

300615  
14  
24

# UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA

Incorporada a la U. N. A. M.



300615  
14  
24

## LA INGENIERIA SANITARIA EN LA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
PRESENTAN  
ARTURO HERNANDEZ BUCIO  
GUILLERMO JAVIER HERNANDEZ BUCIO

MEXICO, D. F.

1988



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

# I N D I C E

	Página
<b>CAPITULO 1 GENERALIDADES Y ANTECEDENTES</b>	
1.1 Breve historia	1
1.2 Importancia	3
1.3 Hidrostática é Hidrodinámica en las instalaciones	
a) Flujo laminar y turbulento	4
b) Velocidad	6
c) Flujo en tuberías	8
d) Energía del fluído	9
e) Teorema de Bernoulli	11
f) Fricción	12
g) Gradiente hidráulico	13
h) Orificios	14
i) Golpe de ariete	18
1.4 Datos necesarios para proyecto	24
<b>CAPITULO 2 INSTALACION HIDRAULICA</b>	
2.1 Características del agua	
a) Físicas	32
b) Químicas	32
c) Cualidades del agua potable	32
d) Conservación del agua potable en tanques de almacenamiento	35
e) Tratamientos en albercas	36
f) Tratamientos en calderas	37
2.2 Dotaciones y almacenamiento	
a) Dotación y tipos de almacenamiento	42
b) Dimensionamiento de la toma municipal	43
c) Dimensionamiento de cisternas y tanques de almacenamiento	45
d) Traspaso en cisternas	47
2.3 Distribución en los edificios	
a) Formas de distribución	53
b) Descripción del método de Hunter	54
c) Requerimientos de los muebles	55
d) Unidades mueble para agua fría y agua caliente	57
e) Gráficas (su utilización)	58

2.4	Dimensionamiento de la red de agua fría y capacidad de bombeo	
	a) Red de agua fría	65
	b) Equipo de bombeo	65
2.5	Distribución de agua caliente	
	a) Temperaturas usuales	68
	b) Generación de agua caliente	69
	c) Cálculo de agua caliente y almacenamiento	73
	d) Selección del sistema de calentamiento	77
	e) Distribución de agua caliente y retorno	79
	f) Cálculo del retorno de agua caliente	82

**CAPITULO 3 INSTALACION SANITARIA**

3.1	Sistema de drenaje	
	a) Descripción	90
	b) Tipos de colectores	93
3.2	Flujo en tuberías de desagüe	
	a) Flujo en tuberías horizontales	96
	b) Flujo en tuberías verticales	98
3.3	Dimensionamiento de los sistemas de desagüe	
	a) Desagües horizontales y verticales	101
3.4	Desagües pluviales	
	a) Desagües pluviales horizontales	107
	b) Desagües pluviales verticales	107
	c) Canalones pluviales	108
3.5	Desagüe combinado	110
3.6	Cárcamos de achique	
	a) Utilización, tipos húmedo y seco	111
	b) Cálculo de su capacidad	111
	c) Dimensiones de construcción	112

**CAPITULO 4 SISTEMA DE VENTILACION**

4.1	Sistema de ventilación	
	a) Importancia	116
	b) Descripción	118
4.2	Ventilación húmeda	122
4.3	Ventilación en circuito o anillo	126
4.4	Dimensionamiento de los sistemas de ventilación	130

<b>CAPITULO 5</b>	<b>SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIO</b>	
5.1	Importancia	134
5.2	Clasificación del riesgo	138
5.3	Distribución de dispositivos	
	a) Utilización de extintores	140
	b) Utilización de hidrantes	143
	c) Utilización de rociadores	147
	d) Detección de incendio	150
5.4	Gasto y cargas usuales	157
5.5	Conducción de agua en los sistemas de protección contra incendio	159
<b>CAPITULO 6</b>	<b>EQUIPOS DE BOMBEO (GENERALIDADES Y UTILIZACION EN LA INGENIERIA HIDRAULICA Y SANITARIA)</b>	
6.1	Bombeo de agua fría	
	a) Traspaso	169
	b) suministro a presión	170
6.2	Circuladores para agua caliente o retorno de agua caliente	
	a) Cálculo	172
	b) Instalación	173
6.3	Bombeo de agua para sistemas contra incendio	
	a) Cálculo	175
	b) Instalación	175
6.4	Bombeo de aguas sucias o negras en cárcamos de achique	
	a) Cálculo	178
	b) Instalación	178
6.5	Bombeo para riego	
	a) Cálculo	180
	b) Instalación	181
6.6	Bombeo de diesel y petróleo crudo	
	a) Cálculo	184
	b) Instalación	186
<b>CAPITULO 7</b>	<b>GENERACION Y CONDUCCION DE VAPOR</b>	
7.1	Principios teóricos	
	a) Termodinámica del vapor	198
	b) Selección de equipo	202

	Página	
7.2	Requerimientos de los generadores de vapor	
	a) Suministro de agua	212
	b) Suministro de combustible	214
	c) Eliminación de gases incondensables	215
	d) Purgas	216
7.3	Conducción y uso eficiente del vapor	
	a) Cálculo de cargas requeridas	221
	b) Cálculo de tuberías de vapor	222
	c) Drenado de líneas de vapor, captación y conducción de condensados	225
	d) Dispositivos de control y seguridad	229
	e) Venas de vapor (trazadores)	232
<b>CAPITULO 8</b>	<b>EXPANSION</b>	
8.1	Expansión en tuberías	245
8.2	Dispositivos de compensación	247
8.3	Soportes especiales	251
<b>CAPITULO 9</b>	<b>COMPLEMENTARIOS</b>	
9.1	Soportería	257
9.2	Aislamientos térmicos	261
9.3	Identificación	
	a) Objetivo y alcance	267
	b) Definiciones	267
	c) Método de identificación	268
9.4	Propiedades y dimensiones de las tuberías	273
<b>CAPITULO 10</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	281
<b>CAPITULO 11</b>	<b>EJEMPLO: PROYECTO Y CALCULO DE UN HOTEL</b>	
	a) Especificaciones de materiales	283
	b) Memoria de cálculo	291
	c) Lista de planos	383

#### BIBLIOGRAFIA

## CAPITULO 1      GENERALIDADES Y ANTECEDENTES.

### 1.1      BREVE HISTORIA.

La ingeniería sanitaria y la plomería como sistemas de aprovechamiento del agua y conducción de aguas de desecho se remontan en la Historia hasta aproximadamente 4000 años A.C., en donde se han encontrado ruinas cercanas al Río Indo que tienen vestigios de lo que fueron sistemas sanitarios, así mismo el uso del cobre en las instalaciones, lo demuestran algunas minas de Egipto con una antigüedad de 3500 años A.C. En Babilonia se encuentran también sistemas de drenaje, y en la isla de Creta en Knossos hay evidencias de muebles de baño hechos en cerámica que contaban con sistemas de lavado y drenaje.

Pero fue en Roma en donde se llevó un alto grado de desarrollo en la sanidad pública y fue ahí donde tuvo su origen la palabra "plomero" del vocablo Latino -artifex plumbarius-.

Sistemas de alcantarillado, conducción de agua en tuberías de plomo y bronce, así como muebles y accesorios propios de las instalaciones sanitarias, tuvieron su origen en la antigua Roma; como método para el calentamiento se utilizaron tubos de bronce que conducían el agua a través de fuego abierto, fue la invasión de tribus bárbaras la que impidió un mayor desarrollo de estos sistemas que estuvieron a punto de desaparecer.

A finales del siglo XVIII las ciudades europeas empezaron a proveer drenajes y alcantarillas públicas. En América en los Estados Unidos hacia 1675 se fundó un ayuntamiento encargado del control de la disposición de aguas negras, ya que en un principio se utilizaron letrinas a base de fosos que llegaban a contaminar por filtración los pozos y manantiales en donde se abastecían de agua, por lo que el ayuntamiento construyó canales abiertos que propiciaban condiciones insanas, este canal se amplió hasta descargar en la Bahía de Nueva York hacia 1717 y hasta 1728 se construyó el primer sistema subterráneo en Nueva York.

En cuanto a los sistemas hidráulicos y sanitarios en los edificios, no los había en forma adecuada hasta 1845-1850 se contaba sólo con piletas dentro de los baños o lugares destinados a uso similar, y los muebles eran aún rudimentarios, ya que permitían el paso de gases fétidos.

Los siguientes años hasta la primera Guerra Mundial tuvo un gran desarrollo, ya en esta fecha se contaba con una gran cantidad de muebles y dispositivos especializados; existían una gran cantidad de edificios, hoteles, industrias, etc., que requerían de instalaciones hidráulicas y sanitarias; se fueron perfeccionando los sistemas de suministro por bombeo, se reglamentaron los medios de sanidad, aparecieron controles para el calentamiento de agua mediante diversos combustibles, y fué en 1928 cuando surgió el primer Código Sanitario tal como el "Hoover Code", y más tarde el Dr. Roy B. Hunter de el "National Bureau of Standards" de E.U. de Norteamérica, inicia en forma sistemática el estudio y desarrollo de las instalaciones hidráulicas y sanitarias que con correcciones y aportaciones de otros investigadores como Herbert N. Eaton, constituyen las bases y normas empleadas actualmente para el diseño y cálculo de las instalaciones hidráulicas y sanitarias en los edificios.

## 1.2 IMPORTANCIA

Dentro de las diversas ramas o especialidades de la Ingeniería Civil; a la que se puede definir como: "El aprovechamiento de los recursos naturales para el bienestar del hombre", se encuentra la Ingeniería Sanitaria que es: "La utilización de los recursos naturales para la conservación de la salud"; analizando ésta definición y observando el proceso de la vida, se llega a la conclusión que es de vital importancia que el agua llegue en cantidad y calidad suficiente a los lugares apropiados para su uso, y así mismo que las aguas servidas o de desecho sean conducidas en forma apropiada hacia los sistemas de evacuación de -- desechos de la población.

Siendo México un país en que la industria turística, comercio, la habitación popular, etc. esta en pleno desarrollo y es el momento histórico de su impulso, las construcciones que sirvan a tal fin deberán contar con todos los servicios necesarios para lograr el bienestar de la comunidad y la sanidad de su habitación.

Por esta razón, el ingeniero que desempeña su labor en forma directa con sus semejantes, como lo es el ingeniero que se dedica a la construcción de lugares habitables, debe conocer los sistemas que se describen en este trabajo, en forma amplia y no sólo cuando específicamente los desarrolle, sino para -- integrarlos, planearlos y dirigirlos en una forma adecuada durante el proceso constructivo de cualquier obra que incluya estos sistemas sanitarios para lograr el buen funcionamiento y por ende el buen uso de los mismos; ya que en general es una parte -- de la construcción que se descuida o relega a un segundo término siendo que la historia demuestra que las civilizaciones han -- florecido y decaído en función del aprovechamiento y existencia del líquido vital entre otros factores.

Así pues este sencillo trabajo pretende recopilar los sistemas prácticos más usuales en las instalaciones hidráulicas y sanitarias en la edificación.

### 1.3 HIDROSTATICA E HIDRODINAMICA EN LAS INSTALACIONES.

En este subcapítulo se enunciarán los conceptos básicos de éstas leyes que intervienen en las instalaciones, debido a que se considera el flujo de agua en conductos cerrados, es decir; un líquido en movimiento conducido por medio de tuberías.

#### a) Flujo laminar y turbulento.

Osborne Reynolds demostró experimentalmente que un sistema a presión se presentan dos condiciones de flujo.

A velocidades relativamente bajas las partículas del fluido se mueven en trayectorias paralelas a la dirección de la corriente, constituyendo este fenómeno el "Flujo Laminar"; en este caso la resistencia desarrollada durante el flujo es a causa de la fricción entre las mismas partículas o láminas del fluido ( bajo esta condición la fricción es directamente proporcional a la viscosidad del fluido, siendo la rugosidad del tubo un factor insignificante), ver figura. 1.3.1a.

Cuando la velocidad sobrepasa ciertos límites, el flujo laminar se hace inestable y cambia radicalmente al llamado "Flujo Turbulento"; en el cual las partículas del fluido se mueven en trayectorias irregulares, intersectándose dichas trayectorias entre si, en ésta condición aparece una resistencia debida a la fricción entre la superficie del tubo y el fluido (siendo directamente proporcional a la rugosidad de la superficie interior del tubo, mientras que la viscosidad del fluido viene a ser en este caso un factor relativamente despreciable), ver figura 1.3.1b.

O. Reynolds determinó las velocidades de cambio, de régimen laminar a turbulento dos veces mayor que la velocidad de cambio de flujo turbulento a laminar, siendo esta última la velocidad crítica verdadera de cambio en el flujo (siendo que varía directamente con la viscosidad absoluta del fluido e inversamente con la densidad del fluido y diámetro del tubo).

Reynolds llamó a éstas velocidades; velocidad crítica alta y velocidad crítica baja respectivamente; y amplian-

do el experimento con agua a diferentes temperaturas y a través de diferentes diámetros, estableció la siguiente ecuación:

$$Nr = \frac{DV\rho}{\mu} \quad \text{en donde: } \gamma = \frac{\mu}{\rho} \quad \text{por lo tanto: } Nr = \frac{DV}{\gamma} \quad (1)$$

donde: Nr= Número de Reynolds, sin unidades.

D= Diámetro nominal del tubo, en pies.

V= Velocidad del fluido, en pies/seg.

$\rho$ = Densidad del fluido, en lbs/pie<sup>3</sup>.

$\mu$ = Viscosidad absoluta, en poundal/seg-pie<sup>2</sup>.

$\gamma$ = Viscosidad cinemática, en pie<sup>2</sup>/seg.

Mediante numerosos experimentos, se ha encontrado en tuberías, que cuando el número de Reynolds es Nr:2100 el flujo es laminar, y cuando es mayor que Nr:3000 el flujo será turbulento; para valores del número de Reynolds 2100:Nr:3000 es cuando el flujo se encuentra en transición.

Si de la ecuación (1) se despeja la velocidad, y sustituimos el valor del número de Reynolds (Nr) para el flujo laminar y aplicando los valores de la Tabla 1.3.2 para diferentes diámetros de tuberías se obtendrán los valores de la Tabla 1.3.3.

Tabla 1.3.2 Densidad y Viscosidad del agua.

Temp °F	Densidad $\rho$ lbs/pie <sup>3</sup>	Viscosidad absoluta $\mu$		Viscosidad cinemática $\gamma$ pie <sup>2</sup> /seg
		centipoises 1/100 gr-cm/seg	poundal/seg-pie <sup>2</sup>	
32	62.416	1.79	0.001203	0.0000193
50	62.408	1.31	0.000880	0.0000141
60	62.366	1.12	0.000753	0.0000121
70	62.300	0.98	0.000668	0.0000107
80	62.217	0.86	0.000578	0.0000093
100	61.998	0.68	0.000457	0.0000074
120	61.719	0.56	0.000376	0.0000061
140	61.386	0.47	0.000316	0.0000052
160	61.006	0.40	0.000269	0.0000044
180	60.586	0.35	0.000235	0.0000039

Nota: 1 centipoise= 0.000672 poundal/seg-pie<sup>2</sup>.

viscosidad cinemática  $\gamma = \mu/\rho$ .

viscosidad absoluta del agua a 68°F= 1 centipoise.

dinas-sec/cm<sup>2</sup>= poise; la centésima parte= centipoise.

Tabla 1.3.3 Valores obtenidos de la fórmula;  $V = \frac{2100Y}{D}$  (pies/seg).

Diámetro (pulg)	Diámetro (pies)	V p/50 °F	V p/140 °F
1/2	0.0417	0.7101	0.2594
3/4	0.0625	0.4738	0.1730
1	0.0833	0.3555	0.1298
1 1/4	0.1042	0.2842	0.1038
1 1/2	0.1250	0.2369	0.0865
2	0.1667	0.1776	0.0649
2 1/2	0.2083	0.1422	0.0519
3	0.2500	0.1184	0.0433
4	0.3333	0.0888	0.0324

Atendiendo a los valores de la Tabla 1.3.2, y sabiendo que el suministro económico de las tuberías está en función de las velocidades que varían de 4 a 10 pies/seg (1.22 a 3.05 mt/seg) se puede observar que el régimen de flujo que predomina en condiciones normales de diseño es de *Flujo Turbulento*; y si se toma en cuenta lo descrito en párrafos anteriores sobre dicho flujo, se deducirá que es de gran importancia en el diseño de tuberías, la fricción ocasionada por el flujo turbulento, como más adelante se podrá apreciar.

b) Velocidad.

Haciendo pruebas mediante el tubo de Pitot, ha sido posible conocer las velocidades en diferentes secciones transversales de cualquier tubería; y esto a su vez ha demostrado que no es uniforme la velocidad en una sección transversal y constante en una tubería. La velocidad varía desde la mínima, en la parte adyacente a la pared del tubo, hasta la máxima al centro del mismo; si gráficamente se trazan curvas en los puntos de igual velocidad en la sección mencionada, se obtendrá una serie de círculos concéntricos en la tubería, como lo muestra la Figura 1.3.4.

Con régimen de flujo laminar la velocidad promedio varía aproximadamente del 50% al 60% de la máxima, y para el flujo turbulento varía del 80% al 86% de la máxima cuando la superficie de la tubería es rugosa o lisa respectivamente.

Como estos valores no son aplicables al cálculo de flujo, solamente se usará en todos los casos la velocidad promedio.

La velocidad en un sistema de abastecimiento en edificios habitacionales debe limitarse para evitar efectos molestos y dañinos; como ruidos, golpeteo ocasionado por la aparición del golpe de ariete etc.

Los ruidos en tuberías son molestos cuando la velocidad excede de 8 pies/seg (2.44 mt/seg); así mismo para evitar en lo posible la erosión y corrosión la velocidad no deberá ser mayor de 4 pies/seg (1.22 mt/seg), cuando el PH es menor de 6.9; y cuando el PH es mayor de 6.9 la velocidad no debe ser mayor de 6 pies/seg (1.83 mt/seg).

