdidas de carga

En las tuberías de succión y descarga.

En todas las fórmulas empleadas para el cálculo de las pérdidas en las tuberías, aparece el término $V^2 / 2g$ afectado por un coeficiente cuyo valor es variable, según se trate de pérdidas por codos, válvulas, rozamientos, cambios de sección, etc., a continuación se dan los valores de estos coeficientes, que designaremos por la letra K, afectada por un subíndice que indicara la clase de pérdida.

A) Pérdidas en la entrada

Siempre es conveniente colocar en la entrada de la tubería de succión, una válvula de pie y un colador o cuando menos este último, con el objeto de evitar la entrada de materias extrañas que puedan obstruir el tubo o la bomba misma, (Fig. 3l)

$$hc = Kc V^2 / 2g \quad [L] \quad (3.28)$$

Kc varía de 0.5 a 1

Para calcular las pérdidas en las válvulas de pie, es necesario conocer: la sección A por donde entra el líquido y la sección A1 que queda libre al levantar la válvula y que es menor que A, (Fig. 3m)

Si h_v es la pérdida en la válvula de pie, se tendrá:

$$h_v = K_v \frac{V^2}{2g} \quad [L] \quad (3.29)$$

El coeficiente K_v es función de la relación A_1 / A_2 , en la tabla 3.4 (anexos) se dan valores de dicho coeficiente.

B) Pérdidas por rozamiento

Se calculan por medio de la siguiente fórmula:

$$h_f = f \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g} \quad [L] \quad (3.30)$$

Donde "f" es el coeficiente de rozamiento, que depende de las condiciones de la tubería, para cálculos aproximados o para tuberías usadas, puede tomarse $f = 0.03$; "L" es la longitud de la tubería, "d" es el diámetro interior de la misma, "V" es la velocidad de circulación y "g" es la aceleración de la gravedad.

Si el régimen es laminar, es decir, N_R menor que 2000, puede calcularse "f" empleando la relación siguiente:

$$f = \frac{64}{N_R} \quad (3.31)$$

C) Pérdidas en codos, contracciones, ensanchamientos, válvulas, etc.

Para determinar las pérdidas en codos, se emplea:

$$h_{\text{codos}} = m \frac{V^2}{2g} \quad (3.32)$$

Los valores del coeficiente m, para diferentes ángulos se dan en la tabla 3.5 (anexos)

Para determinar en forma aproximada las pérdidas por válvulas o llaves, puede tomarse la pérdida equivalente en un tramo recto de tubo, de una longitud igual a 10 m del mismo diámetro que la conexión de que se trate.

D) Carga de velocidad

Es el término que representa la energía cinética en la ecuación del teorema de Bernoulli

$$\frac{V^2}{2g} \quad [L] \quad (3.33)$$

E) Pérdidas por ensanchamiento súbito, Fig. 3n-1

$$\frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g} \quad [L] \quad (3.34)$$

$$hes = \left(\frac{A_2}{A_1} - 1 \right)^2 \frac{V_2^2}{2g} \quad [L] \quad (3.35)$$

F) Pérdidas por ensanchamiento gradual, Fig. 3n-2

$$heg = K_{eg} \left(\frac{A_2}{A_1} - 1 \right)^2 \frac{V_2^2}{2g} \quad [L] \quad (3.36)$$

Los valores de K_{eg} se dan en la tabla 3.6 (anexos)

G) Pérdidas por contracción súbita, Fig. 3n-3.

$$hcs = K_{cs} \frac{V_2^2}{2g} \quad [L] \quad (3.37)$$

Los valores de K_{cs} se dan en la tabla 3.7 (anexos)

H) Velocidad en las tuberías de succión y descarga.

Si en la ecuación del teorema de Torricelli:

$$V = \sqrt{2gh} \quad [L/T] \quad (3.38)$$

Si se substituye por "h" la altura de la columna de agua, que es capaz de nivelar la presión atmosférica ambiente y por "g" la aceleración de la gravedad del lugar, se obtendrá la velocidad máxima que se puede alcanzar en la tubería de succión.

A nivel del mar se tendrá:

$$V = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9.81 \times 10.33} = 14.24 \text{ [m / seg.]} \quad (3.39)$$

Sin embargo, una velocidad de esta magnitud, en la tubería de succión, daría una pérdida excesiva, por lo que en la práctica se acostumbra velocidades bastante menores, a fin de reducir la pérdida por carga de velocidad.

La velocidad de la tubería de succión, varía entre 1 y 1.5 m / seg., Llegando a emplear excepcionalmente 2 m / seg.

Similarmente, en la tubería de descarga, no se aconseja tener velocidades superiores a los 3 m / seg., pues valores superiores a éste, además de aumentar las pérdidas causa desgaste en las tuberías.

Cálculo de los diámetros comerciales, tanto en la succión como en la descarga en instalaciones provisionales.

En instalaciones provisionales, se calcula eligiendo una velocidad dentro de los límites prácticos, y, con esta velocidad y el gasto, se determina el diámetro necesario.

En instalaciones definitivas, se calcula ensayando varias velocidades, determinándose los gastos y tomando el que dé el mínimo de pérdidas con la mayor economía.

- Ejemplo

Calcular la potencia real del motor que debe impulsar una bomba centrífuga para elevar un gasto de 25 lt./seg. a una altura teórica de 20 m, considérese que las pérdidas totales son el 15 % de la altura teórica, que el líquido es agua y que el rendimiento de la bomba es de 60 %, el resultado debe obtenerse en CV.

$$P = \frac{P_e Q h_m}{76 \eta_b} \quad [C V]$$

$$P_e = 1000 [Kg / m^3]$$

$$Q = 25 \text{ lt. / seg.} = 0.025 [m^3 / \text{seg.}]$$

$$h_m = h + 0.15 h = 1.15 \times 20 = [23 \text{ m de columna de agua}]$$

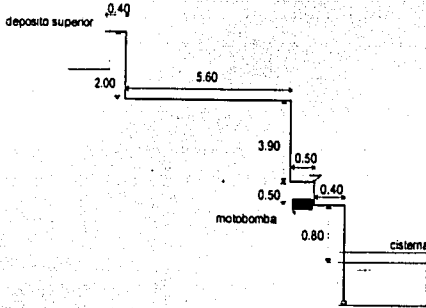
Substituyendo estos valores en la ecuación anterior se tendrá:

$$P = \frac{1000 \times 0.025 \times 23}{75 \times 0.60} = 12.78 [CV]$$

Como comercialmente no se encontrará un motor de esta potencia, se empleará uno de 15 H.P.

Ejemplo

Calcular la potencia del motor que debe impulsar una bomba centrífuga para elevar agua hasta un depósito superior, según croquis, con un gasto calculado de 8 litros por segundo.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

La fórmula general que nos resuelve el problema es:

$$P = \frac{\gamma Q H}{\eta 76} \quad \text{pero además tenemos que:}$$

$$Q = V A \quad \text{por lo que:} \quad A = Q / V$$

Proponemos una velocidad inicial de 3 m / seg.

$$A = \frac{0.0008 \text{ m}^3 / \text{seg.}}{3 \text{ m / seg.}} = 0.00027 \text{ m}^2$$

$$\phi = \sqrt{\frac{4 A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 (0.00027)}{\pi}} = 0.018$$

Por no haber tubería de este diámetro lo dejamos de 19 mm (3/4") y calculamos la velocidad con este diámetro.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.0008 \text{ m}^3 / \text{seg.}}{0.00033 \text{ m}^2} = 2.42 \text{ m / seg.}$$

Como esta velocidad es relativamente alta y ocasionaría grandes pérdidas, proponemos un diámetro de 25 mm (1") y calculamos nuevamente la velocidad.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.0008 \text{ m}^3/\text{seg.}}{0.00056 \text{ m}^2} = 1.43 \text{ m/seg.}$$

Calculando en la tubería de succión, con un diámetro de 25 mm (1")

$$h_s = 0.80 \text{ m}$$

$$h_1 = \frac{V^2}{2g} = \frac{1.43^2}{2 \times 9.81} = 0.104 \text{ m}$$

Calculamos las pérdidas por accesorios:

Una válvula de pie con colador = 3.36 m (anexo tabla 3.8)

Una válvula check

$$h_v = K_v \frac{V^2}{2g} \text{ anexo tabla 3.4 tenemos que } K_v = 0.8, \text{ tomando una relación de } A_1/A = 0.7$$

$$h_v = 0.8 \times 0.104 = 0.008 \text{ m}$$

Un codo de 90° = 0.84 m (anexo tabla 3.8)

Pérdidas por rozamiento

$$hf = f \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g} \text{ si tomamos } f = 0.02 \text{ para tuberías de cobre}$$

$$hf = 0.02 \frac{1.20}{0.025} \times \frac{1.43^2}{2g} = 0.099 \text{ m}$$

Sumamos todas las pérdidas en la tubería de succión

$$3.36 + 0.008 + 0.84 + 0.099 = 4.307 \text{ m}$$

En la tubería de descarga, también tomamos un diámetro de 25 mm (1"):

$$h_p = 0.40 + 3.90 + 2.00 = 6.30 \text{ m}$$

Pérdidas por accesorios

Una tuerca unión (anexo tabla 3.9) = 0.53 m

Cuatro Codos 90° (anexo tabla 3.8) = 3.36 m

Una Te con giro (tabla 3.9) = 1.60 m

Pérdidas por rozamiento:

$$h_f = 0.02 \frac{12.8}{0.025} \times \frac{1.43^2}{2g} = 1.38 \text{ m}$$

Suma de pérdidas en tubería de descarga

$$0.53 + 3.36 + 1.50 + 1.60 + 1.38 = 8.37 \text{ m}$$

$$H_T = 0.80 + 4.37 + 6.30 + 8.37 = 19.84$$

Finalmente de la formula general tenemos

$$P = \frac{(1000)(0.0008 \times 19.84)}{0.65 \times 76} = 0.32 \text{ HP}$$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Como en el mercado no encontraremos una motobomba de esta capacidad la ajustamos a 1 / 2 HP.

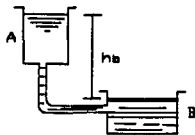


FIGURA 3k

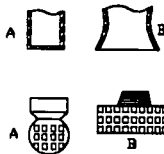


FIGURA 3l

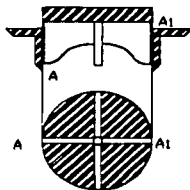


FIGURA 3m

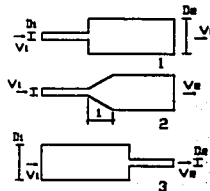
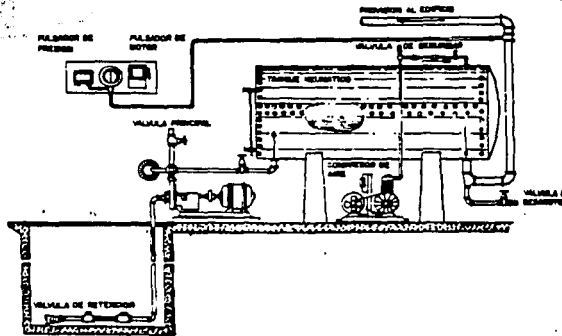


FIGURA 3n

2.4 *Equipos hidroneumáticos*, En determinadas situaciones, cuando por razones de proyecto o estructurales, la ubicación de los tanques de reserva es tal, que la presión que su altura genera es insuficiente para cubrir en forma eficiente servicios sanitarios o de instalaciones contra incendios, o bien que no existiendo tanques de reserva, la presión del agua directa no alcanza las necesidades exigidas por esos mismos servicios, se recurre a elevar la presión por medio de equipos hidroneumáticos (anexo IMSS 6.10.1)

Estas instalaciones están constituidas en su esencia, por una bomba centrífuga, un depósito herméticamente cerrado, denominado tanque o "autoclave" y un telerruptor accionado por un presostato, que es un interruptor que a su vez esta accionado por la presión del autoclave (Fig. 36).



- 1 BRIFO DE DESAIRE
- 2 JERISO DE NIVEL
- 3 BRIFO DE PUNTA
- 4 VALVULA DE SEGURIDAD
- 5 PRESOSTATO
- 6 MANOMETRO
- 7 VALVULA RETENCION DE 1"
- 8 VALVULAS ESCALAS DE 1"
- 9 TE PARA CAMERA DE DISTRIBUCION

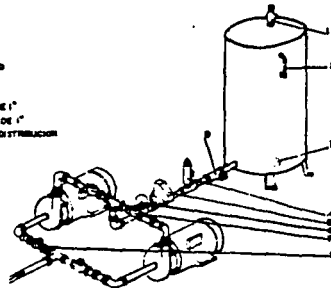


Fig. 36. Equipo hidroneumático

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Funcionamiento; La bomba introduce agua en el autoclave, comprimiendo hacia arriba el aire contenido en el mismo, hasta alcanzar una presión máxima determinada a voluntad, momento en el cual el presostato abre automáticamente el circuito eléctrico del "relé" del telerruptor que acciona la bomba desconectándola.

Al requerirse agua en los grifos, la misma sale del autoclave, bajando el nivel de ésta en el autoclave y el aire contenido se expande o descomprime, hasta llegar al mínimo de presión preestablecida, el presostato cierra el circuito eléctrico del telerruptor, que acciona la bomba y esta se pone en funcionamiento, repitiendo el ciclo.

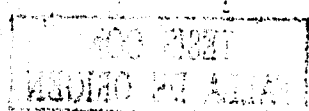
Las presiones se fijan de acuerdo a las necesidades del tipo de instalaciones a servir, generalmente la presión de prueba se fija en 6 Kg cm^2 (60 m de altura) y la presión de trabajo entre 1.6 y 2.5 Kg cm^2 (16 a 25 m respectivamente).

Los tanques tienen distintas capacidades, que van de los 1500 a 3000 litros.

Elementos constitutivos, Tanque: Contenedor de cierta cantidad de agua y aire, que por compresión asegura una presión determinada en el sistema. Construido en chapa galvanizada de 8 mm de espesor (Fig. 3p)

Equipo de bombas: Proporcionan agua y presión en el equipo
Accesorios

- a) Motores de las bombas
- b) Manómetro, controla la presión
- c) Telemanómetro, indica la presión en el equipo
- d) Presostato, comanda la puesta en marcha y la detención de las electrobombas, dentro de los límites de presión preestablecidos
- e) Válvula de seguridad, reguladora de la presión, de tal forma que el tanque nunca soporte una presión mayor que la preestablecida.
- f) Válvula de purga de aire, colocada en la parte superior del tanque, regula manualmente y a voluntad las presiones citadas, sin permitir ni acusar fugas de las mismas.
- g) Válvulas de retención, aíslan las cañerías de las presiones normales, de las presurizadas.
- h) Válvulas esclusas, aíslan distintos circuitos conforme a las necesidades de sectores independientes.
- i) Válvulas de limpieza, agotan el tanque en caso de necesidad, pruebas, limpieza, etc.
- j) Nivel de agua, permite visualizar desde el exterior la carga interna del tanque.
- k) Drenaje, mantiene una continua limpieza de la cañería a través de una conexión directa con un servicio sanitario.
- l) Sistema eléctrico, interruptores, protectores térmicos, contactos automáticos, interceptores, tomas de corriente, transformadores, señales acústicas y luminosas, etc.



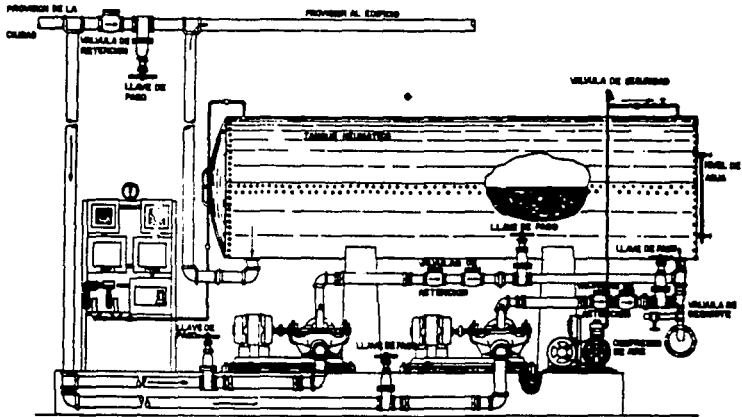


Fig. 3p Elementos accesorios

La repetición de ciclos de funcionamiento, provoca la formación de pequeñísimas burbujas de aire en la masa de agua, reduciendo el volumen del aire comprimido por lo que en equipos de cierta importancia, se adiciona un compresor, el cual aporta la cantidad de aire necesaria para reestablecer el equilibrio predeterminado.

Cálculo de la capacidad del autoclave, (ver también anexo IMSS 6.10.1.2) Supongamos (fig. 3q) el esquema de un autoclave y sean:

- V_n el volumen útil del autoclave, contado desde el nivel mínimo, (n), que cubre los tubos de entrada y salida del agua.
- V_a volumen del aire después de la compresión, cuando la bomba se para.
- V_b volumen del aire al final de la expansión, cuando la bomba entra en función.
- P_n Presión absoluta cuando el volumen es V_n , (igual a la presión atmosférica).

$P_a = p_a + 1$, la presión absoluta cuando el volumen del aire es V_a (presión que marca el manómetro, hay que aumentar una atmósfera para tener una presión absoluta)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$P_b = p_b + 1$, la presión absoluta cuando el volumen es V_b

- A Volumen de agua introducida en el autoclave cuando la presión del aire interior pasa de P_b a P_a , o sea, entre una puesta en marcha y una interrupción de la bomba.

De la ley de Mariotte, $P V^k = \text{constante}$ (k vale aproximadamente 1.33)

$$P_n V_n^k = P_a V_a^k = P_b V_b^k = P_b (V_a + A)^k$$

por sucesivas transformaciones y simplificaciones se llega a:

$$V_n = A \frac{P_a P_b}{P_n P_a - P_n P_b} = A \frac{P_a P_b}{P_a - P_b} \frac{1}{P_n} \quad (3.40)$$

Formula elemental para el cálculo del volumen del autoclave

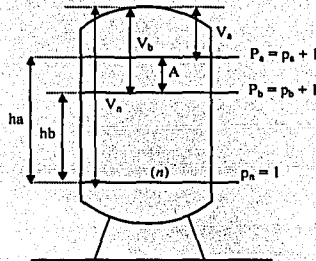


Fig. 3q.- Esquema de autoclave, volumen y presiones

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

P_n , presión del aire cuando está vacío el autoclave y por primera vez se mete agua en él, lo suponemos igual a 1, pero aumenta si disponemos de un compresor de aire y según la fórmula (3.40) disminuye V_n

Si aumentamos P_n hasta P_b , prescindiríamos del volumen de h_b en el autoclave de la fig. 3q. como indica la fig. 3r, si hacemos que P_n sea igual a P_b .

En cuanto a P_a y P_b nos conviene aumentar P_a u disminuir P_b para que aumente A , pues de esta forma disminuye el número de veces que la bomba se para y vuelve a funcionar.

La presión P_a (presión máxima de ejercicio) esta limitada por los grifos próximos que no deben trabajar a una presión elevada (no debe superar las 4 ó 5 atmósferas).

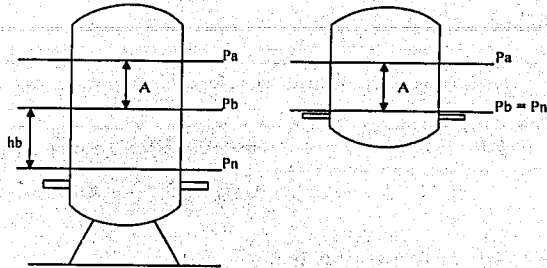


Fig. Jr.- Reducción de volumen del autoclave al instalar compresor de aire

P_b (presión mínima de ejercicio) no debe descender por debajo del valor necesario para abastecer al piso más alto del edificio, por ejemplo en un edificio de siete pisos de 24 m de altura, P_b no debe bajar de 30 m (30 atmósferas)

La formula (3.40) con $P_n = 1$ es:

$$V_n = A \frac{P_a P_b}{P_a - P_b}, \quad (3.41)$$

y con compresor y $P_n = p_b$

$$V_n = A \frac{P_a}{P_a - P_b} \quad (3.41')$$

Con presiones en atmósferas relativas (dadas por el manómetro)

$$V_n = A \frac{(p_a + 1)(p_b + 1)}{p_a - p_b} \text{ sin compresor} \quad (3.42)$$

$$V_n = A \frac{p_a + 1}{p_a - p_b} \text{ con compresor} \quad (3.42')$$

En esta fórmula conocemos p_a y p_b , que se fijan de acuerdo a las características de la instalación. Para calcular V_n hay que fijar A .

Determinación de A

Determinamos A de modo que las interrupciones y puestas en marcha de las bombas sean las menos por hora (ver también anexo IMSS 6.10.2)

Si en un instante la bomba da un gasto Q y la instalación consume un gasto R , la variación del volumen de agua en el tiempo dt es.

$$S dh = Q dt - R dt \quad (3.43)$$

Como $dA = S dh$, siendo S la sección transversal del autoclave y h la altura del nivel del agua, tendremos:

$$S dh = Q dt - R dt$$

Q , gato que da la bomba, varía en función de la presión en el autoclave, o de la altura h , es decir:

$$Q = f(h)$$

R también varía en función de la presión (y por lo tanto de h) con la expresión $R = \epsilon \theta \sqrt{2gh}$, donde θ es la sección de salida de la tubería y ϵ es un coeficiente, tendremos:

$$S dh = [f(h) - \epsilon \theta \sqrt{2gh}] dt$$

$$dt = \frac{S dh}{f(h) - \epsilon \theta \sqrt{2gh}}$$

y el tiempo t para que el nivel de agua suba de h_b a h_a y la presión en el autoclave varíe de p_b a p_a será:

$$t = S \int_{h_b}^{h_a} \frac{dh}{f(h) - \epsilon \theta \sqrt{2gh}} \quad (3.44)$$

El gasto Q de la bomba debe ser tal que en los momentos en que es menor, cuando la presión en el autoclave valga p_a , iguale al máximo consumo de la instalación. Si no fuera así, en el periodo de máximo consumo se gastaría más agua de la que entra en el autoclave y no funcionaría la instalación.

Si el gasto de la bomba fuera superior al consumo aumentaríamos inútilmente el número de interrupciones y puestas en marcha d la bomba, que es lo que pretendemos evitar.

El ciclo de la bomba T , es el tiempo que transcurre entre una puesta en marcha y la sucesiva. Se compone de dos periodos: t_1 , durante el que la bomba funciona y t_2 cuando la bomba esta parada, por lo que $T = t_1 + t_2$

Si aplicamos la fórmula (3.44) en el caso más desfavorable, o sea al que corresponde un valor corto de T , que tendrá lugar si durante el periodo t_1 no hay gasto del agua en el autoclave, y en cambio, una vez alcanzada la presión p_a , y parada la bomba, se abren todos los grifos de la instalación. supongamos también que Q se mantiene constante durante el periodo t_1 , tendremos:

$$R = \epsilon \theta \sqrt{2gh} = 0; \quad Q = f(h) = \text{constante}$$

La fórmula (3.44) durante el periodo t_1 , queda:

$$t = t_1 = S \int_{h_b}^{h_a} \frac{dh}{Q} = \frac{S(h_a - h_b)}{Q} = \frac{A}{Q}$$

Durante el segundo periodo, t_2 tendremos:

$$R = \epsilon \theta \sqrt{2gh} = \text{const.}; \quad Q = f(h) = 0;$$

$$t = t_2 = S \int_{h_a}^{h_b} \frac{dh}{R} = S \int_{h_b}^{h_a} \frac{dh}{R} = \frac{S(h_a - h_b)}{R} = \frac{A}{R}$$

Como ahora R es el gasto máximo de la instalación y Q debe ser igual a ese consumo máximo:

$$\frac{A}{R} = \frac{A}{Q}$$

$$T = t_1 + t_2 = \frac{A}{Q} + \frac{A}{Q} = 2 \frac{A}{Q}$$

Si no queremos que el número de ciclos pase de un máximo N_c , tendremos $T = 60$ min.

$$T = 2 \frac{A}{Q}; \text{ se obtiene: } A = \frac{60}{2} \frac{Q}{N_c} = 30 \frac{Q}{N_c} \quad (3.45)$$

En la práctica no es así pues Q varía con la presión en el autoclave y debe ser igual a R cuando la presión es mayor. Además también la salida del agua del autoclave decrece al disminuir la presión en el mismo. Experimentalmente se comprueba que el valor de T en realidad es de:

$$T = 1.64 \frac{A}{Q}$$

por lo que la fórmula (3.45) queda:

$$A = \frac{60}{1.64} \frac{Q}{N_c} \quad (3.46)$$

Con esta fórmula tendremos el valor a asignar a A , si el funcionamiento tuviera lugar en las condiciones desfavorables que hemos supuesto.

Suponga ahora el caso favorable (mayor duración del ciclo T), que tendría lugar cuando el gasto del autoclave se mantenga constante, tanto con la bomba abierta como cerrada. Suponemos también, que durante el primer periodo t_1 , el gasto de la bomba Q es constante.

Aplicando la fórmula (3.44) en el primer periodo donde:

$$f(h) = Q = \text{const.} \quad \text{y} \quad c\theta \sqrt{2gh} = R = \text{const.}$$

$$t = t_1 = S \int_{h_b}^{h_a} \frac{dh}{Q - R} = \frac{S(h_a - h_b)}{Q - R} = \frac{A}{Q - R}$$

y durante el segundo periodo

$$t = t_2 = -S \int_{h_a}^{h_b} \frac{dh}{R} = S \int_{h_b}^{h_a} \frac{dh}{R} = \frac{A}{R}$$

el ciclo de la bomba T durará:

$$T = t_1 + t_2 = \frac{A}{Q - R} + \frac{A}{R}$$

Si llamamos M al máximo consumo de la instalación, Q debe ser igual a M. R tomara distintos valores que podemos expresar como fracción de M; es decir:

$$R = \frac{M}{x}$$

y la expresión anterior será:

$$T = \frac{A}{M - \frac{M}{x}} + \frac{A}{\frac{M}{x}}$$

y la derivada de está expresión:

$$\frac{dT}{dx} = - \frac{A}{\left(M - \frac{M}{x}\right)^2} \frac{M}{x^2} + \frac{A}{\frac{M^2}{x^2}} \frac{M}{x^2}$$

se anula para $x = 2$, que corresponde a un mínimo de T. es decir, para $R = M/2$ se obtiene el ciclo más breve, o sea el mayor número de ciclos a la hora, y T será:

$$T = \frac{A}{M \cdot \frac{M}{2}} + \frac{A}{\frac{M}{2}} = 4 \frac{A}{M} = 4 \frac{A}{Q}$$

Si el número de ciclos por hora no debe pasar de un máximo N_c , tendremos $N_c T = 60 \text{ min.}$ y como $T = 4 (A / Q)$, resulta:

$$A = \frac{60}{4} \frac{Q}{N_c} \quad (3.47)$$

Como en el caso anterior, este valor teórico se modifica en la practica y experimentalmente se llega a las formulas:

$$T = 3.12 \frac{A}{Q} \quad A = \frac{60}{3.12} \frac{Q}{N_c} \quad (3.48)$$

Tenemos dos formulas (3.46) y (3.48), para determinar el valor de A (volumen de agua introducido en el autoclave en el tiempo que pasa desde una puesta en marcha hasta una interrupción de la bomba). En la realidad puede suponerse una formula practica tomándose una media aritmética en el denominador:

$$A = \frac{60}{\frac{1.64 + 3.12}{2}} \frac{Q}{N_c} \approx 25 \frac{Q}{N_c} \quad (3.49)$$

Así se determina el valor que conviene dar a A para que el número de ciclos por hora no pase del valor prefijado.

Sustituyendo el valor hallado para A en las ecuaciones (3.42) y (3.42'), tendremos la formula que da V_n .

$$V_n = 25 \frac{Q}{N_c} \frac{(p_a + 1)(p_b + 1)}{p_a - p_b} \quad (\text{para instalación sin compresor})$$

$$V_n = 25 \frac{Q}{N_c} \frac{(p_a + 1)}{p_a - p_b} \quad (\text{para instalación con compresor})$$

Se debe aumentar un 10 por ciento para tener en cuenta el volumen entre el borde superior del tubo de salida y el fondo del recipiente. En instalación con compresor se aumenta otro 10 por ciento como margen de seguridad contra posibles pérdidas de aire en la red de distribución.

quedando finalmente:

$$V_n = 27.5 \frac{Q}{N_c} \frac{(p_a + 1)(p_b + 1)}{p_a - p_b} \quad (\text{sin compresor}) \quad (3.50)$$

$$V_n = 30 \frac{Q}{N_c} \frac{(p_a + 1)}{p_a - p_b} \text{ (con compresor)} \quad (3.51)$$

En las instalaciones con compresor, como V es un 20 por ciento mayor que V_n , o sea el volumen del aire al iniciar el periodo T , resultara que V_n será:

$$V_n = \frac{V}{1.20} = 0.83 V$$

En cuanto a V_a , o sea el volumen del aire al final del funcionamiento de la bomba, tenemos por la ley de Mariotte:

$$V_a (p_a + 1) = V_n (p_b + 1)$$

o sea:

$$V_a = \frac{V_n (p_b + 1)}{(p_a + 1)} = 0.83 V \frac{(p_b + 1)}{(p_a + 1)}$$

Valor a asignar a Q

Q , que suele fijarse en litros por minuto, debe ser igual al consumo máximo de la instalación.

Podríamos determinar el valor de Q basándonos en la probabilidad de uso simultaneo de los aparatos de la instalación, pero algunos aparatos solo funcionan varios segundos, dando lugar a un gasto grande por segundo, que deben satisfacer las tuberías. En cambio, el gasto de la bomba no necesita ser tan grande, pues lo importante es que cubra el consumo máximo absoluto en los minutos que trabajen cada periodo T o "ciclo de la bomba".

Puede calcularse Q , multiplicando el gasto calculado para funcionamiento simultaneo y el tiempo T , asignando el valor obtenido como gasto de la bomba.

Supongamos, por ejemplo, que se fija $N_c = 10$ T será igual a $60 / 10 = 6$ minutos o 360 segundos. Si tenemos una derivación que sirve a un grupo de lavabos y ya hemos fijado como gasto de funcionamiento simultaneo 2 lts. / seg. y suponemos un minuto el tiempo que actúa cada lavabo, tendremos como gasto de la bomba:

$$2 \times \frac{60}{360} = 0.33 \text{ lts./ seg.}$$

o por minuto: $60 \times 0.333 = 19.98 \text{ lts./ min.}$

Como vemos, los 0.333 lts./ seg. es bastante menor que los 2 lts./ seg.

En los cálculos de Q , debe incluirse la provisión de agua caliente.

Método basado en el número de personas a que sirve la instalación

Suponga un edificio con 20 viviendas y en cada una los servicios de cuarto de baño, aseo de servicio y cocina. En cada vivienda una media de cinco personas, para un total de 100 personas.

Supuesto el consumo medio diario por persona de 160 lts., el consumo medio diario en el mes de más consumo será de $1.3 \times 160 = 208$ litros. El consumo máximo diario en ese mes $1.20 \times 208 = 250$ litros, y el máximo horario absoluto, $1.50 \times (250 / 24) = 10.4$ litros / hora.

Lo que nos interesa es el consumo máximo absoluto durante los seis minutos, en que fijamos T, de gasto máximo en esa hora. Para viviendas puede suponerse un máximo igual a cinco veces superior al medio.

$$10.4 \times \frac{6}{60} \times 5 = 5.2 \text{ lts./ min.}$$

Deduciendo para cada minuto $5.2 / 6 = 0.86$ lts./ min. Para las 100 personas, $100 \times 0.86 = 86.1$ lts./ min.

Supongamos que ahora se trata de un edificio para oficinas con un conjunto de: 60 retretes, 60 urinarios y 80 lavabos.

Suponiendo que se ha instalado un retrete por cada 15 personas, la instalación será para 900 personas.

Suponiendo en 40 lts / persona el consumo diario medio, en el mes de más consumo será: $1.30 \times 40 = 52$ lts./ día.

Para oficinas no hay que considerar máximos a determinadas horas del día o diferencias de consumo a la semana.

El consumo por hora, supuestas ocho horas de trabajo, será de $52 / 8 = 6.5$ lts./hora y de 0.108 lts./ min.

El consumo máximo que puede presentarse en periodos de seis minutos puede suponerse un 20 por ciento mayor.

En las centrales con elevación de agua con autoclave, es buena norma instalar tres bombas, de potencia igual cada una a la mitad del total requerido. Una permanece inactiva como reserva.

El compresor de aire debe ser tal que comprima un volumen de aire de capacidad igual al autoclave, desde la presión atmosférica hasta la mínima de ejercicio y en un plazo de una a dos horas. No son aconsejables los compresores a mano.

Ejemplo de cálculo de autoclave

Supongamos una instalación para un edificio de viviendas con un gasto máximo de 150 lts./ min. y de siete plantas, para llegar a los aparatos más desfavorables debe tener una carga de 30 m. de altura de agua desde la planta inferior, donde se encuentra el autoclave.

Esta carga será la presión mínima en el autoclave, $p_b = 30 \text{ m} = 3 \text{ atm}$.

Para que los aparatos más desfavorables no tengan exceso de presión no debe pasar ésta de 50 m = 5 atm.

El agua se toma en la red general, con presión de 20 m

Instalamos tres bombas con un gasto de 75 lts./ min. (la mitad del total). La altura manométrica a la que se elevara el agua será, sobre los 20 m de carga que ésta tiene, otro 30 m, para alcanzar los 50 m.

Características de la bomba:

Gasto de: 75 lts./ min. altura manométrica: 30 m

Los valores de la presión serán:

$$P_a = 5 \text{ atm} \quad P_b = 30 \text{ m}$$

La formula (3.51) en la que fijamos $N_c = 10$, nos dará el volumen del autoclave:

$$V = 30 \cdot \frac{150}{10} \cdot \frac{5+1}{5-3} = 1350 \text{ lts. (volumen efectivo del autoclave)}$$

$$V_n = (\text{volumen del aire al iniciar el periodo T}) = 0.83 V = 1120 \text{ lts.}$$

$$V_a = (\text{volumen del aire al final de actuar la bomba}) =$$

$$V_a = 0.83 \times 1350 \cdot \frac{3+1}{5+1} = 747 \text{ lts.}$$

La cantidad de agua introducida en el autoclave durante cada periodo T resultara:

$$V_n - V_a = 1120 - 747 = 373 \text{ lts.}$$

En cuanto al compresor debe ser tal que sea capaz de elevar la presión del volumen útil del autoclave ($V_n = 1120 \text{ lts.}$) en dos horas, desde la presión atmosférica hasta la mínima de ejercicio, $p_b = 3 \text{ atm}$.

Como la presión absoluta es de cuatro atmósferas, el volumen efectivo de aire (a la

presión atmosférica) introducido en el autoclave será:

$$1120 \times 4 = x \cdot 1 = 4480 \text{ lts.}$$

Si aumentamos un 30 % para tener en cuenta las pérdidas, el compresor tiene que aspirar 4480 más 30 % en dos horas, o sea 2912 lts./ hora.



CAPITULO 3

"servicios de agua fría y métodos de cálculo"

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ARAGON"
"ANÁLISIS DE MÉTODOS DE DISEÑO HIDRÁULICO EN INSTALACIONES"
JOSÉ ANDRÉS VELÁZQUEZ ALCAYA**

CAPITULO III

SERVICIO DE AGUA FRÍA Y MÉTODOS DE CÁLCULO

3.1 Isométrico

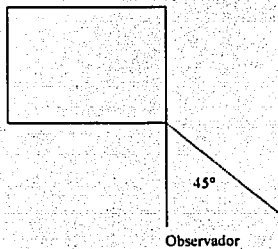
Vista en planta y en isométrico de tuberías y juego de conexiones. Para dar mayor objetividad y enseñarse a observar con cierta facilidad, pero con exactitud, tanto tuberías como juego de conexiones en isométricos, es necesario conocer lo siguiente:

los isométricos se levantan a 30° con respecto a la línea horizontal tomada como referencia, en tanto el observador siempre deberá ubicarse tomando un ángulo de 45° con respecto a la o a las tuberías que se tomen como punto de partida,

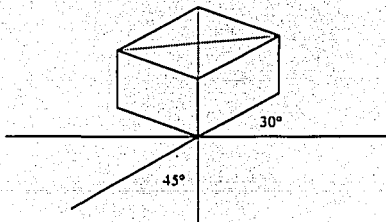
Existe un método sencillo para ayudarse a observar las conexiones en isométrico.

Método del cubo en isométrico

1.- Se dibuja un cubo en planta, ubicando al observador en ángulo de 45° con relación al lado de dicho cubo que se va a tomar como referencia.



2.- Se traza el cubo en isométrico, conservando el observador su posición.



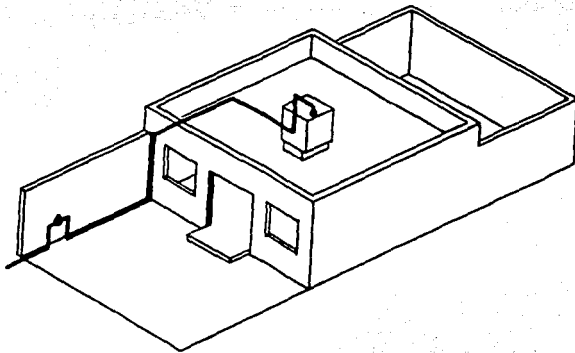
Para observar, incluso dibujar tuberías y juego de conexiones en isométricos, debemos tener presente que:

- a) Cuando se tienen cambios de dirección a 90° , basta seguir paralelos a los tres catetos marcados con línea gruesa. Como puede verse, las verticales siguen conservando su posición vertical, no así las que van o vienen a la derecha o izquierda del observador, que deben trazarse a 30° con respecto a la horizontal.
- b) Cuando se tienen cambios de dirección a 45° es necesario seguir paralelas a las diagonales punteadas. En los cambios de dirección a 45° que corresponde a las diagonales del cubo la posición de las líneas en isométricos es horizontal o vertical, según sea el caso específico a resolver.

Si aun existiera duda de quien necesita observar o dibujar tubería, juego de conexiones o un isométrico de una instalación, existe un método menos técnico pero más sencillo y es el siguiente:

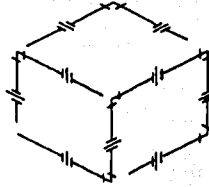
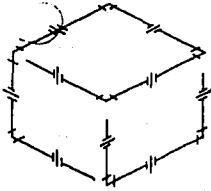
Se dibujaría en isométrico la construcción, en la que para trazar el isométrico de la instalación, bastaría seguir paralelas con respecto al piso, muros, azotea, límites de loza, etc.

Observese con detenimiento la siguiente construcción en isométrico, en donde parte de la instalación hidráulica se trazo de acuerdo al criterio anterior.

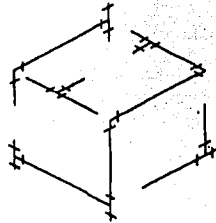
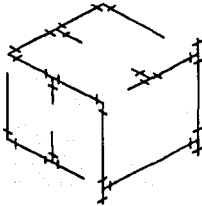


Es importante en el trazo de isométricos, indicar correctamente la posición de codos, tuercas unión, tees, válvulas, etc.

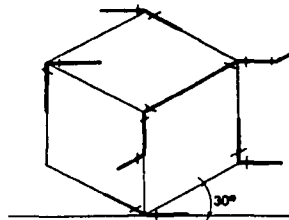
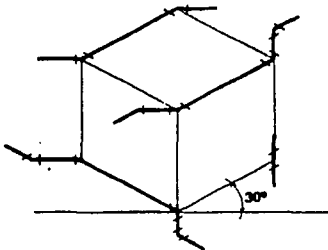
Ello puede lograrse con relativa facilidad, ayudándose con cubos en isométricos, en donde pueden mostrarse las conexiones que van hacia arriba, hacia abajo, a la derecha, a la izquierda, con cambio de dirección a 45° , a 90° , etc. Así como las que van acostadas en sus diferentes posiciones, como puede verse en las siguientes figuras:



Tuerces de unión y codos de 90° , con cambios de dirección sólo a 90° .