Usualmente para el cálculo de la velocidad en conductos cerrados (tuberías), se utilizará la fórmula de Hazen y Williams que experimentalmente dedujeron la siguiente expresión:

Para el sistema M.K.S.

$$V = \frac{0.849kR^{0.63}S^{0.54}}{D^0.63}$$

$$V = 0.355kD^{0.63}S^{0.54}$$

Para el sistema Inglés.

$$V = \frac{1.318kR^{0.63}S^{0.54}}{D^0.63}$$

$$V = 0.550kD^{0.63}S^{0.54}$$

en donde: V= Velocidad del fluido (mt/seg ó pies/seg).

k= Constante de rugosidad Hazen-Williams (s/u).

R= Radio hidráulico; D/4 (mt ó pies).

D= Diámetro nominal (mt ó pies).

S= Pendiente hidráulica; Hf/L (s/u).

Tabla 1.3.4 Valores de  $k$  de acuerdo con el material que está construida la tubería.

Material	$k$
Acero corrugado.	60
Acero galvanizado (nuevo y usado).	125
Acero soldado (nuevo).	120
Acero soldado (usado).	90
Fierro fundido (nuevo).	130
Fierro fundido s/incrustaciones (usado).	110
Fierro fundido c/incrustaciones (viejo).	90
Plástico.	150
Asbesto-cemento (nuevo).	135
Cobre y latón.	130

c) Flujo en tuberías.

La fórmula básica del estudio del gasto que es en función de la velocidad y el área, es la siguiente:

$Q = AV$  donde:  $Q$  = Gasto del fluido (mt<sup>3</sup>/seg ó pie<sup>3</sup>/seg).

$A$  = Área de la sección transversal del flujo (mt<sup>2</sup> ó pie<sup>2</sup>).

$V$  = Velocidad del fluido (mt/seg ó pies/seg).

Esta fórmula requiere de una sencilla conversión para aplicarse directamente al cálculo del caudal en las tuberías, siendo que éstas son de sección circular, y como la fabricación de tubos es usualmente especificada en pulgadas, el gasto queda en galones por minuto (g.p.m.) y la velocidad en pies por segundo (pies/seg); por lo que la fórmula quedaría:

$$\text{Si } A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (1) \quad \begin{array}{l} 448.881 \text{ g.p.m.} = 1 \text{ pie}^3/\text{seg} \\ 1.0 \text{ pulg} = \left(\frac{1}{12}\right)^2 \text{ pie}^2 \end{array}$$

Sustituyendo la ec. (1) en la fórmula básica queda:

$$Q(\text{pie}^3/\text{seg}) = \frac{\pi D^2}{4} (\text{pie}^2) V(\text{pie})/\text{seg}$$

$$Q\left(\frac{1}{448.881}\right) = \frac{\pi}{4}\left(\frac{1}{12}\right)^2 D^2 v$$

Por lo tanto:

$$Q = 2.448 D^2 v \quad \text{---(2)} \quad \text{donde: } Q = \text{Gasto en g.p.m.}$$

D = Diámetro, en pulg.  
v = Velocidad, en pies/seg.

Por lo que la fórmula (2) resulta mas práctica para su utilización en el cálculo de las instalaciones.

Cuando en cualquier instante, el número de partículas que pasan através de una sección transversal a la corriente o flujo, es la misma, se dice que el flujo es continuo. Si el régimen es continuo y la tubería tiene un diámetro variable la velocidad es diferente para cada sección e inversamente proporcional al área transversal, de tal manera que:

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 = \dots = A_n V_n$$

A esta relación se le llama: *Ecuación de continuidad.*

d) Energía del fluido.

En un fluido se consideran tres diferentes tipos de energía que son básicos en el Teorema de Bernoulli, que es fundamental en la Hidráulica y por consecuencia en las instalaciones a continuación se hará mención de los conceptos elementales de estas energías.

-Energía de posición.- Suponiendo que "h" es la distancia de un plano "p" a un cuerpo "M" (figura 1.3.5); si el cuerpo tiene una masa y un peso "W"; por su posición respecto a "p" éste cuerpo puede desarrollar un trabajo al descender de su posición original a "p".

Siendo la energía de posición la cantidad de trabajo que puede dar un cuerpo al pasar de una posición en un plano a otra en otro plano, por lo que se tiene:

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

$$E_h = Wh$$

Si  $W=1$ ; la energía de posición es "h", que representa la energía de posición de un kilo o de una libra de agua, en donde "h" se da en mts ó pies.

-Energía cinética.- Si un cuerpo cuyo peso es "W" con una cierta masa y animado con una velocidad "v" (figura 1.3.6) que se desliza sin frotamiento sobre un plano. Por el principio de inercia, si en el cuerpo no actúa ninguna fuerza, éste continúa indefinidamente su movimiento; entonces la energía cinética o sea la capacidad que tiene el cuerpo para dar trabajo será:

$$E_c = m \frac{v^2}{2} \quad (1)$$

$$\text{como : } m = \frac{W}{g} \quad (2)$$

Sustituyendo la ec (2) en la ec. (1)

$$E_c = \frac{Wv^2}{2g} \quad (3)$$

Haciendo  $W=1$  en la ec. (3); la energía cinética queda:

$$E_c = \frac{v^2}{2g} \quad \text{en donde: } E_c = \text{Energía cinética (mt ó pies).}$$

$v = \text{Velocidad (mt/seg ó pies/seg).}$   
 $g = \text{gravedad (mt/seg}^2 \text{ ó pies/seg}^2).$

Esta fórmula representa la energía cinética que posee cada kilogramo o cada libra de líquido.

-Energía potencial.- Imaginándose un cuerpo de bomba horizontal, provisto de un émbolo con su vástago y conteniendo una cierta cantidad de agua (figura 1.3.7).

La llave A está cerrada y sobre el émbolo está actuando una fuerza "F" que ejerce compresión sobre el líquido, por lo que éste está sometido a una presión "p".

Si se deja actuar la fuerza "F" indefinidamente, el líquido estará sometido a la presión "p"; si abrimos la llave "A", el líquido da cierta cantidad de trabajo al exterior, lo que significa que el líquido tiene una cierta energía, que es la que le da el trabajo producido por "F".

Llamando "L" a la distancia que recorre el émbolo para expulsar el agua del cilindro, la energía que pueda poseer el líquido por la acción de "F" vale:

$$E_p = FL$$

en donde:  $E_p = p \frac{W}{w}$

si  $w=1$  (kg ó lbs)

$$E_p = \frac{p}{w} \quad \text{en donde: } E_p = \text{Energía potencial (mts ó pies).}$$

$$p = \text{Presión (kg/m}^2 \text{ ó lbs/pie}^2\text{).}$$

$$w = \text{Peso específico (kg/m}^3 \text{ ó lbs/pie}^3\text{).}$$

Esta última energía de presión no propia del fluido, proviene del exterior, pero es cómodo considerarla como poseída por aquel.

Nota: Peso específico del agua.

$$w = 1000 \text{ kg/m}^3.$$

$$w = 62.4 \text{ lb/pie}^3.$$

e) Teorema de Bernoulli.

Si no hay pérdida de carga entre dos secciones de la circulación de un líquido en régimen permanente, la suma de las cargas de altura ó posición, de velocidad y de presión, es constante en cualquier sección del líquido.

O sea, se pueden considerar dos puntos (1 y 2) de un líquido en movimiento, determinando la energía total de una porción de éste a lo largo del filete del fluido en movimiento que los une (figura 1.3.8).

Pudiéndose escribir la ecuación del Teorema de Bernoulli de la siguiente manera:

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{w} = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{w}$$

Cuando existe pérdida por fricción entre las dos secciones consideradas, hay que añadir un término en la ecuación de Bernoulli para que se cumpla dicha expresión, las pérdidas se pueden representar de la siguiente forma:  $H_f$ .

#### f) Fricción.

Para un flujo permanente, en un tubo de diámetro constante, la línea de cargas piezométricas es paralela a la línea de energía e inclinada en la dirección del movimiento. Darcy-Weisbach dedujeron experimentalmente una fórmula para calcular en un tubo la pérdida por fricción:

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad \text{en donde: } H_f = \text{Pérdida por fricción (mts ó pies).}$$

$f$  = Factor de fricción (s/u).

$L$  = Longitud del tubo (mts ó pies).

$D$  = Diámetro nominal del tubo (mt ó pie)

$V$  = Velocidad del fluido (mt/seg ó pies/seg).

$g$  = aceleración de la gravedad (mt/seg<sup>2</sup> ó pies/seg<sup>2</sup>).

El factor de fricción es función de la rugosidad y del número de Reynolds; obteniendo estos datos se vacían en el diagrama Universal de Moody y se obtiene el valor del coeficiente en cualquier tipo de material y cualquier diámetro de tubería, el hacer este tipo de operaciones en el diseño de una instalación resulta sumamente complicado y laborioso. Para fines prácticos de diseño en las instalaciones frecuentemente se utilizan tablas, como la tabla 1.3.9, que son aplicables para agua en condiciones normales, y los resultados obtenidos son bastante exactos.

Tabla 1.3.9 Valores de  $f$  para la fórmula de Darcy-Weisbach, para agua en una tubería recta de material liso.

Diámetro (pulg)	Velocidad en pies/seg								
	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	10.0	15.0	20.0
1/2	0.042	0.038	0.034	0.032	0.030	0.029	0.025	0.024	0.023
3/4	0.041	0.037	0.033	0.031	0.029	0.028	0.025	0.024	0.023
1	0.040	0.035	0.032	0.030	0.028	0.027	0.024	0.023	0.023
1 1/4	0.038	0.034	0.031	0.029	0.028	0.027	0.024	0.023	0.023
2	0.036	0.033	0.030	0.028	0.027	0.026	0.024	0.023	0.023
3	0.035	0.032	0.029	0.027	0.026	0.025	0.023	0.022	0.022
4	0.034	0.031	0.028	0.026	0.026	0.025	0.023	0.022	0.021
5	0.033	0.030	0.027	0.026	0.025	0.024	0.022	0.022	0.021
6	0.032	0.029	0.026	0.025	0.024	0.024	0.022	0.021	0.021
8	0.030	0.028	0.025	0.024	0.023	0.023	0.021	0.021	0.020
10	0.028	0.026	0.024	0.023	0.022	0.022	0.021	0.020	0.020
12	0.027	0.025	0.023	0.022	0.022	0.021	0.020	0.020	0.019
14	0.026	0.024	0.022	0.022	0.021	0.021	0.020	0.019	0.019
16	0.024	0.023	0.022	0.021	0.020	0.020	0.019	0.019	0.018
18	0.024	0.022	0.021	0.020	0.020	0.020	0.019	0.018	0.018

g) Gradiente hidráulico.

Suponiendo un tubo horizontal de sección constante por el que circula agua en el sentido indicado por la flecha (figura 1.3.10). La energía total que el líquido posee en un punto dado, es la suma de la carga de posición, la carga de velocidad y la carga de presión.

Si en un punto "A" del tubo se hace un orificio y se inserta un tubo piezométrico, el agua penetrará y ascenderá hasta un determinado nivel cuya altura es justamente la medida de presión en ese punto.

A medida que el líquido circula en el tubo, su energía total va disminuyendo debido a que la va empleando en vencer la fricción. Como el tubo es de sección constante la velocidad de circulación es igual en todo el tubo, y por lo tanto la carga de velocidad es la misma en cualquier sección, como el tubo está en posición horizontal no hay pérdida de energía de posición

Si en un punto "B" situado a cierta distancia del punto "A" se inserta otro tubo piezométrico, pudiéndose observar que la altura es menor, es decir, la energía total en "B" es menor que en "A", puesto que si no ha habido variación en la carga de velocidad y de posición, en cambio la carga de presión si ha disminuido, o sea que ha habido una pérdida de carga y ello se debió a la fricción. Si se siguieran insertando tubos piezométricos a lo largo de la tubería, sus niveles estarían en línea recta ésta recta es la que se conoce como la línea del *Gradiente Hidráulico*, o también *Pendiente Hidráulica* de la tubería (es la tangente del ángulo  $\alpha$ ), comunmente se representa por el cociente:

$$S = \frac{H_f}{L} \quad \text{Donde; } S = \text{Pendiente hidráulica (s/u).}$$

$H_f =$  Pérdida por fricción (mts ó pies).  
 $L =$  Longitud de la tubería (mts ó pies).

Ahora bien; si en el punto "C" donde la línea del gradiente toca a la tubería, la presión es cero, quiere decir que toda la energía de presión que tenía el agua en "A" se ha empleado en producir circulación del punto "A" al punto "C" y que si se quiere que la circulación continúe más allá del punto "C" se tendrá que insertar una bomba para incrementar la presión.

#### h) Orificios.

-Orificios practicados en una tubería.- La usual aplicación de orificios en tuberías, es el flujo a través de un orificio insertado en una línea, como se aprecia en la figura 1.3.11 para medición, reducción de presión o control.

Si la velocidad en el acercamiento de la tubería es  $V_a$  y la velocidad de carga es  $V_a^2/2g$  por lo que el total de carga en el orificio es:

$$\frac{(P_1 - P_2)}{w} + \frac{V_a^2}{2g} = H \quad \text{Donde: } P_1 = \text{Presión uno (kg/m}^2 \text{ ó lb/pie}^2\text{).}$$

$P_2 =$  Presión dos (kg/m<sup>2</sup> ó lb/pie<sup>2</sup>).  
 $w =$  Peso específico (kg/m<sup>3</sup> ó lb/pie<sup>3</sup>).  
 $V_a =$  Velocidad de acercamiento (m/seg ó pies/seg).

En donde  $P_1$  y  $P_2$  son respectivamente las presiones en los puntos uno y dos, aguas arriba y aguas abajo de el orificio.

Si el gasto al final de un orificio, está dada por la siguiente ecuación:

$$Q = CA (2gH)^{1/2} \quad \text{---(1)}$$

Donde:  $Q$ = Gasto ( $m^3/\text{seg}$  ó  $\text{pie}^3/\text{seg}$ ).  
 $C$ = Coeficiente de gasto (s/u).  
 $A$ = Area de la sección transversal ( $\text{mts}^2$  ó  $\text{pies}^2$ ).  
 $H$ = Pérdida de carga ( $\text{mts}$  ó  $\text{pies}$ ).

De la misma ecuación (1) substituyendo términos se obtiene la misma ecuación de la siguiente forma:

$$Q = CA \left[ 2g \left( \frac{P_1}{w} + \frac{V_a^2}{2g} \right) \right]^{1/2} \quad \text{---(2)}$$

Por definición  $V_a = Q / (\pi D^2 / 4)$  substituyendo estos valores en la ecuación (2), y haciendo las operaciones matemáticas necesarias, se obtendrá la siguiente ecuación para un orificio insertado en una tubería:

$$Q = CA \left[ (2g) \left( \frac{P_1 - P_2}{w} \right) \right]^{1/2} \left[ 1 + \frac{C^2}{2} \left( \frac{D_a}{D} \right)^4 \right]$$

Donde:  $D_a$ = Diámetro del orificio ( $\text{mts}$  ó  $\text{pies}$ ).

$D$ = Diámetro nominal de la tubería ( $\text{mts}$  ó  $\text{pies}$ ).

La velocidad de la vena contracta es:

$$V_2 = \left[ 2g \left( \frac{P_1}{w} - \frac{P_2}{w} + \frac{V_a^2}{2g} - h \right) \right]^{1/2} \quad \text{---(3)}$$

Donde:  $V_2$ = Velocidad de la vena contracta ( $\text{mt}/\text{seg}$  ó  $\text{pie}/\text{seg}$ ).

$g$ = Gravedad ( $\text{mt}/\text{seg}^2$  ó  $\text{pies}/\text{seg}^2$ ).

Reemplazando la pérdida de energía por CV que es usada para orificios, la ecuación (3) queda de la siguiente forma

$$V = C_v \left[ 2g \left( \frac{P_1}{W} - \frac{P_2}{W} + \frac{V_a^2}{2g} \right) \right]^{1/2} \quad C_v = \text{Coeficiente de velocidad (s/u).}$$

Es importante mencionar que cuando exista un orificio en una sección de tubería, la localización de las conexiones no deben instalarse a no menos de 5 diámetros (5 $\phi$ ) de la tubería, aguas arriba ó aguas abajo del orificio.

-Orificios practicados en una pared.- Los orificios practicados en una pared pueden ser; en una pared delgada o biselada, para que se cumpla ésta condición los bordes del orificio deben ser afilados como se observa en la figura 1.3.12a y en pared gruesa, en este caso la contracción que sufre la vena de líquido es nula, para que esto ocurra el borde del orificio sufre un abocinamiento como se muestra en la figura 1.3.12b.

La velocidad de salida de la vena líquida en un orificio de pared delgada está dada por la siguiente fórmula:

$$V = C_v (2gH)^{1/2} \quad V = \text{Velocidad (mt/seg. ó pies/seg).}$$

$$H = \text{Pérdida de carga (mts ó pies).}$$

El valor del coeficiente de velocidad (Cv) siempre tendrá un valor menor de uno; su valor medio será Cv= 0.97 para este caso.

El gasto está dado por la siguiente expresión (para orificios de pared delgada):

$$Q = C S_o (2gH)^{1/2} \quad (1) \quad S_o = \text{Area del orificio (mt}^2 \text{ ó pie}^2\text{).}$$

$$C = \text{Coeficiente de gasto (s/u).}$$

En este caso el coeficiente de gasto será aproximadamente C= 0.61 y sabiendo que el área de un orificio circular

es  $S_o = \pi Da^2/4$  la fórmula (1) puede quedar de la siguiente manera:

$$Q = 0.4791 Da^2 (2gH)^{1/2} \quad Da = \text{Diámetro del orificio (mts ó pies)}.$$

El coeficiente de gasto para una pared gruesa experimentalmente es  $C = 0.97$  por lo que la fórmula del gasto será de la siguiente manera:

$$Q = 0.7618 Da^2 (2gH)^{1/2} \quad Q = \text{gasto (m}^3/\text{seg ó pie}^3/\text{seg)}.$$

-Tubo corto ó standard.- Si a la salida de un orificio está conectado un tubo corto, es decir, el líquido no sale directamente al aire, sino a un tubo de longitud pequeña (figura 1.3.13); para que el tubo sea realmente corto, es necesario que su longitud sea aproximadamente *dos veces y media* el diámetro del orificio.

Al salir, el líquido se comporta como si se tratara de un orificio practicado en pared delgada, pues la arista del orificio hace que los filetes líquidos tomen una dirección que origina la sección contraída, luego se expansiona llenando completamente el tubo, por lo que tiene la propiedad de aumentar el gasto aproximadamente un 30% más que el de un orificio practicado en pared delgada para las mismas dimensiones, y cuando la descarga del agua se efectúa directamente al aire, el coeficiente de gasto para un tubo corto tiene un valor aproximado de 0.82 por lo que la ecuación de gasto queda de la siguiente forma:

$$Q = 0.644 Da^2 (2gH)^{1/2}$$

El coeficiente de gasto "C" para orificios practcados en una pared, en tuberías, así como de tubo corto siempre estará en función directa de los coeficientes de velocidad "Cv" y de contracción de la vena líquida "Cc" es decir:  $C = CcCv$ .

Para el valor de la constante "C" en el caso de un orificio en una tubería puede ser encontrado directamente por medio de las tablas 1.3.14 y 1.3.15.

Los orificios practicados en pared solamente se mencionaron los más usuales, por lo que sus ecuaciones respectivamente están de una manera genérica para mayor facilidad, en la tabla 1.3.16 no solamente se observa el coeficiente de gasto, sino que también el de velocidad y contracción.

i) Golpe de ariete.

Este fenómeno se produce en las tuberías al cerrar o abrir una válvula y al poner en marcha o parar una máquina hidráulica (una bomba). La figura 1.3.17 representa una tubería de longitud "L", espesor "e" y diámetro nominal "D" por la que circula agua proveniente de un depósito y que termina en su extremo derecho con una válvula. Si se cierra esta rápidamente, en virtud del principio de conservación de la energía, al disminuir la energía cinética, ésta se va transformando en un trabajo de compresión del fluido que llena la tubería y en el trabajo necesario para dilatar ésta última; se ha producido una sobrepresión o un golpe de ariete positivo, por el contrario al abrir rápidamente una válvula se puede producir una depresión o golpe de ariete negativo.

Explicación del fenómeno.- Al cerrarse por completo la válvula de la figura 1.3.17; si se divide imaginariamente todo el fluido que llena la tubería en "rodajas", como la 1, 2, 3 y 4 indicadas en la figura, se quedará primero en reposo la "rodaja" 1 y a continuación la 2, 3, 4 etc. Es decir, en la válvula se ha originado una onda de presión que se propaga con una velocidad "Co", la cual en el instante considerado tiene dirección contraria a la velocidad "v" del fluido: se ha creado una onda elástica o sea, una onda de presión que se propaga por la tubería, se refleja en el depósito de agua, vuelve a la válvula, de nuevo al depósito de agua, y así sucesivamente, originando sobrepresiones y depresiones en la tubería, la cual se dilata o contrae al paso de la onda.

Con el estudio de este fenómeno se podrá observar de que factores depende para poder aminorarlo, para calcular

las sobrepresiones que se prevén en la instalación, y calcular el espesor de la tubería para resistir a ésta sobrepresión, etc.

Joukowski elaboró las siguientes fórmulas para poder determinar la sobrepresión y la celeridad de la onda de presión en una tubería y son:

$$\Delta p = \rho C_o V \quad \text{y} \quad C_o = \frac{\left(\frac{E_o}{\rho}\right)^{1/2}}{\left(1 + \frac{E_o D}{E \delta}\right)^{1/2}}$$

$\Delta p$ = Sobrepresión en cierre total de la válvula  
(kg/m<sup>2</sup> ó lb/pie<sup>2</sup>).

$\rho$ = Densidad del fluido (kg-seg<sup>2</sup>/m<sup>4</sup> ó lb-seg<sup>2</sup>/pie<sup>4</sup>).

$V$ = Velocidad del fluido (mt/seg ó pie/seg).

$C_o$ = Celeridad de la onda de presión (mt/seg ó pies/seg).

$E_o$ = Módulo de elasticidad del volumen del fluido (kg/mt<sup>2</sup> ó lbs/pie<sup>2</sup>).

$D$ = Diámetro nominal de la tubería (mt ó pie).

$E$ = Módulo de elasticidad del material (kg/m<sup>2</sup> ó lb/pie<sup>2</sup>).

$\delta$ = Espesor de la tubería (mt ó pie).

Figura 1.3.1 Régimen laminar y turbulento.

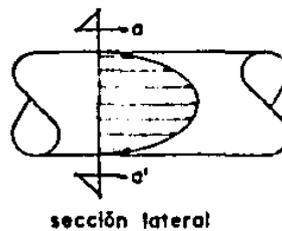


a) Flujo laminar



b) Flujo turbulento

Figura 1.3.4 Velocidades en un tubo recto, bajo régimen laminar.



corte transversal a-a'

Figura 1.3.5 Energía de posición.

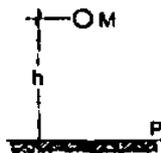


Figura 1.3.6 Energía cinética.

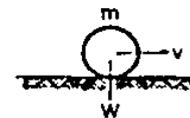


Figura 1.3.7 Energía potencial.

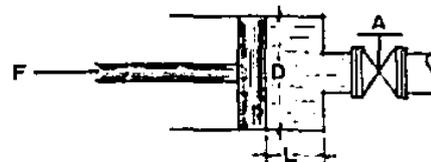


Figura 1.3.8 Teorema de Bernoulli.

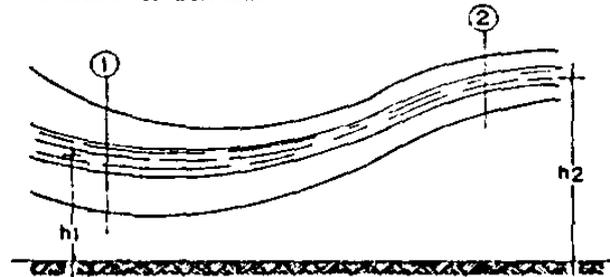


Figura 1.3.10 Gradiente Hidráulico.

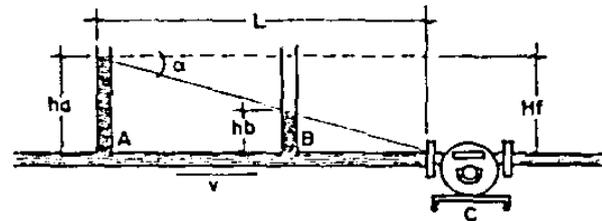


Figura 1.3.11 Orificios.



Figura I.3.12 Orificios.



Figura I.3.13 Tubo corto.

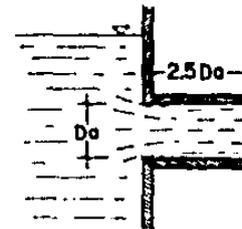


Tabla I.3.14 Variación de "C" con respecto a "H" para orificios al final de un tubo.

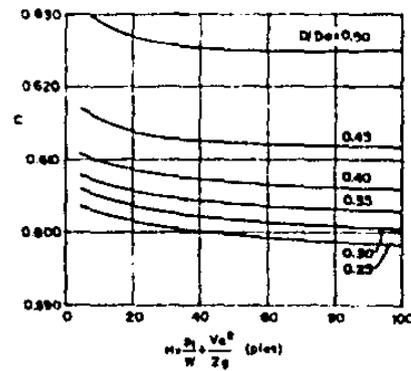


Figura I.3.15 Variación de "C" con respecto al número de Reynolds para orificios en tuberías.

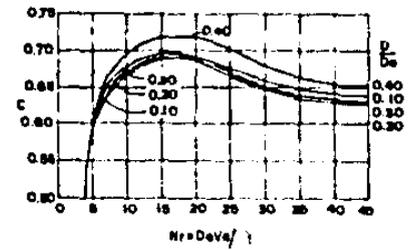
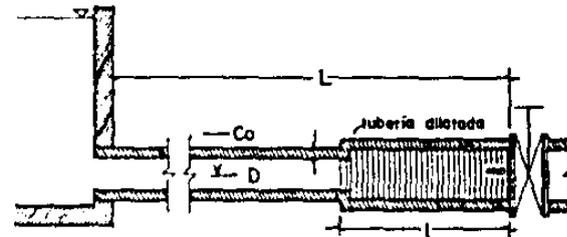


Figura 13.16 Coeficientes de contracción, de velocidad y de caudal para orificios.

Figura			
$C_c$	0.62	1.00	1.00
$C_v$	0.98	0.98	0.82
$C$	0.61	0.98	0.82

Figura 13.17 Golpe de ariete.



#### 1.4 DATOS NECESARIOS PARA PROYECTO.

En la elaboración de un proyecto de instalación hidráulica, sanitaria y de protección contra incendio, se requieren de una serie de datos para optimizar el diseño y cumplir las necesidades que se requieran.

Los siguientes requerimientos son propiamente para el diseño de las instalaciones de un hotel; que por consiguiente tiene más necesidades y diversos servicios, por lo que las instalaciones serán más complejas necesitando el mayor número de datos posibles.

##### 1) Instalación hidráulica.

###### 1.1 Datos de población.

-No. de empleados administrativos de servicios

-No. de comensales en: Bares

Comedores

Restaurantes

Otros

-No. de visitantes en comercios (población flotante)

-No. de huéspedes del hotel

###### 1.2 Localización de la toma municipal:

-Presión disponible de la toma

-Horas de servicio de la toma

-Diámetro de la toma

-Gasto disponible

-Análisis químico-bacteriológico

###### 1.3 Equipo de tratamiento para el agua de cisterna (as)

-Bacteriológico (clorinado, iones de plata etc.)

-Químico (ablandadores, tratamiento para acidez ó alcalinidad, etc.)

-Físicos (filtro para eliminar turbiedad, sabores olores, etc.)

###### 1.4 Tipos de suministro de agua de cisterna (as) a servicios.

-Gravedad (traspaso a tinacos y localización de los mismos

-Equipo de presión (especificaciones)

**1.5 Sistema de calentamiento.****1.5.1 Distribución.**

- Equipo de calentamiento (especificaciones)
- Equipo de calentamiento para cada conjunto
- Equipo de calentamiento para cada edificio

**1.5.2 Tipo de calentamiento.**

- Calderas de vapor
- Calderas de agua caliente
- Calentadores

**1.5.3 Equipo de tratamiento para calderas.**

- Equipo suavizador
- Equipo deareador (eliminación de gases disueltos)

**1.5.4 Combustibles a usar.**

- Gas l.p.
- Diesel
- Combustóleo

**1.6 Cisterna(s).****1.6.1 Localización.****1.6.2 Capacidad.**

- Agua para servicio
- Agua de reserva contra incendio

**2) Riego.****2.1 Por aspersión.**

- Aspersores subterráneos (indicar tipo)
- Aspersores giratorios de acoplamiento rápido

**2.2 Por mangueras.**

- Hidrantes
- Válvulas de acoplamiento rápido

**2.3 Preparaciones para limpieza (indicar áreas con este servicio).**

- Hidrantes
- Válvulas de acoplamiento rápido

**3) Instalación sanitaria.****3.1 Albañal municipal**

- Indicar sistema existente
- Cotas de plantilla de pozos de visita
- 3.2 Depuración de aguas residuales.
  - Lagunas de estabilización
  - Depuración biológica natural
  - Sistema con tanques sépticos
  - Plantas completas para el tratamiento de aguas residuales
- 3.3 Aguas pluviales (en techumbres).
  - Esgurrimiento libre
  - Coladeras
  - Canalones
- 3.4 Aguas pluviales (en terrazas).
  - Esgurrimiento libre
  - Coladeras
- 3.5 Datos pluviométricos.
  - Intensidades
  - Frecuencia
  - Duración
  - Máxima precipitación registrada
- 4) Sistema contra incendio.
  - 4.1 Fuente de abastecimiento (indicarla).
  - 4.2 Equipo a emplear.
    - Rociadores (indicar zonas)
    - Gabinetes con manguera
    - Gabinetes con manguera y extintor
    - Gabinetes con manguera y extintor separado
    - Tipo de gabinete a emplear (empotrar ó sobreponer)
  - 4.3 Accesorios (válvula, cople, chiflón, rociadores)
    - Bronce pulido
    - Bronce cromado
    - Sintéticos
  - 4.4 localización exacta de las tomas siamesas.
- 5) Albercas.
  - 5.1 Equipo de tratamiento.

- Clorinado
- Filtrado
- 5.2 Equipo de calentamiento.
  - Fuente calorífica del equipo central
  - Fuente calorífica independiente
- 5.3 Combustible a usar.
  - Gas l.p.
  - Otros
- 6) Muebles sanitarios.
  - 6.1 W.C. (privado, público, empleados).
    - Fluxómetro (tipo)
    - Tanque
  - 6.2 Lavabo (privado, público, empleados).
    - Tipo de mezcladora ó llaves individuales
    - Tipo c6s pol
    - Colectivo
  - 6.3 Regaderas (privado, público, empleados).
    - Tipo mezcladora ó llaves individuales
  - 6.4 Tina-regadera.
    - Tipo mezcladora ó llaves individuales
    - Tipo desagüe
  - 6.5 Tina.
    - Tipo mezcladora ó llaves individuales
    - Tipo desagüe
  - 6.6 Mingitorios.
    - Fluxómetro (tipo)
    - Grifo
    - Colectivo
- 7) Equipos y muebles para cocina(s) (datos para cada mueble o equipo).
  - 7.1 Demanda de agua.
    - Agua caliente
    - Agua fría
    - Agua sobrecalentada

**7.2 Vapor.**

- Consumo de vapor
- Presión de trabajo del vapor

**7.3 Gas.**

- Consumo de gas
- Presión de trabajo del gas

**7.4 Ver datos sobre catálogo.****8) Combustible.****8.1 Tipo de combustible.**

- Gas l.p.
- Diesel
- Combustóleo

**8.2 Localización de tanques de almacenamiento (para cada combustible).****8.3 Indicar el uso de tanques de dfa y traspaso de combustibles****8.4 Localización de tomas de llenado de tanques de almacenamiento).****9) Aire acondicionado.****9.1 Alimentación.**

- Indicar en planos donde se requiere preparación
- Consumo y diámetro necesario

**9.2 Desagües.**

- Indicar en planos donde se requiere preparación
- Indicar gasto a desalojar y diámetro necesario

**10) Planos requeridos.****10.1 Planos arquitectónicos.**

- Plano de localización
- Plano de conjunto
- Plantas de distribución (completas)
- Plantas de azoteas
- Cortes
- Planos de detalle de locales (a mayor escala), que vayan a contener instalaciones hidráulicas y sanitarias, tales como cuartos de máquinas, baños, cocinas, etc.

-Planos de detalle de cisternas y cárcamos indicando la localización de los mismos

10.1.1 Planos estructurales conteniendo:

-Ductos para instalaciones o posibilidad de éstos (en caso de baños, cocinetas etc.)

10.1.2 Indicar la posición general de las instalaciones

-Entre losa y plafond (proporcionar detalle de colocación y tipo de plafond)

-Entre losa y piso terminado (proporcionar detalle indicando el lugar para alojar las instalaciones)

10.2 Planos topográficos.

-Plano de altimetría del terreno indicando cotas de rasantas de avenidas colindantes

-Calles y andadores

-Plano de niveles del terreno con cotas positivas indicando el banco de nivel

-Cortes transversales de esteros, depresiones, etc., referidos al plano topográfico

10.3 Gufas mecánicas.

-Gufa mecánica de cocinas

-Gufa mecánica de bares

-Gufa mecánica de barras y estaciones de servicio

-Gufa mecánica de cuarto de máquinas

-Otras

11) Acabados generales.

-Calles

-Avenidas

-Estacionamientos

-Azoteas

-Andadores

-Otros

12) Expansión, soportería y vibración (para tuberías sujetas a elevación de temperatura: agua caliente, retorno, vapor, condensado; y a vibración).

**12.1 Expansión.**

- Juntas de expansión deslizantes
- Juntas omega (de tubo doblado)
- Juntas U-bend (de tubo y conexiones)
- Otras

**12.2 Soportería.****12.2.1 Soportería para tubería.**

- Rodillos
- Abrazaderas que permitan movimiento

**12.2.2 Soportes especiales.**

- Guías deslizantes para tubería
- Abrazaderas-gufa

**12.3 Vibración (para succiones y/o descarga de bombas).**

- Mangueras antivibratorias
- Otros

**13) Criterio general de especificaciones de materiales y equipos.****13.1 Alimentación de agua fría, agua caliente y retorno de agua caliente.**

- Ramales interiores (en los núcleos sanitarios)
- Redes y columnas interiores
- Redes y columnas exteriores

**13.2 Riego.****13.3 Desagües.**

- Desagües interiores y doble ventilación (en los núcleos sanitarios)
- Colectores, bajadas de aguas negras y columnas doble ventilación interiores
- Bajadas, colectores pluviales interiores
- Albañales (alcantarillado)

**13.4 Sistema contra incendio.****13.5 Alberca.**

- Cuarto de máquinas
- Circulación de agua

-Desagües

13.6 Combustibles.

-Gas (instalación interior y exterior)

-Diesel

-Combustóleo

Este catálogo enunciativo de conceptos, pretende ser una guía generalizada para la obtención de datos básicos para determinar el criterio general en el desarrollo de un proyecto, siendo evidente que según el caso en estudio se requiere profundizar en cada concepto según la complejidad de la obra y el análisis de funcionalidad y costo que amerite la construcción.

## CAPITULO 2      **INSTALACION HIDRAULICA.**

### **2.1**      **CARACTERISTICAS DEL AGUA.**

#### **a) Físicas.**

Peso molecular	18.015	unidades masa (atómicos)
Punto de congelación	0.000	°C (al nivel del mar)
Punto de ebullición	100.000	°C (al nivel del mar)
Densidad	0.998	gr/ml a 20°C
Calor de fusión	1.440	Kcal/mol
Calor de vaporización	9.720	Kcal/mol
Solubilidad del NaCl	0.360	gr/1.0gr agua a 25°C

#### **b) Químicas.**

El agua es un compuesto estable, no se descompone fácilmente ni siquiera empieza a descomponerse térmicamente en hidrógeno y oxígeno mientras no se alcance la temperatura de 1000°C (1832°F) aún a 2500°C (4532°F), sólo se descompone un 2% de agua.

A temperaturas ordinarias, el agua reacciona violentamente con los metales *químicamente activos* como el sodio y el potasio, desprendiendo hidrógeno gaseoso.