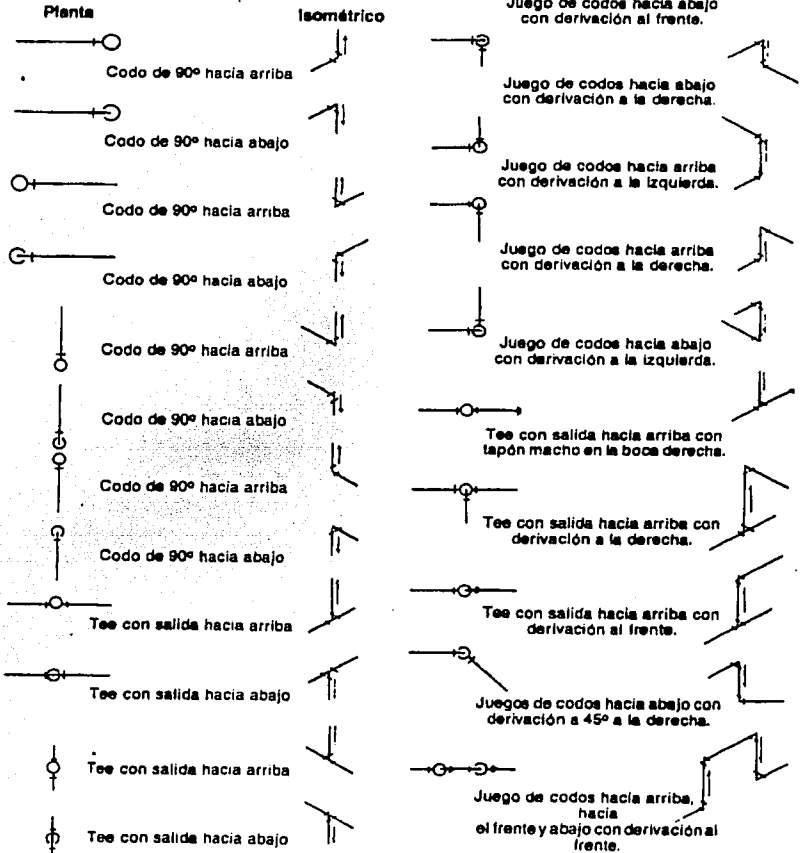
Codos de 90° y tuerces, con cambios de dirección solamente de 90° .



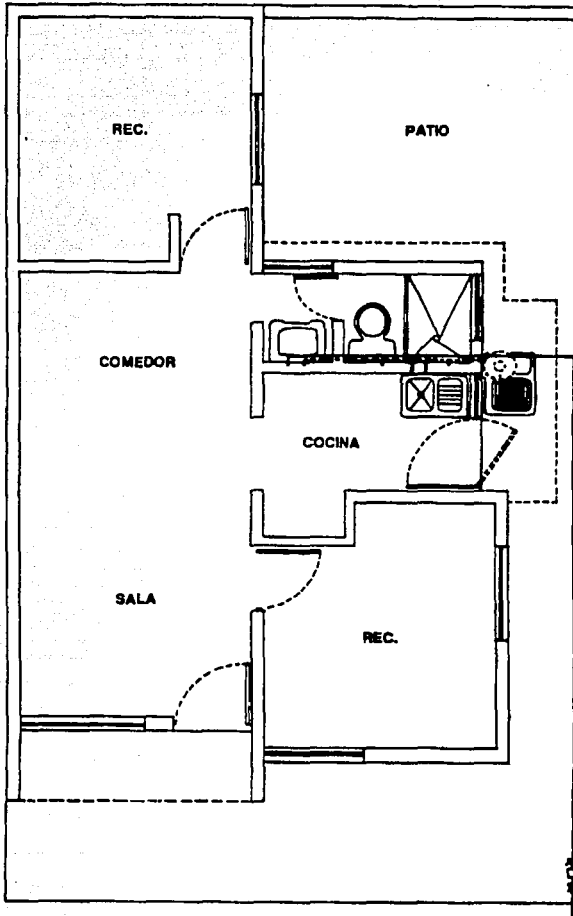
Codos de 45° y de 90° , haciendo cambios de dirección a 45° , en unos de tantos arreglos de uso diario.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Considerando que ya se tiene pleno conocimiento de la representación gráfica de conexiones y juegos de conexiones tanto en planta como en isométricos, se procede a indicar algunas de las de uso común.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.2 Corrientes de agua a simple gravitación. La provisión de agua desde los depósitos de distribución hasta un grifo alimentador cualquiera, se produce por simple gravitación y el agua debe fluir a través de tuberías de distintos diámetros, cambiar de dirección cada que lo haga la tubería, vencer la resistencia que a su paso oponen válvulas y llaves de distintos tipos, estar sometida a la fricción que a su paso genera sobre las caras internas de las tuberías, cuyas superficies serán mas o menos rugosas, atendiendo al tipo de material empleado en las mismas, hasta alcanzar finalmente una cañería de diámetro reducido, en la "conexión domiciliaria".

Todas estas "resistencias" antes mencionadas, que el agua encuentra, retardan su movimiento y le hacen perder parte de la "presión" de que dispone. Como consecuencia de ello, si verificamos el nivel piezométrico dentro de un depósito distribuidor y el nivel piezométrico dentro de una cañería alimentada por ese depósito y de su misma altura, comprobaríamos, estando el agua en reposo, que el "nivel máximo" que alcanza el agua dentro de la cañería, es inferior al del depósito distribuidor.

A ese nivel, se le denomina "nivel piezométrico real" o "nivel piezométrico máximo"

Si por el contrario verificamos el nivel piezométrico dentro de la cañería en horas pico de "mayor consumo", habremos obtenido el "nivel piezométrico mínimo".

Entre estos límites, máximo y mínimo, fluctúa el nivel o la presión del agua y como consecuencia de ello se producen tres situaciones distintas en la alimentación de agua a los edificios, que están en función directa de la altura de los mismos.

1a. Situación: Que la altura de los artefactos a alimentar en el edificio, esté por debajo del nivel piezométrico mínimo. En ese caso, la alimentación será por "Agua Directa" (fig. 4a, edificio 1)

Se entiende por "Alimentación por Agua Directa", a aquella que proviene directamente de la red exterior y alcanza a los grifos alimentadores, sin interposición de tanque alguno.

Integran un sistema de alimentación de agua directa:

La conexión propiamente dicha

La llave de paso

La cañería de distribución

Los grifos alimentadores de los artefactos

Las llaves de paso para independizar unidades específicas o artefactos.

2a. Situación: Que la altura de los artefactos a alimentar en el edificio esté por "sobre" el nivel piezométrico mínimo y por "debajo" del nivel piezométrico máximo.

En ese caso, deberá disponerse en el edificio de un tanque de reserva de agua, que se alimentara en forma directa en las horas de menor consumo y que tendrá una capacidad tal que asegure el servicio de agua durante las horas pico de mayor consumo. Esta situación "no requiere tanques ni equipos de bombeo". (fig. 4a, edificio 2)

En edificios de estas características, casos de viviendas colectivas de planta baja y un primer piso alto, que superan los 5 m. de altura, respecto a nivel de la vereda, es obligatoria la alimentación con agua de tanque, para todos los artefactos colocados por sobre el nivel de 5 m. y es optativa la alimentación con agua directa o de tanque, para los artefactos colocados bajo ese nivel.

3ra. Situación: Que la altura de los artefactos a alimentar en el edificio, este por "sobre" el nivel piezométrico máximo. En ese caso, deberá disponerse en el edificio de un tanque de "bombeo" y equipos elevadores de agua y un "tanque de reserva" de agua, situado en la parte más alta del edificio (fig. 4a, edificio 3)

Detalladas las dos primeras situaciones es obvio que excediendo los limites de ellas, deberá disponerse de tanques de bombeo y de reserva.

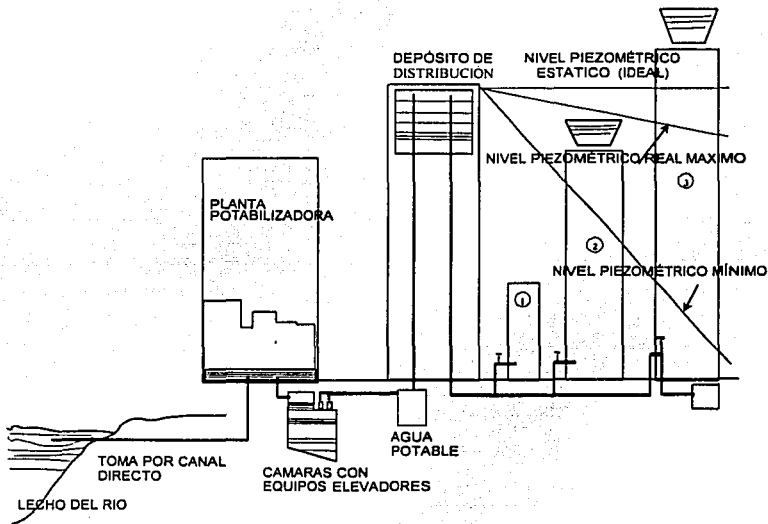


fig. 4a. niveles Piezométricos

3.3 *Redes de distribución*, El agua para los servicios sanitarios se deriva: o de una tubería de red general de agua a presión o de una instalación particular de captación.

Red interior de distribución, De la tubería general o de la captación particular parte una tubería de toma que penetra en el edificio y se ramifica en una red. Esta consta de tres partes principales:

- Distribuidores.
- Columnas.
- Derivaciones.

Los *distribuidores* son las tuberías horizontales que conducen el agua a las *columnas* (tuberías verticales) que de ellas parten. Las columnas llevan el agua a las distintas partes del edificio, y de ellas salen a la altura de cada planta otras tuberías horizontales (*derivaciones*) que a su vez llevan el agua hasta los grifos de toma.

En el sistema de agua a presión los distribuidores van situados, generalmente, en el sótano o planta baja, y de ellos parten las columnas hacia arriba (Fig.4b)

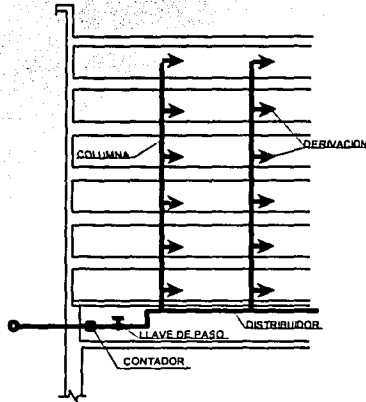


fig.4b Instalación a presión

Cuando el agua es conducida primero a un depósito superior (por falta de presión o irregular suministro), los distribuidores se colocan en el desván o en la planta más alta del edificio y llevan el agua del depósito a las cabezas de las columnas verticales que conducen el agua hacia abajo (fig.4c)

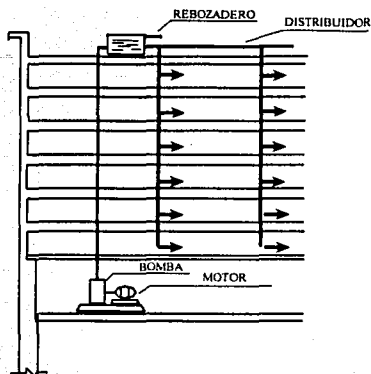


fig.4c Instalaciones con depósito

La red de distribuidores horizontales puede ser:

Red ramificada (fig.4d)

Red de anillo (fig.4e)

El segundo sistema, aunque más caro, tiene la ventaja de que, mediante un juego de llaves de paso bien dispuesto, permite la reparación en el distribuidor, manteniendo en servicio todas o casi todas las columnas. Así (fig.4e) una avería en A puede repararse cerrando las llaves M y N próximas, y todas las columnas siguen funcionando.

Este sistema también tiene la ventaja de que la distribución es más uniforme y que el circuito cerrado amortigua mejor el golpe de ariete.

Las *columnas* ya hemos dicho que pueden ser ascendentes y descendentes. En el origen de cada una debe situarse una llave de paso para, en caso de reparación, excluirla del servicio, sin tocar el resto de la instalación.

Las *derivaciones* están formadas por las tuberías que enlazan las columnas o distribuidores con los grifos de toma de cada aparato. También en el origen de cada derivación debe haber una llave de paso.

Las columnas generalmente se empotran en los muros, para lo que deben dejarse canales en éstos al hacer el edificio. Estos canales no deben luego cerrarse herméticamente, sino que deben dejarse unas rejillas de ventilación para evaporar posibles condensaciones de humedad atmosférica sobre las paredes externas de los tubos.

Las derivaciones también van empotradas bajo el pavimento o en las paredes, o colgadas del forjado y ocultas por un cielo raso.

3.4 *Presión en las calles*, En el sistema de agua a presión de las ciudades, el agua, en las tuberías generales que van por las calles, lleva una presión que suele oscilar de dos a cinco atmósferas (entre 20 y 50 m de altura de agua)

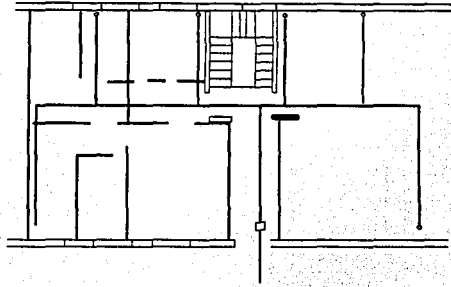


fig.4d distribuidor de red

El agua en el interior de los edificios puede llegar hasta una altura (medida verticalmente desde el centro de la tubería general) igual a aquella disminuida en la pérdida de carga debida a las resistencias que encuentra el agua al recorrer las tuberías del edificio.

Prácticamente, para saber de un modo aproximado si el agua servirá cumplidamente a los aparatos sanitarios situados en la última planta de un edificio, bastará comprobar que la presión en la tubería de la calle (en metros de altura de agua), medida a las horas de consumo máximo, es, al menos, cinco metros mayor que el desnivel entre dicha tubería general y los grifos más altos.

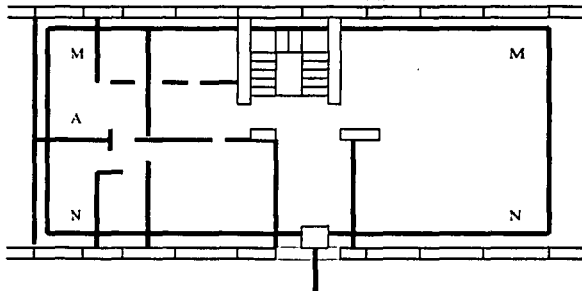


fig. 4 e Distribuidor de anillo

Instalaciones en edificios altos, Para que una instalación funcione bien y para que los grifos no se estropeen, no debe en ningún punto de la misma llegar la presión a los 40 m de altura (cuatro atmósferas)

En este caso deben emplearse depósitos en las plantas intermedias, o válvulas de reducción de presión. La fig. 4f indica los sistemas aconsejables.

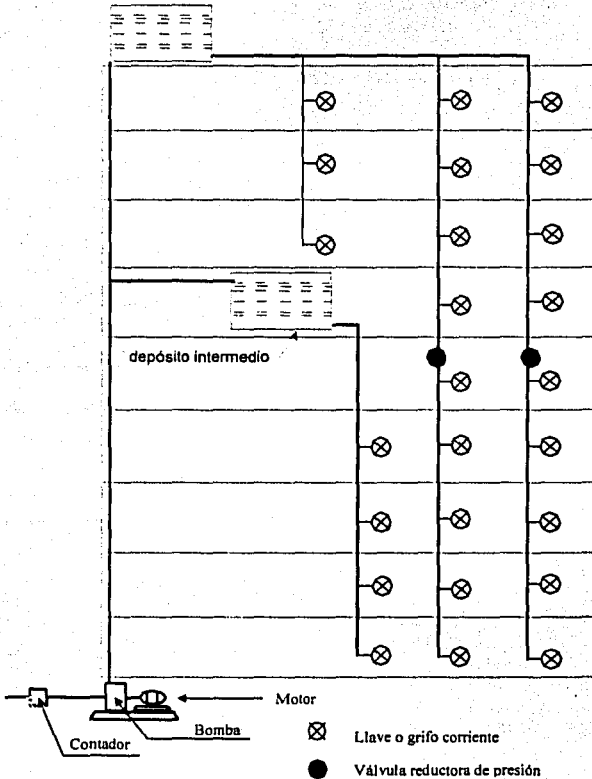


fig.4f Sistemas de distribución en edificios

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La presión máxima admisible en los accesorios de los muebles no debe ser mayor de 3.5 Kg./cm^2 (35 m H), debiendo considerarse sobre los muebles más altos de la instalación 1 Kg/ cm^2 (10 m) si son de fluxómetro y 0.5 Kg/ cm^2 (5 m) si son muebles ordinarios. (Mínimos 0.70 Kg/ cm^2 y 0.20 Kg/ cm^2 respectivamente)

Dentro de los conceptos constructivos de la instalación hidráulica, debemos conocer lo siguiente:

Cámaras de aire o presión. Son pequeños tubos tapados en un extremo, del mismo diámetro que la tubería de alimentación, con una longitud mínima de 60 cm en las cuales se forma una cámara de aire que tiene por objeto reducir los golpes de ariete ocasionados por los cierres bruscos de las llaves y que hace percibir fuertes ruidos en la instalación. Si estas cámaras se hacen más cortas, existe el peligro de que la circulación del agua arrastre el aire contenido en ellas y al llenarse de agua no cumplan su objetivo.

Jarros de aire. Tiene por objeto expulsar el aire contenido en las tuberías, las cuales si no están correctamente instaladas pueden aprisionar el aire formando verdaderos tapones que impiden la circulación del agua o que al ser expulsado por las llaves, cuando esto es posible, ocasiona intermitencias molestas del flujo.

Válvulas eliminadoras de aire. Tiene el mismo objeto del jarro de aire, pero se instalan en los sistemas que trabajan a presión por bombeo y en los cuales no pueden tenerse extremos abiertos.

Son pequeños receptáculos con un elemento de flotador, el cual cae por su propio peso cuando hay aire dentro de la válvula, dejándolo escapar y cerrándose cuando el agua vuelve a llenar el receptáculo.

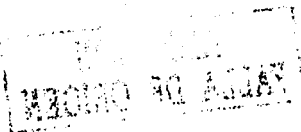
Válvulas check. De varios tipos, como son verticales, horizontales o de columpio, con émbolos verticales o de balanceo que permiten el flujo dentro de la tubería en un solo sentido

Reductora de presión. Válvulas que por medio de oponer una fuerte resistencia al flujo por medio de diafragmas y resortes, reducen la presión dentro de las tuberías.

3.5 Consumo diario por persona o dotación. Para calcular el consumo de cualquier tipo de construcción o incluso de un fraccionamiento, se debe tomar en cuenta la dotación que se asigne a cada persona, para que al tener el total de estas, que habite una construcción o fraccionamiento, podamos saber cual es el consumo diario del conjunto, en la tabla 3.1 se dan valores promedio de estos consumos.

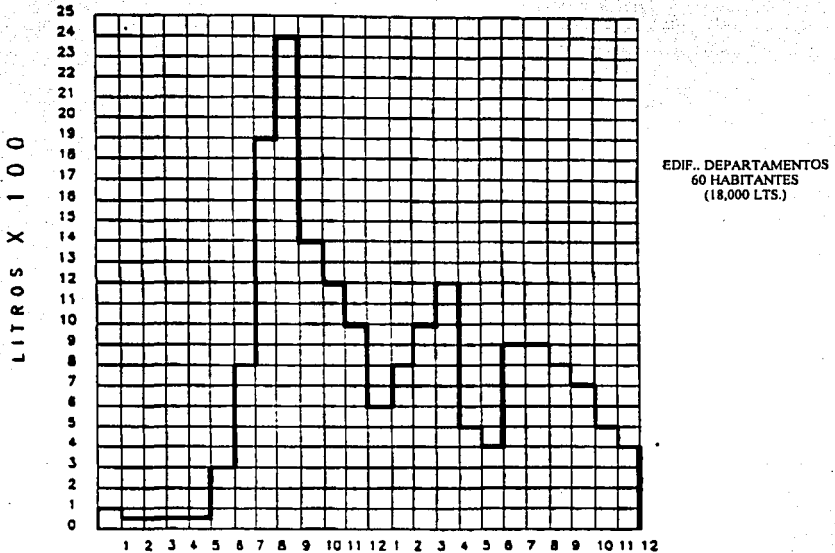
El consumo de agua en uso privado depende mucho del grado social y la clase de vida de las personas y del sistema de distribución (con deposito, a presión, etc.)

En general el consumo medio anual, comprendidos los servicios privados, públicos e industriales, crece con la importancia del núcleo de población.



Al aprovisionar un centro habitado hay que tomar en cuenta el probable crecimiento de éste y proveer de agua no sólo por el momento, sino también para un cierto número de años.

El consumo de agua varía mucho de estación a estación, de día a día y de hora a hora dentro de cada día por lo que también hay que tomarlo en cuenta al proyectar la instalación en la fig. 4g se dan los valores estimados de estos consumos.



g. 4g. Fluctuaciones de consumo horarios estimados

NOI ANTE
MAGGIO 20 ALI

75

3.6 Primer método de cálculo (unidades mueble)

En la red de distribución de una edificación, se destacan dos elementos básicos como son: las columnas de alimentación y los ramales donde se requiere servicio

El proyecto de los mismos se basa en:

1º hacer trazos que permitan los recorridos para evitar excesos de pérdidas de presión y reducir costos de instalación.

2º Obtener el gasto en la tubería: El sistema más aceptado, se basa en la unidad de descarga que se ha denominado "unidad mueble" que se ha establecido por comparación entre los diferentes muebles sanitarios, habiéndose escogido como unidad la correspondiente a un lavabo de uso particular o doméstico, con relación a este se establecen las unidades para el resto de los muebles, tanto en uso particular como público, la unidad supone un consumo de 25 L / min. (tabla 4.2)

Debido a que en la actualidad el consumo máximo por descarga debe de ser de 6 lts. para inodoros y de 4 lts. para mingitorios, así como que en todos los demás muebles sanitarios deben tener dispositivos para que no proporcionen más de 10 lts. por minuto, el IMSS modifico los valores en las unidades mueble que se usaban para el cálculo de gastos.

EQUIVALENCIA DE MUEBLES EN UNIDADES DE GASTO

MUEBLE	SERVICIO	CONTROL	U.M.
EXCUSADO	PUBLICO	VALVULAS	10
EXCUSADO	PUBLICO	TANQUE	5
FREGADERO	HOTEL REST.	LLAVE	4
LAVABO	PUBLICO	LLAVE	2
MINGITORIO PEDESTAL	PUBLICO	VALVULA	10
MINGITORIO PARED	PUBLICO	VALVULA	5
MINGITORIO PARED	PUBLICO	TANQUE	3
REGADERA	PUBLICO	MEZCADORA	4
TINA	PUBLICO	LLAVE	4
VERTEDERO	OFICINAS ETC.	LLAVE	3
EXCUSADO	PRIVADO	VALVULA	6
EXCUSADO	PRIVADO	TANQUE	3
FREGADERO	PRIVADO	LLAVE	2
GRUPO BAÑO	PRIVADO	EXC. VALV.	8
GRUPO BAÑO	PRIVADO	EXC. TANQUE	6
LAVABO	PRIVADO	LLAVE	1
LAVADERO	PRIVADO	LLAVE	3
REGADERA	PRIVADO	MEZCADORA	2
TINA	PRIVADO	MEZCADORA	2

tabla 4.2

Estos nuevos valores de unidades mueble tienen como resultado disminución de gastos y, por consecuencia, de diámetros. (En el anexo IMSS tablas 6.2 y 6.3 se indican los nuevos valores)

3° Calcular el diámetro de la tubería: Conocido el número de unidades mueble de los núcleos, se van acumulando en los tramos de la columna de alimentación hasta totalizarlos en la tubería de la red general de distribución. Los diámetros mínimos con los que se deben alimentar los muebles sanitarios, así como las cargas de trabajo mínimas que se deben considerar para su buena operación se indican en la tabla 4.3 y anexo IMSS 6.1.

Obtenido el gasto del ramal o columna de alimentación, puede utilizarse un nomograma para obtener el diámetro de las tuberías, de acuerdo con la calidad de estas y con la pérdida de presión (graficas D1 y D2)

4° Revisar por velocidad cada uno de los tramos de la tubería y checar; presiones, diámetros, etc.

Para obtener el gasto de la tubería, interviene el *factor de uso simultaneo* ya que no es posible que exista la posibilidad de que todos los usuarios y en forma simultanea operen las llaves del servicio y al cien por ciento de ellas, por lo tanto, a mayor número de muebles el factor se reducirá.

A continuación daremos dos *métodos para el cálculo de uso simultaneo*

Dado que un sistema de abastecimiento a muebles sanitarios no tiene un funcionamiento regular porque depende de varias circunstancias (número de muebles, número y tipo de usuarios, etc.) No hay una forma matemática exacta para determinar con seguridad cual puede ser la demanda máxima instantánea, en un momento dado con ese dato se puede determinar el diámetro de la línea y la capacidad de bombeo en su caso.

Después de varios intentos empíricos, la forma de cálculo más aceptada es la del Dr. Roy B. Hunter, del National Bureau of Standar, en Estados Unidos de Norteamérica.

Hunter ideó un método práctico para la determinación de gastos en las tuberías en edificaciones. Asumió que la operación de las instalaciones principales de un sistema puede ser considerada como un evento aleatorio, por lo que la utilización de los muebles sanitarios y su tiempo de operación podía analizarse con el apoyo de la teoría de las probabilidades. Así, estimo las frecuencias máximas de uso de los muebles que forman una instalación hidrosanitaria basando sus resultados en mediciones hechas en hoteles y edificios de departamentos, teniendo como objetivo determinar el gasto que deberá ser consumido por las tuberías rindiendo un servicio satisfactorio; definiendo como servicio satisfactorio cuando el gasto demandado por un número "m", del total de muebles "n", es suministrado cuando los muebles "m" están funcionando simultáneamente.

El procedimiento basado en la teoría de las probabilidades era muy complicado, por lo que Hunter ideó un método simple que dio resultados aproximados satisfactorios. Así creo factores de carga de instalaciones (Unidades Mueble), asignándoles un valor de diez a

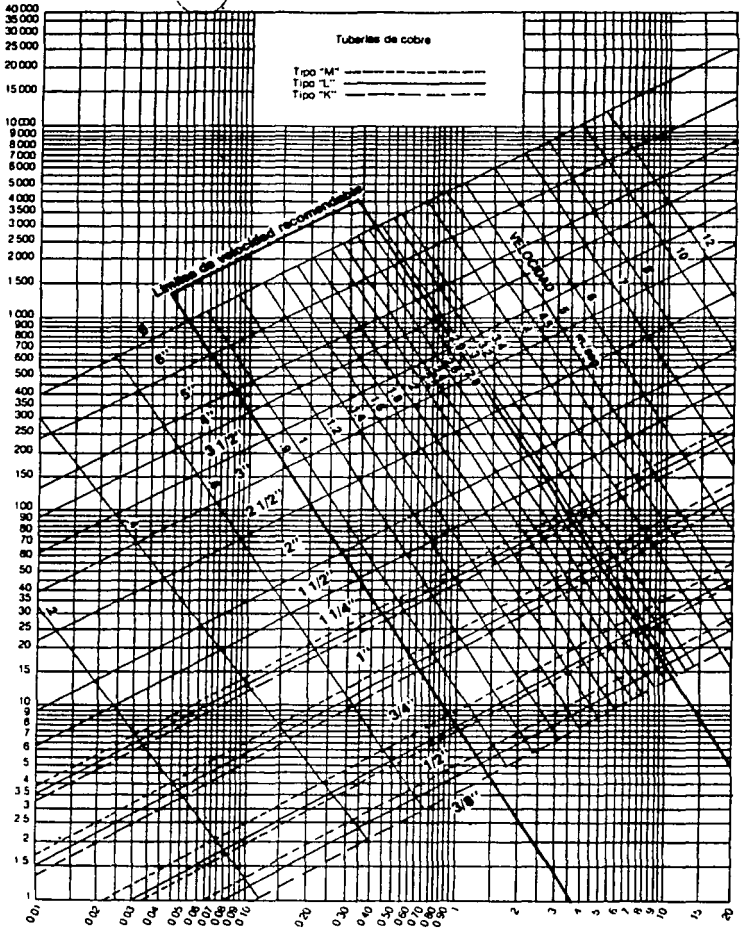
un inodoro de fluxómetro con un tiempo de operación de nueve segundos, un gasto promedio de 1.7 lts. / seg. y un intervalo de operación de 5 minutos, y de éste partió

Las curvas de Hunter dan el máximo consumo probable de acuerdo con las unidades mueble obtenidas, diferenciando la curva correspondiente al predominio de los muebles de fluxómetro.

Cabe hacer notar que las curvas de Hunter (grafica D3), tienen márgenes muy amplios de seguridad. En la tabla del IMSS 6.4 se representan los gastos probables ya desglosados.

APARATO	Diámetro de la tubería (pulgadas)	presión (Kg./cm. ²)	Caudal L.P.M.
Lavabo	¾	0.58	12
Grifo de cierre automático	½	0.87	10
Lavabo público 3/8"	¾	0.73	15
Fregadero ½"	½	0.36	15
Bañera	½	0.36	25
Lavadero	½	0.36	20
Ducha (regadera)	½	0.58	20
Water closet con tanque de descarga	¾	0.58	12
Water closet con válvula de descarga	1	0.73 - 1.46	75 - 150
Mingitorio con válvula de descarga	1	1.09	60
Manga de jardín de 15m.	½	2.19	20

Tabla 4.3

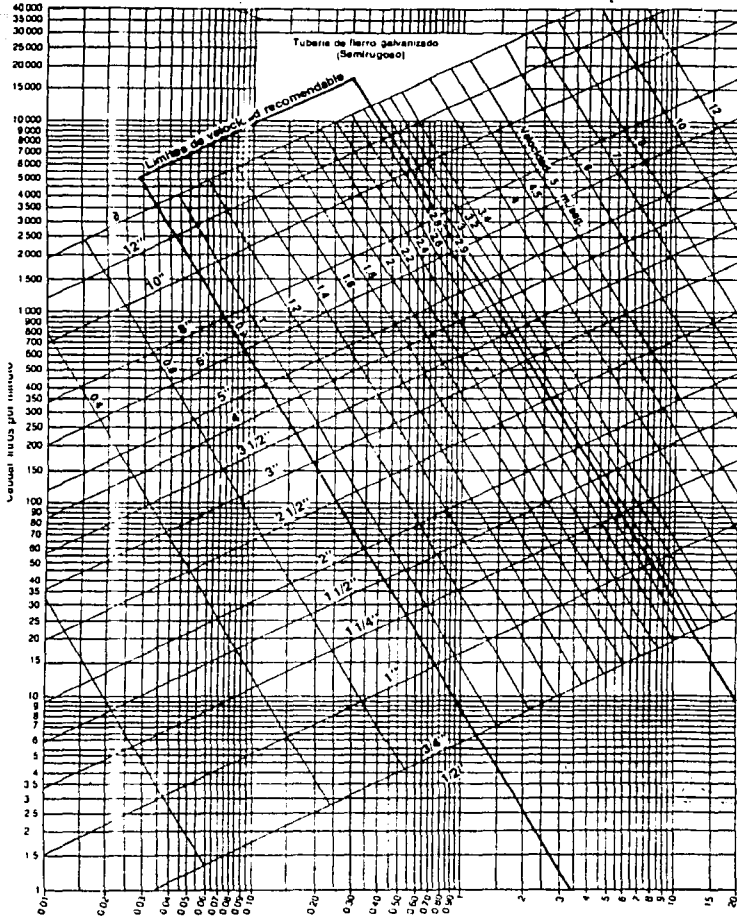


TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Presión disponible para vencer pérdidas por rozamiento en Kg/cm² por cada 100 m. De tubería
 (Factor de presión)

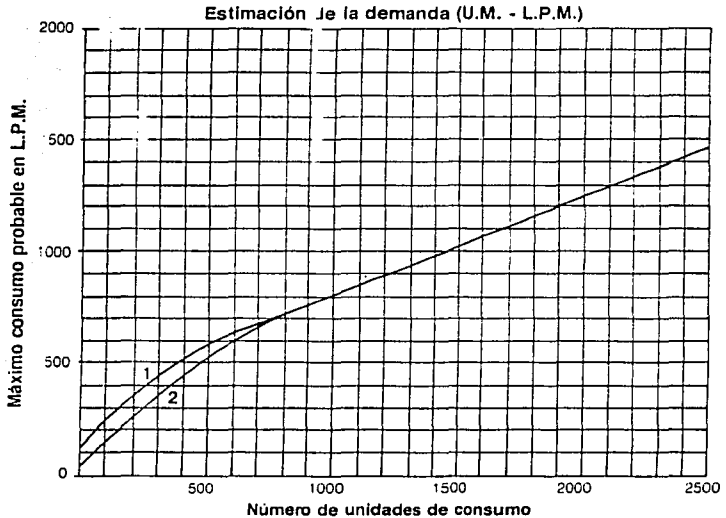
Grafica D2

ESTA TESIS NO SALE
 DE LA BIBLIOTECA



Gráfica D1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



- 1 Instalaciones en las que predominan válvulas de descarga
- 2 Instalaciones en las que predominan tanques de descarga

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Grafica D3

En México, el Ing. Manuel A. de Anda inicia el tema con el estudio del cálculo de probabilidades y es el siguiente:

Con el fin de formarse un criterio acerca de la probabilidad de funcionamiento simultaneo de los muebles sanitarios, se puede partir de un caso en que haya una batería de 4 muebles con fluxómetro.

Stamp: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE GUATEMALA

a b c d

Si cada fluxómetro funciona durante 10 segundos Cada 10 minutos. o sea $A = 1/60$ del tiempo, la probabilidad de que dos fluxómetros operen simultáneamente es de $A = 1/60$; pero podemos formar seis pares diferentes (ab, ac, ad, bc, bd y cd), pero si la batería de muebles funciona 8 horas cada día, resulta que cada uno de los muebles operara $B = 8 \times 60$ min. = 48 veces al día y hay 48×6 posibilidades de que se forme un par simultaneo, siendo solamente probable que en las 8 horas trabajen a la vez $48 \times 60/60 = 4.8$ veces o sea una vez cada 75 minutos ($1 \frac{1}{4}$ horas)

Pueden comprobarse que pueden formarse 4 tercias diferentes, $(4 \times 3 \times 2) / (2 \times 3) = n(n-1)(n-r+1) / r$, siendo (n) los cuatro fluxómetros, $r = 3$ porque deseamos tercias y $r = 1 \times 2 \times 3$, ahora bien para que un mueble cualquiera funcione simultáneamente con un par ya formado, la probabilidad es de $1/60$, y como la del par era también $1/60$, para una tercia resulta $1/60^2$, de modo que la frecuencia con la que podrian llegar a funcionar a la vez 3 de los 4 fluxómetros será:

$$f = \frac{48 \times 4}{60^2 \square^1} = \frac{48 \times 4}{18.75} = \frac{1}{18.75}$$

O sea una vez cada 18.75 días, equivalente a una vez cada 150 horas. Bastara pues que la tuberia tenga capacidad para dos fluxómetros a la vez.

Cálculo de la probabilidad de uso simultaneo

Si se tiene un grupo de muebles sanitarios del mismo tipo, la frecuencia (f) en veces al día en que pueden funcionar a la vez (r) muebles de (n) instalados es:

$$f = \frac{B C^n}{A^{r-1}} = (\text{veces al día})$$

siendo:

- B El número de usos al día de cada mueble
- C^n , El número de combinaciones de (r) en (r) muebles, de entre los (n) instalados.
- A La relación entre el intervalo de usos consecutivos y la duración de la descarga

como

$$C_r^n = \frac{n(n-1)(n-2) \dots (n-r+1)}{r}$$

$$f = \frac{Bn(n-1)(n-2) \dots (n-r+1)}{r A^{r-1}}$$

Por ejemplo, si se tienen 6 fluxómetros funcionando cada 10 minutos, durante 10 segundos, $A = 6$ y $B = 48$ veces en 8 min. / día, la tubería troncal deberá ser capaz de alimentar el número de fluxómetros que puedan funcionar simultáneamente una vez al día.

Si funcionan de uno en uno, la frecuencia será:

$$f \ 1/6 = \frac{48 \times 6}{1 \times 60} = 4.8 \text{ veces al día}$$

con dos simultáneos:

$$f \ 2/6 = \frac{48 \times 6 \times 5}{1 \times 2 \times 60} = 12 \text{ veces al día}$$

con tres fluxómetros a la vez

$$f \ 3/6 = \frac{48 \times 6 \times 5 \times 4}{1 \times 2 \times 3 \times 60} = 16 \text{ veces al día}$$

Por consiguiente la tubería troncal deberá ser suficiente para alimentar tres fluxómetros a la vez, ya que para dos existe el riesgo de insuficiencia cuando lleguen a funcionar tres a la vez.

Cuando se trata de un número de muebles grande y de diferentes tipos, no puede hacerse el cálculo como antes con fluxómetros del mismo tipo, pueden utilizarse las siguientes formulas

$$Q = 0.45 \ U \quad (1)$$

$$Q = 0.25 \ U + 0.005 \ U \quad (2)$$

Siendo "U" el número total de unidades de gasto, según el método de Hunter, y "Q" el gasto requerido en litros por segundo.

La formula (1) se usa para conjunto de muebles en que haya fluxómetros, sin que "U" pase de 1600 unidades de gasto, en tanto que la formula (2) se emplea cuando no hay fluxómetros y "U" pasa de 1600 unidades.

Ejemplo:

Calcular mediante el método de Rax B. Hunter, la instalación hidráulica de la casa de campo según la figura 4h.

1.- Asignar unidades mueble a cada aparato sanitario

de la tabla 4.2

Aparatos	U M
3 Lavabos	3
1 Regadera	2
2 Tinas	4
3 Excusados	9
1 Fregadero	2
1 Lavadero	3
total	23 UM

2.- Dividir en tramos la instalación

ver croquis

3.- Determinar diámetros

A efectos de este ejemplo calcularemos un tramo en el entendido que los demás tramos se calcularan de la misma manera.

en tramo 2 con 8 UM

de las tablas IMSS 6.4 obtenemos el gasto probable según las UM

$$Q = 0.5 \text{ lts. / seg.}$$

$$\text{Si } A = \frac{Q}{V}$$

y proponemos una velocidad de 3 m / seg.

$$A = \frac{0.0005}{3} = 0.00016 \text{ m}^2$$

donde:

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00016}{\pi}} = 0.014 \text{ mm}$$

ajustamos a una tubería comercial de 19 mm, 3 / 4 " y revisamos la velocidad

$V_r = 1.69 \text{ m / seg.}$ que esta dentro de nuestro rango recomendado.

La velocidad máxima permitida dentro de las tuberías es de 3 m / seg., dado que a partir de esta velocidad se percibirá la circulación del agua, transmitiéndose por toda la construcción, ocasionando ruidos molestos.