En temperaturas menos elevadas, los metales menos activos como el zinc, reaccionan con el vapor de agua liberando hidrógeno gaseoso, en tales casos se forma el óxido del metal. El oxígeno del agua puede ser liberado químicamente por la reacción con los no metales muy activos, por ejemplo: el flúor gaseoso reacciona violentamente con el agua, desprendiendo oxígeno gaseoso.

#### **c) Cualidades del agua potable.**

El Instituto Mexicano del Seguro Social, hace algunas recomendaciones en cuanto a la calidad del agua para que ésta sea potable y benéfica al organismo humano.

## 1) Propiedades Físicas.

	Valor máximo recomendable	Valor máximo permisible	
Turbiedad	5	25	(Esc. de Sílice)
Color	5	50	(Esc. Platino-Cobalto)
Olor	0	0	(Inodoro)
Sabor	0	0	(Agradable)
Sólidos tot.	500	1500	mg/lt

## 2) Propiedades Químicas.

-Generales			
P.H.	7.0-8.5	6.5-9.0	
Dureza tot. (mg/lt)	100	500	
-Metales (mg/lt)			
Calcio	75	200	
Magnesio	30	150	
Fierro	0.1	1.0	
Manganeso	0.05	0.5	
Zinc	5.0	15.0	
-Sales (mg/lt)			
Cloruros	200	600	
Sulfatos	200	400	
Nitratos	-	45	
Fluoruros	0.6-1.7	-	
-Substancias tóxicas (mg/lt)			
Arsénico	-	0.05	
Bario	-	1.0	
Cadmio	-	0.01	
Cromo hexavalente	-	0.05	
Cianuros	-	0.05	
Plata	-	0.05	
Plomo	-	0.1	
Mercurio	-	0.001	

Valor máximo Valor máximo  
recomendable permisible

Selenio	-	0.01
Cobre	0.05	1.5
-Compuestos orgánicos		
Hidrocarburos polinucleares aromáticos	-	0.2
Fenoles	0.001	-
Extracto carbón	0.2	-

-Bacteriológicos

\*En el curso de un año, el 95% de muestras no debe tener ningún coliforme en 100 ml

\*Ninguna muestra debe contener E. Coli en 100 ml

\*Ninguna muestra debe contener más de 10 coliformes en 100 ml

\*En ningún caso se encontrarán gérmenes coliformes en 100 ml de dos muestras consecutivas

Es importante tener en cuenta las recomendaciones en cuanto a la calidad del agua en las instalaciones dependiendo del uso que se le vaya a dar.

Si se trata de agua potable para consumo humano y se detectan anomalías en el agua, se procederá a colocar equipos de filtración, clorinación, iones de plata etc, con el fin de potabilizar el agua y pueda ser consumida sin riesgo alguno, generalmente se determinan los núcleos donde existan éstas necesidades de suministro de agua potable, para su dotación de equipos correspondientes puesto que si se utilizara uno central para alimentar dichos núcleos, resultaría demasiado grande y costoso.

Cuando se trate de suministrar agua a equipos como calderas, aire acondicionado etc, ó redes de tuberías donde se conduzca agua a elevadas temperaturas es necesario regular el "P.H." y la "dureza" del agua por lo siguiente:

a) P.H. del agua.

La velocidad con la cual el agua corroe los metales, depende de la temperatura, de la concentración de iones de hidrógeno, de la cantidad de oxígeno disuelto y de la presencia o ausencia de algunas sales minerales; por lo que las aguas cuyo P.H. sea menor de 7.0 son ácidas y corroen rápidamente los metales, y las que sobrepasan el P.H.=7.0 son alcalinas, por lo que son más recomendables con el fin de reducir la corrosión.

b) Dureza del agua.

Este concepto tal como se aplica al agua, significa la propensión a formar incrustaciones en los metales, por lo que es conveniente tomar medidas necesarias para poder abatir el índice de "dureza".

En éstos conceptos también se procederá a delimitar los núcleos que lo requieran por razones económicas.

d) Conservación del agua potable en tanques de almacenamiento.

El empleo de tanques de almacenamiento para agua potable dependerá de las necesidades que se requieran, generalmente la fuente de abastecimiento de agua se efectúa a través de la red municipal, aunque ésta haya sido tratada con anterioridad, normalmente es necesario volver a reacondicionar el agua antes de su almacenamiento.

Para que el agua almacenada se conserve en óptimas condiciones es importante considerar las siguientes recomendaciones:

-El depósito (cisterna ó tanque) debe encontrarse retirado de cualquier foco de contaminación como pueden ser las aguas freáticas ó sépticas.

-Se requiere de un acceso para inspección y limpieza del tanque de almacenamiento.

-Dependiendo del diseño se construirá un foso para la recolección de sedimentos en suspensión, cuidando que éstos sean siempre inocuos.

-El agua debe encontrarse ventilada, esto puede lograrse por medio de tubos rematados con codos de retorno protegidos en su boca por medio de mallas para obtener una mayor seguridad de limpieza y se permita el acceso al aire.

-Siempre se estudiará el diseño de los depósitos y de sus accesorios (descarga y succión) bajo el principio de evitar la entrada de materias extrañas así como la formación de crecimientos orgánicos (algas).

e) Tratamientos en albercas.

La calidad del agua contenida en una alberca obedece a razones higiénicas y de su propia conservación, por lo que el agua recibe un tratamiento de sustancias químicas, tales como:

- \*Cloro.- Para mantener el agua químicamente pura, limpia y estable.
- \*Sulfato de cobre.- Evita el crecimiento de algas.
- \*Alumbre de potasio o Amonio.- Para conservar una limpidez del agua.

Es necesario que el P.H. del agua en la alberca este ligeramente alcalino; entre 7.4 y 7.8, para obtener buenos resultados entre las sustancias químicas y darle una cierta consistencia al agua, ésta a su vez debe recircularse periódicamente pasando por filtros especiales de arena para controlar la turbiedad del agua y pueda volverse a utilizar, si las necesidades lo requieren en la instalación, se puede intercalar una caldera para obtener las condiciones de temperatura deseadas. Se recomienda que los equipos de dosificación de sustancias químicas sean automatizados cuando la alberca exceda de los 400 mts<sup>3</sup>.

El llenado de la alberca podrá realizarse por cualquier medio, por lo que las instalaciones propias de la alberca son básicamente para la recirculación del agua y su debido tratamiento.

En la figura 2.1.1a y b, se pueden apreciar las instalaciones típicas de una alberca.

Para que exista un buen tratamiento del agua (dosificaciones químicas) y un mejor aprovechamiento de las instalaciones y equipos, es conveniente observar los siguientes pasos de la recirculación del agua a través del sistema:

-Filtrar.

El agua se succiona del fondo de la alberca y por los limpiadores de superficie, entrando al filtro por la parte superior; Abrir las válvulas 1,4 y 6, y cerrar las restantes (figura 2.1.2).

-Barrer.

El agua se succiona por la aspiradora subacuática entrando al filtro por la parte superior, regresándose por la tubería de retorno; Abrir las válvulas 2,4 y 6, y cerrar las restantes (figura 2.1.2).

La trampa de pelo ó de hojas deberá limpiarse antes y después de barrer. Si hay limpiadores de superficie deben cerrarse.

-Retrolavar.

El agua se succiona del fondo de la alberca entrando al filtro por la parte inferior y se tira al drenaje, hasta observar que pase limpia por la escotilla; Abrir las válvulas 1,3 y 5, y cerrar las restantes (figura 2.1.2).

-Dosificación.

La dosificación del clorador y de las demás substancias, son de acuerdo a las especificaciones del fabricante del equipo.

f) Tratamientos en calderas.

Las aguas del servicio municipal no son adecuadas en su condición normal, para la alimentación de calderas, por lo que generalmente se necesita de un tratamiento adecuado. Los efectos de las impurezas del agua de alimentación en las calderas principalmente son:

1) Formación de espuma.

- a) Minerales: éstas sustancias usualmente contienen sosa en forma de carbonato, cloruro ó sulfato.
- b) Orgánicas: generalmente corresponden a las aguas negras.

2) Formación de cieno o lodo.

Son partículas sólidas minerales u orgánicas en suspensión, las cuales se depositan en la superficie de calentamiento con el consiguiente peligro de un sobrecalentamiento de placas ó tubos.

3) Formación de incrustaciones.

Los principales son los carbonatos y sulfatos de calcio y magnesio así como el hidróxido de magnesio, los cuales se incrustan en las superficies de calentamiento, lo cual retarda la transmisión de calor por el metal, perdiéndose así calor y causando peligro de que las placas se sobrecalienten y se abolsen.

4) Corrosión de placas y otras superficies metálicas.

Esto puede suceder cuando actúan compuestos químicos tales como el cloruro de magnesio, ácidos libres ó gases tales como el oxígeno y dióxido de carbono.

Los métodos más comunes para eliminar los posibles problemas de una caldera mencionados anteriormente son:

1) Equipo de desaeración.

La desaeración es empleada para eliminar ó reducir los gases incondensables disueltos en el agua, que puedan ser corrosivos (oxígeno y bióxido de carbono principalmente).

2) Suavización.

Cuando existen sales de calcio o magnesio disueltos en el agua, se dice que el agua tiene dureza ó comunmente se le denomina *agua dura*. El proceso mediante el cual se lleva a cabo la eliminación o reducción de ésta dureza se llama suavización.

### 3) Tratamiento de los condensados.

Los condensados son prácticamente agua destilada que normalmente sólo contiene pequeñas cantidades de material mineral, el contenido de dureza es bajo, también puede estar presente cierta cantidad de bióxido de carbono, así como oxígeno disuelto que pueden ser eliminados por medios químicos para que no puedan causar incrustaciones ó corrosión en las calderas.

Figura 2.1.1 Diagrama de la instalación hidráulica y sanitaria de una alberca.

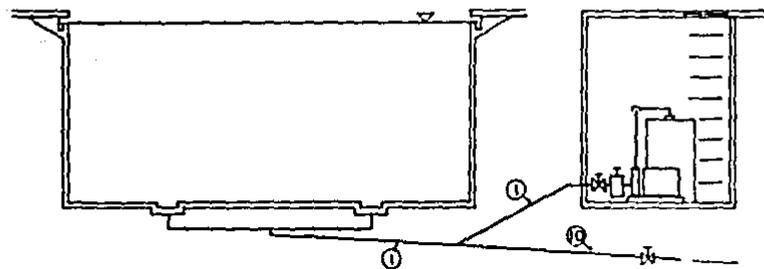
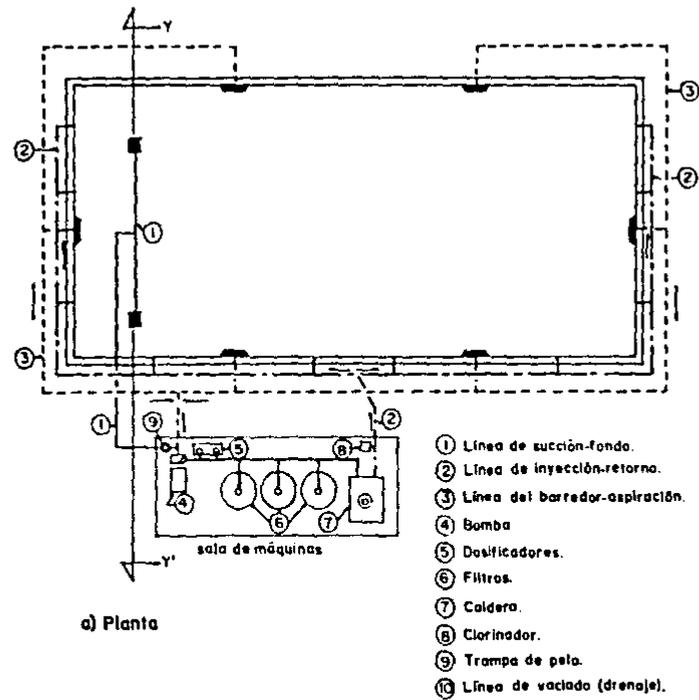
**b) Corte Y-Y'**

Figura 2.1.2 Diagrama de instalación, para filtro de alberca.

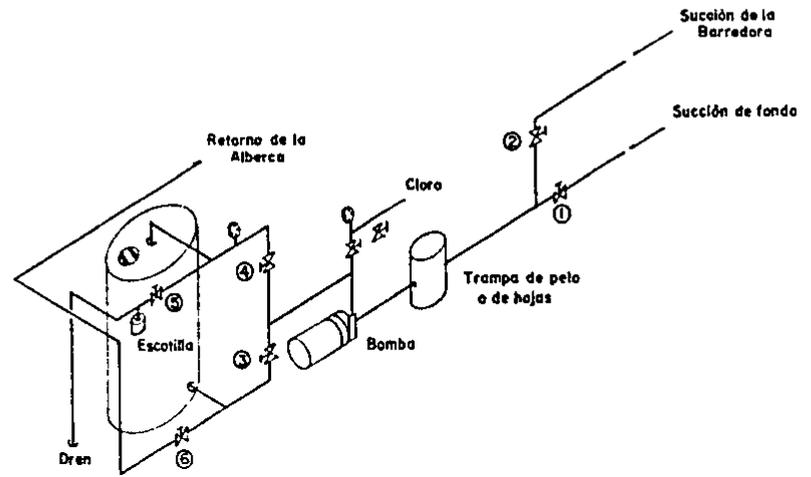
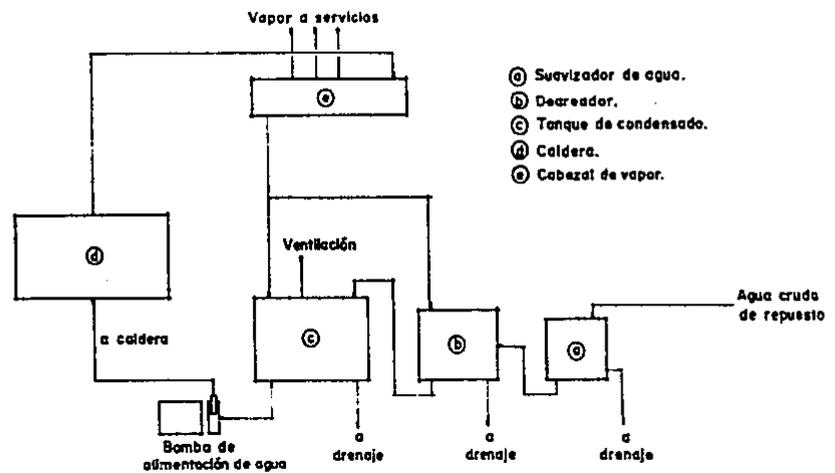


Figura 2.1.3 Diagrama de flujo, de equipos de tratamiento de agua para la alimentación de una caldera.



## 2.2 DOTACIONES Y ALMACENAMIENTO.

### a) Dotación y tipos de almacenamiento.

Para calcular el consumo diario de agua de una construcción, es necesario conocer; tanto el tipo de inmueble así como los servicios incorporados a éste, en la tabla 2.2.1 se indican algunos de los consumos más usuales que podrán variarse de acuerdo a la experiencia, así como a casos especiales en los que se deberán estudiar las necesidades y volúmenes de agua a utilizar.

El volumen de agua que se deberá almacenar es el resultado obtenido mediante la tabla 2.2.1 más la reserva contra incendio (en caso de ser necesario) como se podrá observar en el capítulo dedicado al Sistema de Protección contra Incendio; en los casos en que el proyecto arquitectónico no permita el almacenamiento adecuado, este no deberá ser menor de 2/3 de la dotación prevista.

Tabla 2.2.1 Dotaciones.

Tipo	Dotación	Unidades
Habitación popular.	150	lt/persona-día
Habitación interés social.	200	lt/persona-día
Residencias y deptos.	250 a 500	lt/persona-día
Edificios de oficinas.	10	lt/m <sup>2</sup> rentable
Hoteles.	500	lt/persona-día
Clubes (servicios sanitarios).	500	lt/persona-día*
Baños públicos.	500	lt/persona-día*
Cines.	2	lt/visitante-función
Fábricas (no incluye producción).	100	lt/obrero-turno
Escuelas.	100	lt/persona-turno
Restaurantes.	15 a 30	lt/comensal*
Lavanderías.	40	lt/kg-ropa seca
Hospitales.	500 a 1000	lt/cama-día
Peluquerías.	40	lt/asiento/2 cambios-hr
Salones de belleza.	40	lt/asiento/1 cambio-hr
Locales comerciales.	100	lt/empleado-día
Visitantes de hoteles.	10 a 30	lt/visit/50visit-hr*
Visitantes de comercios.	10 a 30	lt/visitante*
Empleados de oficinas.	70	lt/persona-día
Jardines.	5	lt/m <sup>2</sup>
Patios, plazas y estacionamientos.	3	lt/m <sup>2</sup>

\*El número de visitantes por hora en hoteles y comercios así como en centros sociales ó de reunión, deberán consultarse con la *propietaria* para lograr resultados cercanos a la realidad.

b) Dimensionamiento de la toma municipal.

El agua para los servicios de una edificación puede obtenerse de la red municipal ó bien de una instalación privada de captación. De ésta red municipal de abastecimiento parte otra tubería de menor diámetro que penetra en el edificio al cual se va a dotar de agua, ésta tubería se conoce con el nombre de tubería de servicio ó toma municipal. Las instalaciones típicas de las tomas municipales que se usan en nuestro país se muestran en la figura 2.2.2.

En ésta toma se emplea el tubo de cobre, pero se puede utilizar el hierro galvanizado que es el que más se usa, ó también el tubo de plástico (P.V.C.) que actualmente tiene mucha demanda por ser el más económico y fácil de manejar.

En la figura 2.2.2 de la toma domiciliaria, la válvula que se encuentra en el tubo de servicio antes de penetrar éste al edificio se le denomina válvula ó llave de banqueta, y el objetivo de dicha válvula es de cortar el agua sin penetrar al edificio en el caso de alguna reparación. La llave de banqueta debe colocarse en una caja de hierro llamada caja de válvula, a la que se tiene acceso desde la superficie por medio de una llave especial.

Antes de instalar la tubería de servicio, es necesario que el departamento de aguas de la ciudad otorgue el permiso para efectuar dicha instalación. La toma se efectúa con un ladro especial y se realiza sin necesidad de cortar el suministro de agua a los edificios circundantes.

Debe tenerse cuidado de proteger a la tubería de servicio cuando cruza por pisos ó paredes de hormigón, usando un casquillo metálico o bien envolviéndola con un material que le proporcione protección adecuada.

Una vez que la tubería de servicio ha penetrado al edificio se forma con ésta un cuadro llamado: cuadro de toma, que consta de una válvula de compuerta que sirve como llave de control para toda la instalación del edificio. Después de la válvula de compuerta continúa el medidor; éste en algunas ocasiones se localiza antes de la válvula, y tiene por objeto medir la cantidad de agua que gasta el edificio, la selección del diámetro y tipo de medidor está encomendado al municipio.

De lo anterior se deduce que los aparatos de medición son necesarios sobre todo en una ciudad tan grande como lo es el D.F., ya que representan un considerable ahorro de agua que se consume, pues ésta resulta demasiado costosa, ya que como se sabe se obtiene a base del bombeo de pozos muy profundos ó desde lugares muy alejados de la ciudad.

Método a seguir para el dimensionamiento de la toma municipal:

- 1) Número total de habitantes.
- 2) Dotación/habitante/día (lts).
- 3) Dotación diaria total: (1)x(2) en lts.
- 4) Tiempo requerido para obtener la dotación diaria total (varía según las horas de servicio que proporcione el Depto de Agua de la ciudad en cada zona y se puede tomar como un tiempo promedio el de 12 hrs), en horas.
- 5) Gasto medio;  $G_m = (3)/(4)$  en lt/hr a  $m^3/\text{seg}$ .
- 6) Presión en la tubería municipal (m.c.a.).
- 7) Longitud de la toma (mts).
- 8) De la fórmula  $H_f = f(LV^2/2gD)$ ; por lo que:  $V = (2gH_fD/fL)^{1/2}$ ; de donde se obtiene la velocidad del fluido en la tubería para un diámetro supuesto, en donde:
  - $H_f$ = Pérdida de carga a lo largo de la tubería (m.c.a.).
  - $g$ = Aceleración de la gravedad ( $9.81m/\text{seg}^2$ ).
  - $D$ = Diámetro supuesto (mts).
  - $f$ = Coeficiente de fricción de Darcy-Weisbach ( $s/u$ ).
  - $L$ = longitud de la tubería de la toma (punto (7)), en mt
  - $V$ = Velocidad del fluido ( $mt/\text{seg}$ ).

9) Sabiendo que  $Q=AV$  y  $A=\pi d^2/4$ ; por lo tanto:  $Q=V\pi d^2/4$  ó sea  $d=(4Q/\pi V)^{1/2}$  donde:  $d$ = Diámetro nominal del tubo (teórico) en metros.

$Q$ = Gasto medio; punto (5), en  $m^3/\text{seg.}$

$V$ = Velocidad obtenida en el punto (8), en  $m/\text{seg.}$

10) Si el diámetro teórico obtenido en el punto(9) es menor ó igual al supuesto, el diámetro supuesto será el correcto.

c) Dimensionamiento de cisternas y tanques de almacenamiento.

Como anteriormente se ha hecho mención, el dimensionamiento de cisternas y tanques de almacenamiento dependerán de las condiciones arquitectónicas y estructurales de la obra por lo que no existe una regla definida que condicione las dimensiones de los depósitos de almacenamiento de agua en una obra determinada.

Dependiendo del tipo de almacenaje se pueden seguir los siguientes criterios para obtener las dimensiones que cumplan las necesidades requeridas.

- Cisternas de una celda ó tanques elevados.

El volúmen total del depósito de agua estará dado por el volúmen empleado para servicios al 100%, más el volúmen de agua destinado para el Sistema Contra Incendio (si es que existe), también a un 100% de lo proyectado (figura 2.2.3a).

- Cisternas de doble celda con cabezal de succión.

El diseño para cada una de las celdas deberá ser de la siguiente forma: Se empleará del 50% al 75% del volúmen proyectado para servicios, más el 100% del volúmen de agua correspondiente al sistema contra incendio (figura 2.2.3b).

- Cisternas de doble celda con cárcamo.

El cárcamo en una cisterna a diferencia del cabezal de succión (aunque el fin es el mismo) actuará como una pequeña celda más de la cisterna, por lo que el criterio de los porcentajes de agua destinada a servicios y protección contra incendio serán los mismos que en las cisternas con cabezal de succión.

ción, con la diferencia de que los porcentajes deberán ser cubiertos con las semi-sumas de cada una de las celdas y el cárcamo.

Cuando se obtienen los volúmenes totales de agua para los diferentes casos existentes, se procederá al dimensionamiento del depósito de agua (cisterna ó tanque elevado) variando la altura, largo y ancho como las condiciones de la obra lo permitan, para así poder cumplir con los volúmenes de agua que se necesiten (figura 2.2.3c).

El almacenamiento del agua se efectúa a través de depósitos, estos a su vez dependerán del tipo y condiciones (arquitectónicas y estructurales principalmente) de la obra, los depósitos más comunes son:

-Tinacos: Generalmente se utilizan en casa-habitación, construcciones en donde la demanda de agua no sea demasiada, en algunas ocasiones los tinacos se encuentran combinados con alguna cisterna, esto es debido a que se utiliza la distribución de agua a los diferentes servicios por gravedad (figura 2.2.4) ó como un vaso regulador de la demanda diaria de agua. Cuando la presión de la toma domiciliaria sea insuficiente para llenar los tinacos, se pensará en estos casos en un equipo de bombeo para cubrir las necesidades.

-Tanques elevados: Normalmente ésta clase de depósitos son empleados en industrias y conjuntos habitacionales en donde la demanda de agua es muy grande, y así poder efectuar la distribución a los diversos servicios que se tengan por medio de gravedad, este tipo de almacenamiento siempre estará conectado a una cisterna y a un equipo de bombeo para efectuar el llenado del tanque de agua (figura 2.2.5).

-Cisterna: Este tipo de almacenamiento de agua se utilizará cuando exista una gran demanda de agua, como es el caso de un hotel, unidades habitacionales etc., como anteriormente se mencionó, puede estar la cisterna interconectada con otros sistemas. Las cisternas pueden estar al nivel del piso terminado ó por debajo de este (figura 2.2.6a y b).

Las cisternas de dos celdas (figura 2.2.7) son utilizadas cuando una obra lo justifica, y es para dar un abastecimiento de agua constante a todos los servicios en caso de reparación, limpieza etc., de una celda de la cisterna, la segunda estará en servicio y viceversa.

En todos los casos anteriores, los niveles de succión de servicios o del Sistema de Protección contra Incendio se pueden controlar por medio de electroneveles, también es importante saber la altura de la succión con respecto al tirante mínimo de agua, para que no se forme el cono de Newton y así la bomba no succione aire (sumergencia de la bomba), ya que ese fenómeno provoca la cavitación de la bomba y con el tiempo se va dañando.

Cuando la distribución del agua a los servicios no se efectúe por gravedad, se tendrá que intercalar un sistema hidroneumático (hidropistón ó compresora de aire) al sistema de bombeo, para poder lograr una cierta presión en la línea de servicio y ésta pueda funcionar adecuadamente (figura 2.2.8).

#### d) Traspaso en cisternas.

El traspaso de agua en depósitos de almacenamiento ocurre cuando una cisterna está conectada a un cárcamo para la succión de las bombas, en una cisterna dividida entre sí por múltiples celdas (figura 2.2.9) ó en un sistema de varias cisternas interconectadas, todo esto sucede debido a las condiciones de diseño de la obra como se hecho mención. Para lograr el traspaso de un lado a otro en los sistemas, se pueden practicar en las paredes de las celdas de la cisterna orificios y tubos cortos (ver capítulo 1).

Para que el traspaso sea realmente efectivo y no se tenga el problema de que en la celda donde se lleva a cabo la succión de las bombas se quede sin agua, el gasto de cada uno de los orificios deberá ser por lo menos igual a la suma de los gastos de las succiones, por lo que las fórmulas para orificios y tubos cortos se deberán efectuar los ajustes necesarios para encontrar ésta relación.

Figura 2.2.2 Toma domiciliaria.

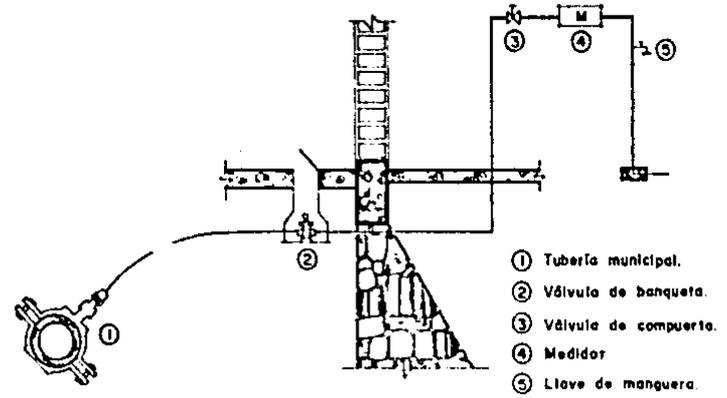


Figura 2.2.3 Cisternas.

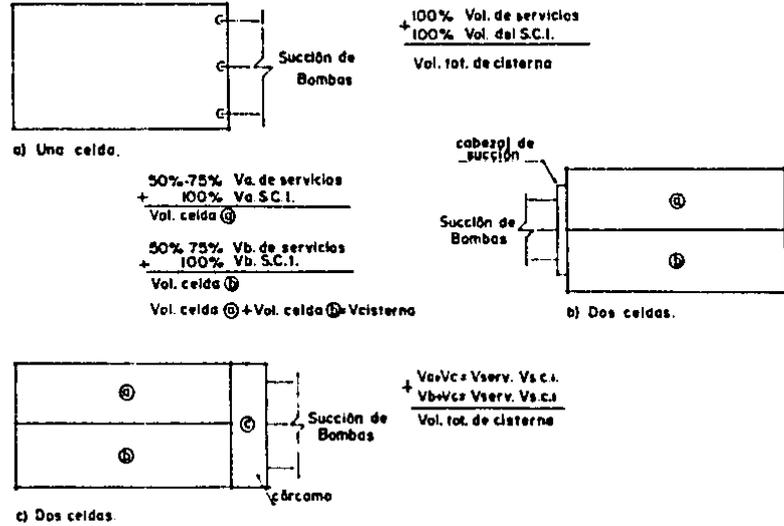


Figura 2.2.4 Instalación de un tinaco.

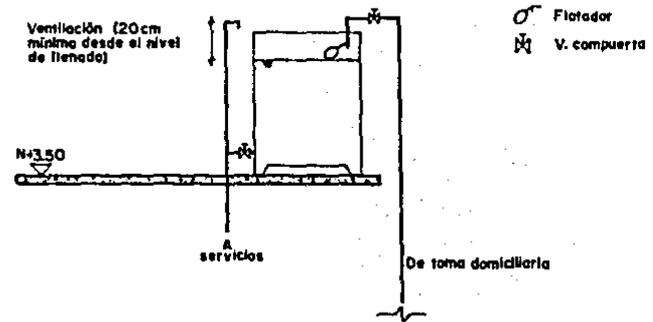


Figura 2.2.5 Instalación de un tanque elevado.

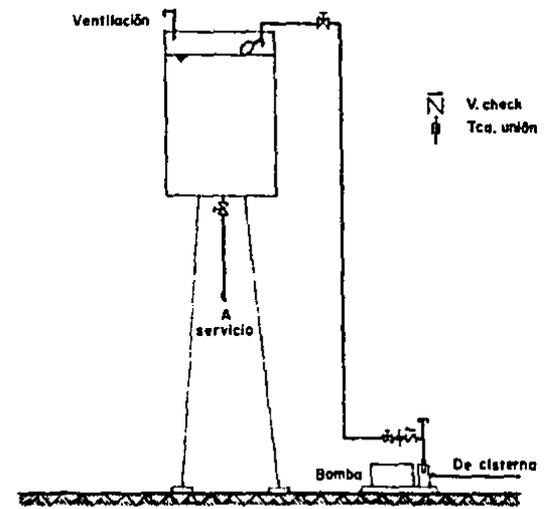
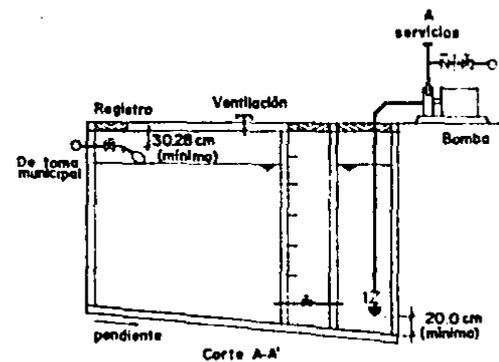
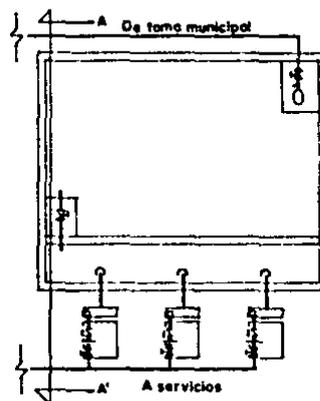
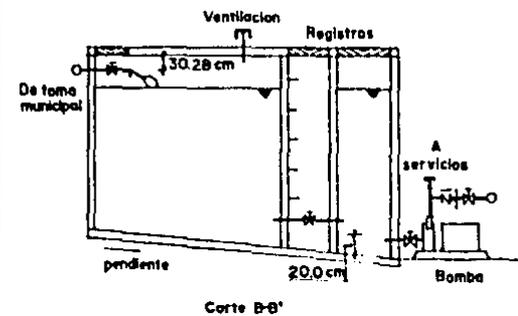
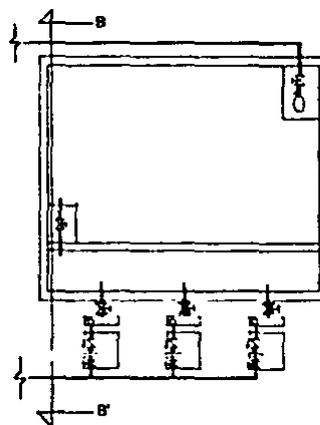


Figura 2.2.6 Cisternas.



a) Cisterna por debajo del nivel del piso



⊕ Cadazo (colador)

b) Cisterna al nivel del piso

Figura 2.27 Cisternas.

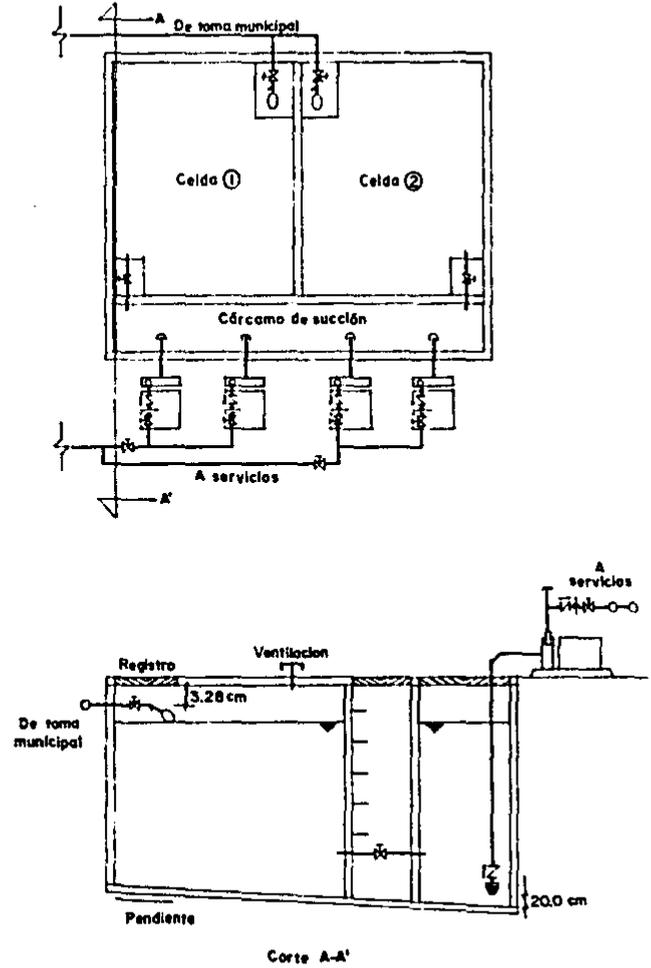


Figura 2.2.8 Equipo hidroneumático.

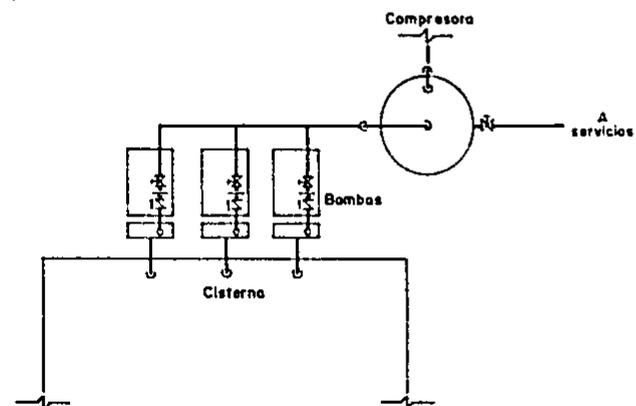
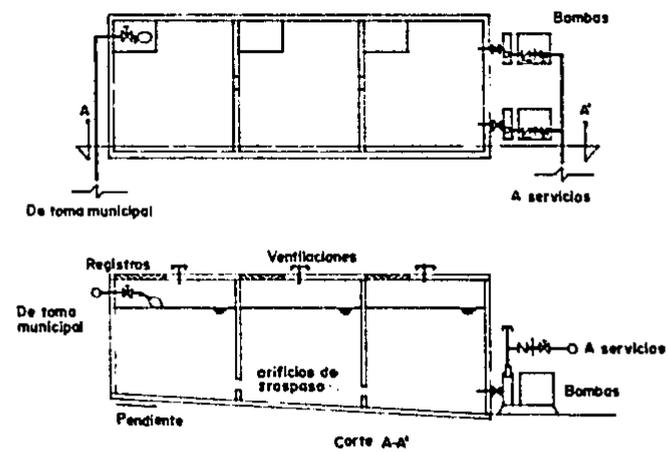


Figura 2.2.9 Traspaso en cisternas.