4.- Cálculo de pérdidas

Para facilitar el cálculo de las pérdidas de presión existen tablas que dan la equivalencia de las conexiones considerándolas como tramos de tubería recta (tabla 4.4 y anexo IMSS 6.7.1 a 6.9.11)

Las pérdidas de carga las podemos calcular con la fórmula:

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

donde: $f = 0.05$ en diámetros de 13 a 25 mm
 $f = 0.04$ en diámetros de 32 a 50 mm.
 $f = 0.03$ en diámetros de 60 a 150 mm.
 $L =$ longitud equivalente de tubería
 (tubería más conexiones)
 $d =$ Diámetro de la misma
 $v =$ Velocidad = Q/A
 $g =$ Aceleración de la gravedad

Sin embargo, no es estrictamente exacto, ya que los coeficientes varían en función de las condiciones de las superficies internas de las tuberías y de la propia velocidad (ver anexo IMSS tablas 6.5.3 a 6.6.14)

si tomamos:

$f = 0.02$ Para tubería de cobre

$L = l + l_a$; $l =$ distancia geométrica y $l_a =$ distancia equivalente de accesorios

$l = 4.70$

de tabla 4.4

$$l_a = \text{llave paso compuerta} = 0.15$$

$$\text{Tuerca unión (tomándola como llave compuerta)} = 0.15$$

$$\text{Tee con giro de } 90^\circ = 1.20$$

$$L = 4.70 + 1.50 = 6.20$$

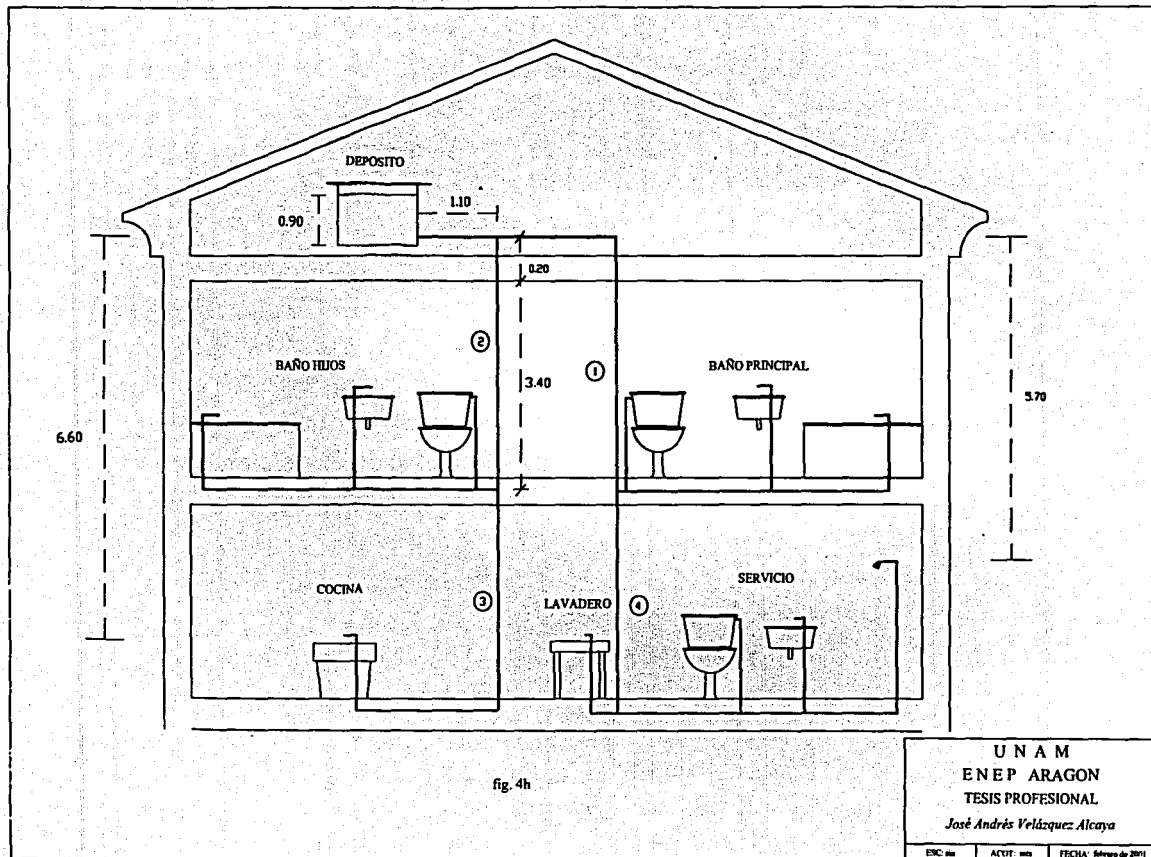
$$h_f = 0.02 \frac{6.20}{0.019} \frac{1.69^2}{19.62} = 0.95 \text{ mca}$$

5.- calculo de presión en 12

$$P_{12} = 0.90 + 0.12 + 3.40 - 0.95 = 3.55 \text{ mca}$$

DIÁMETRO (PULGADAS)	CODO 90°	CODO 45°	TEE GIRO DE 90°	TEE PASO RECTO	VALVULA DE COMPUERTA	VALVULA DE GLOBO	VALVULA DE ÁNGULO
3/8	0.30	0.20	0.45	0.10	0.06	2.45	1.20
1/2	0.60	0.40	0.90	0.20	0.12	4.40	2.45
3/4	0.75	0.45	1.20	0.25	0.15	6.10	3.65
1"	0.90	0.55	1.50	0.27	0.20	7.60	4.60
1 1/4	1.20	0.80	1.80	0.40	0.25	10.50	5.50
1 1/2	1.50	0.90	2.15	0.45	0.30	13.50	6.70
2"	2.15	1.20	3.05	0.60	0.40	16.50	8.50
2 1/2"	2.45	1.50	3.65	0.75	0.50	19.50	10.50
3"	3.05	1.80	4.60	0.90	0.60	24.50	12.20
3 1/2	3.65	2.15	5.50	1.10	0.70	30.00	15.00
4"	4.25	2.45	6.40	1.20	0.80	37.50	16.50
5"	5.20	3.05	7.60	1.50	1.00	42.50	21.00
6"	6.10	3.65	9.15	1.80	1.20	50.00	24.50

Tabla 4.4



3.7 Segundo método de cálculo

Recordemos el problema general para el movimiento de agua a presión en tubos.

La pérdida de carga continua, se toma por unidad de longitud, y la designamos con hf.

En el movimiento uniforme a lo largo de un tubo de sección constante los factores que nos interesan son los siguientes:

Diámetro	D
Gasto	Q
Rugosidad interior	S
Velocidad	V
Pérdida de carga	hf

La relación que existe entre V, D, S y hf la podemos expresar, por ejemplo, hf en función de los otros valores:

$$hf = f(V, D, S)$$

y entre Q, V y D sabemos que:

$$Q = V \frac{\pi D^2}{4}$$

Tenemos dos ecuaciones con cinco variables, conocidas tres variables pueden hallarse las otras dos. Por ejemplo: lo frecuente en nuestro problema es, conocidos Q, hf y la rugosidad S, hallar la velocidad V y el diámetro D.

Para nuestro caso la formula más práctica es la de Flamant:

$$hf = 4 m \left(\frac{4}{\pi} \right)^{7/4} \frac{Q^{7/4}}{D^{19/4}} \quad (4.1)$$

La expresión (4.1) y $Q = (\pi D^2 / 4)$ resolvería el problema.

El coeficiente "m" corresponde a la rugosidad y depende del material y estado del tubo y toma los siguientes valores:

Tubo de hierro con algo de incrustación (caso general después de un tiempo de servicio)	m = 0.00023
tubo de fundición nuevo	m = 0.000185
tubo de plomo nuevo	m = 0.00014

Con arreglo a la formula de Flamant y para m = 0.00023 esta hecha la tabla 4.5, de los números que figuran, el superior es el valor de hf y el inferior es el de V.

Con esta tabla conocidos dos de los cuatro valores, se obtienen los otros dos. También puede emplearse el diagrama de la figura 4i, calculado para tuberías de hierro galvanizado. Por el punto de encuentro de una diagonal indicadora de la pérdida de carga hf, con una horizontal que indica la velocidad V, pasa también una vertical que da el diámetro del tubo D, y otra diagonal (de la segunda serie de diagonales) que señala el gasto Q

Este diagrama puede utilizarse con cualquier clase de material de tubería. Por tanto si un sistema se calcula con este diagrama, también es adecuado cuando se emplee otro material.

3.8 Cálculo de tuberías basado en las velocidades

El cálculo se divide en dos pasos: *Cálculo provisional* y *Cálculo de comprobación*.

En el *Cálculo provisional* consideramos el conjunto de tuberías que enlazan el depósito con el grifo situado en condiciones más desfavorables (por distancia y desnivel), se divide este conjunto en tramos en que el gasto sea constante, asignamos un valor provisional a la velocidad que el agua ha de llevar en este conjunto de tuberías. Lo podemos hacer con buena aproximación basándonos en la altura de carga disponible, así tendremos:

Para desniveles de:	1 a 4 m.	prefijamos V =	0.50 a 0.60 m / seg.
	4 a 10 m.	" V =	0.60 a 1.00 "
	10 a 20 m.	V =	1.00 a 1.50 "
	20 ó más	V =	1.50 a 2.00 "

Prefijada la velocidad podemos tener para cada tramo V y Q. La tabla 4.5 nos da inmediatamente "hf" y "D".

Cálculo de comprobación, Se consideran las pérdidas de carga en todos los tramos del conjunto de tuberías analizado, tanto por resistencia continua como por resistencias aisladas, hf L + Σ hf acc., y se comprueba que satisfaga la ecuación

$$Z_0 - Z_1 - \frac{P_1}{\gamma} = \Sigma (hf L + \Sigma hf acc) \quad (4.2)$$

ó

$$\frac{P_0}{\gamma} - Z_1 - \frac{P_1}{\gamma} = \Sigma (hf L + \Sigma hf acc) \quad (4.3)$$

(cada (hf L + Σ hf acc) afecta a un tramo del conjunto considerado)

Si el segundo miembro resulta igual o poco menor que el primero, el cálculo provisional es válido, si es mucho menor o mucho mayor, se debe aumentar o disminuir el diámetro de alguno o varios tramos.

Z_1 es la altura geométrica del grifo o derivación ultima P_1 / γ es la correspondiente carga piezométrica, que es un dato conocido para un buen funcionamiento.

La figura 4j representa un esquema de instalación y conjunto de tramos donde notamos la presión disponible (dada por el tanque elevado), y la derivación más baja y Alejada. Se nota claramente el significado de $\frac{P_0}{\gamma}$, Z_1 y $\frac{P_1}{\gamma}$, y de la pérdida de carga:

$\Sigma (hf L + \Sigma hf acc)$. Si esta resultara mayor (al hacer la comprobación) que el segundo representado por P_1 / γ será inferior a lo fijado y no funcionarían los bien los grifos de la última derivación, por lo que se tendrían que aumentar algún o algunos diámetros de los tramos calculados.

Si por el contrario, resultara menor, quiere decir que no hemos aprovechado bien la carga disponible y debemos en beneficios de la economía, reducir algún diámetro.

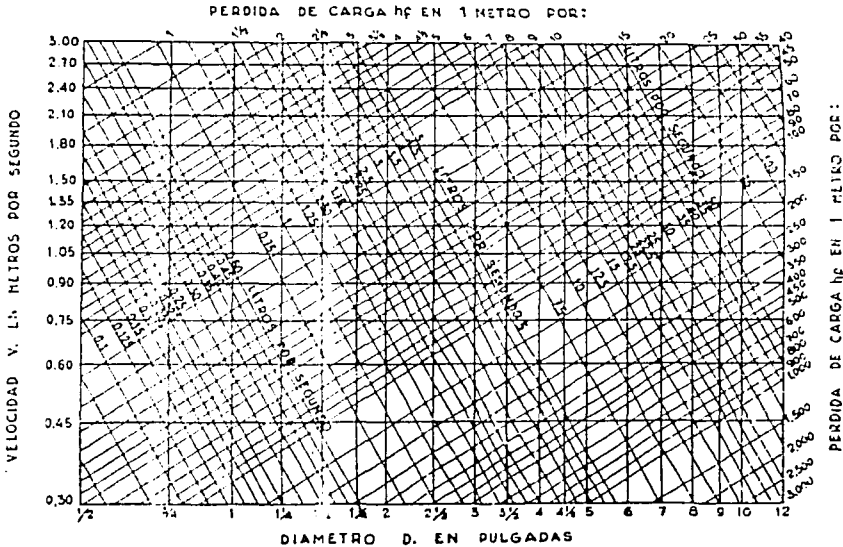


Fig. 4j Cálculo de tuberías de hierro galvanizado

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

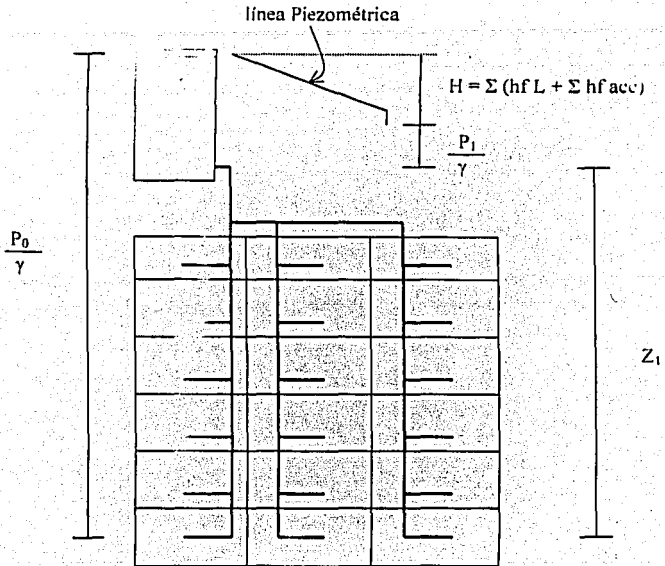


fig. 4j Esquema instalación y línea de carga

3.9 Cálculo de las tuberías basado en las pérdidas de carga

El método anterior resulta poco exacto cuando la diferencia entre la carga disponible y la diferencia de alturas es pequeña. En este caso es preferible determinar el valor promedio de "hf" para cada tramo y con Q y hf hallar D y V, y comprobar.

Se empieza el cálculo como antes, por el conjunto de tuberías que enlazan la red general (o el depósito) con el grifo o la derivación más alejada ó en condiciones más desfavorables. Para este conjunto podemos conocer la pérdida total de carga $\Sigma(hf L + \Sigma hf acc)$ o carga disponible (fig. 4j), para que el agua llegue a la última derivación con presión suficiente P_1 / γ , para el buen funcionamiento de los servicios correspondientes. Tenemos como valor de pérdida de carga:

$$\Sigma(hf L + \Sigma hf acc) = \frac{P_0}{\gamma} - Z_1 - \frac{P_1}{\gamma} = H$$

Lo que nos interesa para manejar las tablas, es conocer no la carga total H, sino la pérdida unitaria por rozamiento hf L.

Las pérdidas aisladas Σhf_{acc} son las causadas por; codos, curvas, paso por una llave, un grifo, un contador... las pérdidas por contador es mucho mayor que cualquier otra. Llamando $\Sigma hf \lambda_1$ a todas las pérdidas de carga aisladas, excluyendo el contador y λ_c a la pérdida de éste nos queda:

$$\Sigma hf_{acc} = \Sigma hf \lambda_1 + \lambda_c = H$$

Las experiencias muestran que λ_c es aproximadamente un 15 por ciento de Σhf λ_1 . Por otra parte podemos suponer que hf varía poco a lo largo del recorrido, o sea $\Sigma hf L = hf \Sigma L$ y entonces nos quedara;

$$\Sigma hf L + \frac{15}{100} hf \Sigma L = H - \lambda_c$$

$$hf \Sigma L \times 1.15 = H - hf \Sigma L$$

$$hf = \frac{H - \lambda_c}{1.15 - \Sigma L}$$

El valor de λ_c se conoce aproximadamente al saber el tipo de contador a emplear y ΣL es la longitud aproximada del recorrido. Por lo que es fácil con esa sencilla formula hallar el valor aproximado de hf . Con éste valor promedio y con Q entramos en la tabla y hallamos el diámetro.

A continuación, para comprobar los diámetros, entramos de nuevo en la tabla; ahora con Q y D , precisamos hf y hallamos V , calculamos las pérdidas efectivas $hf L$ y las $hf \lambda$ (Que están en función de V) y vemos si satisfacen las ecuaciones (4.2) o (4.3.)

Calculando el primer grupo de tuberías, se procede análogamente para los demás, tomando en cada caso el mismo origen que antes (deposito o red general), pero teniendo en cuenta que para los tramos comunes con el primer grupo hay que contar ya con el valor de la velocidad y de la pérdida de carga ya calculados en éste primer grupo.

Determinación previa de los gastos a asignar a las tuberías. Al igual que en el primer método, ante todo, deben establecerse los valores del gasto a suministrar por cada grifo (En el método de Roy B. Hunter están dados en la tabla 4.2), según sea el aparato sanitario a que corresponda, dichos valores están indicados en la tabla 4.6

Métodos de cálculo en servicio de agua fría

Q	Diámetro en pulgadas y milímetros del tubo															
	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/4"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	5"	6"	8"			
Lts / seg.	11	16	20	26	35	41	52	62	68	80	93	105	125	150	200	
0.05	0.0837	0.0142	0.0049	0.0014	0.0003	0.0002										
	0.526	1.248	0.159	0.094	0.052	0.038										
0.08	0.190	0.0322	0.0111	0.0032	0.0008	0.0004										
	0.842	0.398	0.254	0.150	0.083	0.061										
0.10	0.282	0.0476	0.0165	0.0041	0.0012	0.0005	0.0002									
	1.053	0.497	0.318	0.188	1.104	0.076	0.047									
0.12	0.390	0.0658	0.0227	0.0066	0.0016	0.0008	0.0002									
	1.264	0.597	0.382	0.226	0.125	0.910	0.056									
0.15	0.572	0.0966	0.0334	0.0093	0.0023	0.0011	0.0004	0.0002								
	1.579	0.746	0.477	0.282	0.156	0.114	0.070	0.050								
0.18	0.790	0.133	0.0461	0.0133	0.0032	0.0015	0.0005	0.0002	0.0001							
	1.895	0.895	0.572	0.338	0.187	0.137	0.085	0.059	0.049							
0.20	0.948	0.161	0.0533	0.0160	0.0039	0.0018	0.0006	0.0003	0.0002							
	2.106	0.995	0.636	0.376	0.208	0.152	0.094	0.066	0.055							
0.22	1.122	0.190	0.0655	0.0189	0.0046	0.0022	0.0007	0.0003	0.0002							
	2.317	1.094	0.700	0.414	0.229	0.167	0.130	0.073	0.061							
0.25	1.400	0.236	0.0817	0.0236	0.0058	0.0027	0.0009	0.0004	0.0002							
	2.632	1.243	0.795	0.470	0.260	0.190	0.118	0.083	0.068							
0.28	1.710	0.288	0.0996	0.0287	0.0070	0.0033	0.0011	0.0005	0.0003							
	2.948	1.393	0.890	0.526	0.291	0.213	0.132	0.093	0.077							
0.30	1.930	0.326	0.113	0.0324	0.0079	0.0037	0.0012	0.0005	0.0003	0.0002						
	3.159	1.492	0.954	0.564	0.312	0.228	0.141	0.099	0.082	0.060						
0.32	2.160	0.364	0.126	0.0362	0.0088	0.0042	0.0013	0.0006	0.0004	0.0002						
	3.370	1.590	1.018	0.602	0.333	0.243	0.151	0.107	0.088	0.064						
0.35	2.520	0.426	0.147	0.0424	0.0103	0.0049	0.0016	0.0007	0.0004	0.0002	0.0001					
	3.685	1.741	1.113	0.658	0.365	0.266	0.165	0.116	0.096	0.070	0.051					
0.38	2.940	0.495	0.171	0.0493	0.0120	0.0057	0.0018	0.0007	0.0005	0.0002	0.0001					
	4.001	1.890	1.208	0.714	0.395	0.289	0.179	0.126	0.105	0.076	0.056					
0.40		0.539	0.186	0.0535	0.0130	0.0062	0.0020	0.0009	0.0006	0.0003	0.0001					
		1.990	1.272	0.753	0.416	0.304	0.188	0.132	0.110	0.080	0.060					
28										0.213	1.121	0.526	0.0221	0.0056		
										4.124	3.234	2.282	1.585	0.890		
30										0.240	0.136	0.0592	0.0249	0.0063		
										4.419	3.465	2.445	1.698	0.954		
35										0.314	0.178	0.0766	0.0326	0.0083		
										4.714	4.042	2.852	1.981	1.113		
40										0.397	0.225	0.0982	0.0413	0.0105		
										5.008	4.620	3.260	2.264	1.272		
45											0.279	0.121	0.0507	0.0129		
											5.197	3.667	2.547	1.431		
50												0.145	0.061	0.0156		
												4.075	2.830	1.590		
55												0.171	0.0721	0.0184		
												4.482	3.113	1.749		
60												0.199	0.0838	0.0214		
												4.890	3.396	1.908		
65												0.229	0.0965	0.0246		
												5.297	3.679	2.067		

tabla 4.5

Mueble Sanitario	Gasto mínimo en cada grifo Lts / seg.
Lavabo	0.10
Baño	0.20
Ducha	0.10
Bidé	0.10
W. C. con deposito	0.10
W. C. con fluxómetro	2.00
Fregadero de vivienda	0.15
Fregadero de restaurante	0.30
Lavaderos de ropa	0.20
Hidrante de riego 20 mm de Ø	0.60
Hidrante de riego 30 mm de Ø	1.00
Hidrante de incendio de 45 mm Ø	3.00
Hidrante de incendio de 70 mm de Ø	8.00
Urinario de lavado controlado	0.10
Urinario de lavado continuo	0.05
Urinario de descarga automática	0.05

tabla 4.6

Estos gastos se refieren a grifos normales y corresponden a un valor de la carga en la entrada de dichos grifos, de 1.00 a 1.50 metros.

Para los casos en que convengan presiones fuertes en la entrada del grifo (cuando el depósito o el valor de la carga son muy altos y queremos reducir el desnivel piezométrico entre aquél y la entrada del grifo, para que la velocidad no sea excesiva) interesa la tabla 4.7, complemento de la anterior.

Presión A la entrada del grifo en m.	Diámetro interior en pulgadas y milímetros					
	¼"	½"	¾"	1"	1 ½"	1 ¾"
	11	16	20	26	35	41
5	0.24	0.39	0.62	1.20	1.85	2.50
10	0.34	0.57	0.87	2.00	3.10	4.20
20	0.45	0.70	1.24	2.80	4.20	5.80
30	0.54	0.86	2.10	3.40	5.30	7.20
40	0.62	1.00	2.40	3.90	6.00	8.40
50	0.69	1.10	2.70	4.40	6.70	9.40
60	0.75	1.20	2.90	4.80	7.30	10.20
70	0.80	1.30	3.10	5.20	7.80	11.00
80	0.85	1.40	3.30	5.60	8.30	11.80
90	0.90	1.48	3.50	5.90	8.80	12.50
100	0.95	1.56	3.70	6.20	9.30	13.00

Tabla 4.7 Gasto de los grifos en lts./seg.

Un aspecto importante en el cálculo de una Instalación Hidráulica, para cualquier clase de edificación, lo es sin duda el poder determinar *el número de grifos que pueden ser abiertos simultáneamente*, para conocer los gastos que han de proporcionar las tuberías. (En el método del Dr. Roy B. Hunter disponemos de la grafica D3, así como de las tablas del IMSS 6.4) Este problema no es fácil de resolver, debido a la gran variedad de aparatos sanitarios y a la dependencia entre su uso y las necesidades y costumbres particulares de cada individuo.

Vamos a explicar dos procedimientos para establecer el número de aparatos que deben considerarse en uso simultáneo y fijar así el gasto en las tuberías:

3.10 Primer procedimiento para calcular el gasto simultáneo

Subdividir la instalación en dos partes; Una formada por las derivaciones o gastos a los grifos, y otra, por las columnas y distribuidores.

Gasto en las derivaciones.- vamos a considerar

1.- Si las derivaciones sirven a cuartos de baño o cocinas de viviendas, se hará uso de la tabla 4.8, teniendo en cuenta que es muy poco probable el uso simultáneo de más de dos aparatos en el cuarto de baño.

2.- Si la derivación sirve varios aparatos en un local de uso público (oficinas), se hace uso de la tabla 4.9, que establece, según el número de aparatos, el tanto por ciento que debe considerarse de uso simultáneo.

Los valores de esta tabla se refieren solamente para el caso de agua fría o solamente agua caliente, aquí hay que descontar los gastos de W. C.

Aparatos servidos por la derivación	Aparatos a considerar en uso simultáneo	Gasto en lts / seg.
Un cuarto de baño	Tina de baño y lavabo	0-30
Un cuarto de baño, una cocina y un cuarto de servicio	Tina de baño, Fregadero y W. C.	0.45
Dos cuartos de baño	Dos tinas de baño	0-40
Dos cuarto de baño, dos cocina y dos cuarto de servicio	Las tinas de baño, un fregadero y un W. C. de servicio	0.65
Tres cuartos de baño	Dos tinas de baño y dos lavabos	0.60
Tres cuartos de baño, tres cocinas y tres cuartos de servicio	Dos tinas de baño, un lavabo, un fregadero y un W. C.	0.75

Tabla 4.8 Gasto mínimo de las derivaciones para cuartos de baño y cocinas de viviendas

Se han supuesto los retretes con depósito, si son con fluxómetro, basta tener en cuenta solo los W. C. Así, para un solo cuarto de baño, se toman 2 lts. / seg. y lo mismo si la derivación sirve también a la cocina y cuarto de servicio (En éste el W. C. es con depósito).

Número de aparatos	2	3	4	5	6	8	10	15	20	25	30	35	40
Clase de aparato	Tanto por ciento de la suma de gastos de los aparatos												
Lavabos	100	100	75	60	50	50	50	50	50	50	50	50	50
W. C. con deposito	100	67	50	40	37	37	30	30	30	30	30	30	30
W. C. con fluxómetro	50	33	30	25	25	25	20	20	16	15	15	15	15
Urinarios	100	67	50	40	37	37	30	27	25	24	23	20	20
Duchas	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 4.9 Gasto de las derivaciones para aparatos de uso público

Gasto en columnas o distribuidores.- Fijado ya el gasto de las derivaciones aisladas, el cálculo del gasto en columnas o distribuidores se fija estableciendo que aquellos tienen un gasto igual a la suma de gasto de las derivaciones o grupos a que abastece, multiplicado por un tanto por ciento (con relación al número de grupos servidos) fijados por la tabla 4.10.

Número de grupos de aparatos servidos por el tramo	1	2	3	4	5	6	8	10	20
Tanto por ciento de simultaneidad:									
a) W. C. con depósito	100	90	85	80	75	70	64	55	50
b) W. C. con fluxómetro	100	80	65	55	50	44	35	27	20
Número de grupos de aparatos servidos por el tramo	30	40	50	75	100	150	200	500	1000
Tanto por ciento de simultaneidad:									
a) W. C. con depósito	43	38	35	33	32	31	30	27	25
b) W. C. con fluxómetro	14	10	9	8	7	5	4	3	2

tabla 4.10 Tanto por ciento, a tomar del gasto, en tramos de columnas o distribuidores

Hay que tener en cuenta que por una columna pudiera pasar el agua caliente, en este caso el gasto de cada grupo tipo, debe incluir el gasto también de agua caliente.

3.11 Segundo procedimiento para calcular el gasto simultaneo

Mucho más científico que el primero, está basado en cálculos matemáticos de probabilidad para establecer una formula de la que se deduce, con relación al número de aparatos a que sirve la tubería, que tanto por ciento debe considerarse que pueden funcionar simultáneamente.

Si en una instalación tenemos n aparatos en uso, puede establecerse mediante el cálculo de probabilidades, una formula que nos dé el número p de aparatos que probablemente entraran en uso simultáneo en un momento dado y de modo que transcurra un cierto periodo, por ejemplo 24 horas, hasta que pueda presentarse otra ocasión de que también p aparatos entren en uso simultáneamente. Es decir la formula nos daría en este caso el número p de aparatos (de los n) que probablemente entraran en funcionamiento simultaneo una vez al día como máximo.

Tendremos la formula para calcular el uso simultáneo una vez a la semana o una vez al año. Basta obtener diámetros para una vez al día.

Los datos que han de conocerse para establecer la fórmula son:

- f , duración media en minutos de salida de agua en cada uso de aparato
- i , Duración media en minutos del intervalo entre cada dos usos consecutivos en el periodo de máximo uso durante el día.
- m , duración en horas del periodo de punta.

Los valores de éstos datos, para el caso de viviendas, son los siguientes:

- f.- En lavabos, bidés y retretes con deposito, dos minutos; en retretes con fluxómetro, ocho segundos; en baños de cinco a diez minutos.
- i.- Lavabos, bidés y retretes con deposito o fluxómetro, veinte a cuarenta minutos, según el número de aparatos con relación al de personas; baño una a dos horas.
- m.- Periodo de punta dos horas

Para el tipo de edificios de oficinas o análogos los valores de los datos son:

- f.- Lavabos, un minuto; retrete con deposito, dos minutos; retrete con fluxómetro, ocho segundos.
- i.- Lavabos y retretes, diez a veinte minutos (de 10 a 20 empleados por aparato)
- m.- Debe ser igual al total de horas que se utiliza el edificio diariamente, siete a ocho horas en oficinas, no hay afluencia de personas a ninguna hora determinada

La fórmula para cálculo *simultáneo una vez al día* será:

$$\log A^{P-1} - \log B = \log C^n_p \quad (4.4)$$

donde:

$$A = \frac{i}{f}; \text{ i y f en minutos}$$

$$B = \frac{m}{i}; \text{ m e i en horas}$$

C^n_p es el número de combinaciones posibles de p unidades tomadas entre las n .

Mediante la fórmula (4.4), una vez fijados i , f y m , se puede determinar para cada valor de n el número de p de los que deben considerarse en simultaneidad en uso.

En las graficas o *curvas características de simultaneidad* (figuras 4k a 4p) se resume la aplicación de esta formula.

Por ejemplo, en la 4k, las abscisas indican el número de aparatos (en este caso, baños) a que sirve la tubería; la ordenada correspondiente, tomada hasta su encuentro con la curva, nos da el tanto por ciento de funcionamiento simultáneo.

Cada grafico tiene dos curvas correspondientes a dos valores del intervalo i . Estos gráficos son el resultado de aplicación de la fórmula (4.4) con los valores de f , i y m indicados para viviendas y oficinas. Para otros casos con valores distintos se construirá con dicha formula un grafico análogo.

Hay ciertos edificios como los colegios o los cuarteles, en que a una determinada hora se lavan o duchan a la vez todos los colegiales o soldados. Para el calculo del gasto en estos edificios debe suponerse un funcionamiento simultáneo de todos los lavabos y todas las duchas instaladas.

En general, para pequeñas instalaciones y las derivaciones basta emplear el primer procedimiento de determinación del gasto, reservando el segundo para columnas y distribuidores en instalaciones que tengan cierta importancia.

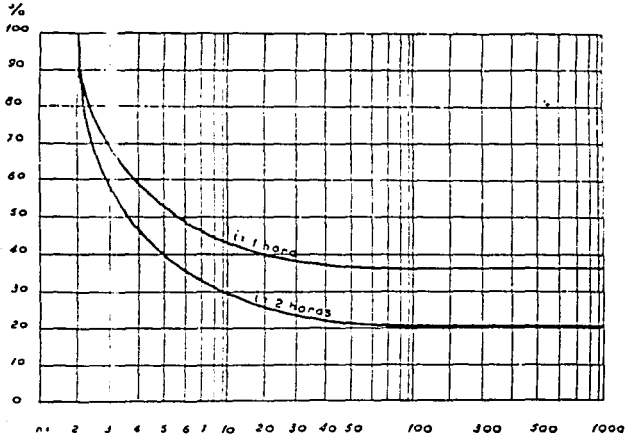


Fig. 4 k viviendas, curva de simultaneidad para baños $f = 10$ min.

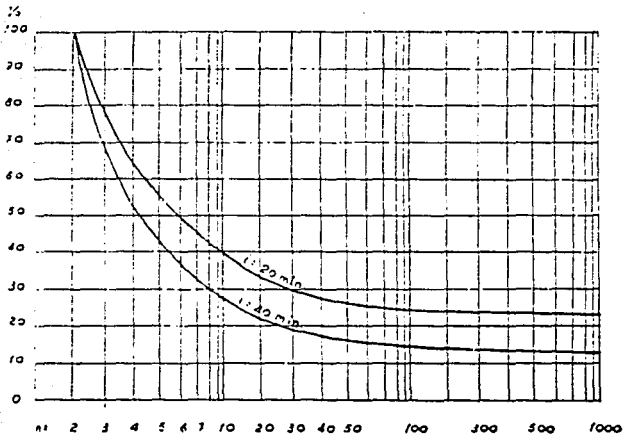


Fig. 11 viviendas, curva de simultaneidad para retretes con depósito, bidets y lavabos $f = 2$ min.

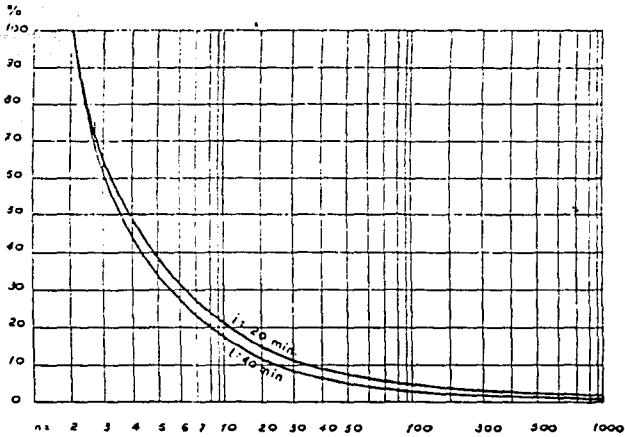


Fig. 4 m. viviendas, curva de simultaneidad para retretes con fluxómetro $f = 8$ seg.

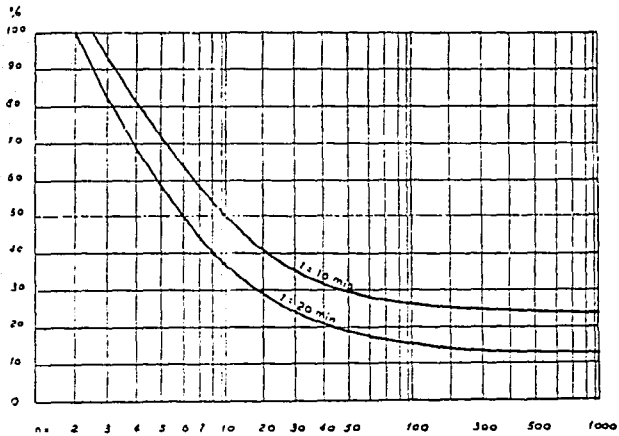


Fig. 4 n. oficinas y analogos, curva de simultaneidad para lavabos $f = 1$ min.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

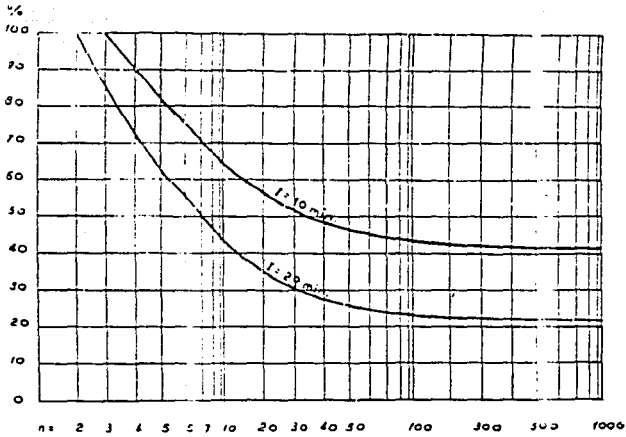


Fig. 4 o oficinas y análogos, curva de simultaneidad para retretes con depósito $t = 2$ min.

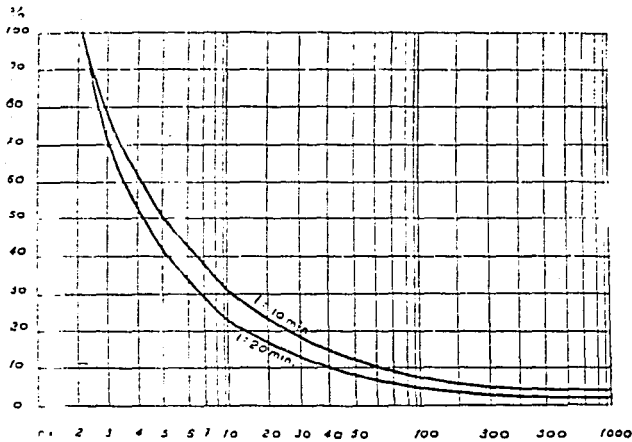


Fig. 4 p. oficinas y análogos, curva de simultaneidad para retretes con fluxómetro

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En Francia se usa la fórmula, según la cual, el coeficiente K (tanto por ciento), por el que debe multiplicarse el gasto total es:

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

Si por ejemplo, tenemos una vivienda con un cuarto de baño completo, un aseo de servicio (ducha, W.C. y lavabo) y un fregadero y tenemos en cuenta los grifos de agua fría y caliente, tendremos:

Baño	2 grifos	gasto total	0.40 lts./seg.
W.C.	1 "	" "	0.10 "
Lavabo	2 "	" "	0.20 "
Bidet	2 "	" "	0.20 "
Ducha	2 "	" "	0.20 "
Lavabo	2 "	" "	0.20 "
W.C.	1 "	" "	0.10 "
Fregadero	2 "	" "	0.30 "

No. de grifos 14 Gasto total 1.70 lts./seg.

$$K = \frac{1}{\sqrt{n-1}} = \frac{1}{\sqrt{13}} = \frac{1}{3.60} = 0.28$$

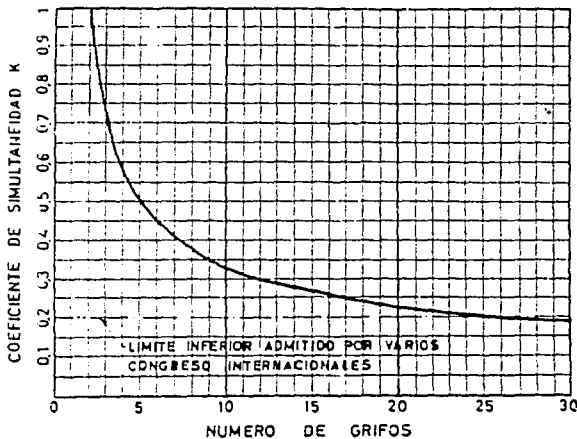


Fig. 4q Curva de valores del coeficiente de simultaneidad

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Esta fórmula considera solo el número de grifos, dando a todos la misma importancia. Cuando los grifos que funcionan al mismo tiempo son los de mayor gasto, debiera aumentar el valor de K. Adoptando una unidad de gasto de grifos "g", expresado en unidades de gasto "g" y multiplicando cada unidad grifo por el factor correspondiente 1/g., al hallar el número total de grifos. Así un grifo con varias unidades de gasto influye aumentando el valor de K, en comparación con otro que sólo tenga una unidad de gasto.

Los Congresos Internacionales de Fontanería recomiendan no tomar el valor de K por debajo de 0.20. Como indica la curva de la figura 4q, Este valor se alcanza cuando el número de grifos llega a 26.

Ejemplos de determinación o cálculo del gasto

Ejemplo 1.-Sea la sección esquemática de la casa de campo de la figura 4r, con los siguientes servicios: en la parte superior dos cuartos de baño completos (los W.C. con depósito), y en la planta baja, una cocina con fregadero, un lavadero y un servicio con duchas, W.C. y lavabo.

Utilizando las tablas 4.6 y 4.8 tendremos para valor del gasto en las distintas derivaciones:

Para las 1 2 3 y 4

En 1 0.20 lts. / seg.
 En 2 0.30 "
 En 3 0.30 "
 En 4 0.30 "

Para las 7, 8 9, 10 y 11

En 7 0.20 lts. / seg.
 En 8 0.30 "
 En 9 0.30 "
 En 10 0.10 "
 En 11 0.30 "

Para la 13

En 13 0.15 Lts. / seg.

Para la 14, 15 y 16

En 14 0.10 lts. / seg.
 En 15 0.20 "

En 16 0.20 "

Para la 18

En 18 0.20 lts. / seg.

Utilizando la tabla 4.10 para calcular el gasto en las columnas tenemos:

tramo	suma de gastos derivaciones y grupos	número de grupos	tramo por 100	gasto simultaneo lts. / seg.
17	0.40	2	90	0.36
5	0.70	3	85	0.60
13	0.15	1	100	0.15
12	0.45	2	90	0.40
6	1.15	5	75	0.86

103

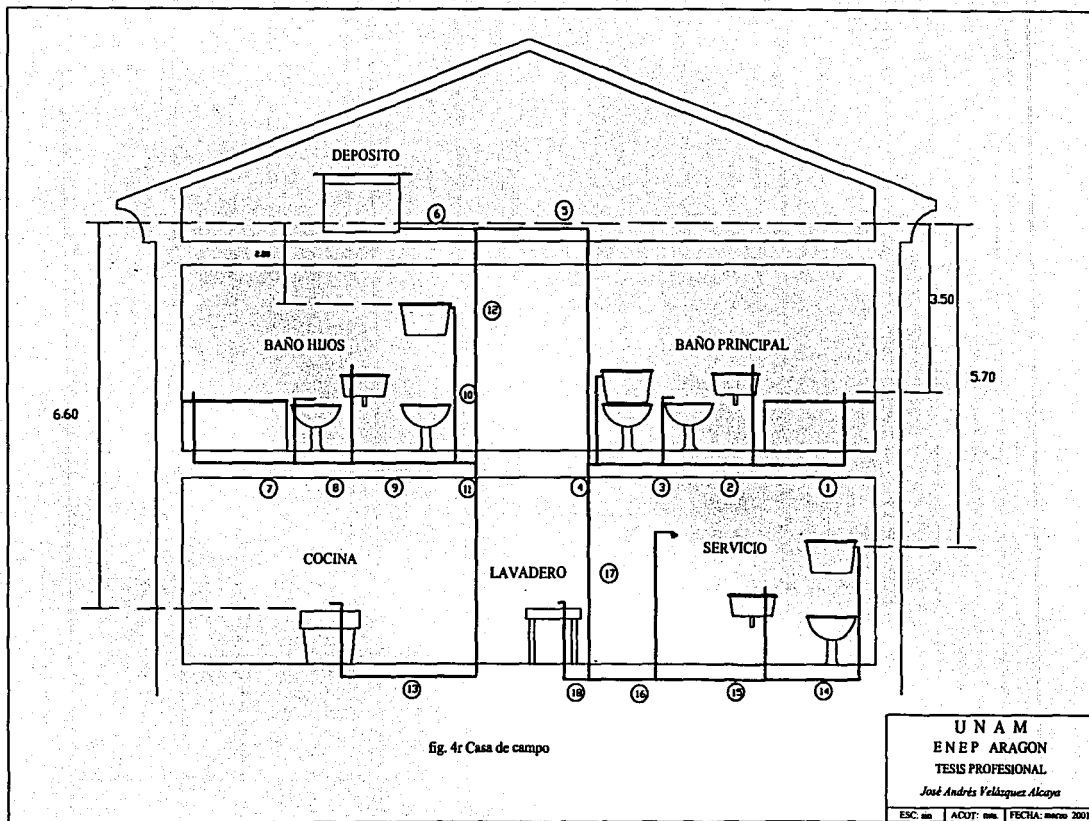


fig. 4r Casa de campo

Para este caso tan sencillo no hay necesidad de acudir a los gráficos de probabilidades

Ejemplo 2.- Sean las figuras 4s y 4t la planta y sección esquemática de un edificio de ocho plantas de viviendas, con cuatro viviendas por planta y cuatro columnas ascendentes, de cada una de estas sale una derivación que alimenta los servicios de cada vivienda, formados por: Un cuarto de baño completo, aseo de servicio (con W.C., ducha y lavabo) y una cocina, primero supongamos que los retretes sean de depósito, y luego que sean, uno con fluxómetro y otro con depósito.

Supongamos la red de agua caliente independiente de la de agua fría.

En el caso de retrete con depósito de la tabla 4.8 el gasto de cada derivación será de 0.45 lts. / seg.

Para las columnas y el distribuidor, de la tabla 4.10, tendremos:

tramo	suma de gastos derivaciones y grupos	número de grupos	tramo por 100	gasto simultaneo Lts./seg.
1	0.45	1	100	0.45
2	0.90	2	90	0.81
3	1.35	3	85	1.14
4	1.80	4	80	1.44
5	2.25	5	75	1.68
6	2.70	6	70	1.89
7	3.15	7	67	2.11
distribuidor 8	3.60	8	64	2.30
distribuidor 9	7.20	16	53	3.81
distribuidor 10	10.80	24	47	5.07
distribuidor 11	14.4	32	42	6.04

Aplicando el segundo procedimiento (probabilidades) obtenemos el cuadro siguiente. Para él suponemos análogas condiciones en cuanto a los valores de f , i y m para los lavabos, bides, W.C., duchas y fregaderos y así podemos agrupar todos estos aparatos y aplicarles el gráfico de la figura 4k en su curva superior pues suponemos:

$f = 2$ minutos

$i = 2$ horas

$m = 2$ horas

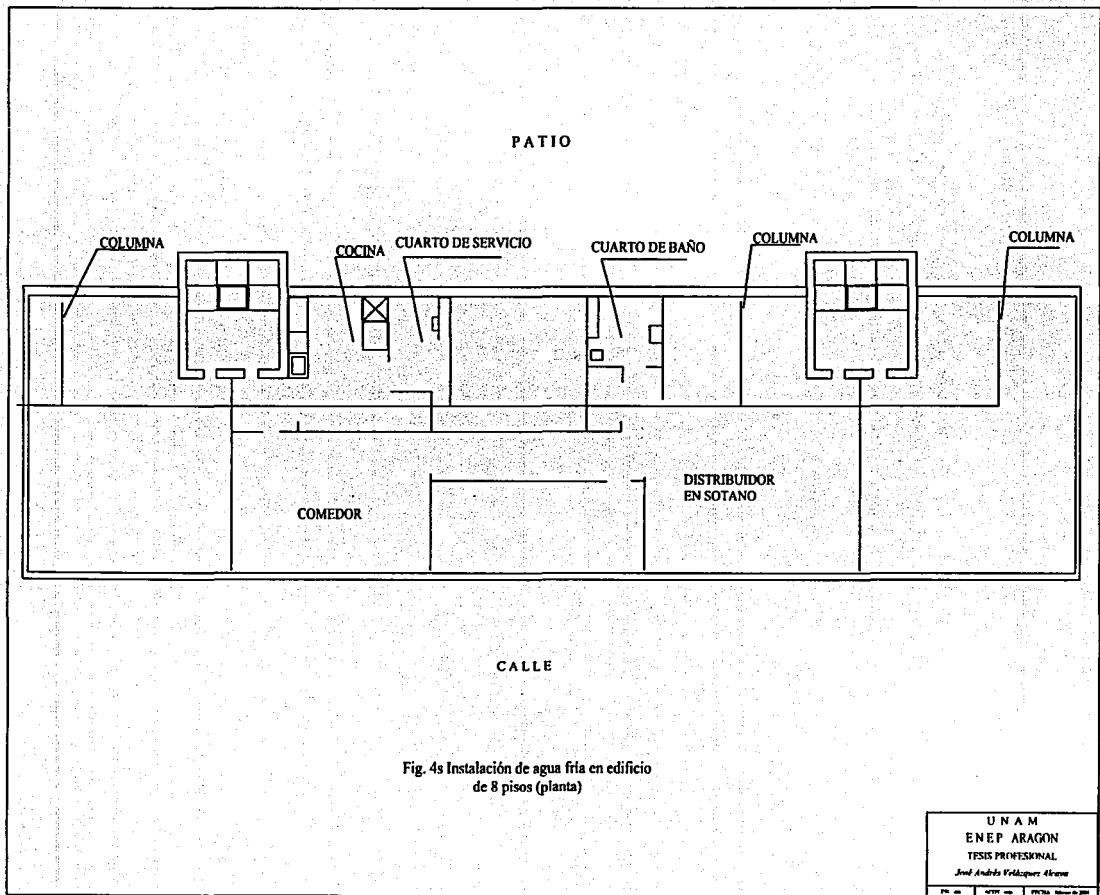


Fig. 4s Instalación de agua fría en edificio de 8 pisos (planta)

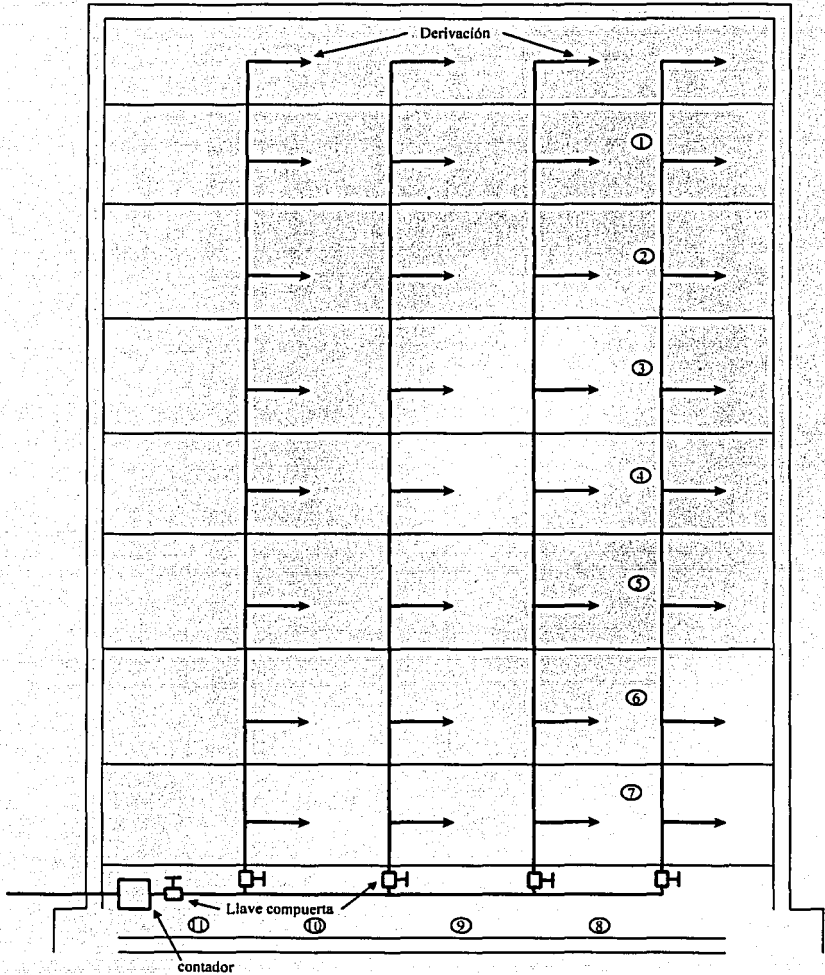


fig. 4 t Instalación de agua fría en edificio de 8 pisos

Tramo	Lavabos, Bides, W.C., Ducha y Fregaderos				Baños				Gasto total del Tramo
	Número de aparatos	Gasto total	Tanto por ciento	Gasto reducido	Número de aparatos	Gasto total	Tanto por ciento	Gastos reducidos	
1	7	0.75	45	0.34	1	0.20	100	0.20	0.54
2	14	1.50	36	0.54	2	0.40	100	0.40	0.94
3	21	2.25	33	0.74	3	0.60	57	0.34	1.08
4	28	3.00	30	0.90	4	0.80	46	0.37	1.27
5	35	3.75	28	1.05	5	1.00	40	0.40	1.45
6	42	4.50	27	1.21	6	1.20	35	0.42	1.63
7	49	5.25	26	1.36	7	1.40	32	0.45	1.81
8	56	6.00	26	1.56	8	1.60	31	0.50	2.06
9	112	12.00	25	3.00	16	3.20	27	0.86	3.86
10	168	18.00	24	4.32	24	4.80	24	1.15	5.47
11	224	24.00	24	5.76	32	6.40	23	1.47	7.23

Gastos en los tramos de la instalación de las fig. 4s y 4t para uso de viviendas con W.C. con depósito (segundo procedimiento)

Supongamos ahora la misma instalación, pero que los retretes sean uno con fluxómetro (principal) y otro con depósito (servicio)

Con el procedimiento aproximativo obtenemos para valores los que figuran en el cuadro siguiente, con arreglo en las tablas 4.7 y 4.10:

tramo	suma de gastos derivaciones o grupos	número de grupos	tramo por 100	gasto simultaneo lts. / seg.
Tramo de la columna I	2	1	100	2.00
" " 2	4	2	80	3.20
" " 3	6	3	65	3.90
" " 4	8	4	55	4.40
" " 5	10	5	50	5.00
" " 6	12	6	44	5.28
" " 7	14	7	39	3.46
Distribuidor 8	16	8	35	5.60
Distribuidor 9	32	16	23	7.36
Distribuidor 10	48	24	17	8.16
Distribuidor 11	64	32	13	8.32

Gastos de las Fig. 4s y 4t para uso de viviendas con un W.C. con fluxómetro y otro con depósito

En el segundo procedimiento obtenemos, en cambio, el cuadro que sigue. Para lavabos, bidés, W.C. con depósito, duchas y fregaderos aplicaremos, para hallar el tanto por ciento de simultaneidad, el grafico de la fig. 4l (curva superior) Para W.C. con fluxómetro suponemos $i = 40$ min. y aplicamos el grafico de la fig. 4m (curva inferior). Para baños, el grafico de la fig. 4k (curva inferior), resumiendo todos los datos en el siguiente cuadro.

tramos	Lavabos, Bidés, W.C. con depósito, Duchas y fregaderos				W.C. con fluxómetro				Baños				Gasto total del tramo
	No. de aparatos	Gasto total	%	Gasto reducido	No. de aparatos	Gasto total	%	Gasto reducido	No. de aparatos	Gasto total	%	Gasto reducido	
1	6	0.65	49	0.32	1	2	100	2	1	0.20	100	0.20	2.52
2	12	1.30	38	0.49	2	4	100	4	2	0.40	100	0.40	4.89
3	18	1.95	34	0.66	3	6	61	4	3	0.60	57	0.34	5.00
4	24	2.60	32	0.83	4	8	44	4	4	0.80	46	0.37	5.20
5	30	3.25	30	0.97	5	10	34	4	5	1.00	40	0.40	5.37
6	36	3.90	28	1.09	6	12	27	4	6	1.20	35	0.42	5.51
7	42	4.55	27	1.22	7	14	23	4	7	1.40	32	0.45	5.67
8	48	5.20	26	1.35	8	16	20	4	8	1.60	31	0.50	5.85
9	96	10.40	24	2.49	16	32	14	4.5	16	3.20	27	0.86	7.85
10	144	15.60	24	3.74	24	48	10	4.8	24	4.80	24	1.15	9.69
11	192	20.80	23	4.78	32	64	8	5.12	32	6.40	23	1.47	11.37

Gastos de la instalación fig. 4s y 4t, para uso de viviendas, un W.C. con fluxómetro y otro con depósito (segundo procedimiento)

Veamos los valores que se obtienen aplicando la fórmula:

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

(gráfica de la fig. 4q), que recomiendan las normas francesas, en la que n es el número total de grifos. En los W.C. con fluxómetro calculamos el gasto aparte (suponiendo en uso simultaneo uno, dos o tres fluxómetros, según el valor de n) y lo sumamos al de los otros aparatos. Resultando el siguiente cuadro.

tramos	Lavabos, Bidés, W.C. con depósito, Duchas y fregaderos				W.C. con fluxómetro				Gasto total del tramo
	No. de aparatos	Gasto total	%	Gasto reducido	No. de aparatos	Gasto total	%	Gasto reducido	
1	7	0.85	41	0.34	1	2	1	2	2.34
2	14	1.70	28	0.47	2	4	1	2	2.47
3	21	2.55	22	0.56	3	6	1	2	2.56
4	28	3.40	20	0.68	4	8	2	4	4.68
5	35	4.25	20	0.85	5	10	2	4	4.85
6	42	5.10	20	1.02	6	12	2	4	5.02
7	49	5.95	20	1.19	7	14	2	4	5.19
8	56	6.80	20	1.36	8	16	2	4	5.36
9	112	13.60	20	2.72	16	32	3	6	8.72
10	168	20.40	20	4.08	24	48	3	6	10.08
11	224	27.20	20	5.44	32	64	3	6	11.44

Salvo en los tramos 2 y 3, los valores resultantes del gasto son parecidos a los obtenidos en el segundo procedimiento.



CAPITULO 4
"SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE"

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ARAGON"
"ANÁLISIS DE MÉTODOS DE DISEÑO HIDRÁULICO EN INSTALACIONES"
JOSÉ ANDRÉS VELÁZQUEZ ALCAYA

CAPITULO IV

SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE

4.1 Antecedentes. Así como la estructura de los edificios es la base de su seguridad y los acabados de su apariencia, las instalaciones lo vuelven funcional e incluso habitable.

Las edificaciones pueden servir como; habitaciones, oficinas, hospitales, laboratorios, naves industriales, centros comerciales, de espectáculos etc. y cada uno de ellos requiere de instalaciones que lo hagan funcionar adecuadamente; hidráulicas, sanitarias, eléctricas, sistemas de aire, intercomunicación. etc.

La instalación hidráulica es la extensión en el edificio de la red municipal de distribución de agua potable, y su eficiencia y calidad estarán determinadas en gran medida por un buen cálculo del proyectista.

En las instalaciones hidráulicas, las aplicaciones del agua caliente son muy amplias y varían según el uso y la demanda que se pretende cubrir.

El método más usual para el calentamiento del agua es mediante la utilización de vapor y un tanque de almacenamiento. Siendo recomendable en la mayoría de los casos, contar con un tanque grande y una caldera de vapor relativamente pequeña. Para calcular la capacidad del tanque de almacenamiento de agua caliente y el tamaño de la caldera, es necesario considerar; la demanda total en litros, temperatura a la que se desea elevar el agua y los tipos de servicios a que se destinara la instalación.

El funcionamiento del sistema debe ser satisfactorio y a la vez seguro. Los sistemas deben planearse dentro de las normas para protegerlos de una presión excesiva y evitar accidentes a las personas o equipos. Un diseño satisfactorio se alcanza cuando cumple objetivos tales como:

- Cubrir adecuadamente la demanda de agua caliente
- La presión, volumen y temperatura están correctamente controlados.

La temperatura del agua debe ser apropiada para las condiciones de servicio requerida y un correcto funcionamiento de los aparatos instalados.

La conservación de la energía en el suministro de agua caliente es un factor importante en el diseño de grandes edificios. Un diseño satisfactorio se logra con un abastecimiento, operando al máximo a 40°C., por ejemplo un lavamanos de servicio publico debe limitarse a un gasto de 0.032 lts. / seg. de agua caliente y una temperatura de 48°C., en las cocinas se necesita agua caliente de 55 a 60° para el lavado de trastos con grasa, para el lavado de ropa el agua debe estar a una temperatura de 50 a 60°

Los sistemas operados y controlados automáticamente son una necesidad practica para mantener la temperatura en la escala establecida. Los sistemas mecánicos no son fiables para éste control y no se recomiendan excepto en circunstancias especiales.

La utilización eficiente de fuentes de calor económicas y obtenibles es la consideración más importante sobre el equipo que debe instalarse en una construcción dada.

La medida más positiva para la conservación de energía es la que aísla eficazmente toda la tubería de suministro, tubería de recirculación, tanques y calentadores de manera que conserve el calor allí dentro y reduzca a un mínimo el gasto y pérdida de calor en el ambiente.

En las áreas donde una clase de combustible o de energía es más económica, puede ser el factor decisivo en la selección del equipo.

4.2 Sistemas de abastecimiento. Los sistemas empleados son muy diversos y varían desde los calentadores independientes hasta las instalaciones de abastecimiento central de un grupo de edificios.

La elección de un sistema determinado dependerá: del número de grifos o tomas de agua y clase de aparatos servidos, del combustible que sea más económico y de la rapidez con que se requiere el agua en cada servicio.

De la tubería general que lleva el agua fría a cada vivienda hay que hacer una derivación a los aparatos de caldeo, y desde aquí, en distribución independiente a los aparatos que la requieren, como baños, lavabos, duchas, bidés, fregaderos, etc.

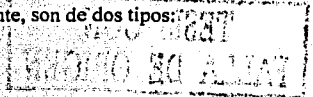
Debemos distinguir:

- a) Instalaciones de *producción local* de agua caliente para cada vivienda o grupo de locales para un edificio.
- b) Instalaciones de *producción central* de agua caliente para todos los servicios de un edificio.

a) *Producción local de agua caliente*, los calentadores son aparatos que se emplean con frecuencia para calentar el agua en los servicios del cuarto de baño o para todos los servicios de una vivienda

Los calentadores de uso común, para servicio de agua caliente, son de dos tipos:

- 1.- Calentadores con consumo de gas
- 2.- Calentadores de eléctrico



Los calentadores de gas se fabrican en dos presentaciones conocidas.

- I.- De depósito (Automáticos y Semiautomáticos)
- II.- De paso (Automáticos)

En los de depósito, el diámetro mínimo en la entrada del agua fría y salida del agua caliente es de 19 mm., pasando por los diámetros de 25, 32, 38, etc., cuyos diámetros están de acuerdo con el agua que puedan contener, consecuentemente al número de muebles sanitarios al que se pretenda dar servicio en forma simultánea.

Los de paso, considerando proporcionar servicio de agua caliente como máximo a dos muebles en forma simultánea, el diámetro de la entrada del agua fría y salida de agua caliente es de 19 mm.

El funcionamiento de los calentadores de depósito.- en estos el calor producido por la combustión, es aplicado en forma directa al depósito, tanto en la parte del fondo como en la chimenea.

Los calentadores del tipo de almacenamiento (Q máx. horario), son aparatos formados por un recipiente de capacidad variable con un elemento productor de calor en su interior (eléctrico, vapor o agua caliente) o exteriormente ((gas, diesel, etc.)

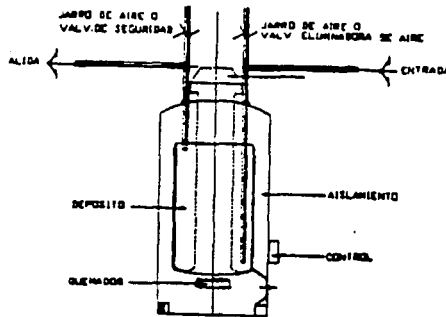


Fig. 5a Calentador de almacenamiento

En los calentadores de gas el recipiente está formado por cilindro hueco, teniendo poca superficie de contacto con el fuego, por lo que incrementan lentamente la temperatura, con una eficiencia del 50 % solamente.

Aunque los calentadores con el elemento interior tienen una eficiencia mayor, los de depósito, a pesar de su baja eficiencia, son preferibles por poder abastecer mayor número de muebles en forma simultanea.

Al calcular la capacidad de los calentadores de depósito hay que tener en cuenta que el recipiente no contiene agua caliente en su totalidad, sino que se establecen zonas de agua muy caliente en la parte superior, templada en su zona intermedia y fría en la parte inferior, provocada por la diferencia de densidades del agua fría y caliente y, por lo tanto, hay que estimar el 75 % de capacidad del depósito de agua caliente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Otra característica importante es la siguiente: Cuando el agua contenida se calienta pierde densidad y aumenta su volumen y como el depósito conserva sus dimensiones, se produce un aumento de presión dentro el calentador, razón por la cual, la ubicación de este tipo de calentadores respecto a la diferencia de altura a los tinacos o tanque elevados, jamás a sido problema para su correcto funcionamiento.

Se tienen diferentes formas, capacidades, marcas, tipos de combustibles, etc.

MARCAS CONOCIDAS	CAPACIDAD EN GALONES	CAPACIDAD EN LITROS
CALOREX	10, 15, 20, 30, 40 Y 60	38, 57, 76, 114, 152 Y 227
MAGAMEX	6.5, 10, 15, 20, 30 Y 40	25, 38, 57, 76, 114 Y 152
HELVEX	6.5, 10, 15 y 20	25, 38, 57 Y 76
HIESA	32, 34.5 Y 47.5	121, 132 Y 180
CINSA	6.5, 10, 15, 20, 30 Y 40	25, 38, 57, 76, 114 Y 152

Características, ubicación y conexión. Independientemente del tipo de combustible de éstos, se recomienda disponer de una válvula de compuerta antes de la tuerca de unión en la entrada del agua fría para que, cuando haya necesidad de dar mantenimiento al calentador, o en el peor de los casos cambiarlo, con cerrar la llave antes mencionada se evita desperdicio innecesario de agua, aparte de que los demás muebles sanitarios continuarán trabajando normalmente.

Los calentadores deben localizarse lo más cerca posible del o de los puntos de mayor consumo de agua caliente o bien del punto donde se necesita mayor temperatura.

El rendimiento de los calentadores de gas es de un 85 a 90 por ciento.

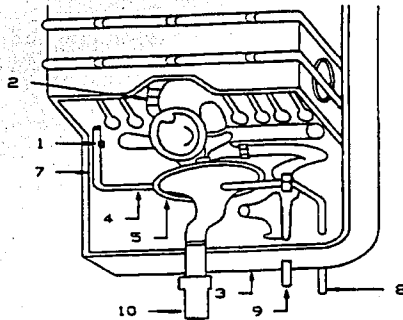
La combustión de un metro cúbico de éste desarrolla unas 4.500 calorías, con el rendimiento del 85 al 90 por ciento las calorías efectivas son unas 4.000 por metro cúbico.

Para preparar un baño necesitamos 180 litros a 40°, suponiendo que el agua está a 10°, las calorías necesarias serán $180 \times 30 = 5.400$ y, por lo tanto, la cantidad de gas gastada será de:

$$\frac{5.400}{4.000} = 1.35 \text{ m}^3$$

Los calentadores del *tipo de Paso*, fig. 5b, son calentadores con serpentines interiores en cuyo interior circula el agua y que debido a su gran superficie de contacto, provoca un rápido incremento de la temperatura del líquido.

El pequeño diámetro del serpentín no permite grandes flujos y lo limitan para el uso de un solo mueble generalmente



- | | |
|--|---------------------------------|
| 1.- Botón para abrir el paso del gas al piloto | 7.- Tornillo regulador del agua |
| 2.- Quemador del piloto | 8.- Entrada de agua fría |
| 3.- Tornillo regulador del gas | 9.- Entrada de gas |
| 4.- Venturi | 10.- Salida de agua caliente |
| 5.- Filtro de agua | |

fig. 5b, vista interior del calentador "de paso"

Calentadores eléctricos, los empleados comúnmente son los de depósito, en cuyo interior una resistencia eléctrica es la que calienta el agua.

Se usan tres tipos: *de rebosamiento*, *de vaciado* y *de presión*.

En el *de rebosamiento*, fig. 5c-1, el agua llega al depósito por el tubo "a" y cuando alcanza el nivel superior rebosa por el "b" y "c", que no tiene llave control. El agua por lo tanto no está a presión. Normalmente el depósito está lleno y si queremos que salga agua se abre la llave "d".

El *de vaciado*, fig. 5c-2, también es para agua sin presión, ésta llega por el tubo "b" y se saca por el tubo "d", cerrando la llave "c" y abriendo la "e". Tiene el pequeño inconveniente de ésta doble maniobra, pero la ventaja de extraer toda el agua a la temperatura máxima de calentamiento, lo que no ocurre con los otros tipos, que al tiempo que sale agua caliente, por otro tubo entra agua fría.

En estos dos tipos solo puede utilizarse agua para accesorios situados bajo el calentador.

El más comúnmente utilizado es el *de presión*, fig. 5c-3, ya que envía el agua a varios grifos y situados a alturas que convengan.

El agua llega por el tubo "a", llave "b", válvula "c" y tubo "d" para entrar al depósito, donde el agua se encuentra a presión, y sale por el tubo "e".

La válvula "c" tiene doble carácter: de seguridad si la presión se hace excesiva en el depósito y de descarga cuando excede el agua en el depósito, además de retención e impide que el agua caliente retroceda a la red de agua fría. la llave "g" es para vaciar el depósito.

Como comparación de los calentadores de gas con los eléctricos. 1 Kw. / hr. equivale a 860 calorías teóricas. Supuesto un rendimiento del 90 % en los eléctricos, tendremos 774 calorías efectivas por cada Kw. / hr., para obtener las 5.400 calorías (igual que en el de gas) hará falta consumir 7 Kw. / hr.

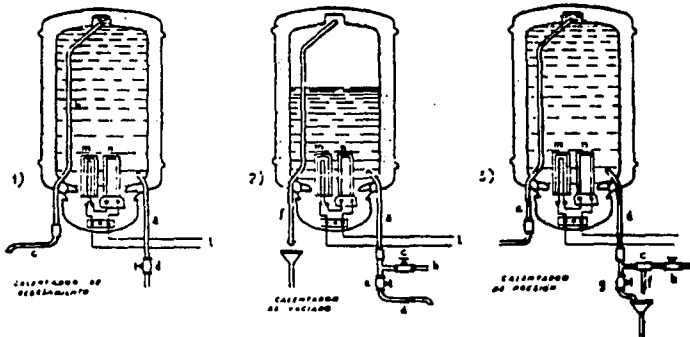


Fig. 5c calentadores eléctricos

Producción central de agua caliente, los sistemas centrales de agua caliente pueden ser considerados así mismo, de paso o de almacenamiento, pero dado que los primeros requieren mayores elementos productores de calor y los segundos pueden tomar las grandes demandas con mayor facilidad, son preferidos éstos en el mayor de los casos.

Calderas de agua caliente, con tanque de almacenamiento interior o exterior. Los de tanque exterior corresponden a grandes edificios.

El aparato en sí contiene únicamente el aparato productor de calor y el serpentín de tubos de cobre o celdas de fierro fundido que transmiten el calor al líquido, el cual sale por tubería hacia el tanque de almacenamiento de agua caliente, fig. 5d, estableciéndose una circulación por termosifón o forzada, entre la caldera y el tanque.

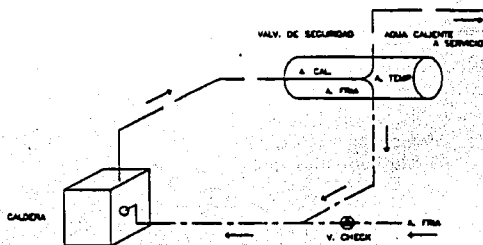


fig. 5d, caldera de agua caliente con tanque de almacenamiento

La relación de la producción o recuperación de la caldera con el tanque de almacenamiento es lógicamente tal, que a mayor recuperación, menor tanque de almacenamiento, hasta el límite de utilizar la caldera como si fuera únicamente de paso.

Calderas con intercambiador de calor. En algunas zonas la dureza del agua es muy alta y puede provocar las incrustaciones de las calderas, por lo que no es conveniente pasar por ésta el agua de consumo. Para tal fin se utilizan intercambiadores de calor, formando el agua que alimenta a la caldera y la que pasa por el intercambiador un circuito cerrado. El agua de consumo pasa por el intercambiador y va al servicio, fig. 5e.

El intercambiador puede ser interior o exterior con relación al tanque.

Calderas de vapor, (utilizándose para obtener agua caliente), cuando además del servicio de agua caliente se requiere dar vapor a lagunas zonas del edificio, debe aprovecharse la misma caldera y por lo tanto por medio de un intercambiador de vapor se puede obtener el agua caliente necesaria a la temperatura deseada.

La temperatura para servicios domésticos es de 63 °C normalmente y en caso de restaurantes o servicios especiales es de 83 °C para el lavado de platos.

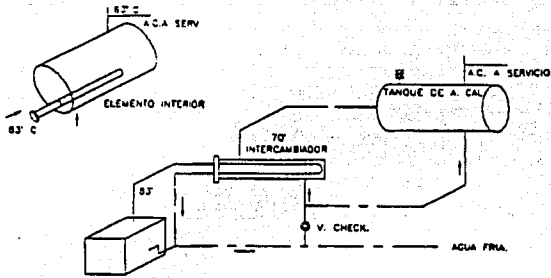


Fig. 5a. Caldera, intercambiador de calor y tanque de almacenamiento

Fig. 5c. Caldera, intercambiador de calor y tanque de almacenamiento

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.3 *Redes de distribución*, el cálculo de la red de distribución de agua caliente se hace en la misma forma que la ya explicada para el agua fría, con las unidades de consumo anotadas en la tabla.

Sin embargo hay que notar un elemento adicional y de vital importancia, *el retorno*.

a) *Distribución superior*, el agua caliente sube hasta el nivel superior en el cual se hace una red de distribución, bajando en los puntos convenientes para alimentar los diferentes núcleos y posteriormente se interconectan todos los puntos inferiores con una tubería que regresa hasta la caldera fig. 5e.

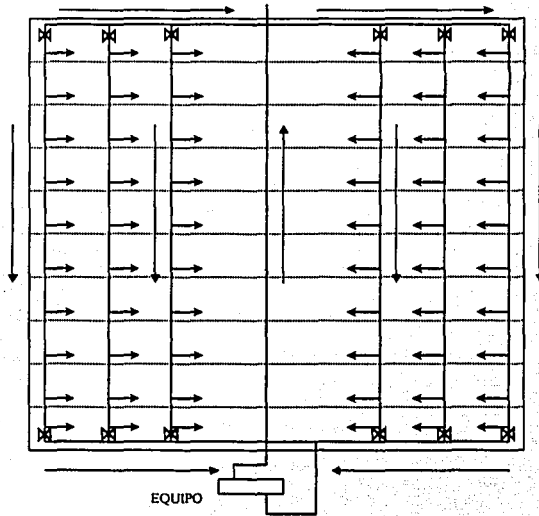


fig. 5e. Retorno directo

b) *Distribución inferior*, la red se ejecuta en la parte inferior abasteciendo a las columnas alimentadoras, las cuales tienen una conexión al retorno en el inferior fig. 5f.

El retorno permite una circulación por termosifón, o forzada con un circulador dentro del sistema del cual puede obtener el agua caliente en forma instantánea, ya que de no contarse con líneas de retorno, el agua se enfriaría dentro de las tuberías y tardaría mucho tiempo en obtenerse, ya que habría que vaciar el agua fría primero y esperar a que se calentara.

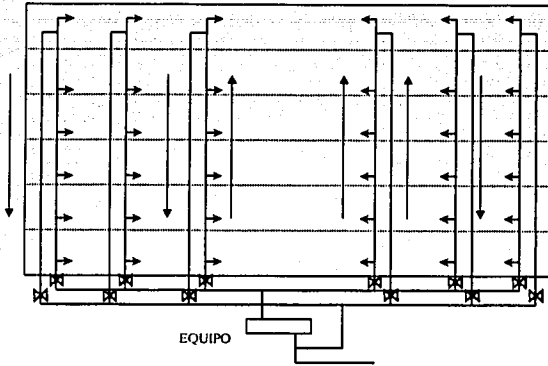


fig. 5f. Retorno múltiple

c) *Distribución simple o sin circulación*, consiste simplemente en una tubería que sale de la parte superior del calentador, y de la cual, una derivación en cada planta, conduce el agua a los diferentes grifos fig. 5g.

El inconveniente, también, es que al abrir un grifo, hay que esperar a que se vacíe el agua fría de la tubería que le une al depósito.

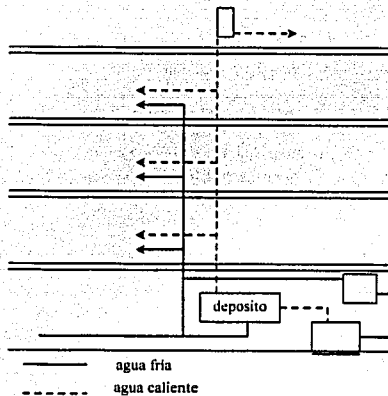


fig. 5g. Distribución de agua caliente sin circulación

d) *Distribución con circulación*, aquí se establece un circuito de circulación del agua caliente (fig. 5h). La columna ascendente "a", que sale del depósito y que va distribuyendo agua caliente a los servicios próximos a ella, es continuada, una vez que llega a la última planta, por la columna descendente "b", que termina acometiendo al depósito por la parte baja. A su vez la columna "b" proporciona agua caliente en cada planta a otro grupo de servicios. En éste sistema el agua caliente circula continuamente y siempre está próxima a los grifos.

Una objeción a éste sistema es que del 10 al 25 % del combustible se gasta en la circulación del agua, pero que se compensa por la comodidad y el ahorro del agua que se gasta con los sistemas antes dichos.

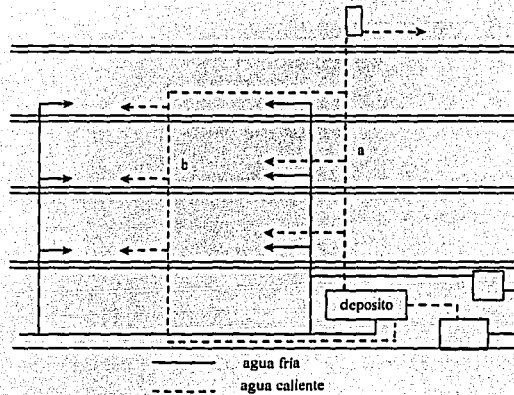


fig. 5h. Distribución de agua caliente con circulación

Aislamientos, es necesario aislar todas las tuberías que forman la red de agua caliente, así como las de retorno y el tanque de agua caliente, para evitar las pérdidas de calor con el consiguiente desperdicio de energía.

Puede hacerse esto con medias cañas de asbesto cemento, fibra de vidrio u otros materiales.

Dilataciones, la dilatación en tuberías de cobre es de 1.02 mm / m. para 60 °C, por lo que hay que evitar grandes recorridos de una línea en tramos rectos.

Cuando se requieran estos, hay que instalar juntas de dilatación que pueden ser del tipo de fuelle o deslizantes que se obtienen en el mercado o deformando la tubería para formar omegas (fig. 5i) o simplemente buscando recorridos en los cuales los quiebres de la red permitan por la elasticidad de la tubería que se absorban estas dilataciones y contracciones.

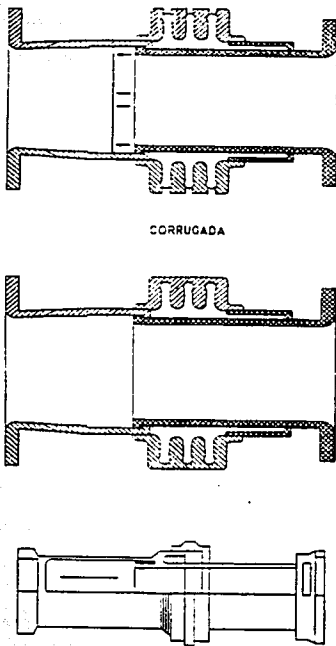


Fig. 51.1 Juntas de dilatación

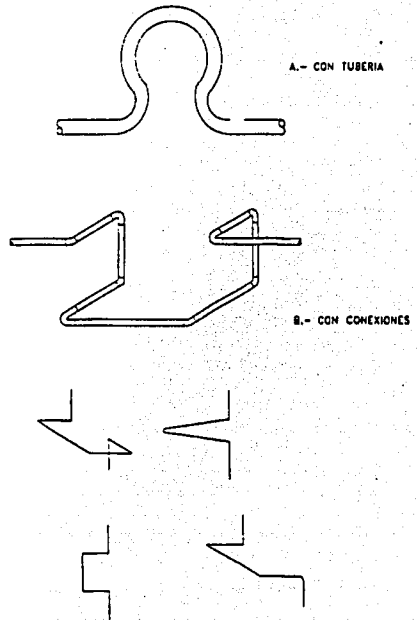


Fig. 51.2 Deformación de tubería para evitar daños por dilatación

4.4 Métodos de cálculo

Formulas practicas para el cálculo del equipo de calentamiento de agua, generalmente, en este tipo de cálculos lo más importante es tener el criterio correcto para calcular la probable demanda máxima en su valor más real posible en cada caso. *El método de cálculo por el número de personas*, es el que más se acerca a la realidad, dando demandas menores y que se aconseja utilizarlo siempre que se pueda.