## 2.3 DISTRIBUCION EN LOS EDIFICIOS.

### a) Formas de distribución.

Después del cuadro de la toma domiciliaria, la tubería se ramifica en una red que consta de tres partes principales que son:

Distribuidoras.

Columnas ó montantes.

Derivaciones ó ramales.

Los distribuidores, son tuberías horizontales que conducen el agua a las columnas (tuberías verticales) que de ellas parten. Las columnas llevan el agua a las distintas plantas del edificio, y de éstas salen a la altura de cada planta otras tuberías horizontales llamadas ramales (entre la losa y el plafond), y éstas a su vez suministran el agua a los diferentes muebles y accesorios.

En la dotación de agua a presión, los distribuidores van situados generalmente en el sótano o planta baja y de ellas parten las columnas hacia arriba, tal como se observa en la figura 2.3.1.

Otras veces el agua es conducida primero a un depósito en el sótano o planta baja para tener siempre agua de reserva, de ahí por medio de bombeo se manda a los tinacos ó depósitos situados en la azotea del edificio, de donde se distribuye el agua hacia abajo. Este sistema se conoce con el nombre de: suministro de agua por gravedad (figura 2.3.2).

Existen dos formas principales de proyectar las redes de distribución (figura 2.3.3):

Red ramificada y

Red de anillo

El primer sistema es menos costoso, pero presenta el inconveniente de tener que privar de agua gran parte de las tuberías si hay que efectuar alguna reparación en el distribuidor

El segundo sistema por el contrario, mediante un juego de válvulas de compuerta situadas en lugares estratégicos, permite la reparación de los distribuidores manteniéndolos alimentados todas ó casi todas las columnas; además la distribución de agua es más uniforme y amortigua mejor los efectos del golpe de ariete.

b) Descripción de método de Hunter.

Para determinar las cargas, dimensionamiento de los accesorios de plomería (w.c., tinas, regaderas, etc.) y orificios de salida de los mismos, fué necesario hacer una serie de experimentos basados en los valores promedio del volumen de descarga y tiempo de descarga en la operación de los diversos muebles existentes, observando que los accesorios automáticos en su acción operativa se encuentran libres de la influencia de éstas variables, pero dependiendo también de la presión de la línea y su propio ajuste, dando lugar a los muebles actuales.

Encontradas las cargas necesarias para cada uno de los accesorios, el siguiente problema fué encontrar un dimensionamiento adecuado para la red de distribución de agua, para cada uno de los accesorios, por lo que el Dr. Roy B. Hunter desarrolló un método apoyado en la Teoría de la Probabilidad. El determinó el máximo de frecuencias de uso de los principales muebles de un sistema de plomería conectados a un tanque y de accesorios conectados a válvulas automáticas (fluxómetro), obteniendo éstos resultados en observaciones hechas a hoteles, residencias, departamentos, etc., durante los períodos de máximo uso, pudiendo así determinar las características de los valores promedio del uso de agua y tiempo de operación de cada uno de los muebles, pensando en eventos parcialmente casuales, puesto que si se va al peor de los casos ó sea que todos los muebles sean usados al mismo tiempo los diámetros de la red serían sumamente grandes y por lo tanto de costos altamente prohibitivos.

Posteriormente se procedió a encontrar una relación de cargas entre los diferentes muebles y se llegó a lo que

hoy se conoce como *Unidad Mueble* y que es igual a 7.5 galones por minuto (28.5 lt/min) aproximadamente, para poder penetrar a una serie de curvas de gastos probables elaboradas por él mismo, que más tarde fueron unificadas en dos grandes grupos; muebles conectados a un tanque y muebles conectados a una válvula automática, como posteriormente se podrán observar con más detalle éstas curvas.

c) Requerimientos de los muebles.

La cantidad de agua y presión adecuada para las salidas individuales en diferentes accesorios de plomería están dados por la tabla 2.3.4.

Tabla 2.3.4 Gasto y presión requeridos durante el uso de diversos accesorios.

	Presión (1) del flujo en lbs/pulg <sup>2</sup>	Gasto en gal/min
Grifo de lavabo ordinario	8	3.0
Grifo de lavabo autocerrante	12	2.5
Grifo de fregadero de 3/8"φ	10	4.5
Grifo de fregadero de 1/2"φ	5	4.5
Grifo de tina de baño	5	6.0
Grifo de lavadero de 1/2"φ	5	5.0
Regadera	12	5.0
Llave de flotador en tanque de lavado de inodoro	15	3.0
Válvula de chorro p/inodoro	10-20	15-40 (2)
Válvula de chorro p/mingitorio	15	15.0
Manguera de jardín de 50 pies (15.24 mt) y grifo	30	5.0

1. La presión del flujo, es la presión en la tubería a la entrada del accesorio particular considerado.
2. Gran variación existente debido a lo variado del diseño y tipo de válvulas de chorro para inodoros.



d) Unidades mueble para agua fría y agua caliente.

Como se mencionó en el inciso b de este subcapítulo las unidades mueble son empleadas con fines de diseño de carga de cada accesorio de plomería, en la tabla 2.3.6 se muestran las más usuales.

Tabla 2.3.6 Valor de la demanda del accesorio en unidades mueble.

Accesorio ó mueble	Ocupación	Tipo de control de suministro	Carga en Unidades mueble
Inodoro	Público	V. de lavado	10
Inodoro	Público	Tanque de lav.	5
Mingitorio	Público	V. de lav. de 1"	10
Mingitorio	Público	V. de lav 3/4"	5
Mingitorio	Público	Tanque de lav.	3
Lavabo	Público	Llave ó grifo	2
Tina	Público	Llave ó grifo	4
Regadera	Público	V. mezcladora	4
Fregadero de servicio (oficinas, etc)	Público	Llave ó grifo	3
Fregadero de servicio (cocina, hotel restaurante, etc)	Público	Llave ó grifo	4
Inodoro	Privado	V. de lavado	6
Inodoro	Privado	Tanque de lav.	3
Lavabo	Privado	Llave ó grifo	1
Tina	Privado	Llave ó grifo	2
Regadera	Privado	V. mezcladora	2
Gpo. cto. de baño	Privado	V. de lavado p/inodoro	8
Gpo. cto. de baño	Privado	Tanque de lav p/inodoro	6
Regadera separada	Privado	V. mezcladora	2
Fregadero de cocina	Privado	Llave ó grifo	2
Lavaderos (1 a 3 compartimientos)	Privado	Llave ó grifo	3
Accesorio combinado	Privado	Llave ó grifo	3

Las cargas dadas son para la demanda total por accesorio, para muebles con abastecimiento de agua caliente y agua fría al mismo tiempo; la demanda total requerida para éstas será calculada sobre la base de tomar el 75% de unidad de accesorio para agua caliente y el 75% de unidad de accesorio para agua fría.

## e) Gráficas (su utilización).

El Dr. Roy B. Hunter basado en la teoría desarrollada por él, elaboró una gráfica en función de las unidades mueble contra un gasto probable en galones por minuto (gráfica 2.3.7) dependiendo de las curvas de uso simultáneo de los accesorios conectados a un tanque ó a una válvula de flujo (fluxómetro). Por lo que antes de comenzar el diseño de una red de distribución de agua se debe definir el tipo de accesorio en cuestión (tabla 2.3.6), para así poder entrar a la curva adecuada y determinar el gasto probable de cada accesorio.

Para la obtención de los diámetros óptimos -- de las redes y columnas del sistema de plomería, el Dr. Hunter ideó unas gráficas para varias clases de materiales en función de diferentes gastos probables requeridos, contra diversas velocidades y diámetros (comerciales), dando como resultado múltiples valores de la pérdida de carga por fricción en una tubería de 100 pies de longitud. Estas tablas (2.3.8 y 2.3.9) están basadas en las siguientes fórmulas de Hazen-Williams:

Para el sistema M.K.S.

$$H_f = \frac{V^{1.85} L}{0.15k^{1.85} D^{1.17}}$$

$$G = \frac{0.973kD^{2.63} H_f^{0.54}}{L^{0.54}}$$

Q= Caudal (m<sup>3</sup>/seg ó pie<sup>3</sup>/seg).

V= Velocidad del fluido (m/seg ó pie/seg).

D= Diámetro nominal de la tubería (mts ó pies).

L= Longitud de la tubería (mt ó pie)

k= Coeficiente de rugosidad Hazen-Williams (s/u).

H<sub>f</sub>= Pérdida por fricción (mts ó pies).

Para el sistema Inglés.

$$H_f = \frac{V^{1.85} L}{0.33k^{1.85} D^{1.17}}$$

$$G = \frac{0.432kD^{2.63} H_f^{0.54}}{L^{0.54}}$$

Al penetrar en las gráficas para seleccionar un diámetro, se debe tener cuidado de que este proporcione un rango

entre 1 lb/pulg<sup>2</sup> (0.07 kg/cm<sup>2</sup>) y 6 lbs/pulg<sup>2</sup> (0.42 kg/cm<sup>2</sup>) de pérdida por fricción en los 100 pies de longitud de tubería, con el fin de conservar las velocidades permitidas (subcapítulo 1.3b) y se optimice el sistema. No siempre se pueden lograr estas condiciones debido a una infinidad de circunstancias, incluyendo el aspecto económico, por lo que el diseñador deberá utilizar su criterio cuando se le presenten estos casos.

Figura 2.3.1 Distribuidores, columnas y ramales.

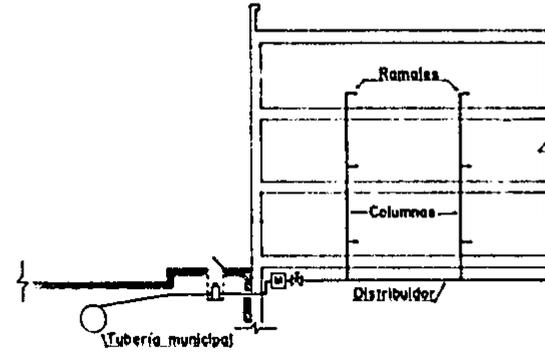


Figura 2.3.2 Suministro de agua por gravedad.

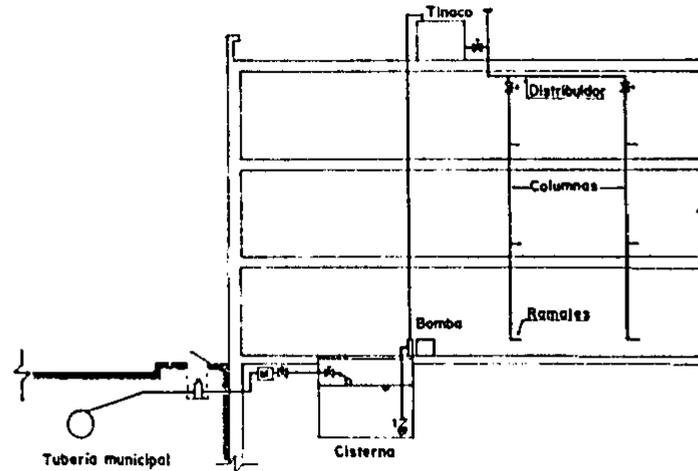


Figura 2.3.3 Distribucion de redes.

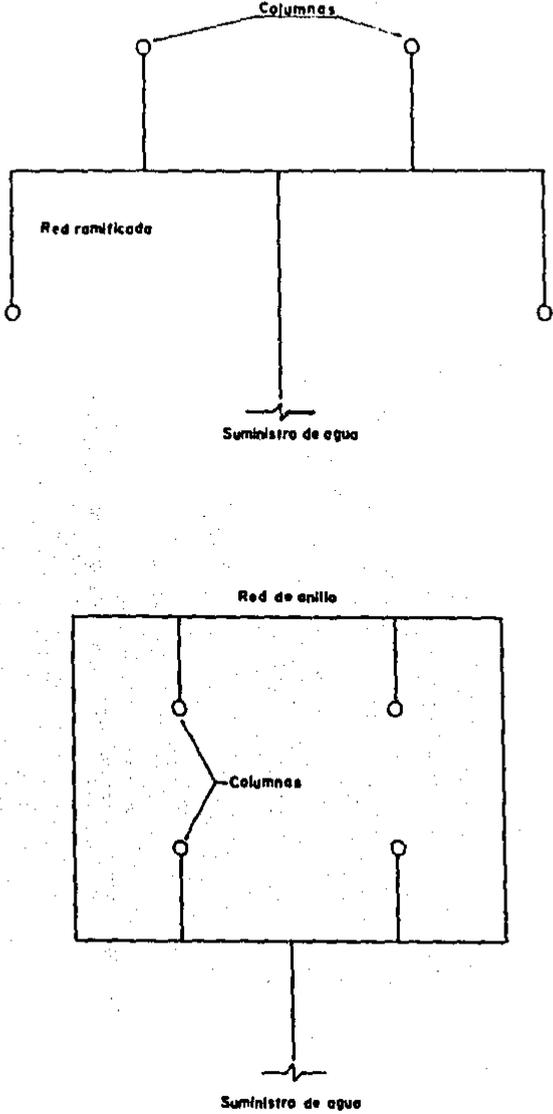
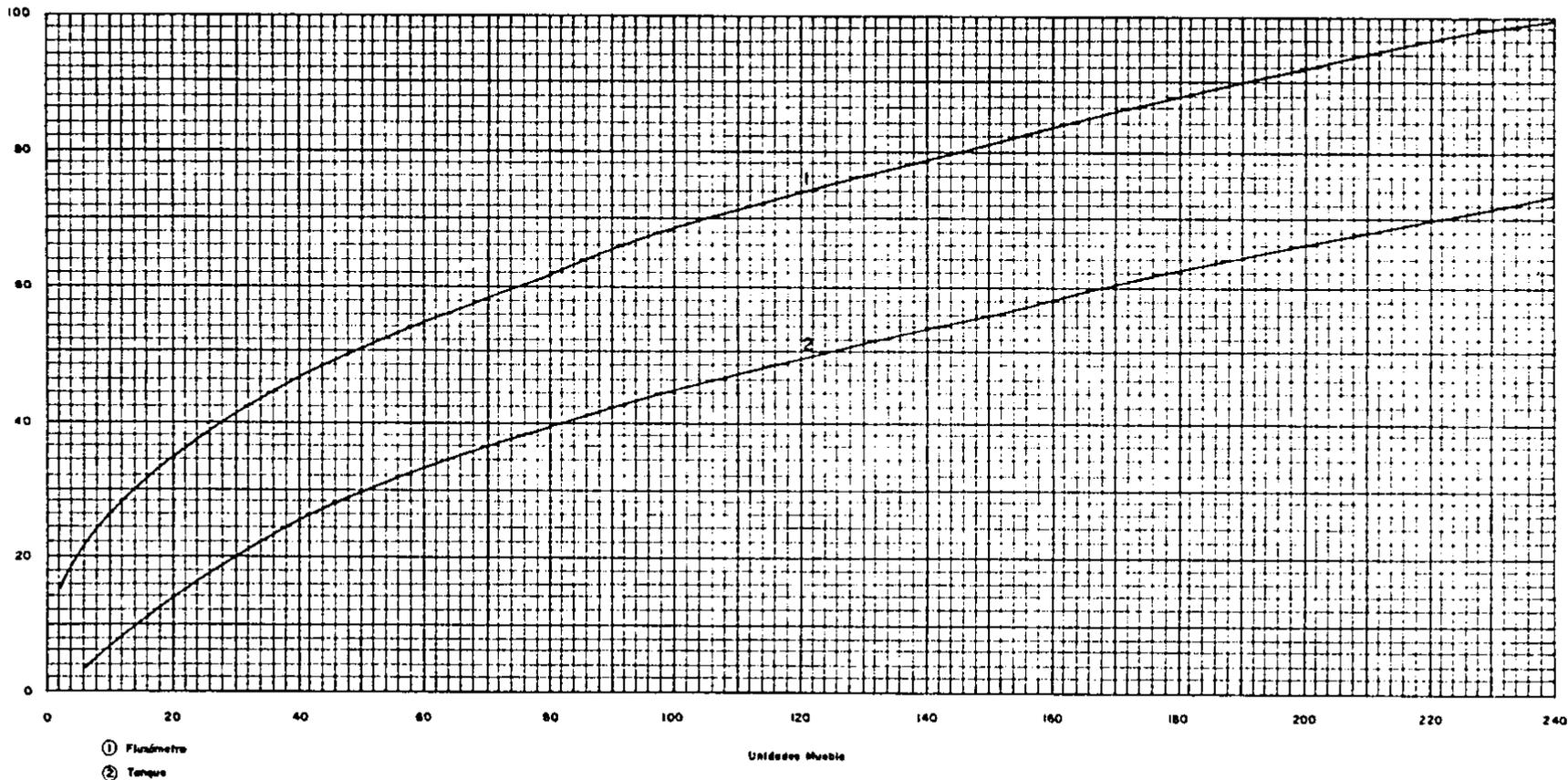
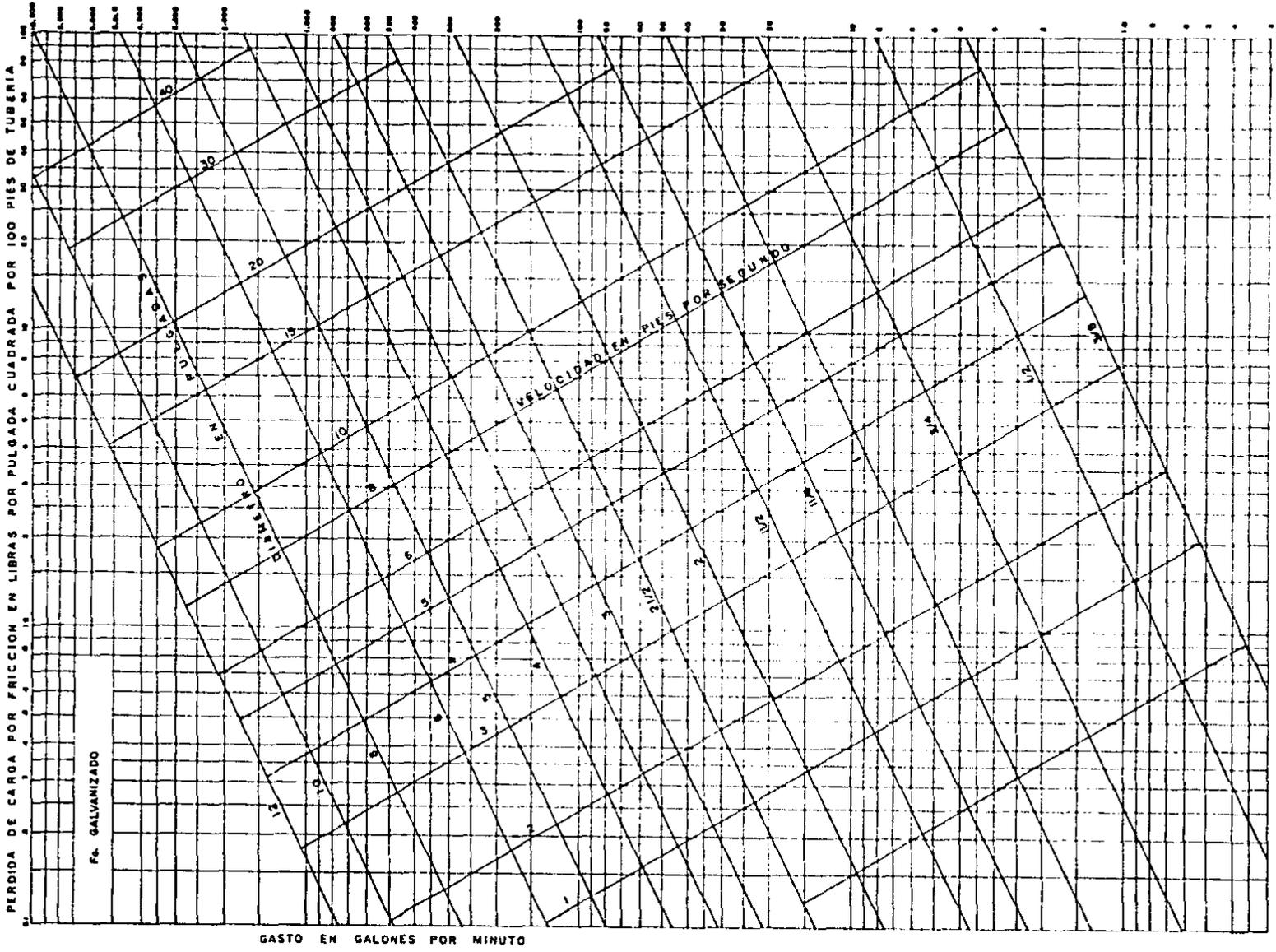


Table 2.3.7 Unidades Muerte.