La nomenclatura usada para estas formulas es la siguiente:

G = Probable demanda máxima, en litros por hora
 T = Capacidad del tanque de almacenamiento de agua caliente, en litros
 C = Capacidad de calentamiento de la caldera, en litros por hora
 h = Duración de la carga pico, en horas
 Tc = Temperatura del agua caliente, en °C.
 Tf = Temperatura del agua fría, en °C

Las fórmulas 5.1, 5.2 y 5.3 siguientes se basan en el hecho de que tan solo puede sacarse a plena temperatura (Tc) las tres cuartas partes del agua caliente almacenada.

Capacidad del tanque de agua caliente

$$T = \frac{h(G - C)}{0.75} \quad (5.1)$$

Capacidad de calentamiento de la caldera

$$C = \frac{(C \times h) - 0.75 \times T}{H} \quad (5.2)$$

Probable demanda máxima

$$G = \frac{(c \times h) + 0.75 \times T}{H} \quad (5.3)$$

Capacidad de calentamiento en albercas

m³ de alberca por 555 = Kcal. / h. a la salida

ejemplos:

- a) Calcular la capacidad de la caldera para agua caliente, con los siguientes datos.

G = 2859 lts. / hr.

h = 4 horas

T = 10.000 lts.

Tc - Tf = 60° - 15° = 45°

$$C = \frac{(4 \times 2850) - 0.75 \times 10.000}{4} = 975 \text{ lts. / hr.}$$

Entrega de calor = $975 \times 45 = 43.900 \text{ Kcal. / seg.}$

b) Capacidad del tanque de almacenamiento de agua caliente para los siguientes datos

$h = 4 \text{ horas}$

$G = 430 \text{ Lts / hr.}$

$C = 175 \text{ Lts / hr. (para } T_c \text{ ó } T_f - 45^\circ\text{C)}$

$$T = \frac{4(430 - 175)}{0.75} = 1.360 \text{ lts.}$$

Para un buen cálculo de la capacidad del calentador o de la caldera, así como la calidad del tanque de almacenamiento de agua caliente, es necesario considerar los siguientes factores:

- 1.- Obtención de la demanda total en litros
- 2.- Temperatura al cual se desea elevar el agua
- 3.- Tipo de servicio al que se destinará la instalación

Términos normalmente utilizados:

Posible demanda máxima, Cantidad total de agua requerida en cualquier periodo normal

Probable demanda máxima, Cantidad máxima de agua caliente que probablemente va a necesitarse en determinado momento

Duración de la probable demanda máxima, Periodo de duración de la probable demanda máxima

Elevación de la temperatura, Diferencia de temperatura entre el agua fría proporcionada y la temperatura a la que se desea tener

La obtención de la demanda máxima de un nuevo proyecto se hace utilizando las tablas de requerimiento de agua caliente.
Para instalaciones en servicio, la obtención de la demanda máxima es en base a mediciones reales de la totalidad de los equipos instalados

La elevación de la temperatura se determina por la diferencia entre la temperatura del agua de suministro y la temperatura necesaria para los diferentes servicios

La elección del equipo de calentamiento se hace de acuerdo a la demanda máxima

En instalaciones comunes se pueden seguir cualquiera de los tres métodos siguientes:

- I.- Por el número de cuartos
- II.- Por el número de personas
- III.- Por el número de equipos instalados

I.- Número de cuartos, La tabla 5.1 nos da una estimación de los requerimientos de agua caliente por cada 24 horas, en varios tipos de edificios

Para estimar la capacidad de la caldera o calentador a utilizar y la capacidad de almacenamiento del tanque, es necesario conocer la cantidad total de agua que va a ser calentada por día, así como la cantidad total máxima que se va a usar en una hora cualquiera y la duración de ésta carga.

En casos cotidianos, donde los requerimientos de agua caliente son uniformes como por ejemplo en residencias, hoteles, edificios de departamentos, etc., la capacidad de almacenamiento pequeña. En cambio en el caso de escuelas y fabricas la capacidad de almacenamiento es proporcionalmente mayor, ya que el uso completo del agua caliente ocurre durante un pequeño periodo de tiempo.

Cuando existe un uso intermitente del agua caliente, se dispone de varias horas, entre las demandas pico, para elevar el agua a la temperatura deseada.

Es necesario tomar en cuenta que el agua caliente se toma del tanque de almacenamiento y que dicho volumen solo ocupa el 75 por ciento del volumen total del tanque, así que es conveniente tener una gran capacidad de almacenamiento de agua caliente a fin de tener una caldera lo más pequeña posible.

	NUMERO DE CUARTOS	BAÑOS POR NUMERO DE CUARTO				
		1	2	3	4	5
APARTAMENTOS Y CASAS PRIVADAS	1	226				
	2	264				
	3	304				
	4	340	455			
	5	375	530			
	6	455	605	760		
	7	530	680	830		
	8	605	760	910	950	
	9	680	830	990	1040	
	10	760	910	1070	1130	
	11		990	1130	1280	
	12		1070	1230	1440	1700
	13		1130	1320	1580	1890
	14			1420	1740	2080
	15			1510	1890	2270
	16				2040	2460
	17				2190	2650
	18				2340	2840
	19					3030
	20					3210
HOTELES	Cuarto con sanitario					38
	Cuarto con baño transitorio					190
	Cuarto con baño residente					230
	2 cuartos con baño					305
	3 cuartos con baño					375
	regadera publica					760
sanitarios publicos					570	
OFICINAS	Empleados de confianza c/u.					10
	Empleados					15
	Limpieza por 1000 m ²					114
HOSPITALES	Por cama					300 a 380

Tabla 5.1 Cálculo por el número de cuartos

II.- *Número de Personas.* En la tabla siguiente (5.2) se presentan los datos para conocer el consumo que por persona se debe abastecer y conociendo previamente el número aproximado de personas que utilizarán las instalaciones podemos determinar la demanda total.

En base a los siguientes pasos, podemos calcular la capacidad del calentador a utilizarse y la capacidad de almacenamiento del tanque.

1. De tablas obtener el consumo en litros por persona y por día
2. Multiplicando el dato obtenido en la tabla por el número de personas, tenemos la demanda total
3. Con los datos anteriores podemos calcular la máxima demanda por hora, de la siguiente manera:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la misma tabla podemos leer el factor de demanda máxima, el factor de capacidad de almacenamiento y el factor de capacidad de calentamiento. Obtenemos la demanda máxima por hora multiplicando la demanda total por día por el factor de demanda.

4. El cálculo de capacidad de almacenamiento del tanque se obtiene multiplicando la demanda máxima por hora por el factor de capacidad de almacenamiento.
5. La capacidad de calentamiento se obtiene multiplicando la demanda total por el factor de capacidad de calentamiento.

TIPO DE EDIFICIO	DEMANDA HORARIA MAX. EN RELACION AL USO DIARIO	DURACIÓN EN HORAS DE LA CARGA PICO	CAPACIDAD DEL DEPOSITO DE ALMACENAMIENTO	CAPACIDAD DEL CALENTADOR	AGUA CALIENTE NECESARIA A 60°C LT./PERS./DÍA
Casa, deptos. y hoteles	1/7	4	1/5	1/7	150
Oficinas	1/5	2	1/5	1/6	7.5
Fábricas	1/3	1	2/5	1/8	20
Restaurantes 3 comidas / día	1/10	8	1/5	1/10	7 / comida
Restaurantes 1 comida / día	1/5	2	2/5	1/6	

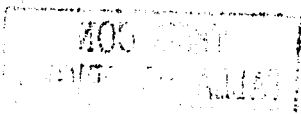
Tabla 5.2 Consumo de agua caliente por persona, temperatura a 60 °C excepto restaurantes : a 80°C

III.- *Número de equipos instalados*, Con la tabla 5.3, podemos calcular también, la capacidad del calentador y el tamaño del tanque de almacenamiento de una instalación para agua caliente, en función de los equipos instalados.

Para utilizar adecuadamente la tabla, debemos conocer, primeramente, el equipo instalado y con estos datos entramos a la tabla y vemos el consumo unitario en Lts. / hr. para cada mueble instalado, dependiendo del tipo de instalación del que se trate.

Para la determinación de la Posible Demanda Máxima, basta con multiplicar el número de muebles instalados por su correspondiente consumo unitario y, sumando todos ellos, obtenemos la Posible Demanda Máxima.

Para determinar la Demanda Máxima, se multiplica la Posible Demanda Máxima por el factor de demanda de la tabla. Para determinar la capacidad del tanque de almacenamiento multiplicamos la Demanda Máxima por el factor de almacenamiento.



MUJES	DEPTOS	CLUBES	GYM	HOSPITAL	HOTELES	FABRICAS	OFICINAS	CASAS	ESCUELAS
Lavabo Privado	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Lavabo Publico	15	23	30	23	30	46	23		51
Tina de Baño	75	75	115	75	76			76	
Lavaplatos	55	190 / 530		190 / 530	190 / 760	76 / 380		51	76 / 380
Lavaplatos de pie	12	12	46	12	12	46		12	12
Trepaderos	38	76		76	115	76	76	38	76
Lavadores de Ropa	75	106		105	105			76	
Repaderas	115	530	855	285	285	850	105	105	855
Eliminador de sobras	76	76		76	105	76	76	51	76
Repaderas Terapicas				1510					
Baños Hubbard				2500					
Baños de pie				380					
Baños de Brazos				132					
Baños de Asiento				105					
Trepadero Circular				76	76	105	76		105
Trepadero semicircular				38	38	51	38		51
Factor de demanda	0.40	0.31	0.40	0.25	0.25	0.40	0.30	0.30	0.40
Factor de Almacenamiento	1.25	0.90	1.00	0.60	0.80	1.00	2.00	0.70	1.00

Tabla 5.3 Necesidades de agua caliente en función de los equipos instalados. (l.lc. / hora) a temperatura final de 60°C

TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Suministro de agua caliente

EDIFICIO	AGUA A 60°	DEMANDA HORA	ALMACENAMIENTO
RESIDENCIAS DEPARTAMENTOS HOTELES HOSPITALES	150 lts. / día / Persona	1 / 7	1 / 5
OFICINAS	8 lts. / Persona	1 / 5	1 / 5
FABRICAS	19 lts. / Persona	1 / 3	2 / 5
RESTAURANT	9.5 lts. / Comida	1 / 10	1 / 10
BAÑOS PUBLICOS (REGADERAS)	568 lts.	1 / 3	9 / 10

Tabla 5.4 Demandas de agua caliente

	PROMEDIO Lts.	TEMPERATURA °C.
BAÑO DE TINA	114	35
BAÑO DE REGADERA	75	40
LAVADORA POR CARGA	70	55
INODORO	25	Fria
LAVADORA AUTOMATICA POR CARGA	100	70
LAVASTRASTOS POR COMIDA	30	55
LAVASTRASTOS ESCALDAR	6	80
LAVASTRASTOS AUTOMATICO	40	70

Tabla 5.5 Demandas probables por ciclo de operacion

TIPO DE SERVICIO	DOTACIÓN
CASAS HABITACIÓN	100 lts/ per.
RESIDENCIAS	120 "
UNIDADES HABITACIONALES:	
HASTA 100 PERSONAS	100 "
DE 101 A 250 PERSONAS	90 "
MÁS DE 251 PERSONAS	80 "
HOSPITALES:	
CON TODOS LOS SERVICIOS	120 lts/cama
EN BAÑOS ENCAMADOS	90 "
HOTELES PRIMERA Y LUJO CON 2 PERSONAS POR CUARTO:	
CON LAVANDERÍA	120 lts/ per.
SEGUNDA	100 "
TERCERA	80 "
RESTAURANTES, CAFETERÍAS Y COMEDORES INDUSTRIALES	10 lts/ com.
FABRICAS:	
BAÑOS DE OBREROS	20 lts/ per.
BAÑOS 100% OBREROS	50 "
LAVADO DE ROPA EN HOTELES INTERNADOS Y COMUNIDADES	20 "
OFICINAS Y TIENDAS DE AUTOSERVICIO	7.5 "

Tabla 5.6 Dotación diaria

TIPO DE EDIFICIO	CAPACIDAD DE CALDERA PARA CALENTAMIENTO AL PASO	CAPACIDAD DE CALDERA CON TANQUE DE ALMACENAMIENTO	CAPACIDAD DEL TANQUE
CASAS HABITACIÓN CON MENOS DE 15 PERSONAS	1/2	1/8	1/4
RESIDENCIAS MÁS DE 15 PERSONAS	1/3	1/8	1/4
UNIDADES HABITACIONALES	1/5	1/8	1/5
EDIFICIOS DE DEPARTAMENTOS	1/4	1/8	1/4
HOTELES	1/5	1/8	1/5
RESTAURANTES Y CAFETERÍAS (16 h.)	1/8	1/5	1/10
RESTAURANTES Y CAFETERÍAS (24 h.)	1/10	1/6	1/12
HOSPITALES	1/4	1/8	1/4
HOSPITALES CON TODOS LOS SERVICIOS	1/3	1/7	1/4
FABRICAS CON BAÑOS Y CAFETERÍA	1/3	1/8	2/5
BAÑOS DE FABRICAS, INTERNADOS Y COMUNIDADES	1/2	1/8	1/2

Tabla 5.7 Cálculo caldera con relación al consumo diario y agua a 60°C

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Ejemplos, Cálculo del Equipo de Calentamiento

a) Edificio de Departamentos

Datos:

Número de departamentos	25
Personas por departamento	5
Dotación (de tabla 5.6)	110 lts. / persona
Duración de "carga pico"	4 hrs.

Cálculo:

Dotación diaria

$$25 \times 5 \times 110 \text{ lts} / \text{persona} = 13,800 \text{ lts.}$$

Probable demanda máxima (de tabla 5.2)

$$13,800 \times 1/7 = 1,965 \text{ lts.} / \text{hr.}$$

Capacidad del Tanque de Almacenamiento, considerando 75 lts. por departamento

$$25 \times 75 = 1,880 \approx 2,000 \text{ lts.}$$

Agua a extraerse del Tanque por hora en el periodo de Demanda Máxima

$$2,000 \times 0.75/4 = 375 \text{ lts.} / \text{hr.}$$

Capacidad del equipo de calentamiento

$$1,965 - 375 = 1,590 \text{ lts.} / \text{hr.}$$

Entrega de la caldera (Kcal. / hr.), considerando un aumento de temperatura del

agua de $60^\circ - 15^\circ = 45^\circ\text{C}$

$$1,590 \times 45^\circ\text{C} = 71,500 \text{ Kcal.} / \text{hr.}$$

Utilizando la tabla 5.7

Capacidad de la caldera con tanque de almacenamiento

$$13,800 \times 1/8 = 1,730 \text{ lts} / \text{hr.}$$

Capacidad del tanque

$$13,800 \times 1/4 = 3,450 \text{ lts}$$

Capacidad de caldera para calentamiento al paso (sin tanque de almacenamiento)

$$13,800 \times 1/4 = 3,450 \text{ lts} / \text{hr.}$$

b) Edificio de Departamentos

Determinar el tamaño del tanque de almacenamiento y calentador para un edificio de Apartamentos

Número de muebles		
60 Lavabos x 8	=	480 lts. por hr.
30 Tinas x 75	=	2,250 " "
30 Regaderas x 300	=	9,000 " "
60 Fregaderos x 38	=	2,280 " "
15 Lavadoras x 75	=	1,125 " "

Posible demanda Máxima = 15,135 lts. por hr.

Probable Demanda Máxima (tabla 5.3)

$15,135 \times 0.30 = 4,540$ Lts. / hr.

Capacidad del Calentador = 4,540 lts. / hr.

Capacidad del tanque de almacenamiento (ver tabla 5.3)

$4,540 \times 1.25 = 5,675$ lts.

Caldera:

$$C. V. \frac{4,540 (60^\circ - 20^\circ)}{8450} = 21.49 \approx 25 \text{ H.P. caldera}$$

c) Fabrica

Datos:

10 regaderas para uso de 40 personas continua y simultáneamente

Caldera existente con las siguientes características:

Entrega de calor: 32,600 Kcal. / hr.

Entrega de agua : 544 lts. / hr.

Elevación de temperatura a 60°C (para gas L.P.)

Cálculo:

Gasto por regadera (ver tabla 5.3)

14 lts. / min. = 840 lts. / min.

Demanda máxima horaria

$840 \times 10 \text{ reg.} = 8,400$ lts. / hr.

Tiempo de baño por turno
15 min.

Duración de la demanda máxima (Pico)
 $40 / 10 \times 15 \text{ min.} = 60 \text{ min.} = 1 \text{ hr.}$

Agua necesaria en el tiempo de la Demanda Máxima
 $8,400 \times 1 \text{ hr.} = 8,400 \text{ lts.}$

Capacidad necesaria del Tanque de Almacenamiento

$$\text{Cáp. Tanque} = \frac{\text{Dem. Máx. hor.} - \text{Cáp. Cald.}}{0.75}$$

$$\text{Cáp. Tanque} = \frac{8,400 - 544}{0.75} = 10,474 \text{ lts.} \approx 11,000 \text{ lts.}$$



CAPITULO 5

**“COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE CÁLCULO Y
CONCLUSIONES”**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES “ARAGON”
“ANÁLISIS DE MÉTODOS DE DISEÑO HIDRÁULICO EN INSTALACIONES”
JOSE ANDRÉS VELÁZQUEZ ALCAYA

CAPITULO V

COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE CÁLCULO Y CONCLUSIONES

5.1 *Comparativo.* Sea la planta (fig. 6.1) y la sección esquemática de un edificio de oficinas de ocho plantas (fig.6.2), con cuatro oficinas por planta y cuatro columnas ascendentes, donde, de cada una de éstas sale, en cada planta, una derivación que alimenta los servicios en cada oficina, formada por: cuatro lavabos, dos retretes con depósito y tres urinarios con un depósito común de descarga automática.

Supongamos que la red de abastecimiento de agua caliente es completamente independiente de la fría.

SOLUCIÓN:

Primer método:

Primer procedimiento para obtener el gasto y gasto simultaneo.

1.- De la tabla 4.6 obtenemos los gastos de cada mueble:

Lavabo = 0.10 Lts./seg.
 W.C. = 0.10 "
 Urinario = 0.05 "

2.- De la tabla 4.9 obtenemos el tanto por ciento a tomar del gasto

Lavabo = $4 \times 0.10 \times 0.75 = 0.30$ Lts./seg.
 W.C. = $2 \times 0.10 \times 1.00 = 0.20$ "
 Urinario = común = 0.05 "
 Total = 0.55 Lts./seg.

3.- Para el gasto del tramo de columna o distribuidor, obtenemos de la tabla 4.10

TRAMO	SUMA DE GASTOS EN DERIVACIONES Lts./seg.	NÚMERO DE GRUPOS SERVIDOS	TANTO POR CIENTO %	GASTO SIMULTANEO TOTAL Lts./seg.
1	0.55	1	100	0.55
2	1.10	2	90	0.99
3	1.65	3	85	1.40
4	2.20	4	80	1.76
5	2.75	5	75	2.06
6	3.30	6	70	2.31
7	3.85	7	67	2.58
8	4.40	8	64	2.82
9	8.80	16	52	4.57
10	13.20	24	47	6.20
11	17.60	32	42	7.39

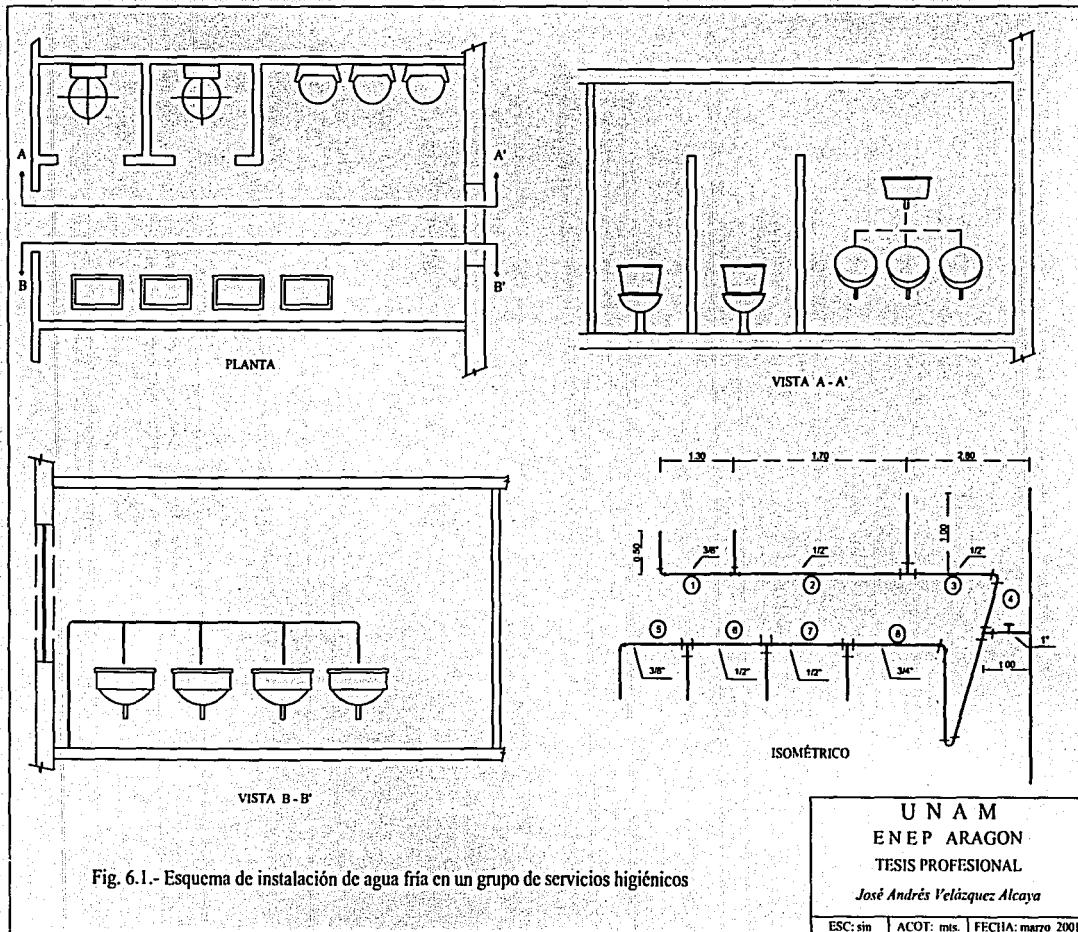


Fig. 6.1.- Esquema de instalación de agua fría en un grupo de servicios higiénicos

UNAM
ENEP ARAGON
TESIS PROFESIONAL
José Andrés Velázquez Alcaya

ESC: sin	ACOT: mts.	FECHIA: marzo 2001
----------	------------	--------------------

136

Comparativo de los métodos de cálculo y conclusiones

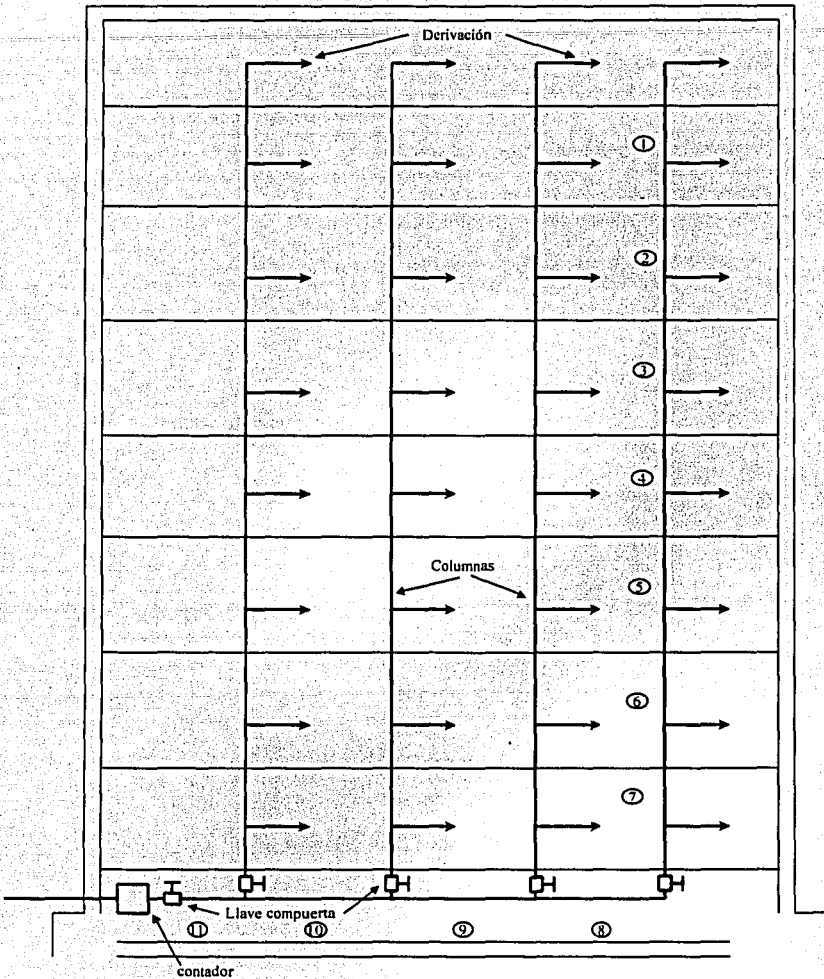


fig. 6.2 Edificio de oficinas de 8 pisos

Segundo procedimiento para obtener gasto y gato simultaneo

1.- Para retretes suponemos valores de f , i y m de:

$$f = 2 \text{ min.} \quad I = 20 \text{ min.} \quad M = 8 \text{ horas (jornada de trabajo normal)}$$

y aplicamos el grafico de la fig. 46 (curva inferior)

2.- Para lavabos suponemos $f = 1 \text{ min.}$ (En oficinas se emplea solo de lavamanos), i y m igual que los retretes, y aplicamos el grafico de la fig. 4n

3.- Para los urinarios, como el agua entra de modo continuo en el depósito, sumamos los gastos de entrada en dichos depósitos.

Resumiendo tenemos

TRAMO	RETRETES				LAVABOS				URINARIOS		GASTO TOTAL Lts./seg.
	No. DE APARATOS	GASTO TOTAL Lts./seg.	%	GASTO REDUCIDO Lts./seg.	No. DE APARATOS	GASTO TOTAL Lts./seg.	%	GASTO REDUCIDO Lts./seg.	No. DE BATERIAS	GASTO Lts./seg.	
1	2	0.20	100	0.20	4	0.40	68	0.27	1	0.05	0.52
2	4	0.40	72	0.29	8	0.80	40	0.32	2	0.10	0.71
3	6	0.60	55	0.33	12	1.20	35	0.42	3	0.15	0.90
4	8	0.80	47	0.37	16	1.60	32	0.51	4	0.20	1.08
5	10	1.00	44	0.44	20	2.00	28	0.56	5	0.25	1.25
6	12	1.20	42	0.50	24	2.40	27	0.65	6	0.30	1.45
7	14	1.40	39	0.55	28	2.80	25	0.75	7	0.35	1.65
8	16	1.60	38	0.61	32	3.20	23	0.73	8	0.40	1.74
9	32	3.20	30	0.96	64	6.40	18	1.15	16	0.80	2.91
10	48	4.80	26	1.25	96	9.60	16	1.54	24	1.20	3.99
11	64	6.40	24	1.54	128	12.80	15	1.92	32	1.60	5.06

Nota: El primer método da, para el total de la instalación, 7.39 lts./seg. y el segundo 5.05 lts./seg. Merece más crédito el segundo procedimiento (basado en cálculos de probabilidad), siempre que fijemos bien los valores de f , i y m (sobre todo i).

Calculo de "i", Supongamos un edificio de oficinas con 500 empleados y 50 lavabos, es decir, un lavabo para cada 10 empleados, con jornada de trabajo de 7 horas.

$$m = 7 \text{ horas} = 420 \text{ minutos}$$

La duración media de salida del agua en cada uso de un lavabo, lo supondremos $f = 1 \text{ minuto}$ ya que en oficinas se emplea como lavamanos.

Si consideramos que cada empleado utiliza el lavabo dos veces al día:

$$500 \times 2 = 1000 \text{ usos}$$

por lo que a cada lavabo le corresponden 20 usos

Si suponemos uniformidad en el uso de los lavabos entre el principio de uso de uno y el principio del siguiente entonces:

$$420 / 20 = 21 \approx 20 \text{ minutos}$$

Por lo que $i = 20 \text{ min.}$

Cálculo de diámetros en columnas y distribuidores

Supongamos que la presión de carga inicial de la red municipal es de 34 metros y los diámetros los indicados en la fig. 5a

Seguiremos el procedimiento de cálculo dividido en dos tiempos: provisional y de comprobación

Los aparatos que están en situación más desfavorable son los correspondientes a la derivación del último piso, más alejada.

Resumiendo en la tabla 5.3,

Los valores de los gastos son los calculados con el segundo procedimiento

Como cálculo provisional, proponemos los diámetros y de la tabla 4.5, obtenemos la velocidad, como el desnivel entre la carga de la tubería general y la derivación del último piso es de $34 - 25 = 9 \text{ mts.}$ Los valores a asignar a las velocidades estarán comprendidos entre 0.6 y 1 m./seg.

Las columnas siguientes corresponden al *cálculo de comprobación*. En ellas escribimos los valores de las longitudes (tomadas de los planos), los de hf (tomados también de la tabla 4.5) y los del producto de $hf \times L$.

A continuación los valores de ΣK y Σhf_{acc} de las pérdidas de carga aisladas. Éstas se calculan con ayuda de las tablas 4.5, 4.12 y 4.13 y de la fig. 6.1 (el del contador lo suponemos igual a 1,70m.)

Para éste caso tendremos:

Tramo 1	T directo	K = 1	$\Sigma\lambda = 0.045$
Tramo 2	T directo	K = 1	$\Sigma\lambda = 0.026$
Tramo 3	T directo	K = 1	$\Sigma\lambda = 0.045$
Tramo 4	T directo	K = 1	$\Sigma\lambda = 0.034$
Tramo 5	T directo	K = 1	$\Sigma\lambda = 0.045$
Tramo 6	T directo	K = 1	$\Sigma\lambda = 0.021$
Tramo 7	T directo	K = 1	$\Sigma\lambda = 0.028$
Tramo 8	T directo	K = 1	$\Sigma\lambda = 0.032$
	Codo	K = 1	$\Sigma\lambda = 0.032$
	Llave de compuerta	K = 0	$\Sigma\lambda = 0.000$
Tramo 9	T directo	K = 1	$\Sigma\lambda = 0.050$
Tramo 10	T directo	K = 1	$\Sigma\lambda = 0.059$
Tramo 11	Contador		$\Sigma\lambda = 1.700$
	Llave de compuerta	K = 0	$\Sigma\lambda = 0.000$

En el contador suponemos una pérdida de carga de 1.70 m.

Hallamos los valores de $h_{fL} + \Sigma h_{facc}$. Para todo el conjunto de tuberías considerado tenemos:

$$R + \Sigma h_{facc} = 4.342 \text{ m.}$$

Comprobando la expresión 4.3 resulta:

$$\frac{p_1}{\gamma} = \frac{p_0}{\gamma} - Z_1 - (R + \Sigma h_{facc}) = 34 - 25 - 4.342 = 4.658 \text{ m.}$$

Como valor de la carga disponible en el punto en que arranca la última derivación.

Ahora calculemos la carga mínima necesaria (p_0/γ) para el mueble más alejado, con los diámetros indicados según la fig.6.1

Si conocemos el gasto (Q) y el diámetro (D) entonces, de la tabla 4.5, obtenemos la pérdida de carga y la velocidad, resumiendo todo en la siguiente tabla

TRAMO	LONGITUD m.	GASTO Lts./seg.	H Mca	VELOCIDAD LTS./SEG.
1	1.30	0.10	0.282	1.053
2	1.70	0.20	0.161	0.995
3	2.80	0.25	0.236	1.243
4	1.00	0.55	0.093	1.035

Calculamos las pérdidas por carga unitaria (H L), fricción y por accesorios, ésta última de la tabla 4.13

Tramo 1		
H L = 0.282 x 1.30		0.366
1 codo 90° x 3/8" ø y V = 1.053		<u>0.109</u>
		0.475
Tramo 2		
H L = 0.161 x 1.70		0.273
Té directa 1/2" ø y V = 0.995		<u>0.049</u>
		0.322
Tramo 3		
H L = 0.236 x 2.80		0.661
Té directa 1/2" ø y V = 1.243		<u>0.077</u>
2 codos 90° x 1/2" ø y V = 1.243		<u>0.306</u>
		1.044
Tramo 4		
H L = 0.093 x 1.00		0.093
Llave de paso 1" y V = 1.035		1.300
Té derivadora 1" ø y V = 1.035		<u>0.079</u>
		1.472
	subtotal	3.313
	Z _i	0.500
	p ₀ /γ	<u>1.000</u>
	TOTAL	4.813 m.

Si en este ultimo piso suponemos una carga necesaria de 4.813 m. y el cálculo de comprobación nos da un valor para p_1/γ , menor del conveniente (4.658) porque la pérdida de carga es excesiva, entonces podemos reducir el valor hallado para la pérdida de carga aumentando diámetros en columna y distribuidor. Utilizando la parte derecha del cuadro de cálculo hemos hecho un tanteo aumentando el diámetro en varios tramos. Con esto, como se indica en el cuadro, se consigue reducir la pérdida de carga en 0.654 m. y la carga disponible sería de 5.467 m.

También podemos conservar los diámetros propuestos y calcular las tuberías de la ultima derivación, contando con una carga de 4.658 m., resultaran diámetros mayores, pero solo en las derivaciones del ultimo piso.

Para el piso inmediatamente inferior si valen los diámetros propuestos, pues la carga disponible será de 4.658 m. aumentados en el desnivel de estos pisos 3.30 m., y en lo que importaban las pérdidas del tramo 1:

$$4.658 + 3.30 + 0.305 = 8.263 \text{ m.}$$

Según vamos bajando, la carga disponible aumenta rápidamente. En el primer piso llegaría a valer:

$$4.658 + 3.30 \times 7 + 1.191 = 28.949 \text{ m.}$$

Este valor es excesivo, pero no podemos, para rebajarlo, reducir los diámetros del distribuidor, ya que son los necesarios para que llegue el agua hasta arriba.

En estos casos, se procede a reducir el diámetro del tronco principal de la derivación. Si por ser excesivo el desnivel piezométrico resulta que la velocidad sobrepasara demasiado los 2.00 m. / seg., Se pueden emplear grifos de menor diámetro, que para el mismo gasto necesitan mayor carga en su entrada.

Para las otras dos columnas ascendentes de la instalación se hace el cálculo del mismo modo, adoptando para los tramos en común las pérdidas ya encontradas en el calculo precedente.

Segundo método:

Cálculo con el método de Hunter (unidades mueble)

Siguiendo Los pasos descritos en la pagina 77 tenemos:

Tramo 1

1.- Gasto (de la tabla 6.3 IMSS, anexo)

Aparato	U.M.
2 W.C.	4
3 Mingitorios (con depósito común)	3
4 Lavabos	4
Total	11

De la tabla 6.4 del IMSS (anexo) con 10 U.M. nos da un gasto simultaneo de 0.61 Lts./seg.

2.- Velocidad

Si tenemos que:

$$A = \frac{Q}{V}$$

Y proponemos velocidad de 3 m/seg. Entonces:

$$A = \frac{0.00061}{3} = 0.00020 \text{ m}^2 \quad \text{Si}$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00020}{\pi}} = 0.016 \approx \frac{3}{4}''$$

Velocidad real (calculada con éste último diámetro)

$$V_R = \frac{Q}{A} = \frac{0.00082}{\frac{\pi \times 0.019^2}{4}} = 2.89 \text{ m/seg.}$$

3.- Pérdidas

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

Donde $L = L_e + L_{acc}$.

Del croquis tenemos que:

$$L_e = 3.30$$

$$L_{acc} = 1 \text{ Tee paso recto } 1'' + 1 \text{ Reducción de } 1'' \text{ a } \frac{3}{4}'' = 0.27 + 0.20 = 0.47 \text{ m.}$$

$$L = 3.77 \text{ m.}$$

$$hf = 0.02 \frac{3.77}{0.019} \frac{2.89^2}{19.62} = 1.69 \text{ m.}$$

Procediendo de la misma manera, obtenemos para los demás tramos los datos vaciados en la siguiente tabla:

Comparativo de los métodos de cálculo y conclusiones

TRAMO	Q Lts./seg.	V m/seg.	D mm pulgadas	hf m.	Σ hf m.
1	0.82	2.89	19 ¾"	1.69	1.69
2	1.40	2.85	25 1"	1.26	2.95
3	1.90	2.36	32 1 ¼"	0.71	3.66
4	2.24	1.97	38 1 ½"	0.39	4.05
5	2.54	2.24	38 1 ½"	0.50	4.55
6	2.82	2.48	38 1 ½"	0.62	5.17
7	3.08	2.72	38 1 ½"	0.74	5.91
8	3.35	2.95	38 1 ½"	3.93	9.84
9	5.20	2.54	51 2"	1.71	11.55
10	6.92	2.14	64 2 ½"	0.85	12.40
11	8.50	2.64	64 2 ½"	1.05	13.45

No Del Tramo	CÁLCULO DE MÁXIMA			CÁLCULO DE COMPROBACIÓN													DIFERENCIA ENTRE VALORES DE LA PERDIDA TOTAL DE CARGA
	gasto	Velocidad	Diámetro	Longitud del tramo	Pérdida de carga continua por m l	Pérdida de carga continua del tramo	Valores de coeficientes para resistencias usuales	Pérdida de carga por resistencias usuales	Pérdida total de carga en el tramo	velocidad	Diámetro modificado	Pérdida de carga continua por m l	Pérdida de carga continua del tramo	Pérdidas de carga por resistencias usuales	Pérdida total de carga en el tramo		
	Q	V	D	L	hf	h _L	ΣK	Ehf _{acc}	h _L +Ehf _{acc}	V'	D'	h _f '	h _L '	Ehf _{acc} '	h _f 'L'+Ehf _{acc} '		
	l / seg	m / seg	pulgada	m	m	m	m	m	m	m / seg	pulgada	m	m	m	m		
1	0.52	0.941	1	3.3	0.079	0.26	1	0.045	0.305						0.305		
2	0.71	0.729	1½	3.3	0.034	0.112	1	0.026	0.138						0.138		
3	0.90	0.935	1½	3.3	0.054	0.178	1	0.045	0.223	0.684	1½	0.025	0.082	0.023	0.105		
4	1.08	0.833	1½	3.3	0.036	0.118	1	0.034	0.152						0.152		
5	1.25	0.946	1½	3.3	0.045	0.148	1	0.045	0.193	0.588	2	1.014	0.046	0.016	0.062		
6	1.45	0.639	2	3.3	0.018	0.059	1	0.021	0.08						0.08		
7	1.65	0.754	2	3.3	0.022	0.072	1	0.028	0.1						0.1		
8	1.74	0.8	2	16	0.025	0.4	2	0.064	0.464	0.573	2½	0.011	0.176	0.017	0.193		
9	2.91	0.993	2½	12	0.029	0.348	1	0.05	0.398	0.84	2½	0.019	0.228	0.228	0.264		
10	3.99	1.1	2½	11	0.031	0.341	1	0.059	0.4						0.4		
11	5.06	0.995	3	9	0.021	0.189	1	1.7	1.889						1.889		
						2.225		2.117	4.342						3.688		
															0.654		

Tabla 4.11 Cálculo de tubería de distribución

144-8

5.2 Resumen

MÉTODO EUROPEO

MÉTODO DE HUNTER

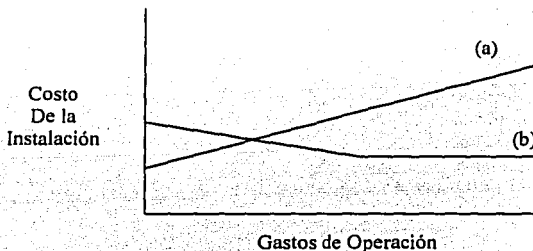
<p>- Toma velocidades de acuerdo a la altura de carga:</p> <p>1 a 4 m velocidad = 0.50 a 0.60 m/seg.</p> <p>4 a 10 m " = 0.60 a 1.00</p> <p>"</p> <p>10 a 20 m " = 1.00 a 1.50</p> <p>"</p> <p>20 a más m " = 1.50 a 2.00</p> <p>"</p>	<p>- Recomienda no exceder la velocidad de 3 m/seg.</p>
<p>- El gasto base de un lavabo es de:</p> <p>- Q = 0.10 Lts/seg.</p>	<p>- El gasto base de un lavabo es de:</p> <p>- Q = 25 Lts/seg.</p>
<p>- El gasto simultaneo es el más bajo de los tres métodos analizados: Q = 5.05 Lts/seg.</p>	<p>- El gasto simultaneo es el más alto de los tres métodos analizados (Las curvas de Hunter tienen márgenes muy amplios de seguridad) Q = 8.50 Lts/seg.</p>
<p>- Considera el factor de rugosidad (m) a partir de la formula de Flamat, dándole un valor de 0.00023 para tubo de hierro con algo de incrustaciones (caso más general después de un tiempo de uso) pero que es también adecuado para otros materiales (por ejemplo cobre)</p>	<p>- El factor de fricción en cobre es de 0.02 en forma aproximada, variando de la siguiente manera:</p> <p>f = 0.05 en diámetros de 13 a 25 mm</p> <p>f = 0.04 en diámetros de 32 a 50 mm</p> <p>f = 0.03 en diámetros de 60 a 150 mm</p> <p>basado en la formula de Darcy - Weisbach</p>
<p>- El factor debido a resistencias accidentales, varía de 0 a 3, tomando en cuenta diámetro y clase de resistencia</p>	<p>- El factor debido a resistencias aisladas varía de 0.3 a 1.5 en conexiones comunes llegando hasta 1.60 en la válvula de resistencia check, tomando en cuenta el cambio de diámetro</p>
<p>- En el gasto simultaneó, éste método está basado en cálculos de probabilidad para establecer una formula, indicando que tanto por ciento debe considerarse con relación al número de aparatos</p>	<p>- Para el gasto simultaneó se baso en cálculos de probabilidad, pero considerando observaciones y mediciones hechas en diferentes edificios para ajustar los porcentajes de simultaneidad</p>

5.3 Conclusiones y Recomendaciones

La preferencia, facilidad y características de cada una de las obras que el Ingeniero Civil emprende va a hacer que se escoja un método u otro en el análisis para el diseño de las instalaciones. En los métodos analizados, se fueron destacando los pros y contras de cada método y, sin embargo, lo conveniente será aplicar éstos métodos logrando que el costo de inversión sea redituable en proporción al beneficio de la obra.

Debemos considerar que en una instalación, el costo - beneficio será más redituable conforme el tiempo transcurra y en proporción con la vida útil de la instalación misma. Tomando en cuenta esto, el Ingeniero debe diseñar, utilizando el método que mejor se adapte a las necesidades de cada obra, para que las instalaciones rindan un óptimo funcionamiento con el menor desgaste posible, alargando así la vida útil de cada accesorio y, por tanto, minimizando los servicios de mantenimiento.

Una gráfica de costo - beneficio que la gente común no está acostumbrada a considerar, por querer ahorrar en los accesorios de una instalación, es la siguiente:



Donde:

- Costo de la instalación: Es el costo total invertido en la obra, considerando todos los accesorios que ésta requiere para un buen funcionamiento.
- Gastos de operación: Es el costo mensual por funcionamiento en cualquier sistema que se emplee.
- a): Representa un cálculo óptimo, basándose en un buen diseño (con el método que mejor se adapte a las condiciones particulares de cada edificación) y al análisis de costos bien fundamentado.
- b): Representa una mala propuesta, bien por una mala planeación, diseño con un método no adecuado o pretender un ahorro excesivo en los costos de instalación.

El aplicar un método u otro depende muchas ocasiones también de las condiciones imperantes en la localidad; climáticas, geográficas, existencia de recursos: materiales y humanos, abundancia o escasez en el suministro de agua, etc. Así como de las normas y especificaciones establecidas por los reglamentos de construcción

En una instalación, como en cualquier proyecto, se debe realizar el análisis de precios unitarios, pero también, el de costos de operación, tomando en cuenta los diferentes materiales de consumo a emplear.

Partiendo desde el costo del agua y las dificultades que se están teniendo en la actualidad para su obtención y que está ocasionando problemas sociales, ya que la gente no está acostumbrada a cuidar los recursos acuíferos y a que México es uno de los países que contempla una de las más altas dotaciones por habitante, la obtención del agua cada vez es más costosa.

En este panorama el Ingeniero no debe encasillarse en un método inadecuado o que no se adapte a las necesidades particulares de cada instalación, sino que debe abrirse a la utilización de los métodos más variados posibles que proporcionen el más alto rendimiento en la gráfica costo - beneficio.



"BIBLIOGRAFÍA"

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ARAGON"
"ANÁLISIS DE MÉTODOS DE DISEÑO HIDRÁULICO EN INSTALACIONES"
JOSÉ ANDRÉS VELÁZQUEZ ALCAYA



BIBLIOGRAFÍA



- 1.- Instalaciones Sanitarias en Edificaciones
Mariano Rodríguez Avial
Editorial Madrid 1971
- 2.- Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias y de Gas para Edificios
Ing. Alberto Rodríguez
Facultad de Ingeniería UNAM
División de Educación continua, junio de 1992
- 3.- Cálculo para Instalaciones Hidráulicas con Tubería de cobre
Instituto de Instalaciones de cobre
Auspiciado por la Asociación Mexicana del cobre A.C.
- 4.- Maquinas Hidráulicas
Ing. Rafael Castillo Ramírez
Instituto Politécnico Nacional, 1996
- 5.- Manual de Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias, Aire, Gas y Vapor
Ing. Sergio Zepeda C.
Editorial Limusa
- 6.- Datos Prácticos de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias
Ing. Becerril L. Diego Onesimo
7ª. Edición
- 7.- Mecánica de los Fluidos e Hidráulica
Ronald V. Giles
Editorial Mc. Graw Hill
- 8.- Instalaciones Aplicadas en los Edificios
Léeme
- 9.- Instalaciones Sanitarias en Viviendas
Ortega García, 1990
- 10.- Instalaciones Sanitarias Modernas
Labryga Franz

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ARAGON"
"ANÁLISIS DE MÉTODOS DE DISEÑO HIDRÁULICO EN INSTALACIONES"
JOSÉ ANDRÉS VELÁZQUEZ ALCAYA



"ANEXOS"

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ARAGON"
"ANÁLISIS DE MÉTODOS DE DISEÑO HIDRÁULICO EN INSTALACIONES"
JOSÉ ANDRÉS VELÁZQUEZ ALCAYA

Temp. °C.	densidad UTM / m ³	Peso Específico Kg / m ³	Viscosidad Dinámica Kg seg / m ²	Tensión Superficial Kg / m.	Presión de Vapor Kg / cm ² (ab)	Modulo de elasticidad Volumétrico Kg / cm ²
0	101.96	999.87	18.27 x 10 ⁻³	0.00771	0.0056	20200
5	101.97	999.99	15.50	0.00764	0.0088	20900
10	101.95	999.73	13.34	0.00756	0.0120	21500
15	101.88	999.12	1.63	0.00751	0.0176	22000
20	101.79	998.23	10.25	0.00738	0.0239	22400
25	101.67	997.07	9.12	0.00735	0.0327	22800
30	101.53	995.68	8.17	0.00728	0.0439	23100
35	101.37	994.14	7.37	0.00718	0.0401	23200
40	101.18	992.25	6.69	0.00711	0.0780	23300
50	100.76	988.07	5.60	0.00693	0.1249	23400

Tabla 2.1 Propiedades mecánicas del agua a la presión atmosférica

Temp. °C	Agua		Disolvente Comercial		Tetracloruro de Carbono		Aceite Lubricante medio	
	Densidad Relativa	Visc. cinem. m ² / seg.	Densidad Relativa	Visc. cinem. m ² / seg.	Densidad Relativa	Visc. cinem. m ² / seg.	Densidad Relativa	Visc. cinem. m ² / seg.
5	1.000	1.520	0.728	1.476	1.620	0.763	0.905	471
10	1.000	1.380	0.725	1.376	1.608	0.696	0.900	260
15	0.999	1.142	0.721	1.301	1.595	0.655	0.896	186
20	0.998	1.007	0.718	1.189	1.584	0.612	0.893	122
25	0.997	0.897	0.714	1.101	1.572	0.572	0.890	92
30	0.995	0.804	0.710	1.049	1.558	0.531	0.886	71
35	0.993	0.727	0.706	0.984	1.544	0.504	0.883	54.9
40	0.991	0.661	0.703	0.932	1.522	0.482	0.875	39.4
50	0.990	0.556					0.866	25.7
60	0.998	0.442					0.865	15.4

Tabla 2.2 Densidad relativa y viscosidad cinemática de algunos líquidos



COMISION
NACIONAL
DEL AGUA

SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA

GERENCIA DE INGENIERÍA BÁSICA Y NORMAS TÉCNICAS

SUBGERENCIA DE NORMALIZACIÓN

Norma Oficial Mexicana NOM-002-CNA-1995

Toma domiciliaria para abastecimiento de agua potable - Especificaciones y métodos de prueba

GUILLERMO GUERRERO VILLALOBOS, Director General de la Comisión Nacional del Agua, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 32 Bis fracciones I, II, III, IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; I., 2o. fracción II, 3o. fracción XI, 38 fracción II, 40 fracciones I, X y XIII, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 51, 52, 62, 63 y 64 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 9º fracciones I, IV, XII y 12 de la Ley de Aguas Nacionales; 10 segundo párrafo y 14 fracciones XI y XV del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales y,

CONSIDERANDO

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de Proyectos de Normas Oficiales Mexicanas, el C. Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua ordenó la publicación del Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-002-CNA-1995, que establece las especificaciones y métodos de prueba para la toma domiciliaria para abastecimiento de agua potable, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 1 de diciembre de 1995, a efecto de que los interesados presentaran sus comentarios al citado Comité Consultivo.

Que durante el plazo de noventa días naturales contados a partir de la fecha de publicación de dicho Proyecto de Norma Oficial Mexicana, los análisis a que se refiere el citado ordenamiento disciplinario, estuvieron a disposición del público para su consulta.

Que dentro del plazo referido, los interesados presentaron sus comentarios al Proyecto de Norma, los cuales fueron analizados en el citado Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, realizándose las modificaciones pertinentes, mismas que fueron publicadas en el Diario Oficial de la Federación el día 1 de julio de 1996 por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

Que previa aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, en sesión de fecha 20 de marzo de 1996, he tenido a bien expedir la siguiente:

NORMA Oficial Mexicana NOM-002-CNA-1995, "Toma domiciliaria para abastecimiento de agua potable - Especificaciones y métodos de prueba".

0. INTRODUCCIÓN

Los estudios de evaluación de pérdidas en los sistemas de distribución de agua potable realizados por la Comisión Nacional del Agua (CNA), el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y otras dependencias, han demostrado que el problema principal de fugas de agua potable se presenta en las tomas domiciliarias, debido principalmente a que no se cumplen las especificaciones de construcción establecidas por la CNA o por las autoridades estatales y municipales.

Una toma domiciliaria es la parte del sistema de abastecimiento por medio de la cual el usuario dispone de agua en su predio. Su adecuado funcionamiento depende de una selección cuidadosa de los materiales que se utilizan, de mano de obra calificada, de la observancia de las especificaciones de construcción y de la correcta supervisión de la ejecución de la obra.

3.5 Diámetro nominal: Medida de clasificación de la toma domiciliaria, que corresponde a la denominación comercial de los elementos que la integran.

3.6 Elemento: Cualquier componente o dispositivo que integra la toma domiciliaria, y que debe satisfacer los requerimientos de la presente Norma; éstos pueden ser tubos, válvulas, conexiones, medidor, etc.

3.7 Falla: Cualquier alteración que sufra la toma domiciliaria o sus elementos y que afecte su funcionamiento tal como reventamiento, fuga de agua o envejecimiento prematuro, o que afecte la calidad del agua.

3.8 Fuga: Pérdida de agua de la toma domiciliaria a través de cualquiera de sus elementos o de sus uniones

3.9 Llave de banqueta: Elemento que permite el corte del flujo o cierre de la toma, para realizar reparaciones o limitar el servicio, con acceso desde el exterior.

3.10 Organismo operador: Entidad encargada y responsable del suministro de agua potable en cantidad y calidad en la localidad donde se ubiquen las tomas domiciliarias.

3.11 Presión de prueba: Presión que se aplica a la instalación con objeto de detectar posibles fugas.

3.12 Presión de trabajo: Presión máxima de operación de una toma domiciliaria que corresponde a la presión de la red hidráulica de donde se deriva.

3.13 Purga: Procedimiento mediante el cual se expulsa el aire atrapado en las líneas cuando éstas son llenadas con agua

3.14 Ramal: Parte de la toma domiciliaria que da inicio en la llave de inserción y concluye en el codo inferior del primer tubo vertical del cuadro (figuras 1, 2 y 3).

3.15 Silleta de polietileno: Es el elemento de polietileno de alta densidad que se une por termofusión a la tubería de polietileno de alta densidad de la red de distribución y recibe a la válvula de inserción.

3.16 Toma domiciliaria: Instalación que se conecta a la tubería de la red de distribución y permite el suministro de agua potable a los usuarios.

3.17 Usuario: Quien recibe el servicio de suministro de agua potable para su consumo a través de una toma domiciliaria

3.18 Válvula de inserción: Elemento que se instala en la abrazadera o directamente en la tubería de la red de distribución y que cuenta con un dispositivo de cierre (válvula) de 1/4 de vuelta, cuya función es cortar la entrada del agua y permitir la instalación del ramal, la prueba de hermeticidad y las maniobras de reparación.

3.19 Válvula de seccionamiento: Elemento que se instala en el cuadro y que sirve para seccionar e impedir el paso del agua de la red de distribución a las instalaciones domiciliarias.

4.2 Requerimientos de la instalación

4.2.1 Diseño de la toma

El arreglo general de la toma domiciliaria deberá estar conforme a lo indicado en el plano tipo del proyecto a desarrollar, revisado y aprobado por el organismo operador o la dependencia local responsable. Ya que es obligada la prueba de hermeticidad, en la toma no debe usarse insertor o nudos de inserción.

Esto debe verificarse de acuerdo al inciso 7.2.1

Debido a que las tomas domiciliarias de agua combinan elementos de diferentes materiales, es necesario que todos sus componentes tengan una calidad comprobable respaldada por una norma de producto que armonice la compatibilidad de todos y cada uno de los elementos y que evite la contaminación y el desperdicio del recurso agua.

1. OBJETIVO

Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones y métodos de prueba que debe cumplir la toma domiciliaria para el abastecimiento de agua potable, con el fin de preservar el recurso hidráulico, sin alterar sus propiedades físicoquímicas.

2. REFERENCIAS

NOM-012-SCFI-1993 Instrumentos de medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos - medidores para agua potable fría - Especificaciones. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de octubre de 1993.

NMX-AA-051-1981 Análisis de agua - Determinación de metales - Método espectrofotométrico de absorción atómica. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de febrero de 1982.

NMX-B-001-1988 Método de análisis químico para determinar la composición de aceros y fundiciones. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 9 de junio de 1988.

NMX-BB-093-1989 Equipo para uso médico - Contenido de metales pesados - Método espectrofotométrico de absorción atómica. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de diciembre de 1989.

NMX-D-122-1973 Determinación de las propiedades de resistencia a la corrosión de partes metálicas con recubrimiento empleadas en vehículos automotores - Método de niebla salina. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de enero de 1974.

NMX-E-013-1990 Industria del plástico - Tubos y conexiones - Resistencia a la presión hidráulica interna, sostenida por largo periodo - Método de prueba. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de diciembre de 1990.

NMX-H-013-1984 Recubrimiento - Zinc - Localización de la porción más delgada en artículos de acero galvanizado - Método de prueba (prueba de PREECE). Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de julio de 1984.

NMX-H-014-1984 Recubrimiento - Zinc - Peso del recubrimiento en artículos de acero galvanizado - Método de prueba. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de agosto de 1984.

3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta Norma Oficial Mexicana, se establecen las definiciones siguientes:

3.1 Abrazadera: Elemento de la toma domiciliaria que se coloca sobre el tubo de la red de distribución y que proporciona el medio de sujeción adecuado para recibir a la válvula de inserción.

3.2 Calidad: Conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confieren la aptitud para satisfacer los requisitos explícitos o implícitos preestablecidos.

3.3 Compatibilidad: Característica de un elemento que de acuerdo a su diseño permite su interconexión con otro

3.4 Cuadro: Parte de la toma domiciliaria que inicia donde termina el ramal, cuya función es la de permitir la colocación del medidor y otros elementos como válvula limitadora de flujo, llave de nariz y otras válvulas y se ubica en los límites del predio, terminando con el tapón instalado.

Norma Oficial Mexicana NOM-007-CNA-1997

Requisitos de seguridad para la construcción y operación de tanques para agua.

GUILLERMO GUERRERO VILLALOBOS, Director General de la Comisión Nacional del Agua, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 32 Bis fracciones I, II, III, IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1o., 3o. fracciones IV y XI, 4o., 41, 43, 44, 45, 47 y demás relativos y aplicables de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 3o. fracción VI, 4o., 9o. fracción XII, 12, 100, 119 fracción VI, 120 y 121 de la Ley de Aguas Nacionales; 10 segundo párrafo y 14 fracción XI del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales; 35 fracción V del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, y

CONSIDERANDO

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de Proyectos de Normas Oficiales Mexicanas, el ciudadano Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua ordenó la publicación del Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-007-CNA-1997, que establece los requisitos de seguridad para la construcción y operación de tanques para agua, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 27 de octubre de 1997, a efecto de que los interesados presentaran sus comentarios al citado Comité Consultivo.

Que durante el plazo de sesenta días naturales, contados a partir de la fecha de publicación de dicho Proyecto de Norma Oficial Mexicana, los análisis a que se refiere el citado ordenamiento legal, estuvieron a disposición del público para su consulta.

Que dentro del plazo referido, no se recibieron comentarios por parte de los interesados al Proyecto de Norma, por lo que las disposiciones del mismo han resultado procedentes en sus términos.

Que previa aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, en sesión de fecha 12 de mayo de 1998, he tenido a bien expedir la siguiente:

NORMA Oficial Mexicana NOM-007-CNA-1997, "Requisitos de seguridad para la construcción y operación de tanques para agua".

0. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con los estudios realizados por la Comisión Nacional del Agua, autoridad responsable en materia de aguas nacionales así como de sus bienes públicos inherentes y de la modernización, planeación, programación de la administración y el uso eficiente y racional de dicho recurso, se hace necesario establecer los requisitos mínimos que deben contener los tanques para agua, mediante la presente Norma Oficial Mexicana.

1. OBJETIVO

Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos de seguridad que deben cumplirse en la construcción y operación de tanques de 3 000 m³ de capacidad o mayores, que contengan agua y que se utilicen en los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Oficial Mexicana es aplicable a los tanques para agua, nuevos o existentes, dentro del territorio nacional. Corresponde a los concesionarios y asignatarios el cumplimiento de la presente norma.

4.2.2 Selección de los elementos

Los elementos seleccionados para integrar la toma domiciliaria deben cumplir las especificaciones indicadas en el inciso 5.1 de esta Norma. El organismo operador o la dependencia local responsable deben guardar copia de los certificados de los elementos utilizados.

4.2.3 Calificación del personal de instalación

El personal que realice cualquier actividad relacionada con la instalación de tomas domiciliarias debe ser o estar calificado por el organismo operador o dependencia responsable, en los procedimientos y métodos de instalación de tomas domiciliarias aprobados o establecidos en las especificaciones de construcción correspondientes.

4.2.4 Instalación de los elementos

La ejecución de los trabajos de instalación debe contar previamente con los procedimientos aprobados y autorizados por el organismo operador o la dependencia local responsable. La unión de los elementos debe estar conforme al tipo de material/conexión. Estas últimas sólo podrán ser soldadas, termofusionadas, roscadas, a compresión o mixtas de acuerdo al diseño específico de cada conexión y a las recomendaciones de los fabricantes.

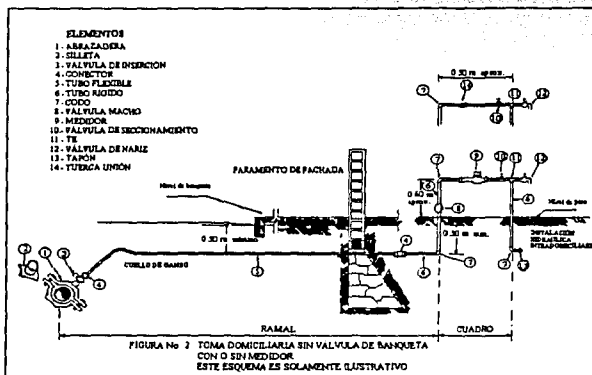
En ningún caso deberá utilizarse insertor con espiga estriada para recibir cualquier tipo de tubería.

Todas las actividades de instalación deben realizarse con las herramientas recomendadas por los fabricantes y con manuales de instalación.

Esta sección se verifica conforme al inciso 7.2.4

4.2.5 Hermeticidad

Una vez instalada la toma domiciliaria, ésta debe resistir, durante tres minutos, una presión hidrostática de 0,75 MPa (7,5 kgf/cm²) \pm 10% sin presentar fugas o fallas en los elementos, uniones y conexiones.



- Análisis del empuje de tierras y;
- Estabilidad de las excavaciones.

4.5 El concesionario es el responsable de la elaboración del proyecto ejecutivo, la construcción y operación del tanque, así como de efectuar las revisiones necesarias, para garantizar la seguridad de los mismos.

5. REQUISITOS

5.1 El concesionario debe efectuar el análisis de riesgo de falla del tanque, determinando la zona de afectación por el súbito vertido de agua, debido a la falla en forma parcial o total.

5.2 Con base en la determinación de la zona de afectación, el concesionario debe evaluar los posibles daños, a fin de establecer las medidas necesarias para evitarlos o mitigarlos.

5.3 El concesionario debe elaborar el proyecto ejecutivo de los tanques por ser construídos y tomar en cuenta una o la combinación de las siguientes medidas tendientes a reducir el riesgo:

5.3.1 El tanque debe estar constituido por varias celdas independientes, con el objeto de que al ocurrir una falla, sólo se pueda vaciar la celda fallada.

5.3.2 Proveer al tanque de un dren perimetral capaz de captar y conducir el agua vertida a través de una falla, hacia un dren natural u otro construído exprofeso para evitar posibles daños.

5.3.3 Proveer al tanque de un muro perimetral adicional para contener el agua vertida en caso de una falla del tanque.

5.3.4 Cuando el estudio geotécnico del apartado 4.4 lo indique, se debe proporcionar drenaje subterráneo que evite la generación de subpresión que afecte la estabilidad del tanque.

5.4 El concesionario debe elaborar y llevar a cabo el plan de inspección para el tanque, considerando el control durante la construcción y la inspección para verificar la seguridad del tanque.

5.5 Para el control durante la construcción o durante los trabajos de rehabilitación, se requiere llevar a cabo, por parte del concesionario, las siguientes acciones:

- Mantener actualizada la bitácora de los trabajos, así como la documentación de respaldo;
- Elaborar los planos con las adecuaciones realizadas al proyecto ejecutivo durante la construcción o rehabilitación del tanque, además de la documentación fotográfica según los avances de la construcción;
- Suspender los trabajos cuando las condiciones del sitio difieran de las consideradas en el proyecto ejecutivo, hasta que se implementen los cambios necesarios en el diseño y construcción;
- Mantener un cuerpo de personal técnico de supervisión y diseño, que lleven a cabo la inspección y aceptación de las diferentes etapas de trabajo, y
- Realizar la inspección durante el primer llenado del tanque para verificar la estanquidad y seguridad estructural conforme a lo estipulado en el apéndice normativo A.

5.6 La inspección de seguridad debe llevarse a cabo cuando ocurra cualquiera de las siguientes condiciones:

- Que nunca se haya inspeccionado;
- Que hayan transcurrido dos años desde la última inspección o desde el término de los trabajos de rehabilitación;
- Que se haya presentado un suceso extraordinario;
- Que haya cambiado el uso del suelo en la zona de afectación del tanque, o
- Que existan cambios en los asentamientos humanos.

3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta Norma Oficial Mexicana, se establecen las definiciones siguientes: 3.1 Asignatario: Dependencia u organismo descentralizado de la administración pública federal, estatal o municipal que explota, usa o aprovecha aguas nacionales mediante asignación otorgada por la Comisión Nacional del Agua.

3.2 Concesionario: Persona física o moral que explote, use o aproveche aguas nacionales mediante concesión otorgada por la Comisión Nacional del Agua.

3.3 Suceso Extraordinario: Cualquier condición, suceso o acción inesperada (como sismo, ciclones, inundaciones u otras), que comprometa la seguridad, estabilidad o integridad de los tanques o sus obras complementarias o su capacidad de funcionamiento seguro.

3.4 La Comisión: La Comisión Nacional del Agua, órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

3.5 La Ley: La Ley de Aguas Nacionales.

3.6 Tanque: Estructura cerrada o abierta, que se utiliza en los diferentes procesos de los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, destinada a contener agua a la presión atmosférica.

3.7 Estanquidad: Característica del tanque que no permite el paso de agua a través del cuerpo del mismo.

3.8 Proyecto tipo: Planos estructurales que contienen elementos y detalles tipificados, que no toman en cuenta las condiciones del terreno y de sismicidad específicos del tanque por construir.

4. DISPOSICIONES

4.1 Para los efectos de la presente Norma Oficial Mexicana, las disposiciones y requisitos que debe cumplir el concesionario son aplicables al asignatario.

4.2 La responsabilidad de operar, mantener y conservar los tanques es única y exclusiva del concesionario, tal y como lo establece La Ley.

4.3 Es responsabilidad del concesionario, efectuar los estudios de diseño o de campo que se requieren para elaborar el proyecto ejecutivo del tanque, con las medidas de seguridad necesarias para no afectar a terceros. No es aceptable la utilización de proyectos tipo o adecuaciones de éstos.

4.4 El concesionario es el responsable de efectuar los estudios geotécnicos requeridos para garantizar la seguridad y confiabilidad del tanque. Los estudios de campo se deben efectuar mediante exploración directa (pozos a cielo abierto y sondeos) cuyos requisitos mínimos en número, espaciamiento y profundidad, dependen de la geometría en planta y condiciones de descarga del tanque, así como del suelo de cimentación (clasificado en forma preliminar). Se debe ejecutar un programa de muestreo alterado e inalterado y de ensayos en el laboratorio, que proporcionen los parámetros que definan sus propiedades índice y sus características hidráulicas, de resistencia y deformabilidad.

Los estudios deberán contener:

- Tipo de suelo (según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos);
- Tipo de cimentación;
- Nivel de desplante;
- Capacidad de carga admisible;
- Profundidad del nivel freático;
- Sistema de subdrenaje;
- Evaluación confiable del comportamiento de la estructura ante solicitaciones estáticas, dinámicas o combinaciones de ambas en lo que se refiere a esfuerzos y deformaciones (totales y diferenciales) elásticas y diferidas;

5.6.1 Para la inspección de seguridad se requieren ejecutar las siguientes acciones:

- Verificar que el tanque sea operado conforme al procedimiento autorizado;
- Verificar que se lleve un registro de la operación del equipo mecánico y actividades de mantenimiento;
- Revisar que se cuente con las protecciones necesarias, tales como instalaciones que restrinjan el acceso al público, para proporcionar seguridad contra vandalismo al tanque y al equipo principal de operación;
- Detectar las deficiencias existentes o potenciales en la seguridad del tanque, que puedan poner en riesgo su integridad estructural y operativa, y
- Evaluar los asentamientos humanos o cambios en el uso del suelo en la zona de afectación del tanque que puedan modificar el riesgo asociado.

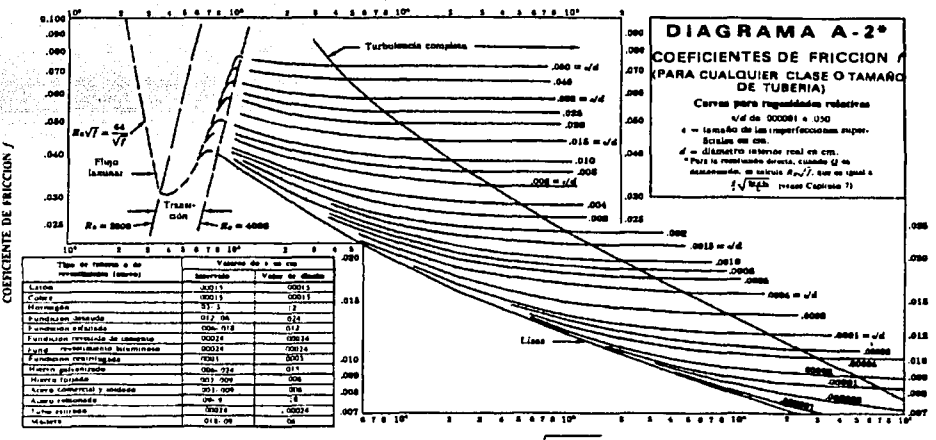
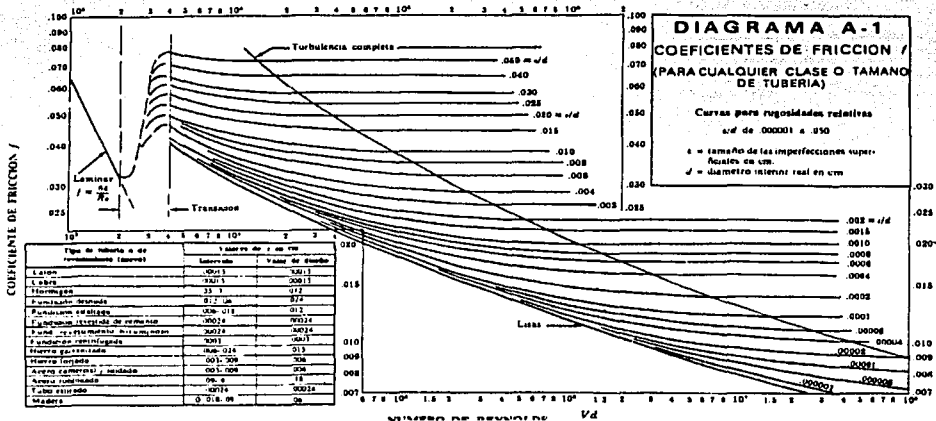
5.6.2 De acuerdo con las observaciones y revisiones del apartado 5.6.1, se debe elaborar el informe de evaluación de seguridad que contenga detecciones, conclusiones, recomendaciones y medidas correctivas propuestas.

5.6.3 Cuando la evaluación especificada en el apartado 5.6.1 pueda modificar el riesgo asociado, se debe actualizar el análisis de riesgo de falla del tanque.

5.7 Si con base en los apartados 5.1, 5.2, 5.6.1 y 5.6.2 de esta Norma es necesario incrementar la seguridad y estabilidad del tanque, el concesionario debe elaborar el proyecto ejecutivo de rehabilitación del tanque y enviarlo, conjuntamente con el análisis de riesgo, a La Comisión, en un plazo no mayor de 45 días hábiles. En el proyecto se deben considerar las medidas necesarias tendientes a evitar o mitigar posibles daños. Como mínimo se deben evaluar las medidas indicadas en los apartados 5.3.2 y 5.3.3. Para el control de los trabajos de rehabilitación se deben seguir lo indicado en el apartado 5.5.

5.8 El concesionario debe permitir a La Comisión efectuar inspecciones a los tanques para agua en cualquier momento, con objeto de evaluar su seguridad, independientemente del plan de inspección.

5.9 En los tanques construidos antes de la publicación de la presente Norma, La Comisión puede requerir al concesionario que efectúe la inspección de seguridad, la cual debe ser elaborada y remitida en el plazo que fije La Comisión.



VALORES DE $R_e \sqrt{d} = \frac{d}{\sqrt{f}} \frac{3g d h_c}{L}$

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TABLA 3.4.- Valores de K_v (Coeficiente para calcular la pérdida por válvula de pie) en función de A_1 / A .

A_1 / A	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
K_v	225.9	47.77	30.83	7.8	3.75
A_1 / A	0.6	0.7	0.8	0.9	
K_v	1.8	0.8	0.29	0.06	

TABLA 3.5.- Ángulos en codos y sus correspondientes coeficientes para el cálculo de pérdidas

Ángulo	20°	22° 30'	40°	45°	60°
m	0.031	0.039	0.139	0.183	0.366
Ángulo	80°	90°	100°	110°	120°
m	0.742	0.988	1.263	1.560	1.866
Ángulo	135°	140°	157° 30'	160°	180°
m	2.304	2.437	2.811	2.850	3.00

TABLA 3.6.- K_{eg} (Coeficiente para calcular la pérdida por ensanchamiento gradual)

Alfa	K_{eg}
	0.14
10°	0.20
15°	0.30
20°	0.40
30°	0.70
40°	0.90
50°	1.00
60°	1.10
90°	1.20

TABLA 3.7.- K_{cs} (Coeficiente para calcular la pérdida por contracción súbita)








D_1 / D_2	K_{cs}
4	0.45
3.5	0.43
3.0	0.42
2.5	0.40
2.0	0.37
1.5	0.28
1.25	0.19
1.10	0.10
1.00	0.00

TABLA 3.8 LONGITUDES A LAS CUALES EQUIVALEN LAS CONEXIONES Y VÁLVULAS DEBIDO A PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN METROS DE TUBO RECTO DEL MISMO DIÁMETRO.

TIPO DE CONEXIÓN O VÁLVULA	DIÁMETROS EN PULGADAS Y MILÍMETROS											
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6
	10 mm	13 mm	20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50	60	76	100	125	150
Codo de 90°	0.44	0.56	0.62	0.84	79.00	0.95	1.30	1.70	2.30	3.00	4.00	5.00
Codo de 45°	0.33	0.42	0.41	0.56	0.39	0.48	0.65	0.85	1.15	1.50	2.00	2.50
Válvula de compuerta	0.22	0.28	0.21	0.28	0.24	0.20	0.39	0.51	0.69	0.90	1.20	1.50
Válvula de globo	3.52	4.48	4.92	6.72	7.12	8.55	9.10	11.90	16.10	21.00	28.00	35.00
Válvula de globo angular	1.98	2.52	2.87	3.92	3.95	4.75	5.20	6.80	9.20	12.00	16.00	20.00
Válvula de retención horizontal	3.52	4.48	4.92	6.72	7.12	8.55	9.10	11.90	16.10	21.00	28.00	35.00
Válvula de retención de columpio	1.76	2.24	2.46	3.36	3.55	4.27	4.55	5.95	8.05	10.50	14.00	17.50
Válvula retención vertical	1.76	2.24	2.46	3.36	3.55	4.27	4.55	5.95	8.05	10.50	14.00	17.50
Válvula de pie (pichancho)	0.88	1.12	0.82	1.12	1.19	1.43	4.55	5.95	8.05	10.50	14.00	17.50
Llave de cuadro	1.54	1.96	1.64	2.24	2.37	2.85	1.95	2.55	3.45	4.50	6.00	7.50
Llave de flotador	0.88	1.12	0.82	1.12	1.19	1.43	3.24	4.24	5.74	7.50	10.00	12.50
Llave de banqueta o inserción	1.76	2.24	2.46	3.36	2.55	4.27	1.95	2.55	3.45	4.50	6.00	7.50
T paso directo sin cambio gasto	0.22	0.28	0.21	0.28	0.24	0.29	0.39	0.51	0.69	0.90	1.20	1.50
Y paso directo sin cambio gasto	0.66	0.28	0.21	0.28	0.24	0.29	0.39	0.51	0.69	0.90	1.20	1.50
T en contracorriente	0.66	0.84	1.23	1.68	2.37	2.85	3.90	5.10	6.90	9.00	12.00	15.00
T paso directo con cambio gasto	0.22	0.28	0.41	0.56	0.79	0.95	1.30	1.70	2.30	3.00	4.00	5.00
T ramal	0.33	0.42	0.62	0.84	0.19	1.43	1.95	2.55	3.45	4.50	6.00	7.50
Y paso con cambio gasto	0.22	0.28	0.41	0.56	0.79	0.95	1.30	1.70	2.30	3.00	4.00	5.00
Y ramal	0.22	0.28	0.41	0.56	0.79	0.95	1.30	1.70	2.30	3.00	4.00	5.00
Ampliación	0.22	0.28	0.41	0.56	0.79	0.95	1.30	1.70	2.30	3.00	4.00	5.00
Medidor	4.40	5.60	6.56	8.96	10.30	12.36	15.60	20.40	27.60	36.00	48.00	60.00
Caldera o calentador	0.55	0.70	1.03	1.40	1.98	2.39	3.24	4.24	5.75	7.50	10.00	12.50
Salida tinaco o inserción de toma	0.33	0.42	0.62	0.84	1.19	1.43	1.95	2.55	3.45	4.50	6.00	7.50
Reducción	0.11	0.14	0.21	0.28	0.40	0.48	0.65	0.85	1.15	1.50	2.00	2.50








162

TABLA 39 LONGITUDES EQUIVALENTES DE CONEXIONES EN METROS.

DIAMETRO NOMINAL		CODO DE 45°	CODO DE 90° STANDARD	CODO DE 90° RADIO GRANDE	TEE	TEE	TUERCA DE UNION	COPE
mm	Pulg.							
13	1/2	0.25	0.47	0.32	0.32	0.95	0.32	0.32
19	3/4	0.33	0.63	0.42	0.42	1.26	0.42	0.42
25	1	0.42	0.80	0.53	0.53	1.60	0.53	0.53
32	1 1/4	0.56	1.06	0.70	0.70	2.10	0.70	0.70
38	1 1/2	0.65	1.22	0.82	0.82	2.45	0.82	0.82
50	2	0.84	1.58	1.05	1.05	3.15	1.05	1.05
64	2 1/2	1.00	1.88	1.25	1.25	3.76	1.25	1.25
75	3	1.24	2.33	1.56	1.56	4.68	1.56	1.56
100	4	1.63	3.06	2.05	2.05	6.14	2.05	2.05
125	5	2.05	3.84	2.56	2.56	7.69	2.56	2.56
150	6	2.46	4.62	3.08	3.08	9.24	3.08	3.08
200	8	3.24	6.08	4.05	4.05	12.16	4.05	4.05
250	10	4.07	7.63	5.09	5.09	15.27	5.09	5.09
300	12	4.85	9.10	6.06	6.06	18.19	6.06	6.06

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

TABLA 3.10 LONGITUDES EQUIVALENTES EN VALVULAS EN METROS.