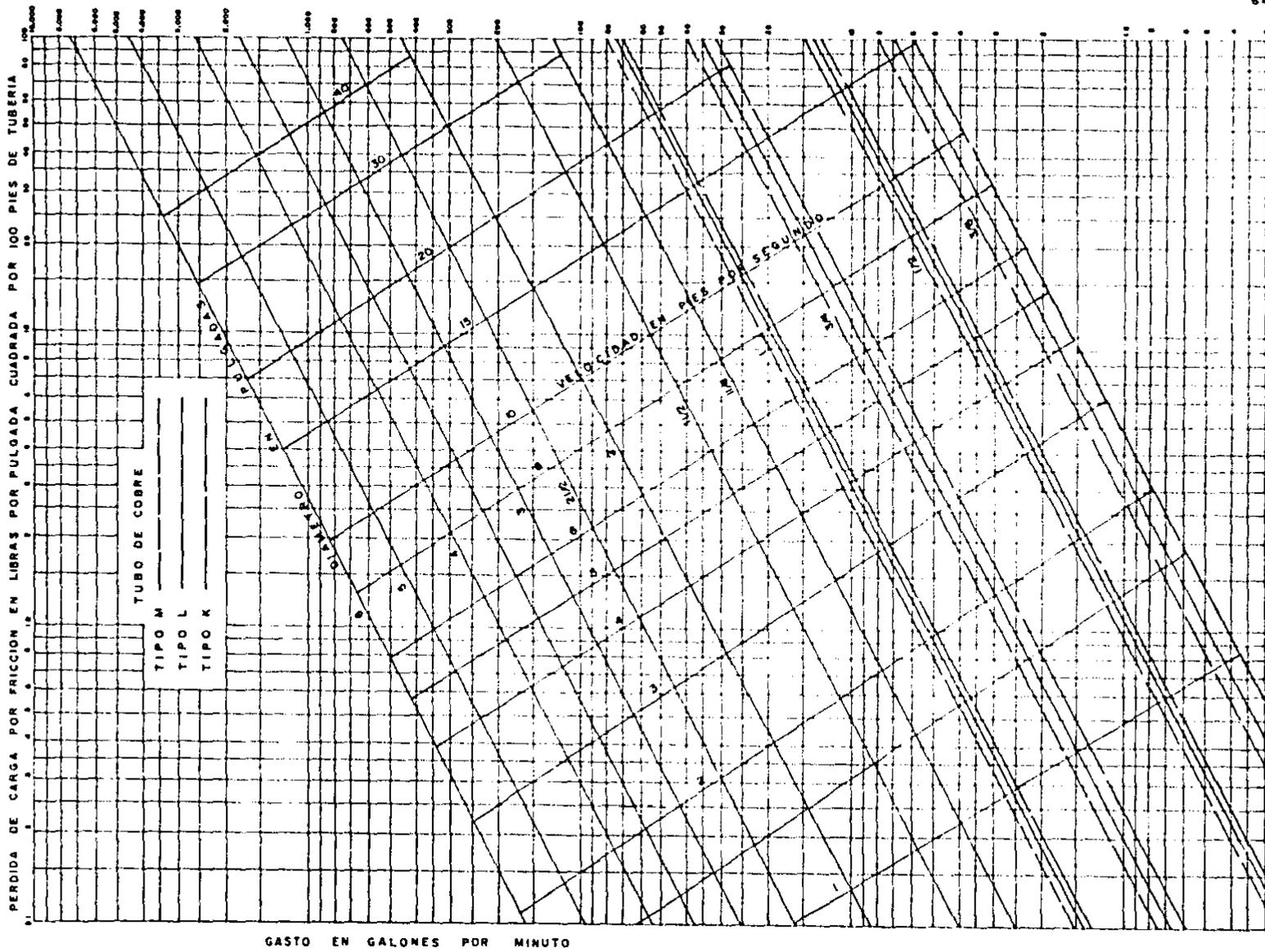
G.P.M.



Gráfica 2.3.8 Diseño de tuberías.



Gráfica 2.3.9 Diseño de tuberías.



## 2.4 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE AGUA FRÍA Y CAPACIDAD DE BOMBEO.

### a) Red de agua fría.

El proceso para la determinación de las diversas dimensiones (diámetros) de una red de suministro de agua a los servicios requeridos de una construcción puede efectuarse de la siguiente forma:

1) Dibujése un croquis (isométrico) de la red de agua mostrando todas sus líneas principales (columnas, ramales y distribuidores), indicando los accesorios servidos por éstas e identificándolos por medio de letras apropiadas.

2) Determinese el uso de los accesorios para establecer la demanda de agua de cada uno de ellos en unidades mueble (tabla 2.3.6), recordando que para los sistemas en donde exista agua caliente y fría, las demandas de agua en unidades mueble deberán tomarse al 75% de su valor inicial.

3) El siguiente paso es la acumulación de las unidades mueble a través de toda la red hasta la fuente de abastecimiento de agua, cuidando de determinar los accesorios conectados a tanque ó a fluxómetro, y con la gráfica 2.3.7 se calcula la demanda en galones por minuto de cada mueble y de las acumulaciones obtenidas.

4) Con la tabla 2.3.5 se determinan los diámetros mínimos de alimentación de cada accesorio. Y las redes, columnas y distribuidores por medio de las gráficas 2.3.8 y 2.3.9, dependiendo de los materiales a emplear.

### b) Equipo de bombeo.

La capacidad del equipo de bombeo depende del gasto necesario para cubrir las necesidades requeridas y de la carga dinámica total, todos estos datos se pueden obtener de la siguiente manera:

1) Se elige el recorrido más desfavorable del sistema, esto se logra mediante la localización del accesorio más alejado con respecto a la fuente de abastecimiento, una vez definido este trayecto se considerará para efectos del análisis de pérdida de carga por fricción.

2) El recorrido mencionado anteriormente deberá ser seccionado de acuerdo al gasto y diámetros obtenidos. Para calcular la pérdida de carga por fricción se podrá apoyar en las mismas tablas que se utilizaron para la selección de los diámetros y de acuerdo al material que se uso, los resultados obtenidos para cada tramo será necesario dividirlos cada uno de ellos entre la constante igual a 100 pies, para poder hacer unitario el resultado y poder efectuar las operaciones correspondientes, esto es debido a que las condiciones de las tablas son equivalentes para longitudes iguales a 100 pies de tubería. En su defecto, si se desea trabajar en metros columna de agua, sólo basta multiplicar cada uno de los resultados por el factor igual a 0.0231, que ya incluye dicha constante.

3) Obtengase la longitud por tramo y la equivalente por conexiones (tabla 2.4.1), suméense ambas para obtener la longitud total por sección y multiplíquese por el resultado del paso dos, obteniéndose de ésta manera la pérdida de carga por fricción a lo largo de cada segmento.

4) Repítanse los pasos dos y tres cuantos tramos existan a lo largo del recorrido, y suméense todos ellos entre sí, para calcular la pérdida de carga por fricción total existente en la trayectoria elegida en el paso uno.

5) Determinése la carga de posición existente en el sistema, y que resulta de la diferencia de altura entre el accesorio más elevado y el punto más bajo del abastecimiento de agua.

6) Calcúlase la carga mínima para que puedan trabajar los accesorios, pudiendo variar ésta entre 0.56 y 1.05  $\text{kg/cm}^2$  (8 a 15  $\text{lb/pulg}^2$ ).

7) Una vez determinada la pérdida de carga por -- fricción, estática y disponible, se deberán sumar entre sí para poder encontrar la carga total que necesitará el equipo de bombeo

8) Mediante la siguiente fórmula, se puede obtener la potencia del motor para las bombas centrífugas:

$$P = \frac{QxH}{76xnx e}$$

P= Potencia al freno en (HP)

Q= Gasto requerido en (LPS)

H= Carga total (mca)

n= Eficiencia de la bomba (aprox. 65%)

e= Eficiencia de la transmisión del motor (aprox. 95%)

Como existe una gran variedad de bombas, se deberán consultar las curvas características para cada tipo de bomba e impulsor y lograr una mayor exactitud en el cálculo.

Tabla 2.4.1 Longitud equivalente de tubo para aditamentos y válvulas (en pies).

Diámetro (pulg)	Codo 90°	Codo 45°	Tee de giro	Cople ó Tee de paso	Valv. comp.	Valv. globo	Valv. ang.
3/8	1	0.6	1.5	0.3	0.2	8	4
1/2	2	1.2	3	0.6	0.4	15	8
3/4	2.5	1.5	4	0.8	0.5	20	12
1	3	1.8	5	0.9	0.6	25	15
1 1/4	4	2.4	6	1.2	0.8	35	18
1 1/2	5	3	7	1.5	1	45	22
2	7	4	10	2	1.3	55	28
2 1/2	8	5	12	2.5	1.6	65	34
3	10	6	15	3	2	80	40
3 1/2	12	7	18	3.6	2.4	100	50
4	14	8	21	4	2.7	125	55
5	17	10	25	5	3.3	140	70
6	20	12	30	8	4	165	80

Nota: Las conexiones y aditamentos que no aparecen en esta tabla será necesario consultar los datos requeridos con los fabricantes.

## 2.5 DISTRIBUCION DE AGUA CALIENTE.

### a) Temperaturas usuales.

El disponer de agua caliente es una necesidad de primer orden en las instalaciones de suministro de agua para las edificaciones. En la tabla 2.5.1 se muestran las temperaturas más usuales para cada trabajo de operación.

Tabla 2.5.1 Temperaturas de operación.

Uso	°F	°C
<b>Necesidades humanas.</b>		
Lavado (cara y manos)	102-110	38-43
Rasurarse	110-115	43-46
Baño frío	32-65	0-18
Baño tibio	65-92	18-33
Baño cálido	92-98	33-36
Baño caliente	98-115	36-46
Baño tórrido	más de 115	más de 46
<b>Necesidades de limpieza-habitación.</b>		
Limpieza a mano	100	37
Limpieza de cristalería y ornamentos	112	44
Limpieza de paredes	105	40
Lavado de autos	90-100	32-37
Limpieza de ventanas	120	48
<b>Aseo de loza.</b>		
Lavado de loza a mano	112	44
Lavalozas doméstica	130	54
Lavalozas de restaurant	140	60
<b>Cocina.</b>		
Lavado de trastos y utensilios metálicos	140-160	60-71
Limpieza de aves	160	71
Esterilización de recipientes	180	82
Marmitas	140-180	60-82
<b>Hospitales.</b>		
Baños especiales	105	40
Botellas de agua	120	48
Aplicaciones de agua	135	57
Esterilización de instrumentos	180-200	82-93
Lavado de utensilios	140	60

Tabla 2.5.1 Temperaturas de operación (continuación).

Uso	°F	°C
<b>Automotrices.</b>		
Limpieza comercial de autos	110	43
Remover grasa	160	71
limpieza del motor	180	82
<b>Lavanderías.</b>		
Lavado de fibras sintéticas	105	40
Lavado de fibras animales y vegetales	140-150	60-65
Lavados de esterilización	180	82
<b>Albercas.</b>		
Residenciales y privadas	81-83	27-28
Olimpicas y semi-olimpicas	78	25

De la tabla anterior se puede observar la variedad de temperaturas que intervienen en los servicios de una casa-habitación ó un hotel, por lo que regularmente se opera con una temperatura media de 60°C (140°F) para cubrir las necesidades requeridas de agua caliente; en los servicios en donde se necesite una temperatura mayor que la anteriormente citada, se recurrirá a un elevador de temperatura, conocido con el nombre de *booster* instalado previamente en el accesorio a emplear, y en donde sea necesario regular la temperatura se utilizará una mezcladora de agua caliente y fría para poder condicionar el agua a la temperatura deseada.

b) Generación de agua caliente.

Es de suma importancia el disponer de agua caliente dentro de las instalaciones en los edificios por lo que los procedimientos para su obtención son diversos y pueden variar desde calentadores independientes hasta instalaciones de abastecimiento central para un conjunto de edificios.

Tomando en consideración su unidad de calentamiento, los calentadores pueden ser directos ó indirectos; en los directos el agua entra en contacto con una superficie caliente de

la cual puede pasar directamente a los servicios ó a un tanque de almacenamiento, este tipo de calentadores son generalmente de uso doméstico pudiendo alimentar a sus unidades de calentamiento con gas ó medios eléctricos.

El tanque de almacenamiento de agua caliente puede ir en posición horizontal ó vertical (comunmente integrado al calentador) dependiendo del tipo de instalación y del equipo de calefacción. Es recomendable colocar el tanque en posición vertical en instalaciones pequeñas y en posición horizontal en las grandes. Cuando el tanque sea instalado en posición horizontal es necesario colocar el tanque de agua caliente unos centímetros arriba del calentador (60 cm. mínimo de claro), esto permite una buena circulación del agua del tanque al calentador por diferencia de temperaturas y sea más rápido y efectivo el ciclo de calentado.

Si existe espacio suficiente cuando el agua es calentada en un recipiente cerrado a una temperatura mayor de 100°C (212°F) la temperatura y la presión se elevarán y se vaporizará cierta cantidad de agua. Cuando no exista dicho espacio llamado volumen de vaporización, el vapor encerrado se puede expander hasta 1700 veces su volumen original ejerciendo una fuerza de tal magnitud que es capaz de hacer estallar el recipiente, por lo que es de importancia contar con elementos de seguridad tales como: válvula de alivio de presión instalada en el calentador y válvula de alivio combinada de presión y temperatura así como un termómetro instalados en el tanque de almacenamiento todo esto es con el fin de evitar un posible accidente.

En la figura 2.5.2 se muestra la conexión de un calentador vertical con tanque de almacenamiento propio, provisto de válvulas compuerta en ambas líneas (caliente y fría) por si se tiene que efectuar alguna reparación, una válvula de retención (check) para evitar el regreso del agua fría por su misma línea, una válvula de alivio de presión como medida de seguridad, así como una llave en la parte inferior para la eliminación de sedimen-

tos. Es de vital importancia el colocar en la parte superior su respectiva chimenea para desalojar los gases de combustión, localizándose ésta en un lugar convenientemente ventilado.

La figura 2.5.3 representa las conexiones y aditamentos de seguridad entre un calentador y un tanque de almacenamiento de agua caliente, en donde el tanque se abastece de agua fría por un tubo que penetra por un extremo y por encima de la conexión de retorno que va al calentador.

La conexión del calentador al tanque se efectúa en la parte superior del calentador a un extremo del tanque por encima del eje del tanque. La conexión de retorno al calentador debe tomarse siempre del extremo opuesto a la conexión de circulación con el fin de que exista movimiento de agua por la instalación.

La válvula de alivio de temperatura y presión se conecta directamente al tanque de almacenamiento mientras que la válvula de alivio de presión está conectada al calentador, las válvulas compuerta deberán distribuirse de forma estratégica para que en un momento dado se pueda llevar a cabo una reparación ó el propio mantenimiento del equipo.

Los calentadores indirectos normalmente son utilizados en la generación de agua caliente y vapor en grandes volúmenes pudiendo éstos a su vez conectarse a uno ó varios tanques de almacenamiento de agua caliente para cubrir las necesidades de hoteles, departamentos, fábricas, etc.

El empleo de *agua tratada* (ver subcapítulo 2.1) en la línea de alimentación propia de la caldera dependerá de la calidad de agua, el tipo de obra y el sistema elegido; por lo que se mencionarán los tipos más usuales dentro de una instalación de este orden.

El esquema de la figura 2.5.4 corresponde a una caldera de ciclo cerrado, provista de un serpentín (intercambiador de calor) en donde circula agua fría por la parte inferior y sale caliente en su parte superior, éste serpentín es calentado

por un domo de vapor que es generado por los tubos de humo caliente (fluxes) sumergidos en agua dentro de la propia caldera, pudiéndose alcanzar temperaturas hasta de 115°C (239°F) directas a servicios.

En este caso la caldera se llena una sola vez hasta su nivel de agua y sigue operando indefinidamente con la misma, porque el intercambiador de calor condensa el vapor dentro de la propia caldera.

Al operar siempre con la misma agua (se recomienda controlar solamente el Ph del agua y cambiarla cada tres meses) no se requiere equipo de tratamiento de agua, solamente sus propios accesorios de seguridad para en buen funcionamiento de la máquina, por lo que se reduce considerablemente el costo de la instalación y operación.

La figura 2.5.5 representa un sistema de calentamiento de agua de ciclo abierto a base de vapor, éste circula en la camisa de un intercambiador de calor que contiene un serpentín en el que fluye el agua fría por la parte inferior y sale a servicios ya caliente por la parte superior, debido a la transmisión de calor del vapor al serpentín y de éste al agua; el vapor se condensa y sale del cuerpo del intercambiador hacia la caldera o generador de vapor para iniciar el ciclo nuevamente.

Los accesorios de seguridad de la caldera son generalmente automáticos y las temperaturas alcanzadas por la máquina son del orden de 85°C (185°F).

El siguiente método de calentamiento de agua (figura 2.5.6) también es del tipo de ciclo abierto y trabaja manteniendo lleno un tanque de agua que en su interior se encuentra un serpentín intercambiador donde circula vapor o líquido térmico, aunque el proceso de calentamiento es más lento que en los sistemas antes mencionados, se puede extraer un volumen mayor de agua caliente debido a que se basa en el almacenamiento del agua y no en el calentamiento al paso; sus accesorios de se-

guridad también son automáticos y puede proveer de agua a temperaturas controladas de 85°C (185°F).

Para la mejor selección de sistemas de calentamiento (calderas) en una determinada obra es necesario consultar con el fabricante para unificar criterios.

c) Cálculo de agua caliente y almacenamiento.

Los diámetros de un sistema de suministro de agua caliente se podrán determinar de la misma forma que en el sistema de suministro de agua fría.

Al diseñar sistemas de tuberías de agua caliente y agua fría deben hacerse iguales ambas presiones debido a que existe la posibilidad de que el sistema que tenga la mayor presión de agua, invada al suministro de menor presión, esto puede evitarse analizando y equilibrando las pérdidas de carga en ambos suministros.

Existen dos métodos de uso común para la estimación de los requerimientos de agua caliente y su almacenamiento en un edificio, y son:

- 1) Por el número de personas, y
- 2) Por el número de equipos instalados.

Ejemplo 1): Determinése la capacidad de calentamiento de la caldera a usarse y la capacidad de almacenamiento del tanque para un edificio de oficinas de 75 personas. En este caso usése la tabla 2.5.7, si no están determinadas el número de personas puede utilizarse la tabla 2.5.8.

Demanda total:

$$75 \text{ personas} \times 38 \text{ lt/día} = 2850 \text{ lt/día.}$$

Máxima demanda por hora:

$$2850 \times 1/5 = 570 \text{ lt/hr.}$$

Capacidad de almacenamiento del tanque:

$$2850 \times 1/5 = 570 \text{ lt/hr.}$$

Capacidad de calentamiento:

$$2850 \times 1/6 = 475 \text{ lt/hr.}$$

Tabla 2.5.7 Método para el cálculo por número de personas.

Tipo de Edificio	Agua caliente requerida por persona lt/día a 60°C	Máxima demanda por hora	Duración de la máxima demanda	Capacidad de almacenamiento	Capacidad de calentamiento
Casas, Deptos, Hoteles	100	1/7	4 hrs	1/5	1/7
Oficinas	38	1/5	2 hrs	1/5	1/6
Fábricas	180	1/3	1 hrs	2/5	1/8
Restaurantes	7 lts/comida			1/10	1/10
Rest. 3 comidas al día		1/10	8 hrs	1/5	1/10
Rest. 1 comida al día		1/5	2 hrs	2/5	1/6

Tabla 2.5.8 Método para el cálculo por número de cuartos (agua caliente en lt/día).

Tipo de edificio	No. de ctos	No. de baños por cuarto				
		1	2	3	4	5
	1	226				
	2	264				
	3	304				
	4	340	455			
	5	375	530			
	6	455	605	760		
	7	530	680	830		
Apartamentos y casas privadas	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

Tabla 2.5.8 Método para el cálculo por número de cuartos (agua caliente en lt/día) *Continuación.*

Tipo de edificio	No. de ctos	No. de baños por cuarto				
		1	2	3	4	5
Apartamentos y casa privadas	19					3030
	20					3210
						Cuarto con sanitario 38
						Cuarto con baño (transitorio) 190
						Cuarto con baño (residente) 230
Hoteles						2 cuartos con baño 305
						3 cuartos con baño 375
						Regadera pública 760
						Sanitarios públicos 570
						Empleados de confianza c/u 10
Oficinas						Empleados 15
						Limpieza por 1000 mts <sup>2</sup> 114
Hospitales						Por cama 300 a 380

Ejemplo 2): Determinación de la capacidad de la caldera y tamaño del tanque de almacenamiento para un edificio de apartamentos con el siguiente equipo instalado (Usar tabla 2.5.9)

120 lavabos	x	8 lt/hr	= 960 lt/hr
60 Tinas de baño	x	76 "	=4560 "
60 Regaderas	x	115 "	=6900 "
120 Fregaderos	x	38 "	=4560 "
30 Lavadoras	x	76 "	=2280 "

Posible demanda máxima= 19,260 lt/hr.

Posible demanda máxima= 19,260 lt/hr x 0.3= 5,778 lt/hr.

Capacidad de calentamiento de la caldera= 5,778lt/hr.

Capacidad de almacenamiento del tanque de agua caliente será:  
5,778 lt/hr x 1.25= 7,222.50 lt/hr.

Tabla 2.5.9 Método para calcular las necesidades de agua caliente en función de los equipos instalados (los datos son en lt/hr a 60°C).

Tipo de mueble	Deptos	Clubs	Gimnasios	Hospit	Hoteles	Fábricas	Ofnas	Casas	Escuelas
Lavabos priv.	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Lavabos púb.	15	23	30	23	30	46	23		53
Tinas de baño	76	76	115	76	76			76	
Lavaplatos	53	190-530		190-530	190-760	76-380		53	76-380
Lavaplatos de pie	11.50	11.50	46	11.50	11.50	46		11.50	11.50
Fregaderos	38	76		76	115	76	76	38	76
Lavadoras	76	106		105	105			76	
Fregaderos-pantry	19	38	38	38	38		38	19	38
Regaderas	115	530	855	285	285	855	105	105	855
Eliminador de sobras	76	76		76	105	76	76	53	76
Regaderas hidroterápicas				1510					
Baños Hubbard				2500					
Baños de pies				380					
Baños de brazo				132					
Baños de asiento				105					
Baños de flujo continuo				76	76	105	76		105
Fregaderos circulares									
Fregaderos semicirculares				38	38	53	38		53
F. de demanda	0.30	0.31	0.4	0.25	0.25	0.4	0.3	0.3	0.4
F. de calent.	1.25	0.90	1.0	0.60	0.80	1.0	2.0	0.7	1.0

Para calcular la cantidad de calor necesaria para el calentamiento del agua, es determinada con la siguiente fórmula:

$Ct = CaCp\Delta t$  Donde:  $Ct$ = Calor total necesario por hora (Kcal/hr ó Btu/hr).  
 $Ca$ = Cantidad de agua por calentar (Kg/hr ó lb/hr).  
 $Cp$ = Calor específico del agua a presión constante (1 kcal/kg°C ó btu/lb°F).  
 $\Delta t$ = Diferencia de temperaturas (°C ó °F).

En cuanto a las albercas para que éste método resulte práctico y económico, se debe considerar que el tiempo para elevar la temperatura del agua sea de 8 a 12 hrs.

$Ct = \frac{VbCp\Delta t}{t}$  Donde:  $Vb$ = Vólvmen de la alberca (lt ó gal)  
 $Cp$ = Calor específico del agua a presión constante (1 kcal/kg°C ó btu/lb°F).  
 $\Delta t$ =  $t_f - t_i$   
 $t$ = Tiempo disponible para calentar el agua (8 a 12 hrs).  
 $t_f$ = Temperatura deseada del agua en la alberca (°C ó °F).  
 $t_i$ = Temperatura promedio antes de calentarse (°C ó °F).

#### d) Selección del sistema de calentamiento.

La determinación de un equipo de calentamiento se basa prácticamente en el tipo de obra y en la capacidad de la propia caldera. Con los datos obtenidos a través de los métodos mencionados en el inciso c de este mismo subcapítulo y sabiendo que un caballo caldera es igual a  $Cc = 33,500$  btu/hr ó bien  $Cc = 8,450$  kcal/hr, se puede elegir de una manera aproximada el equipo a emplearse tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

1) Es recomendable usar calentadores domésticos calderas muy pequeñas cuando la entrega de calor sea menor de 5 Cc.

2) Cuando se tienen demandas muy grandes de agua caliente, una de las formas más usuales para calentarla es por medio del vapor, por lo que se deben utilizar calderas de tubos de humo en capacidades desde 5 Cc hasta 800 Cc, ó sea, necesidades de vapor desde 78.25 kg/hr (172.15 lb/hr) de vapor hasta 12,520 kg/hr (27,600 lb/hr) de vapor, desde y a 100°C (desde y a 212°F). Y para capacidades mayores que las anteriores es altamente aconsejable la utilización de calderas de tubos de agua.

3) Si la demanda de vapor es muy grande, se recomienda adquirir dos ó más calderas de la misma capacidad, dando esto la flexibilidad de poder darles mantenimiento con mayor facilidad, y poder contar con una caldera como mínimo en cualquier momento crítico.

Con frecuencia es necesario especificar las dimensiones y capacidad del elemento térmico (intercambiador de calor), en base a la siguiente fórmula se puede calcular el área de calentamiento necesaria según sea el caso:

$$Ar = \frac{8.33 \text{ Ca} \Delta t}{U(ts - \frac{tf + ti}{2})}$$

Ar= Área requerida en pie<sup>2</sup>.  
 Ca= Cantidad de agua a calentar, en gal.  
 Δt= Diferencia de temperatura, en °F.  
 U= Coeficiente de transmisión de calor, en btu/hr/pie<sup>2</sup>/°F log med; para:  
 cobre-vapor-agua; U=240  
 acero-vapor-agua; U=160  
 ts= Temperatura del medio de calentamiento en °F, dependiendo a la presión manométrica en que se trabaje, ó sea vapor a una presión de: 40 lb/pulg<sup>2</sup>-286.7°F  
 60 lb/pulg<sup>2</sup>-307.4°F  
 ti= Temperatura inicial del fluido antes del calentamiento, en °F.  
 tf= Temperatura final del fluido al calentar, en °F.

La constante con valor de 8.33 es debido a un ajuste en la fórmula para poder vaciar los datos directamente; el

dimensionamiento del intercambiador de calor se efectuará de acuerdo al tamaño del tanque de almacenamiento.

Para una elección exacta de equipos, es importante pedir información a los fabricantes ó distribuidores, de las especificaciones y capacidades de sus productos, sin olvidar que las capacidades de las calderas fabricadas son al nivel del mar, por lo que hay que deducir el 1% cada 100 mts de elevación.

e) Distribución de agua caliente y retorno.

Los sistemas de distribución de agua caliente, consisten en la instalación de la tubería que conduce el agua caliente desde la unidad de almacenamiento, hasta los accesorios deseados.

El sistema de distribución de agua caliente en una pequeña construcción consiste por lo regular en una tubería que une el calentador con el accesorio que use dicha agua.

De acuerdo a la importancia de una edificación se pensará en el diseño de una red de agua caliente con retorno, esto se efectúa para hacer que circule el agua continuamente y no exista desperdicio de agua; si no sucede de ésta manera, habrá demoras para obtener el agua caliente a la temperatura del servicio normal ocurriendo un desperdicio de agua fría antes de que empiece a salir ésta.

Existen tres tipos de instalaciones que se usan comúnmente, y son: Sistema de alimentación ascendente y retorno por gravedad, Sistema de alimentación por la parte superior, y el sistema de circulación por medio de bombeo.

La figura 2.5.10 muestra el sistema de alimentación ascendente y retorno por gravedad usado con frecuencia en las instalaciones de pequeñas construcciones.

El objetivo de este sistema es de que exista circulación continúa de agua caliente dentro de la tubería permitiendo a los ocupantes del edificio disponer de agua en cualquier momento y en cualquier accesorio, con la consiguiente economía puesto que se evita el desperdicio de agua.

El funcionamiento de este sistema está basado en el principio de los pesos desiguales de dos columnas de agua caliente de altura uniforme. La desigualdad de los pesos resulta de la diferencia de temperatura de las dos columnas.

En este sistema, la línea principal de suministro de agua caliente se extiende desde la fuente de suministro de ésta, que generalmente se encuentra colocada en la parte más baja del edificio, y desde ese lugar el agua caliente se suministra a las columnas, el flujo es en dirección ascendente, y son las encargadas de llevar el agua a todos los accesorios por medio de los ramales. En las terminales de cada columna se coloca la tubería de retorno de dicha agua caliente, la parte más alta de la tubería de retorno está conectada a la columna por abajo del ramal más alto que suministra a los accesorios.

Estas tuberías de retorno se unen en la parte inferior a una tubería principal de retorno de agua caliente a través de la cual circula el agua a la fuente de suministro para ser calentada nuevamente.

El aire acumulado en este sistema, en la parte más alta de cada columna se extrae cuando se abre un grifo de agua caliente en un accesorio abastecido desde la parte alta de la columna de suministro, eliminando la acumulación de aire que de otra manera podría restringir la circulación.

La figura 2.5.11 representa un sistema de alimentación superior y retorno por gravedad que normalmente se usa en construcciones altas, ésta red es más eficiente que la alimentación ascendente y retorno por gravedad.

El principio de funcionamiento de ésta red, consiste en un circuito cerrado de tuberías donde el agua tiende a subir cuando se calienta, y cuando ha alcanzado el punto más alto del sistema, la fuerza de gravedad la regresa a la unidad de almacenamiento ó de calentamiento.

En este sistema la tubería principal de distribución, se extiende desde la fuente de abastecimiento hasta la

parte más alta de la construcción. Esta tubería ascendente se conecta al tanque de almacenamiento por la parte superior de este por medio de un orificio que se localiza cerca de la conexión de la tubería de circulación que va al calentador.

La tubería ascendente debe colocarse lo más directo posible con el menor número de inflexiones y llegar hasta el techo del piso superior del edificio, y ningún accesorio debe estar alimentado por ésta tubería.

La red principal de distribución se conectará al extremo superior de la tubería ascendente y suspenderse del techo ó de la estructura del último piso por medio de soportería especial. De esa forma el agua caliente se suministra a través de todas las columnas, el flujo como se observa es hacia abajo y van alimentando a todos los accesorios. La base de cada una de las columnas de alimentación serán conectadas a la tubería principal de retorno con el objeto de que regrese el agua que no fué utilizada y que se ha enfriado; ésta tubería de retorno termina en la fuente de calentamiento donde se volverá a calentar el agua.

Debido a su construcción, este sistema puede obstruirse fácilmente debido a la formación de bolsas de aire, dificultando la circulación del agua. Para evitar la formación de estas bolsas existen dos métodos de eliminación que consisten en lo siguiente:

El primer método consiste en conectar una columna sin circulación al punto más alto de la red principal de distribución como se muestra en la figura 2.5.12, ésta conexión hace posible que el aire acumulado se descargue cada vez que se da servicio en los accesorios alimentados por la columna sin retorno de agua caliente.

El segundo método consiste en instalar una válvula eliminadora de aire en el punto más alto.

Otro sistema de distribución de agua caliente para un edificio es el sistema combinado, este sistema es una combinación de los dos sistemas citados anteriormente. En ésta red

algunas columnas de agua caliente tienen flujo hacia arriba, mientras que otras tienen flujo hacia abajo como se aprecia en la figura 2.5.13.

Cada columna de alimentación hacia abajo se abastece desde la parte alta por medio de una columna con flujo hacia arriba. La base de cada columna que alimenta hacia abajo está conectada a un tubo principal de retorno por donde circula el agua de regreso a la fuente de suministro para ser calentada nuevamente.

Existen otros sistemas que son los mismos que los anteriores nada más que invertidos, es decir, la fuente de suministro de agua caliente está colocada en la parte más alta del sistema. Las columnas de abastecimiento se conectan a una tubería principal de retorno en donde por medio de circuladores de agua caliente se regresa el agua a la fuente de suministro para volver a calentarla.

En estos sistemas invertidos también se instalan aditamentos y válvulas de seguridad, tales como la válvula eliminadora de aire colocada en el punto más alto del sistema eliminando así la acumulación de aire que de otra manera tendería a dificultar la circulación ó a producir ruidos indeseables en la tubería. También es aconsejable proveer una válvula de alivio en la parte superior del tanque para evitar una explosión de dicho tanque de almacenamiento.

Es importante recordar que la presión que tenga el agua fría será la misma que la del agua caliente, esto es, si la presión obtenida de la red municipal es suficiente para alimentar un sistema de agua fría, lo será para la red de agua caliente en caso contrario será necesario de disponer de un equipo de bombeo para poder satisfacer las demandas de ambos sistemas.

f) Cálculo del retorno de agua caliente.

Para que el dimensionamiento del retorno de la red de agua caliente resulte económico se deben diseñar exactamen

te las cantidades de circulación así como sus diámetros de acuerdo con los siguientes puntos:

- 1) Debe tomarse en cuenta el grado de pérdida de calor de la tubería en que se realiza la circulación (con ó sin forro).
- 2) Se tomará en cuenta la diferencia de temperatura a la que opera el sistema.
- 3) También se debe determinar la presión o carga obtenible para la circulación.

A continuación se citará un método sencillo aplicable a cualquier sistema de suministro de agua caliente para un edificio, hotel, casa-habitación, etc., partiendo de los diámetros ya calculados de las redes, columnas y tuberías principales del sistema de agua caliente:

Paso 1. Seccionése en circuitos tanto la red de agua caliente como la de retorno.

Paso 2. Calculense las pérdidas de calor de todas las líneas de alimentación de agua caliente, para esto utilícese la tabla 2.5.14.

Tabla 2.5.14