DIAMETRO NOMINAL		VALVULA COMPUERTA	VALVULA DE GLOBO		VALVULA DE "CHECK"			VALVULA DE MAC
mm.	pulg.		ASIENTO SIN GUIA	ASIENTO CON GUIA	HORIZONTAL DE CHARNELA	TIPO GLOBO SIN GUIA	TIPO GLOBO CON GUIA	
								
13	1/2	0.21	5.37	7.11	2.13	5.37	7.11	0.28
19	3/4	0.27	7.12	9.42	2.83	7.12	9.42	0.38
25	1	0.35	9.06	11.99	3.60	9.06	11.99	0.48
32	1 1/4	0.46	11.92	15.77	4.73	11.92	15.77	0.63
38	1 1/2	0.53	13.90	18.40	5.52	13.90	18.40	0.74
50	2	0.68	17.85	23.63	7.09	17.85	23.63	0.95
64	2 1/2	0.82	21.32	28.22	8.47	21.32	28.22	1.13
75	3	1.01	26.50	35.07	10.52	26.50	35.07	1.40
100	4	1.33	34.77	46.02	13.81	34.77	46.02	1.84
125	5	1.67	43.59	57.69	17.31	43.59	57.69	2.31
150	6	2.00	52.38	69.32	20.80	52.38	69.32	2.77
200	8	2.64	68.92	91.22	27.37	68.92	91.22	3.65
250	10	3.31	86.53	114.53	34.36	86.53	114.53	4.58
300	12	3.94	103.10	136.45	40.94	103.10	136.45	5.48

164

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN



CONTENIDO

5 **ABASTECIMIENTO DE AGUA**

- 5.1 OBJETIVO
- 5.2 CONSUMO DIARIO PROBABLE
- 5.3 FUENTE DE ABASTECIMIENTO
- 5.4 TOMA DOMICILIARIA Y LINEA DE LLENADO
DE LA CISTERNA
- 5.5 CISTERNAS
- 5.6 ACONDICIONAMIENTO DEL AGUA



II NORMAS DE DISEÑO
DE INGENIERIA

1 INSTALACIONES HIDRAULICAS,
SANITARIAS Y DE GASES MEDICINALES

5 ABASTECIMIENTO DE AGUA

5.1 OBJETIVO

Establecer los requerimientos de proyecto para satisfacer adecuadamente a la unidad del volumen de agua necesaria para su consumo diario.

5.2 CONSUMO DIARIO PROBABLE

El consumo diario probable se determinará tomando en cuenta las dotaciones que correspondan a cada caso.

5.2.1 Dotaciones

Las dotaciones de agua que se deben considerar para el cálculo del consumo diario probable se mencionan en la **TABLA 5.1** Dotaciones de agua.

5.3 FUENTE DE ABASTECIMIENTO

5.3.1 Zona con servicios de red municipal

Si la unidad está localizada en una zona servida por la red municipal de distribución de agua y ésta es capaz de satisfacer las necesidades de la unidad, deberá abastecerse de ella por medio de una "Toma domiciliaria".

5.3.2 Zona sin servicios de red municipal

Si la unidad está localizada en una zona que no esté servida por la red municipal de distribución de agua o que ésta no sea capaz de satisfacer las necesidades de la unidad, deberá seleccionarse la mejor fuente disponible de acuerdo con las características físico-químicas y bacteriológicas del agua, así como del costo más económico para obtenerla, pero en general deberá darse prioridad a las fuentes de abastecimiento subterráneas sobre las superficiales y a estas sobre las atmosféricas.

5.4 TOMA DOMICILIARIA Y LINEA DE LLENADO DE LA CISTERNA

5.4.1 Toma domiciliaria

El tramo entre la red municipal de distribución y el medidor, incluyendo éste, constituye la "Toma domiciliaria" y la instala el municipio. Para calcular sus pérdidas por fricción suponga que es de fierro galvanizado.

5.4.2. Línea de llenado de la cisterna

El tramo entre el medidor y la cisterna es la línea de llenado de la cisterna y la instala el IMSS.

5.4.2.1 Materiales

Tuberías

Para diámetros hasta de 50 mm podrán ser de cobre rígido tipo "M" o de fierro negro roscable cédula 40, grado "B", o de PVC rígido hidráulico, con extremos lisos para cementar, clasificación RD-13.5 para diámetros hasta de 25 mm y RD-26 para diámetros de 32 mm hasta 50 mm.

Para diámetros de 64 mm o mayores, instalar tubería de fibrocemento clase A-7 con uniones de coples con sello de anillo de hule, o tubería de acero sin costura con extremos lisos para soldar, cédula 40.

Conexiones

- En tuberías de cobre utilizar conexiones soldables de bronce fundido o de cobre forjado para uso en agua.
- En tuberías de PVC utilizar conexiones del mismo material, tipo cementar.
- En tuberías de fierro negro, utilizar conexiones reforzadas de fierro maleable, con rosca.
- En tuberías de fibrocemento utilizar piezas especiales de fundición, bridadas



II NORMAS DE DISEÑO
DE INGENIERIA

1 INSTALACIONES HIDRAULICAS,
SANITARIAS Y DE GASES MEDICINALES

5 ABASTECIMIENTO DE AGUA

- En tuberías de acero serán de acero soldable, sin costura, cédula 40.
- Las bridas serán de acero forjado para una presión de trabajo de 10,5 Kg/cm².

Materiales de unión

- Para tuberías de cobre utilizar soldadura de baja temperatura de fusión con aleación de plomo 50% y estaño 50%, utilizando para su aplicación fundente no corrosivo.
- Para tuberías y conexiones de PVC utilizar limpiador y cemento especial para este tipo de material.
- Para tuberías y conexiones de fierro negro utilizar cinta de teflón de 13 mm de ancho.
- Para tuberías y conexiones de acero soldable utilizar soldadura eléctrica empleando electrodos de calibre adecuado al espesor de las tuberías, clasificación AWS E 6010.
- Para unir bridas, conexiones bridadas o válvulas bridadas, utilizar tornillos maquinados de acero al carbono, con cabeza y tuerca hexagonal, y junta de hule rojo con espesor de 3.175 mm.

5.4.3 Diámetro de la línea de "toma" y de la llenado

Para determinar los diámetros, tanto de la línea de "toma" como de la línea de llenado de la cisterna, hay que tomar en cuenta lo siguiente:

- Gasto de la "toma", que se considerará igual al consumo diario probable dividido entre las horas de servicio de la red municipal, por lo que en cada caso habrá necesidad de verificar las horas de suministro de acuerdo con la Cédula de servicios.
- Presión mínima disponible de la red municipal en el probable punto de conexión con la línea de "toma", según la Cédula de servicios.

- Diferencia de nivel entre la red municipal y el punto de salida de la línea de llenado, en la cisterna.
- Pérdidas de carga por fricción en las tuberías, válvulas, conexiones, medidor y flotador.

5.5 CISTERNAS

Se proyectarán las cisternas que sean necesarias para almacenar el agua requerida para el consumo de la Unidad. El número de cisternas dependerá de la calidad del agua de abastecimiento y de si se van o no a reusar las aguas claras.

Si no se van a reusar las aguas claras, las cisternas que se pueden tener en función de la calidad del agua son:

- a) Cisterna de agua cruda, o
- b) Cisterna de agua cruda y cisterna de agua potabilizada.

En caso de que se vayan a tratar aguas claras para ser reusadas, además de las cisternas antes mencionadas se requerirá de una cisterna que recolecte las aguas claras por tratar y de una cisterna para almacenar estas aguas ya tratadas.

En aquellas localidades en que se disponga de agua tratada municipal y el área de jardines lo amerite, se deberá proyectar una cisterna adicional para estas aguas con el fin de usarlas para el riego de jardines.

5.5.1 Volumen útil de cisternas

5.5.1.1 Cisterna de agua cruda

Es la cisterna que almacena el agua de abastecimiento de la Unidad. Cuando esta agua no requiere de algún otro proceso de potabilización además de cloración (suavización, filtración, etc.), para su volumen útil deben considerarse todas las dotaciones que correspondan al caso.



- a) Si la fuente de abastecimiento es completamente confiable en cuanto a su capacidad de abastecimiento y horas de servicio, la capacidad útil será igual a la del consumo de un día, más un volumen para protección contra incendio igual a 5 litros por metro cuadrado de área construida, pero no inferior a 20,000 litros.
- b) Si la fuente de abastecimiento no es completamente confiable en cuanto a su capacidad de abastecimiento y horas de servicio, la capacidad útil será igual a la del consumo de dos días más un volumen para protección contra incendio igual a 5 litros por metro cuadrado de área construida pero no inferior a 20,000 litros.
- c) Si el volumen de reserva para protección contra incendio resultara mayor de 100,000 litros, consultar con el IMSS.

5.5.1.5 Cisterna de agua tratada municipal, no potable, para riego.

Esta cisterna almacena, el agua tratada municipal, su capacidad útil será igual a la dotación para riego pero no inferior a 10,000 litros.

5.5.2 Profundidad total

- a) La profundidad del piso de las cisternas de agua cruda, de agua potabilizada y de agua tratada, deberá tomar en cuenta el tirante útil más un espacio superior para alojar el flotador y que sirva de cámara de aire.

Cuando el eje de las bombas está arriba del piso de la cisterna, la profundidad máxima a la que puede estar este piso, con respecto al eje de las bombas, está dado por la expresión:

$$h_{es} \leq P_{at} - CNPS_r - P_v - h_{fs}$$

en la que:

h_{es} = Distancia vertical máxima entre el eje de la bomba y el piso de la cisterna, en metros.

P_{at} = Presión atmosférica de la localidad, expresada en metros de columna de agua.

$CNPS_r$ = Carga Neta Positiva de Succión requerida por la bomba seleccionada para el gasto máximo que va a manejar, en metros.

P_v = Presión del vapor del agua a la temperatura considerada, expresada en metros.

h_{fs} = Pérdida de carga por fricción en la tubería de succión, incluyendo válvulas y conexiones, en metros.

ESTA EXPRESION SIEMPRE SE DEBERA VERIFICAR PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS.

5.5.1.2 Cisterna de agua potabilizada

Cuando el agua de abastecimiento, además de cloración, necesita de algún otro proceso de potabilización (suavización, filtración, etc.), aparte de la cisterna de agua cruda se deberá considerar una cisterna de agua potabilizada y su capacidad útil será la del consumo de un día excluyendo el volumen necesario para riego y para protección contra incendio.

5.5.1.3 Cisternas de recolección de aguas claras por tratar

Esta cisterna es la que recolecta las aguas claras que se van a tratar para ser reusadas. Su capacidad útil será igual a la mitad del volumen diario de aguas claras que se vayan a reusar.

5.5.1.4 Cisternas de aguas claras tratadas

Es la cisterna que almacena las aguas claras que han sido ya tratadas para ser reusadas. Su capacidad útil será igual a la del volumen diario de las aguas claras que se vayan a reusar.



II NORMAS DE DISEÑO
DE INGENIERÍA

1 INSTALACIONES HIDRAULICAS,
SANITARIAS Y DE GASES MEDICINALES

5 ABASTECIMIENTO DE AGUA

- b) La profundidad del piso de la cisterna de recolección de aguas claras deberá tomar en cuenta el tirante útil a partir de la plantilla del tubo de llegada de aguas claras a la cisterna.

5.5.3 Zona de succión y recolección de sedimentos

En el lado donde se instalen las tuberías de succión se proyectará un foso para la recolección de sedimentos que sean arrastrados por el agua y para darle la sumergencia adecuada a las tuberías de succión. La profundidad de este foso, a partir del fondo de la cisterna, deberá considerar 30 cm para sedimentos más 4 diámetros de la tubería de succión de mayor diámetro. Estos 4 diámetros se contarán a partir de la parte inferior de la válvula de retención en el caso de las tuberías de succión verticales, o a partir de la parte superior de la tubería de succión cuando ésta es horizontal, como es el caso de un cabezal de succión.

Si se tienen succiones verticales directas, el ancho del foso será de 0.6 metro y el largo mínimo será el requerido para todas las tuberías de succión.

Cuando la succión de las bombas es por medio de un cabezal, se tiene solamente una tubería horizontal. En este caso el foso deberá tener una área horizontal no menor de 2.0 x 2.0 metros.

5.5.4 Celdas en las cisternas de agua cruda

Para facilitar su limpieza y no interrumpir el servicio, las cisternas de agua cruda que se mencionan a continuación deberán estar divididas en 2 celdas, cada una con la capacidad del 50% del volumen útil.

- De las Unidades Médicas con hospitalización, sin importar su capacidad útil.
- De las Unidades Médicas sin hospitalización y de las otras edificaciones del IMSS cuando su capacidad útil sea mayor de 70,000 litros.

En estos casos se deberán tomar las providencias necesarias para el llenado de ellas, para la succión de las bombas cuando solamente una celda esté en

servicio, para la interconexión entre las celdas y para el aislamiento de una de las celdas sin que se interrumpa el servicio.

5.5.5 Ventilación

Para la entrada del aire exterior y la salida del vapor y gases desprendidos del agua, deberán proyectarse tubos de ventilación con un diseño adecuado para evitar la entrada de insectos, roedores y otros animales y, en general, de basura y materias extrañas.

Se pondrá una ventilación de 100 mm de diámetro por cada 200 metros cuadrados o fracción de área superficial. En caso de haber trabes o celdas, se podrán dejar, en ellas, "pasos de aire" de 76 mm de diámetro y contiguos a la losa superior para no tener que poner una ventilación por cada casetón.

5.5.6 Accesos para inspección y limpieza

En el lugar más cercano al flotador, a las tuberías de succión y a los electrodos para el control de los niveles alto y bajo, deberán proyectarse registros de acceso y una escalera marina de aluminio adosada al muro.

La alimentación a la cisterna deberá estar en el lado opuesto a la zona de succión.

5.5.7 Localización

Para la localización de las cisternas considere lo siguiente:

- a) Deben estar lo más cerca posible de los equipos de bombeo.
- b) La cisterna de agua cruda podrá estar enterrada, semienterrada o superficial, dependiendo del tipo de suministro en la red municipal de distribución de agua.

Si la distribución municipal de agua es por bombeo, la cisterna siempre estará enterrada.

Si el suministro municipal se efectúa a partir de un



II NORMAS DE DISEÑO
DE INGENIERIA

1 INSTALACIONES HIDRAULICAS,
SANITARIAS Y DE GASES MEDICINALES

5 ABASTECIMIENTO DE AGUA

tanque de distribución con la suficiente altura que garantice que siempre se tendrá carga suficiente en el punto de "toma", la cisterna podrá estar enterrada, semienterrada o superficial. En caso de ser superficial, la decisión se tomará en coordinación con el IMSS y con el Arquitecto proyectista.

La altura máxima estará dada en función de la carga mínima en el punto de "toma" y de las recomendaciones estructurales.

- c) En el caso de cisternas enterradas, se evitará el contacto con las aguas freáticas y se tratará de mantener una separación no menor de 5 metros

de fosas sépticas o de albañales de aguas negras, y cuando esto no sea posible, se consultará con el IMSS para determinar su localización.

5.6 ACONDICIONAMIENTO DEL AGUA

Cuando sea necesario acondicionar el agua para ajustar sus características a las normas de calidad del IMSS requeridas para obtener una eficiencia adecuada en las múltiples aplicaciones resultantes de la Unidad que se trate, el IMSS indicará el especialista que determine la selección del método y del equipo adecuado para proporcionar el acondicionamiento requerido.



II NORMAS DE DISEÑO
DE INGENIERIA

1 INSTALACIONES HIDRAULICAS,
SANITARIAS Y DE GASES MEDICINALES

5 ABASTECIMIENTO DE AGUA

SERVICIO	DOTACION (litros)	OBSERVACIONES
Hospitales		
Cama de adulto	800	Por cama / día
Cama camilla	800	Por camilla / día
Cama pediátrica	400	Por cama / día
Cuna	400	Por cuna / día
Clínicas		
De hospitales	500	Por consultorio / día
Autónomas	2500	Por consultorio / día
Unidades de Hidroterapia		
Tina de Hubbard	16400	Por tina / día
Tanque de remolino (brazos)	2000	Por tanque / día
Tanque de remolino (piernas)	7600	Por tanque / día
Lavanderias		
De hospitales	(*) 200	Por cama / día
Generales	(*) 30	Por kg. de ropa
Habitaciones	150	Por habitante / día
Hotales	300	Por huésped / día
Guarderías		
Niños	50	Por Niño / día
Empleados	100	Por empleado / día
Oficinas	(*) 20	Por metro ² de área util / día
	(*) 100	Por empleado / día
Escuelas		
Alumnos	25	Por alumno / día
Empleados	100	Por empleado / día
Centros deportivos	150	Por usuario / día
Centros comerciales	6	Por metro ² / día
Riego de áreas verdes	5	Por metro ² / día
Protección contra incendio (En caso de haber rociadores en alguna zona, aumentar el volumen de acuerdo con lo indicado en el inciso 8.11.4)	5	Por metro ² de área construida pero no menor de 20000 lts.

* Considérese uno u otro

Tabla 5.1 Dotaciones mínimas de agua



CONTENIDO

6 DISTRIBUCION DE AGUA FRIA

- 6.1 OBJETIVO
- 6.2 DEFINICION
- 6.3 MATERIALES
- 6.4 CALCULO DE GASTOS
- 6.5 VELOCIDADES DE FLUJO
- 6.6 PERDIDAS DE CARGA POR FRICCION
- 6.7 SELECCION DE DIAMETROS
- 6.8 DETERMINACION DE LA CARGA TOTAL DE BOMBEO
- 6.9 PRESION MAXIMA
- 6.10 SELECCION DEL EQUIPO DE BOMBEO
- 6.11 CALCULO DE LOS GASTOS EN UNA RED DE
DISTRIBUCION DE AGUA A MUEBLES SANITARIOS
- 6.12 DIAMETROS Y CARGAS DE TRABAJO MINIMAS
- 6.13 CONSIDERACIONES GENERALES PARA PERDIDAS
POR FRICCION



II NORMAS DE DISEÑO
DE INGENIERIA

1 INSTALACIONES HIDRAULICAS,
SANITARIAS Y DE GASES MEDICINALES

6 DISTRIBUCION DE AGUA FRIA

6.1 OBJETIVO

Establecer las normas para que los proyectos de suministro y distribución de agua fría se desarrollen en forma racional y con criterio uniforme.

Cuando el IMSS determine que se reusará agua tratada para alimentar inodoros, mingitorios y lavacómodos, se seguirán las mismas indicaciones que para el agua fría.

6.2 DEFINICION

Un sistema de distribución de agua fría comprende el equipo de bombeo con tanque de presión y compresora, o equipo de bombeo con tanque elevado, y la red de tuberías de distribución necesarias para alimentar, con el gasto y presión requeridos, a todos los muebles y equipos sanitarios de la unidad que requieran este servicio.

6.3 MATERIALES

6.3.1 Tuberías

- Las de 64 mm de diámetro o menores serán de cobre rígido tipo "M".
- Las de 75 mm de diámetro o mayores serán de acero sin costura, con extremos lisos para soldar, cédula 40.

6.3.2 Conexiones

- En las tuberías de cobre serán de bronce fundido para soldar o de cobre forjado para uso en agua.
- En las tuberías de acero serán de acero soldable, sin costura cédula 40.
- Las bridas serán de acero forjado para una presión de trabajos de 10.5 Kg/cm².

6.3.3 Materiales de unión

- Para tuberías y conexiones de cobre se usará soldadura de baja temperatura de fusión, con aleación de plomo 50% y estaño 50%, utilizando para su aplicación fundente no corrosivo.
- Para tuberías y conexiones de acero soldable utilizar soldadura eléctrica empleando electrodos de calibre adecuado al espesor de las tuberías, clasificación: AWS E 6 010.
- Para unir bridas, conexiones bridadas o válvulas bridadas, utilizar tornillos maquinados de acero al carbono, con cabeza y tuerca hexagonal, y junta de hule rojo con espesor de 3.175 mm.

6.3.4 Válvulas

- Todas las válvulas serán clase 8.8 Kg/cm².
- En las líneas de succión de bombas las válvulas de compuerta y las válvulas de retención serán roscadas hasta 38 mm de diámetro y bridadas de 50 mm o mayores.
- En todo el resto de la instalación las válvulas de compuerta y de retención serán roscadas hasta 50 mm de diámetro y bridadas de 64 mm o mayores.
- Las válvulas de compuerta serán de vástago fijo.

6.3.5 Aislamiento térmico

En las localidades de clima extremoso se aislarán térmicamente las tuberías localizadas a la intemperie, para lo cual se usarán tubos preformados en dos medias cañas, de fibra de vidrio, con espesor de 25 mm para todos los diámetros.

El acabado deberá hacerse con una capa de manta y dos flejes de aluminio por cada tramo de 91 cm y se recubrirán con una capa protectora de lámina de aluminio lisa de 0.718 mm de espesor, traslapada 5



II NORMAS DE DISEÑO DE INGENIERIA

1 INSTALACIONES HIDRAULICAS, SANITARIAS Y DE GASES MEDICINALES

6 DISTRIBUCION DE AGUA FRIA

centímetros, tanto longitudinalmente como transversalmente, sujeta con remaches "pop" de 2.4 mm de diámetro, a cada 30 centímetros.

6.3.6 Juntas flexibles

Para absorber movimientos diferenciales entre juntas de construcción en zonas sísmicas y en terrenos de baja capacidad de carga, se instalarán juntas flexibles, las que serán "omegas" para tubos hasta de 19 mm de diámetro y mangueras metálicas con interiores y entramado exterior de acero inoxidable para tubos de 25 mm de diámetro o mayores.

6.3.7 Soportes

Todas las tuberías que no estén enterradas deberán estar sostenidas con soportes aprobadas por el IMSS.

6.3.8 Pinturta

Todas las tuberías se pintarán según el Código de Colores del IMSS.

6.4 CALCULO DE GASTOS

El gasto de cada uno de los tramos del sistema se calculará por medio del Método de las Unidades-Mueble, utilizando los valores y las tablas de gastos en función de las Unidades-Mueble. Tablas 6.2, 6.3 y 6.4

6.5 VELOCIDADES DE FLUJO

6.5.1 Línea principal

Con objeto de no tener excesivas pérdidas de carga por fricción en la línea principal que se considere para la determinación de la carga total de bombeo, se recomienda que las velocidades de flujo estén lo más cercanas posibles a las que producen una pérdida de carga del 8 al 10%. La velocidad máxima será de 2.5 m/s para diámetro de 64 mm o mayores.

6.5.2 Líneas secundales y ramales

Siempre que sea posible se recomienda que las velocidades de flujo estén lo más próximo a las mencionadas a continuación:

DIAMETRO NOMINAL mm	VELOCIDAD RECOMENDADA m/s
13	0.9
19	1.3
25	1.6
32	2.15
38 ó mayor	2.5

6.5.3 Velocidades Mínima y Máxima.

En cualquier caso, la velocidad mínima será de 0.7 metros por segundo y la máxima de 2.5 metros por segundo.

6.6 PERDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN

La pérdida de carga total por fricción en una línea de tuberías es la suma de las pérdidas en las tuberías más las pérdidas en conexiones, válvulas y accesorios.

6.6.1 En Tuberías.

Determine las pérdidas de carga por fricción utilizando las Tablas de la 6.6.1 a la 6.6.14. Para valores que no estén en las Tablas usar los nomogramas de las FIG. 6.1 a la Fig. 6.4.

Estas Tablas y nomogramas están basados en la fórmula de DARCY-WEISBACH, indicada en el inciso 6.13.1.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



6.6.2 En Conexiones y Válvulas

Use el método de las longitudes equivalentes utilizando los valores de la Tablas 6.7.1 a 6.9.11. Para valores que no estén en la Tablas utilice la fórmula:

$$h = K \frac{v^2}{2g}$$

en la que:

h = pérdida de carga por fricción, en metros de columna de agua.

K = factor sin dimensiones y que depende del tipo y diámetro de la conexión o válvula (Ver TABLAS de la 6.5.1 a la 6.5.4).

V = velocidad promedio de flujo, en metros por segundo.

g = aceleración de la gravedad.

6.7 SELECCION DE DIAMETROS

6.7.1 Sistemas por Gravedad.

En estos sistemas lo importante es determinar el mueble que origine la mínima pendiente de pérdida de carga permisible, la cual se obtiene dividiendo la carga disponible para perder por fricción entre la longitud total equivalente de la tubería hasta el punto de alimentación considerado.

Con esta pendiente y tomando en cuenta las velocidades recomendadas, seleccione los diámetros de esta línea, que será la línea principal, de tal forma que la suma de las pérdidas de carga por fricción sea igual o menor que la carga disponible para perder por este concepto.

Es de hacerse notar que en donde se tienen suministros de agua fría y de agua caliente, esta línea principal generalmente consiste de tramos de ambos sistemas y que hay que seleccionar primero los diámetros de la red de agua caliente, por ser los más desfavorables, para

después calcular los diámetros de la red de agua fría tratando de que las presiones disponibles en los muebles con estos servicios sean sensiblemente iguales, especialmente en el caso de regaderas.

6.7.2 Sistemas por Bombeo.

En estos sistemas la selección de los diámetros se hará exclusivamente en base a la velocidad, pero tomando en cuenta los valores recomendados para no tener pérdidas por fricción excesivas.

6.8 DETERMINACION DE LA CARGA TOTAL DE BOMBEO

Para determinar la carga total de bombeo tome en consideración las cargas siguientes:

6.8.1 Carga Estática (h_e)

Es la distancia vertical, expresada en metros, entre el origen de la succión y el punto de alimentación más desfavorable por su altura.

Esta carga está formada por la suma algebraica de la carga estática de descarga (h_{ed}) más la carga, o altura, estática de succión (h_{es}), o sea:

$$h_e = h_{ed} + h_{es}$$

6.8.1.1 Carga Estática de Descarga (h_{ed})

Es la distancia vertical entre el eje de la bomba y el punto de alimentación considerado, expresada en metros.

6.8.1.2 Carga y Altura Estática de Succión (h_{es})

Para propósitos prácticos, a la distancia vertical, expresada en metros, entre el fondo de la cisterna y el eje de la bomba, se le denomina "Carga estática de succión" si el fondo está arriba del eje de la bomba, y "Altura estática de succión" si el fondo está abajo del eje de la bomba.



II NORMAS DE DISEÑO DE INGENIERÍA

1 INSTALACIONES HIDRAULICAS, SANITARIAS Y DE GASES MEDICINALES

6 DISTRIBUCION DE AGUA FRIA

Si el fondo de la cisterna está abajo del eje de la bomba, siempre verifique que se cumpla con la expresión siguiente:

$$h_{es} = P_{at} - CNPS_R - P_v - h_{fs}$$

en la que:

h_e = Distancia vertical entre el eje de la bomba y el fondo de la cisterna, en metros.

P_{at} = Presión atmosférica de la localidad, expresada en metros de columna de agua.

$CNPS_R$ = Carga Neta Positiva de Succión requerida por la bomba seleccionada para el gasto máximo por bombear, en metros.

P_v = Presión del vapor de saturación del agua a la temperatura considerada, en metros de columna de agua.

A continuación se indican valores de " P_v " expresados en metros de c. de a. de acuerdo con la temperatura del agua:

Temperatura del agua °C	P_v metros
10	0.125
15	0.174
20	0.238

h_{fs} = Pérdida de carga por fricción en la tubería de succión, en metros.

6.8.2 Carga Total de Fricción (h_f)

La carga total de fricción es la suma de las pérdidas por fricción en la línea de succión (h_{fs}) más las pérdidas por fricción en la línea de descarga desde la bomba hasta

el punto de alimentación considerado como el más desfavorable (h_{fd}), o sea:

$$h_f = h_{fs} + h_{fd}$$

6.8.3 Carga de Trabajo (h_t)

La carga de trabajo del mueble o equipo considerado es la carga requerida para su correcta operación, expresada en metros de columna de agua.

Las cargas mínimas de trabajo para los diferentes muebles y equipos están anotados en la **TABLA 6.1.**

6.8.4 Carga Total de Bombeo (H)

La carga total de bombeo será la correspondiente al mueble o equipo que proporcione el valor máximo a la suma algebraica de las cargas antes mencionadas, es decir, que sea máxima la suma

$$H = h_{es} + h_{fs} + h_{ed} + h_{fd} + h_t$$

Para unas condiciones dadas, la suma de ($h_{es} + h_{fs}$) es constante, pero no siempre es fácil determinar cuál es el mueble que proporcione el valor máximo de ($h_{ed} + h_{fd} + h_t$). En estos casos se deben analizar dos o tres muebles que se consideren como los más desfavorables antes de establecer la carga total de bombeo definitiva.

6.9 PRESION MAXIMA

La presión máxima en cualquier punto de la red de distribución, incluyendo la diferencial de presión considerada, no deberá ser mayor de 5.0 Kg/cm².

Si con una sola red de distribución se tiene una presión mayor, el proyectista propondrá al IMSS, para su aprobación, sistemas de baja y alta presión.

6.10 SELECCION DEL EQUIPO DE BOMBEO

En todos los casos, al seleccionar las bombas se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

176



II NORMAS DE DISEÑO DE INGENIERÍA

1 INSTALACIONES HIDRAULICAS, SANITARIAS Y DE GASES MEDICINALES

6 DISTRIBUCION DE AGUA FRIA

- Que la diferencial de presión sea de 0.7 a 1.4 Kg/cm² (7 a 14 metros de c. de a.)
- Que se tenga una Carga Neta Positiva de Succión (CNPS) igual o mayor que la requerida por las bombas, para lo cual se debe cumplir con la expresión:

$$CNPS_R = P_{at} - P_v - h_{es} - h_{fs}$$

en la que:

$CNPS_R$ = Carga Neta Positiva de Succión requerida por la bomba para el gasto considerado, en metros.

P_{at} = Presión atmosférica de la localidad transformada a metros.

P_v = Presión de saturación del vapor a la temperatura del agua, transformada a metros.

h_{es} = Distancia vertical entre el eje de la bomba y el fondo de la cisterna, en metros.

h_{fs} = Pérdida de carga por fricción en la línea de succión, en metros.

- Que las bombas operen lo más cercano posible a la zona de máxima eficiencia de la curva.

6.10.1 Bombeo con Tanque Hidroneumático.

Si el gasto máximo probable es de 13 litros por segundo o menor, el equipo constará de 2 o 3 bombas, un tanque hidroneumático, una compresora y su equipo de control.

6.10.1.1 Bombas

El número de bombas será de acuerdo con lo siguiente:

- Si el gasto máximo es de 8 litros por segundo o menos, se tendrán 2 bombas, cada una con capacidad para proporcionar del 80 al 100% del

gasto máximo, dependiendo de la curva de la bomba. Estas bombas operarían, normalmente, en forma alternada y, en casos excepcionales, en forma simultánea.

- Si el gasto está entre 8 y 13 litros por segundo, se tendrán 3 bombas, cada una con capacidad para proporcionar el 50% del gasto máximo probable. Una bomba estaría de reserva.

En este caso la secuencia de operación de las bombas será la siguiente:

PASO	% DEL GASTO TOTAL	BOMBAS OPERANDO
1	VARIABLE	TANQUE
2	50	1 BOMBA
3	100	2 BOMBAS

6.10.1.2 Tanque Hidroneumático

El volumen del tanque se calculará de acuerdo con la fórmula:

$$V_1 = \frac{900 Q_B}{\varphi (1-W)} \frac{P_a}{\Delta P}$$

En la que:

V_1 = Volumen del tanque, en litros.

Q_B = Gasto máximo de una bomba, en litros por segundo.

P_a = Presión alta, o presión máxima, dentro del tanque, en Kg/cm² absolutos.

φ = Arranques por hora del motor de la bomba considerada. Use los valores siguientes de acuerdo con los caballos de potencia (C.P.) del motor de la bomba.



II NORMAS DE DISEÑO
DE INGENIERIA

1 INSTALACIONES HIDRAULICAS,
SANITARIAS Y DE GASES MEDICINALES

6 DISTRIBUCION DE AGUA FRIA

C.P. del motor	ψ
1/3- 2	15
3 - 5	12
7.5	11
10.0	10
15.0	9
20.0	8

$W =$ Volumen de agua en el tanque a la presión baja o de arranque de la bomba, EN FRACCION DECIMAL DEL VOLUMEN DEL TANQUE.

$W =$ $\frac{\text{Volumen de agua a la presión baja}}{\text{Volumen del tanque}}$

Este volumen de agua debe producir un sello de agua, sobre el tubo de salida, igual a 4 diámetros en tanques verticales, o igual a 3 diámetros en tanques horizontales.

$\Delta P =$ Diferencial de presión dentro del tanque, en Kg/cm². Debe ser de 1.0 a 1.4 Kg/cm² para no tener excesivas variaciones de presión en las tuberías.

A continuación se indican los pasos a seguir para determinar el tanque:

1. Suponga inicialmente $W = 0.2$ que es el mínimo.
2. Determine el volumen probable del tanque.
3. Con este volumen escoja el tanque probable.
4. Con las medidas del tanque verifique si el valor supuesto de W proporciona el sello de agua necesario.

De no ser así, modifique el valor de W y repita los pasos anteriores hasta lograr que el volumen y medidas del tanque satisfagan las condiciones de sello de agua con

el volumen de agua a la presión baja o de arranque de la bomba.

Para tanques verticales, si se considera que el tubo está 5 cm. arriba de donde empieza la parte cilíndrica y que ϕ es el diámetro del tubo de salida, el tirante mínimo a la presión baja o de arranque de la bomba es:

$$t = 5 \phi + 5 \text{ (en centímetros)}$$

Para tanques horizontales, el tirante mínimo es:

$$t = 3 \phi$$

En la Tablas 6.10 se muestran valores de W (fracción decimal del volumen del tanque V_t) para diferentes relaciones de V/D en tanques cilíndricos horizontales.

En el caso de tanques verticales el valor de W es igual a la relación t/H .

6.10.1.3 Compresoras de Aire

Su gasto se calculará por medio de la expresión:

$$Q_c = \frac{V_t}{2000} \left[\frac{P_b}{P_{at}} (1-W) - 1 \right]$$

En la que:

$Q_c =$ Gasto de aire libre de la compresora, a la altitud sobre el nivel del mar del lugar, en m³/hora.

$V_t =$ Volumen del tanque, en litros.

$P_b =$ Presión baja o de arranque de la bomba, dentro del tanque, en Kg/cm² **absolutos**.

$P_{at} =$ Presión atmosférica del lugar, en Kg/cm².

$W =$ Volumen de agua en el tanque a la presión baja o de arranque de la bomba, EN FRACCION DECIMAL DEL VOLUMEN DEL TANQUE.



II **NORMAS DE DISEÑO DE INGENIERIA**

1 **INSTALACIONES HIDRAULICAS, SANITARIAS Y DE GASES MEDICINALES**

6 **DISTRIBUCION DE AGUA FRIA**

Este gasto está basado en que primero se introduce agua al tanque hasta tener el tirante requerido (t), y con este nivel de agua se introduce aire comprimido hasta alcanzar la presión baja o de arranque de la bomba (P_D) en 2 horas.

En este caso la secuencia de operación de las bombas sería la siguiente:

6.10.2 Bombeo Programado

Cuando el gasto máximo probable sea mayor de 13 litros por segundo, se seleccionará un equipo de bombeo compuesto por las bombas requeridas dependiendo del gasto, un tanque de presión, una compresora y su equipo de control.

PASO	% DEL GASTO TOTAL	BOMBAS OPERANDO
1	VARIABLE	Tanque
2	15	Piloto
3	30	Una principal
4	60	Dos principales
5	90	Tres principales
6	120	Cuatro principales

6.10.2.1 Bombas

Las bombas piloto y las principales deben tener la misma diferencial de presión y el número de bombas será con base en las indicaciones siguientes:

Las bombas piloto se estarían alternando

- Si el gasto máximo probable está entre 13 y 20 litros por segundo, el equipo de bombeo consistirá de 4 bombas: una bomba piloto con capacidad del 20% del gasto total y 3 bombas principales con capacidad, cada una, del 40% del gasto total.

6.10.2.2 Tanque de Presión.

El volumen del tanque se calculará con el gasto de la bomba piloto como se indica en el inciso 6.10.1.2.

6.10.2.3 Compresora de Aire.

Se calculará su capacidad como se indica en el inciso 6.10.1.3.

En este caso, la secuencia de operación de las bombas sería la siguiente:

6.11 CALCULO DE LOS GASTOS EN UNA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA A MUEBLES SANITARIOS.

PASO	% DEL GASTO TOTAL	BOMBAS OPERANDO
1	VARIABLE	Tanque
2	20	Piloto
3	40	Una principal
4	80	Dos principales
5	120	Tres principales

Los gastos de los diferentes tramos de una red de distribución de agua fría o de agua caliente para muebles sanitarios se calculará con base en el método de Unidades-Mueble.

6.11.1 Nuevos Valores de Unidades-Mueble para Muebles Sanitarios.

- Si el gasto es mayor de 20 litros por segundo, el equipo de bombeo consistirá de 6 bombas: 2 bombas piloto con capacidad, cada una, del 15% del gasto total, y 4 bombas principales con capacidad, cada una, del 30% del gasto total.

Debido a que en la actualidad el consumo máximo por descarga debe ser de 6 litros para inodoros y de 4 litros para mingitorios, así como que todos los demás muebles sanitarios deben tener dispositivos para que no proporcionen más de 10 litros por minuto, el IMSS modificó los valores en Unidades-Mueble que se usaban para el cálculo de gastos.



Estos nuevos valores de Unidades-Mueble para los muebles sanitarios constituyen un cambio radical con respecto a los valores tradicionalmente usados y tienen como resultado disminución de gastos y, por consecuencia, de diámetros.

En las Tablas 6.2 y 6.3 se indican los nuevos valores en Unidades-Mueble de los muebles y equipos sanitarios.

6.11.2 Cálculo de las Unidades-Mueble de los diferentes Tramos.

Para el cálculo de las Unidades-Mueble correspondiente a cada uno de los diferentes tramos de una red de distribución sume las Unidades-Mueble de los muebles y equipos a los que da servicio el tramo, con la única salvedad de que al ir acumulando las Unidades-Mueble, el último inodoro del último tramo de cualquier línea vale 10 U-M, independientemente de su valor dado por las tablas, y a partir del segundo tramo ya todos los muebles involucrados tendrán el valor dado por las Tablas.

6.11.3 Determinaciones de Gastos.

Los gastos de los diferentes tramos de las redes de distribución de agua fría o de agua caliente a muebles sanitarios se determinarán con base a la Tabla 6.4 GASTOS EN FUNCION DE UNIDADES-MUEBLE.

Cuando el tramo al que se le va a determinar su gasto alimente exclusivamente a muebles sin fluxómetro, se usará la columna "sin fluxómetro", pero en caso de que el tramo alimente a muebles con fluxómetro o a muebles con y sin fluxómetro, su gasto se determinará usando la columna "con fluxómetro".

6.12 DIAMETROS Y CARGAS DE TRABAJO MINIMAS

Los diámetros mínimos con los que se deben alimentar los muebles sanitarios, así como las cargas de trabajo mínimas que se deben considerar para su buena operación se indican en la Tabla 6.1.

6.13 CONSIDERACIONES GENERALES PARA PERDIDAS POR FRICCION

6.13.1 Pérdidas de Carga por Fricción en Tuberías.

Los nomogramas y tablas de pérdidas de carga por fricción en tuberías que conducen agua a presión fueron calculadas usando la fórmula de Darcy-Weisbach, que es:

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

en la que:

h_f = Pérdida de carga de fricción, en metros de columna del fluido.

f = Factor de fricción, sin dimensiones, que dependen de la rugosidad de la pared interior del tubo, del diámetro interior del tubo, de la velocidad promedio de flujo y de la viscosidad del fluido.

L = Longitud del tubo, en metros.

V = Velocidad promedio de flujo, en metros segundo.

g = Aceleración de la gravedad, considerada constante e igual a 9.80665 metros/segundo/segundo (m/seg^2).

Para la determinación del factor de fricción "f" en la zona de flujo laminar ($R_n \leq 2000$) se usó la fórmula de Poiseuille, que es:

$$f = \frac{64}{R_n}$$

y para la zona de flujo turbulento ($R_n > 4000$) se usó la fórmula de P.K. Swamee y A.K. Jain, que fue desarrollada en 1976 y actualmente se considera que es la fórmula explícita que proporciona los valores más aproximados a los de la fórmula de Colebrook-White.



La expresión matemática de la fórmula de Swamee-Jain es:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{R_n^{0.9}} \right) \right]^2}$$

en donde:

f = Factor de fricción, sin dimensiones.

ϵ = Rugosidad absoluta de la pared interior del tubo, en metros.

D = Diámetro real interior del tubo, en metros.

R_n = Número de Reynolds e igual a VD/ν .

V = Velocidad promedio de flujo, en metros/segundo.

ν = Viscosidad cinemática, en metros cuadrados por segundo.

6.13.1.1 Cálculo de Nomogramas y Tablas

Para el cálculo de nomogramas y tablas se hicieron las siguientes consideraciones:

- Se consideró una temperatura del agua de 10 °C y una viscosidad cinemática de $\nu = 1.308 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{seg}$.
- La longitud "L" se tomó igual a 100 metros con objeto de tener las pérdidas de carga en metros de columna de agua por 100 metros de tubo.
- Las rugosidades absolutas que generalmente se consideran para tubos nuevos de cobre y de acero

o fierro negro son:

Cobre = 0.00001524 m.

Acero o fierro negro: = 0.0004572 m.

Como en todos los tubos aumenta la rugosidad con el transcurso del tiempo y el valor de este aumento no se puede predecir, para tomar en cuenta este efecto de añejamiento se aumentaron, "a priori", las rugosidades absolutas para el cálculo de las tablas. Las rugosidades usadas fueron:

Para el tubo de cobre: $\epsilon = 0.00003048 \text{ m}$, o sea 20 veces mayor que la del tubo nuevo.

Para el tubo de acero o de fierro negro la rugosidad de cálculo fue: $\epsilon = 0.0002286 \text{ metros}$, o sea 5 veces mayor que la del tubo nuevo.

Para propósitos prácticos se puede considerar que el peso volumétrico del agua a 10 °C es de 1.0 Kg/dm³.

6.13.2 Pérdidas de Carga por Fricción en Conexiones y Válvulas.

Existen dos métodos para calcular estas pérdidas: el de la carga de velocidad y el de la longitud equivalente.

6.13.2.1 En Función de la Carga de Velocidad.

Esta forma de cálculo es la más precisa y está dada por la expresión:

$$h = K \frac{v^2}{2g}$$

en la que:

h = Pérdida de carga en la conexión o válvula, en metros de columna de agua.

V = Velocidad media de flujo, en metros/segundo, en una tubería de diámetro igual al de la válvula o conexión.

g = Aceleración de la gravedad y que para



II NORMAS DE DISEÑO
DE INGENIERIA

1 INSTALACIONES HIDRAULICAS,
SANITARIAS Y DE GASES MEDICINALES

6 DISTRIBUCION DE AGUA FRIA

propósitos prácticos se considera constante e igual a 9.80665 metros/seg².

K = Coeficiente de fricción de la conexión o válvula, sin dimensiones, y que depende de su tipo y de su diámetro.

Para la determinación de los valores de "K" se siguieron los criterios de la casa CRANE en su libro "Flow of Fluids Through Valves, Fitting and Pipe" en los que el

valor de "K" es igual al factor de fricción "F" en la zona de turbulencia (f_t) multiplicando por un cierto número, que llamaremos " N_c ", de acuerdo con el tipo de conexión o válvula. En nuestro caso, en lugar de usar el factor de fricción en la zona de turbulencia (f_t), se usó el correspondiente a una velocidad de 2.0 metros por segundo (f_2), ya sea en cobre, fierro galvanizado o acero, ya que esta velocidad está más de acuerdo con las velocidades que se tienen en las instalaciones del Instituto. De acuerdo con esto, $K = (f_2) (N_c)$.



VALORES DE "F₂" PARA V = 2.0 METROS/SEGUNDO

DIAMETROS (mm)	CONEXIONES SOLDABLES DE COBRE	CONEXIONES Y VALVULAS ROSCADAS	CONEXIONES SOLDABLES DE ACERO Y VALVULAS BRIDADAS
13	0.029	0.050	0.045
19	0.027	0.045	0.041
25	0.025	0.041	0.038
32	0.024	0.037	0.034
38	0.023	0.036	0.033
50	0.021	0.033	0.030
64	0.020	0.031	0.029
75	0.019	0.029	0.027
100	0.018	0.027	0.025
150			0.024
200			0.023
250			0.021
300			0.020



II NORMAS DE DISEÑO
DE INGENIERIA

1 INSTALACIONES HIDRAULICAS,
SANITARIAS Y DE GASES MEDICINALES

6 DISTRIBUCION DE AGUA FRIA

VALORES DE "N_c" PARA CONEXIONES Y VALVULAS

CONEXION	ROSCADA o SOLDABLE DE COBRE	SOLDABLE DE ACERO	VALVULA	ROSCADA	BRIDADA
CODO DE 45°	16	16	COMPUERTA	8	8
CODO DE 90°	30	20	GLOBO	340	340
TE (salida recta)	20	20	RETENCION	100	50
TE (salida a 90°)	60	60	DE PIE CON PICHANCHA	420	

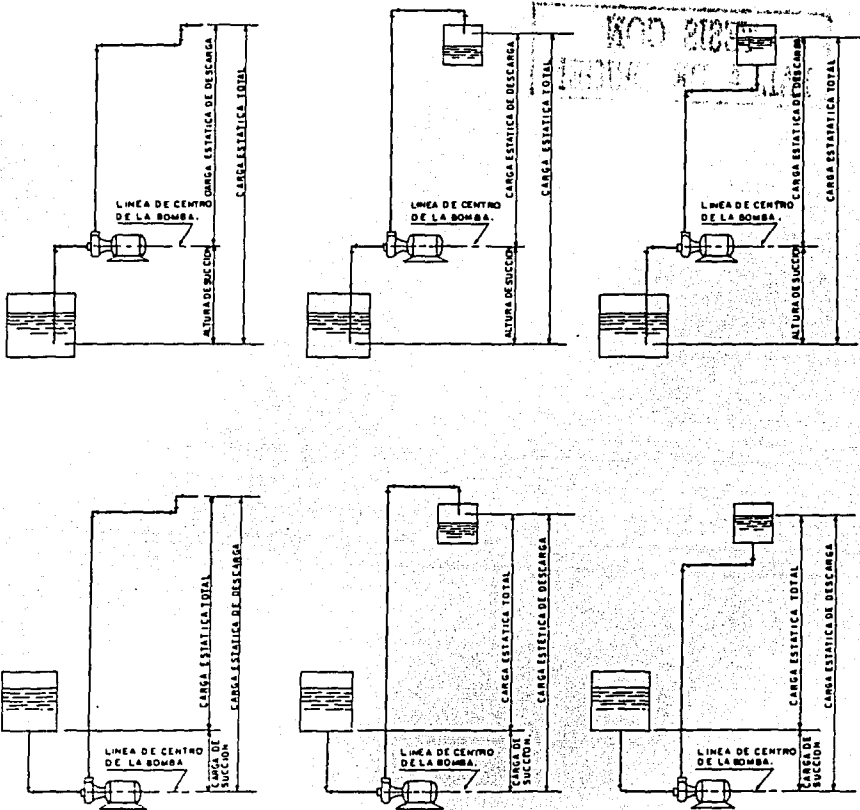


Figura 6.5. Cargas usadas en bombeo.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

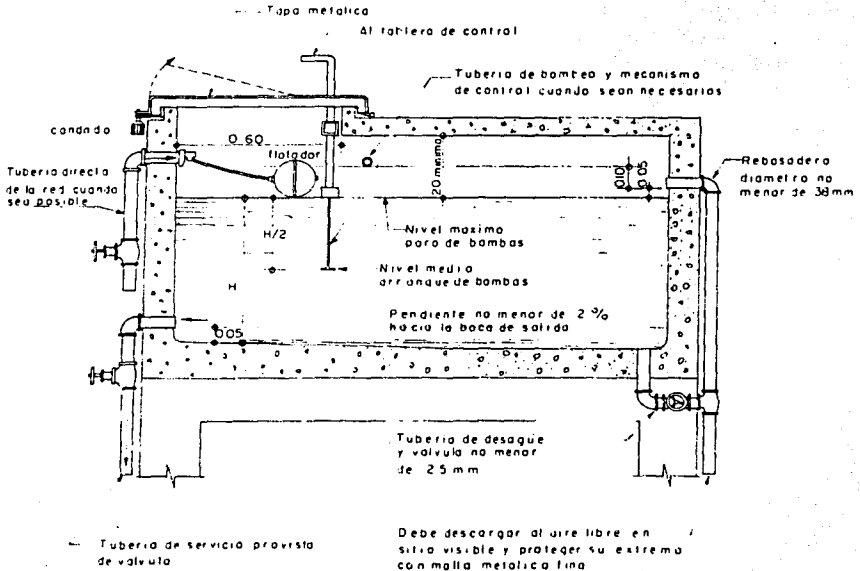


Figura 6.6 Croquis de un tanque elevado.

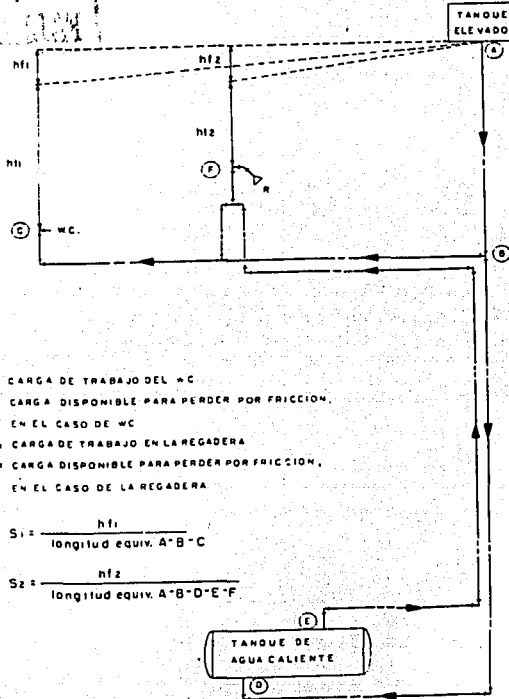


Figura 6.7 Determinación de la pendiente hidráulica "S" a partir de un tanque elevado.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

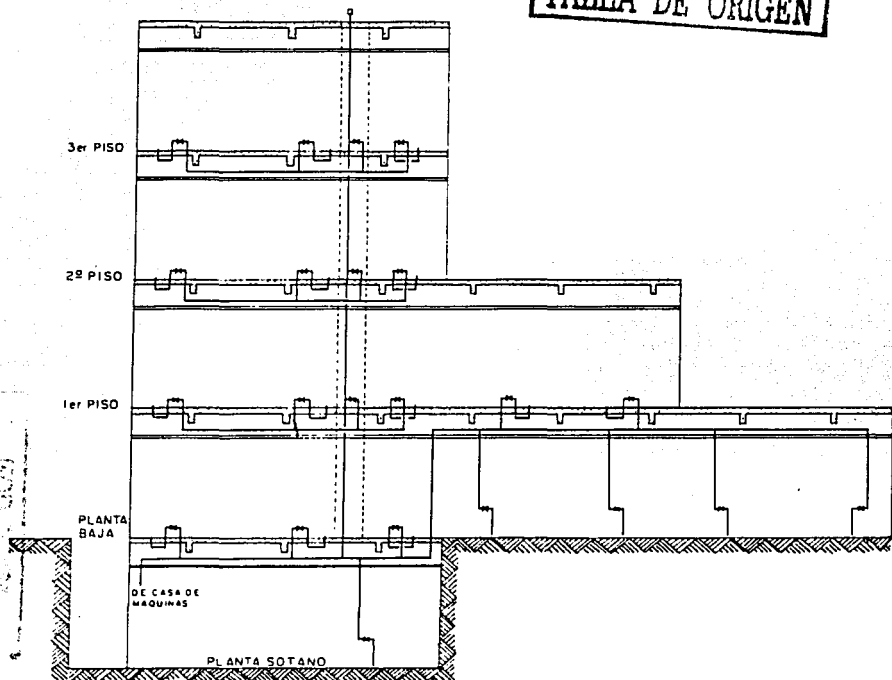
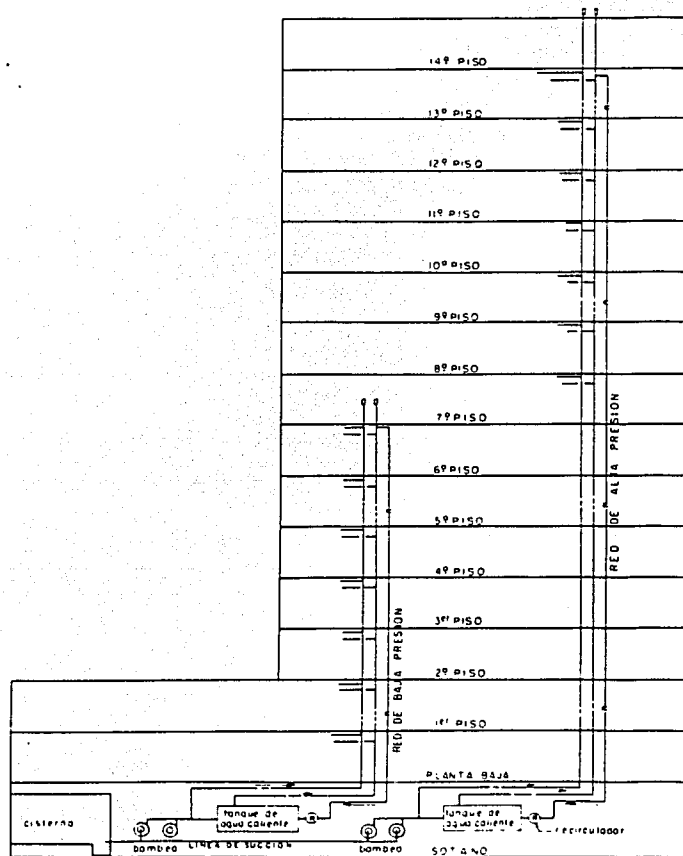


Figura 6.8. Croquis de una red de distribución de agua fría.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 6.9 Croquis de un sistema de distribución de agua en baja y alta presión.



A continuación se indican los valores de (f_p) y de (N_c) que se usaron para determinar valores de "K", y en las **TABLAS 6.5.1 a 6.5.4** se muestran coeficientes de fricción "K" para diferentes tipos de conexiones y válvulas comúnmente usadas.

6.13.2.2 En Función de la Longitud Equivalente.

En este método se considera que la conexión o válvula produce una pérdida de carga igual a la que se tuviera en una determinada longitud de tubo del mismo diámetro, por lo que equivale a sustituir esas conexiones o válvulas por longitudes adicionales de tubo. En este caso, la longitud total equivalente que se debe usar para el cálculo es:

$$L = L_m + L_e$$

en la que:

L = Longitud total equivalente, en metros.

L_m = Longitud real del tramo en consideración, en metros.

L_e = Longitud equivalente de las conexiones y válvulas, en metros.

Para facilidad de cálculo, en las **Tablas 6.5.1 al 6.9.11** se muestran las longitudes equivalentes de las conexiones y válvulas más usuales y tomando en

consideración el rango de gastos generalmente usados en el Instituto.

Para el cálculo de las tablas se consideró que la pérdida de carga por fricción en una conexión o válvula es igual a la producida en una tubería de longitud " L_e " en condiciones iguales de gasto y diámetro, o sea:

$$h = K \frac{v^2}{2g} = h_f \times L_e$$

en la que:

h = Pérdida de carga por fricción, en metros de columna de agua.

h_f = Pérdida de carga por fricción en la tubería, en metros de columna de agua por metro de tubo.

L_e = Longitud equivalente de la conexión o válvula, en metros.

Despejando a " L_e " de la expresión anterior, nos queda:

$$L_e = \frac{K \frac{v^2}{2g}}{h_f}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



II NORMAS DE DISEÑO
DE INGENIERIA

1 INSTALACIONES HIDRAULICAS,
SANITARIAS Y DE GASES MEDICINALES

6 DISTRIBUCION DE AGUA FRIA

MUEBLE O EQUIPO	DIAMETRO (c.m.)	CARGA DE TRABAJO (m.c.a.)
AREAS GENERALES		
Artesa	13	3
Destilador de agua	13	5
Inodora (fluxómetro)	32	10
Inodora (tanque)	13	3
Lavabo	13	3
Lavabo de cirujanos	13	5
Lavadera	13	3
Lavacómadas	32	10
Lavadora de guantes	13	3
Mesa de autopsias	13	5
Mingitoria (fluxómetro)	25	10
Mingitoria (llave de resorte)	13	5
Regadera	13	10
Revelador automático	13	21-32 (*)
Revelador manual	13	3
Salida para riego con manguera	19	17
Unidad dental	13	5
Vertedero de aseo	13	3
Vertedero en mesa de trabajo	13	3
COCINAS		
Cafetera	13	3
Cocedor de verduras	13	5
Fabricador de hielo	13	3
Fragadero (por mezcladora)	13	3
Fuente de agua	13	3
Lavadora de loza	13	14
Mesa fría o mesa caliente	13	5
Mezcladora en zona de mermitas	13	5
Sobre calentador	19	14
Triturador de desperdicios	19	5
HIDROTERAPIA		
Tanque de remolino de brazos	13	21-32 (*)
Tanque de remolino de piernas	19	21-32 (*)
Tina de Hubbard	25	21-32 (*)

(*) Equipadas con válvula mezcladora automática. Verificar con la guía mecánica del fabricante la carga de Trabajo y consultar con el IMSS

Tabla 6.1 Diámetros y Cargas de Trabajo Mínimas Requeridas en Muebles y Equipos Usuales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



II NORMAS DE DISEÑO
DE INGENIERIA

1 INSTALACIONES HIDRAULICAS,
SANITARIAS Y DE GASES MEDICINALES

6 DISTRIBUCION DE AGUA FRIA

MUEBLE	UNIDADES-MUEBLE			MUEBLE	UNIDADES-MUEBLE		
	TOTAL	AGUA Fria	AGUA Caliente		TOTAL	AGUA Fria	AGUA Caliente
AREAS GENERALES				Regaderas			
Artesa	2	1.5	1.5	Baños generales de encamados	2	1.5	1.5
Bebedero	2	1.5	1.5	Baños y vestidores de médicos(as)	2	1.5	1.5
Cocina	1	1	1	Baños y vestidores de personal	2	1.5	1.5
Destilador de agua	1	1	1	Descontaminación	2	1.5	1.5
Escudillas de laboratorio	1	1	1	Tanque de revelado manual	2	1.5	1.5
Esterilizador	1	1	1	Tanque de revelado automático	4	3	3
Fragadero-cocina de piso	2	1.5	1.5	Toiletas	2	2	
Grupos de baño (WC con fluxómetro)	3	3	1.5	Consultorios	2	2	
WC-R-L	3	3	1.5	Jefaturas	2	2	
WC-R	3	3	1.5	Laboratorio	2	2	
WC-L	3	3	0.75	Personal	3	3	
L-R	2	1.5	1.5	Unidad dental	1	1	
Grupos de baño (WC con tanque)				Unidad otorrino	1	1	
WC-R-L	2	1.5	1.5	Vestidores (por mezcladora)			
WC-R	2	1.5	1.5	Anexos de consultorios	1	0.75	0.75
WC-L	1	1	0.75	CEYE	2	1.5	1.5
Inodoros (con fluxómetro)				Cuartos de aseo	1	1	
Sanitarios de sala de espera	5	5		Laboratorio clínico (A.F.)	1	1	
Sanitarios de aulas y auditorios	5	5		Laboratorio clínico (AFyAC)	2	1.5	1.5
Con válvula divergente en séptica	3	3		Laboratorio de techos	2	1.5	1.5
Todos los demas	3	3		Trabajo de enfermeras	2	1.5	1.5
Inodoros (con tanque)				Trabajo de yeso	2	1.5	1.5
Sanitarios de salas de espera	2	2		Cocinas general			
Sanitarios de aulas y auditorios	2	2		Baño María o mesa caliente	1	1	
Todos los demas	1	1		Cafetera	1	1	
Lavabos				Cocedor de verduras	1	1	
Sanitarios públicos	1	1		Fabricador de hielo	1	1	
Baños y vestidores	1	0.75	0.75	Fragadera (por mezcladora)	3	2.25	2.25
Baños generales de encamados	1	0.75	0.75	Fuente de agua	1	1	
Consultorios (clima templado y tropical)	1	0.75	0.75	Lavadora de loza	10		10
Consultorios (clima extremo)	1	0.75	0.75	Mermitas (por mezcladora)	2	1.5	1.5
Cuartos de aislados o de encamados	1	0.75	0.75	Mesa fría	1	1	
Cuartos de curaciones	1	0.75	0.75	Pelapepos	1	1	
De cirujanos (por mezcladora)	2	1.5	1.5	Triturador de desperdicios	4	4	
Lavadora de guantes	3	2.25	2.25	Fisioterapia			
Lavadora ultrasónica	3	2.25	2.25	Tanques de remolino	3	2.25	2.25
Lavador esterilizador de cómodas	4	4		Tina de inmersión	4	3	3
Mesas de autopsias	4	3	3	Tina de Hubbard (gasto continuo)	2.84	1.28	1.56
Microscopia electrónica	1	1		Lavanderías			
Mingitorio con fluxómetro	3	3		Lavadoras (por kilogramo de ropa seca)			
Mingitorio con llave de resorte	2	2		Horizontales	2.2	2.2	2.2
Regaderas				Extractoras	4.4	4.4	4.4
Baños de médicos anatomía patológica	2	1.5	1.5				
Baños de médicos (as) cirugía	2	1.5	1.5				



II NORMAS DE DISEÑO DE INGENIERÍA

1 INSTALACIONES HIDRÁULICAS, SANITARIAS Y DE GASES MEDICINALES

6 DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA

MUEBLE	UNIDADES - MUEBLE			
	TIPO DE USO	TOTAL	AGUA fría	AGUA caliente
Cocineta	Privado	2	1.8	1.8
Fregadero de cocina	"	2	1.8	1.8
Grupo de baño completo	"	3	2	1.8
Inodoro con flushmetro	"	2	2	1.8
Inodoro con tanque	"	3	3	
Inodoro con flushmetro	"	1	1	
Inodoro con tanque	"	1	0.75	0.75
Lavabo	"	2	2	
Lavadero	"	2	1.8	1.8
Lavadora de loza	"	2	1.8	1.8
Regadera	"	2	1.8	1.8

MUEBLE	UNIDADES - MUEBLE			
	TIPO DE USO	TOTAL	AGUA fría	AGUA caliente
Fregadero de cocina	Hotel	3	2.25	2.25
Fregadero de cocina	Rest.	3	2.25	2.25
Regadera	Público	3	2.25	2.25
Cocineta	"	2	1.8	1.8
Inodoro con flushmetro	"	5	5	
Inodoro con tanque	"	2	2	
Lavabo	"	1	1	
Mingiterio con flushmetro	"	3	3	
Mingiterio con llave de retorno	"	2	2	

Tabla 6.3 Unidades-Mueble. Cálculo de Gastos en otros Tipos de Edificios

NUMERO UNIDADES MUEBLE	GASTO PROBABLE (l.p.s.)		NUMERO UNIDADES MUEBLE	GASTO PROBABLE (l.p.s.)		NUMERO UNIDADES MUEBLE	GASTO PROBABLE (l.p.s.)	
	SIN FLUXOMETRO	CON FLUXOMETRO		SIN FLUXOMETRO	CON FLUXOMETRO		SIN FLUXOMETRO	CON FLUXOMETRO
1	0.10		31	1.31	2.64	72	2.31	3.64
2	0.18		32	1.34	2.57	74	2.35	3.68
3	0.25		33	1.37	2.70	76	2.38	3.72
4	0.31		34	1.40	2.73	78	2.42	3.76
5	0.37	1.30	35	1.43	2.76	80	2.45	3.80
6	0.42	1.39	36	1.46	2.79	82	2.49	3.84
7	0.46	1.48	37	1.49	2.82	84	2.52	3.88
8	0.50	1.56	38	1.52	2.85	86	2.56	3.92
9	0.54	1.63	39	1.55	2.88	88	2.59	3.96
10	0.58	1.70	40	1.58	2.91	90	2.63	4.00
11	0.61	1.76	41	1.61	2.94	92	2.66	4.04
12	0.65	1.82	42	1.64	2.97	94	2.70	4.08
13	0.68	1.88	43	1.67	3.00	96	2.73	4.12
14	0.72	1.93	44	1.70	3.03	98	2.76	4.16
15	0.75	1.98	45	1.73	3.06	100	2.79	4.20
16	0.79	2.03	46	1.76	3.09	102	2.82	4.23
17	0.82	2.08	47	1.79	3.12	104	2.85	4.26
18	0.86	2.13	48	1.82	3.15	106	2.88	4.29
19	0.89	2.17	49	1.84	3.18	108	2.91	4.32
20	0.93	2.21	50	1.87	3.20	110	2.94	4.35
21	0.96	2.25	52	1.92	3.24	112	2.97	4.38
22	1.00	2.29	54	1.97	3.28	114	3.00	4.41
23	1.03	2.33	56	2.02	3.32	116	3.03	4.44
24	1.07	2.37	58	2.06	3.36	118	3.07	4.47
25	1.10	2.41	60	2.10	3.40	120	3.10	4.50
26	1.14	2.45	62	2.14	3.44	122	3.14	4.53
27	1.17	2.49	64	2.17	3.48	124	3.17	4.56
28	1.21	2.53	66	2.21	3.52	126	3.20	4.59
29	1.24	2.57	68	2.24	3.56	128	3.23	4.62
30	1.28	2.61	70	2.28	3.60	130	3.26	4.65

Tabla 6.4 Gastos en Función de Unidades-Mueble. Método Hunter-Nielsen (continúa)

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



II NORMAS DE DISEÑO DE INGENIERIA

1 INSTALACIONES HIDRAULICAS, SANITARIAS Y DE GASES MEDICINALES

6 DISTRIBUCION DE AGUA FRIA

NUMERO UNIDADES MUEBLE	GASTO PROBABLE (l.p.s.)		NUMERO UNIDADES MUEBLE	GASTO PROBABLE (l.p.s.)		NUMERO UNIDADES MUEBLE	GASTO PROBABLE (l.p.s.)	
	SIN FLUXOMETRO	CON FLUXOMETRO		SIN FLUXOMETRO	CON FLUXOMETRO		SIN FLUXOMETRO	CON FLUXOMETRO
132	3.29	4.68	232	4.70	6.10	332	5.96	7.30
134	3.32	4.71	234	4.73	6.12	334	5.99	7.32
136	3.35	4.74	236	4.75	6.15	336	6.01	7.34
138	3.38	4.77	238	4.78	6.18	338	6.04	7.36
140	3.41	4.80	240	4.80	6.20	340	6.06	7.39
142	3.44	4.83	242	4.83	6.23	342	6.09	7.41
144	3.47	4.86	244	4.85	6.26	344	6.11	7.43
146	3.50	4.89	246	4.88	6.28	346	6.14	7.45
148	3.53	4.92	248	4.90	6.31	348	6.16	7.47
150	3.56	4.95	250	4.93	6.34	350	6.19	7.50
152	3.59	4.98	252	4.95	6.36	352	6.21	7.52
154	3.62	5.01	254	4.98	6.39	354	6.24	7.54
156	3.65	5.04	256	5.00	6.42	356	6.26	7.56
158	3.68	5.07	258	5.03	6.44	358	6.29	7.58
160	3.71	5.10	260	5.05	6.46	360	6.31	7.60
162	3.74	5.13	262	5.08	6.49	362	6.34	7.62
164	3.77	5.16	264	5.10	6.51	364	6.36	7.64
166	3.80	5.18	266	5.13	6.53	366	6.39	7.66
168	3.83	5.21	268	5.15	6.56	368	6.41	7.68
170	3.86	5.24	270	5.18	6.58	370	6.44	7.70
172	3.89	5.27	272	5.20	6.60	372	6.46	7.72
174	3.91	5.30	274	5.23	6.62	374	6.49	7.74
176	3.94	5.32	276	5.25	6.65	376	6.51	7.76
178	3.96	5.35	278	5.28	6.67	378	6.54	7.78
180	3.99	5.38	280	5.30	6.69	380	6.56	7.80
182	4.01	5.41	282	5.33	6.72	382	6.59	7.82
184	4.04	5.44	284	5.35	6.74	384	6.62	7.84
186	4.07	5.46	286	5.38	6.76	386	6.65	7.86
188	4.10	5.49	288	5.40	6.78	388	6.67	7.88
190	4.13	5.52	290	5.43	6.80	390	6.70	7.90
192	4.16	5.55	292	5.45	6.83	392	6.72	7.92
194	4.19	5.58	294	5.48	6.85	394	6.75	7.94
196	4.22	5.60	296	5.50	6.87	396	6.77	7.96
198	4.25	5.63	298	5.53	6.89	398	6.80	7.98
200	4.28	5.66	300	5.55	6.92	400	6.82	8.00
202	4.31	5.69	302	5.58	6.95	402	6.85	8.02
204	4.34	5.72	304	5.61	6.97	404	6.87	8.04
206	4.37	5.74	306	5.64	6.99	406	6.90	8.06
208	4.39	5.77	308	5.66	7.01	408	6.92	8.08
210	4.42	5.80	310	5.69	7.04	410	6.95	8.10
212	4.44	5.83	312	5.71	7.07	412	6.97	8.12
214	4.47	5.85	314	5.74	7.09	414	7.00	8.14
216	4.49	5.88	316	5.76	7.11	416	7.02	8.16
218	4.52	5.91	318	5.79	7.13	418	7.05	8.18
220	4.54	5.94	320	5.81	7.16	420	7.07	8.20
222	4.57	5.96	322	5.84	7.19	422	7.10	8.22
224	4.60	5.99	324	5.86	7.21	424	7.12	8.24
226	4.63	6.02	326	5.89	7.23	426	7.15	8.26
228	4.65	6.04	328	5.91	7.25	428	7.17	8.28
230	4.68	6.07	330	5.94	7.28	430	7.20	8.30

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



II NORMAS DE DISEÑO DE INGENIERIA

1 INSTALACIONES HIDRAULICAS, SANITARIAS Y DE GASES MEDICINALES

6 DISTRIBUCION DE AGUA FRIA

NUMERO UNIDADES MUEBLE	GASTO PROBABLE (p.s.)		NUMERO UNIDADES MUEBLE	GASTO PROBABLE (p.s.)		NUMERO UNIDADES MUEBLE	GASTO PROBABLE (p.s.)	
	SIN FLUXOMETRO	CON FLUXOMETRO		SIN FLUXOMETRO	CON FLUXOMETRO		SIN FLUXOMETRO	CON FLUXOMETRO
432	7 22	8 32	580	8 92	9 80	830	11 92	12 20
434	7 25	8 34	585	8 97	9 85	835	11 87	12 25
436	7 27	8 36	590	9 02	9 90	840	11 93	12 30
438	7 30	8 38	595	9 07	9 95	845	11 98	12 35
440	7 32	8 40	600	9 13	10 00	850	12 04	12 40
442	7 35	8 42	606	9 19	10 05	855	12 09	12 45
444	7 37	8 44	610	9 25	10 10	860	12 15	12 50
446	7 39	8 46	615	9 31	10 15	865	12 20	12 55
448	7 41	8 48	620	9 37	10 20	870	12 26	12 60
450	7 43	8 50	625	9 43	10 25	875	12 31	12 65
452	7 45	8 52	630	9 49	10 30	880	12 37	12 70
454	7 47	8 54	635	9 54	10 35	885	12 42	12 75
456	7 49	8 56	640	9 59	10 40	890	12 48	12 80
458	7 51	8 58	645	9 65	10 45	895	12 53	12 84
460	7 53	8 60	650	9 71	10 50	900	12 59	12 88
462	7 55	8 62	655	9 77	10 55	905	12 64	12 92
464	7 57	8 64	660	9 83	10 60	910	12 70	12 96
466	7 60	8 66	665	9 89	10 65	915	12 75	13 00
468	7 62	8 68	670	9 95	10 70	920	12 81	13 04
470	7 65	8 70	675	10 00	10 75	925	12 86	13 08
472	7 67	8 72	680	10 05	10 80	930	12 92	13 12
474	7 70	8 74	685	10 10	10 85	935	12 97	13 16
476	7 72	8 76	690	10 16	10 90	940	13 03	13 20
478	7 75	8 78	695	10 22	10 95	945	13 08	13 24
480	7 77	8 80	700	10 28	11 00	950	13 14	13 28
482	7 80	8 82	705	10 34	11 05	955	13 19	13 32
484	7 82	8 84	710	10 40	11 10	960	13 25	13 36
486	7 85	8 86	715	10 46	11 15	965	13 30	13 40
488	7 87	8 88	720	10 52	11 20	970	13 36	13 44
490	7 89	8 90	725	10 58	11 25	975	13 41	13 48
492	7 91	8 92	730	10 64	11 30	980	13 47	13 52
494	7 93	8 94	735	10 70	11 35	985	13 52	13 56
496	7 95	8 96	740	10 76	11 40	990	13 58	13 60
498	7 97	8 98	745	10 82	11 45	995	13 63	13 65
500	7 99	9 00	750	10 88	11 50	1000	13 69	13 69
505	8 04	9 05	755	10 94	11 54			
510	8 10	9 10	760	11 00	11 58			
515	8 16	9 15	765	11 06	11 62			
520	8 22	9 20	770	11 12	11 66			
525	8 28	9 25	775	11 18	11 70			
530	8 34	9 30	780	11 24	11 74			
535	8 40	9 35	785	11 30	11 78			
540	8 46	9 40	790	11 36	11 82			
545	8 51	9 45	795	11 42	11 86			
550	8 56	9 50	800	11 48	11 90			
555	8 62	9 55	805	11 54	11 95			
560	8 68	9 60	810	11 60	12 00			
565	8 73	9 65	815	11 65	12 05			
570	8 78	9 70	820	11 71	12 10			
575	8 80	9 75	825	11 76	12 15			
1010						1010	13 78	
1020						1020	13 87	
1030						1030	13 96	
1040						1040	14 05	
1050						1050	14 14	
1060						1060	14 22	
1070						1070	14 30	
1080						1080	14 38	
1090						1090	14 46	
1100						1100	14 54	

A partir de 1 000 UM los gastos probables para muebles con o sin fluxómetro son iguales

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
SEGURIDAD Y SOLIDARIDAD

SUBDIRECCION GENERAL DE OBRAS Y PATRIMONIO INMOBILIARIO
UNIDAD DE PROYECTOS

II NORMAS DE DISEÑO DE INGENIERIA

1 INSTALACIONES HIDRAULICAS, SANITARIAS Y DE GASES MEDICINALES

6 DISTRIBUCION DE AGUA FRIA

NUMERO UNIDADES MUEBLE	GASTO PROBABLE (I.P.S.) CON O SIN FLUXOMETRO	NUMERO UNIDADES MUEBLE	GASTO PROBABLE (I.P.S.) CON O SIN FLUXOMETRO	NUMERO UNIDADES MUEBLE	GASTO PROBABLE (I.P.S.) CON O SIN FLUXOMETRO
1110	14.63	1610	18.39	2220	22.60
1120	14.71	1620	18.46	2240	22.74
1130	14.79	1630	18.53	2250	22.88
1140	14.87	1640	18.60	2280	23.02
1150	14.95	1650	18.67	2300	23.15
1160	15.03	1660	18.74	2320	23.28
1170	15.11	1670	18.81	2340	23.41
1180	15.19	1680	18.88	2360	23.54
1190	15.27	1690	18.95	2380	23.67
1200	15.35	1700	19.02	2400	23.80
1210	15.43	1710	19.09	2420	23.94
1220	15.51	1720	19.16	2440	24.08
1230	15.58	1730	19.23	2460	24.21
1240	15.67	1740	19.30	2480	24.34
1250	15.75	1750	19.37	2500	24.47
1260	15.83	1760	19.44	2520	24.60
1270	15.91	1770	19.51	2540	24.73
1280	15.99	1780	19.58	2560	24.86
1290	16.06	1790	19.65	2580	24.99
1300	16.13	1800	19.72	2600	25.12
1310	16.21	1810	19.79	2620	25.25
1320	16.29	1820	19.86	2640	25.38
1330	16.37	1830	19.93	2660	25.51
1340	16.45	1840	20.00	2680	25.64
1350	16.53	1850	20.07	2700	25.77
1360	16.60	1860	20.14	2720	25.90
1370	16.67	1870	20.21	2740	26.03
1380	16.74	1880	20.28	2760	26.16
1390	16.81	1890	20.35	2780	26.29
1400	16.88	1900	20.42	2800	26.42
1410	16.96	1910	20.49	2820	26.55
1420	17.04	1920	20.56	2840	26.68
1430	17.12	1930	20.63	2860	26.81
1440	17.19	1940	20.70	2880	26.94
1450	17.26	1950	20.77	2900	27.07
1460	17.33	1960	20.84	2920	27.20
1470	17.40	1970	20.91	2940	27.33
1480	17.47	1980	20.98	2960	27.46
1490	17.54	1990	21.04	2980	27.58
1500	17.61	2000	21.10	3000	27.70
1510	17.69	2020	21.24	3020	27.83
1520	17.76	2040	21.38	3040	27.96
1530	17.83	2060	21.52	3060	28.08
1540	17.91	2080	21.66	3080	28.20
1550	17.97	2100	21.80	3100	28.32
1560	18.04	2120	21.94	3120	28.45
1570	18.11	2140	22.07	3140	28.58
1580	18.18	2160	22.20	3160	28.70
1590	18.25	2180	22.34	3180	28.82
1600	18.32	2200	22.48	3200	28.94

196

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



II NORMAS DE DISEÑO
 DE INGENIERÍA

1 INSTALACIONES HIDRAULICAS,
 SANITARIAS Y DE GASES MEDICINALES

6 DISTRIBUCION DE AGUA FRIA

NUMERO UNIDADES MUEBLE	GASTO PROBABLE (I.p.s.) CON O SIN FLUXOMETRO	NUMERO UNIDADES MUEBLE	GASTO PROBABLE (I.p.s.) CON O SIN FLUXOMETRO	NUMERO UNIDADES MUEBLE	GASTO PROBABLE (I.p.s.) CON O SIN FLUXOMETRO
3220	29 06	4800	36 99	6800	43 00
3240	29 18	4850	37 19	6850	43 12
3260	29 30	4900	37 38	6900	43 23
3280	29 42	4950	37 56	6950	43 34
3300	29 54	5000	37 74	7000	43 45
3320	29 66	5050	37 92	7100	43 66
3340	29 78	5100	38 10	7200	43 87
3360	29 90	5150	38 28	7300	44 08
3380	30 02	5200	38 45	7400	44 28
3400	30 13	5250	38 62	7500	44 48
3420	30 25	5300	38 79	7600	44 68
3440	30 37	5350	38 96	7700	44 87
3460	30 49	5400	39 12	7800	45 06
3480	30 60	5450	39 29	7900	45 24
3600	30 71	5500	39 45	8000	45 42
3550	30 99	5550	39 61	8100	45 59
3600	31 28	5600	39 77	8200	45 75
3650	31 56	5650	39 93	8300	45 92
3700	31 83	5700	40 09	8400	46 09
3750	32 10	5750	40 24	8500	46 25
3800	32 37	5800	40 39	8600	46 42
3850	32 63	5850	40 54	8700	46 58
3900	32 89	5900	40 68	8800	46 74
3950	33 15	5950	40 82	8900	46 90
4000	33 40	6000	40 96	9000	47 06
4050	33 65	6050	41 10	9100	47 21
4100	33 90	6100	41 24	9200	47 37
4150	34 14	6150	41 38	9300	47 52
4200	34 38	6200	41 51	9400	47 68
4250	34 62	6250	41 65	9500	47 83
4300	34 85	6300	41 78	9600	47 98
4350	35 08	6350	41 91	9700	48 13
4400	35 31	6400	42 03	9800	48 28
4450	35 53	6450	42 16	9900	48 43
4600	35 75	6500	42 28	10000	48 57
4550	35 97	6550	42 40		
4600	36 18	6600	42 52		
4650	36 39	6650	42 64		
4700	36 60	6700	42 76		
4750	36 80	6750	42 88		

Tabla 6.4 Gastos en función de Unidades - Mueble. Método Hunter - Nielsen (continuación)

197

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN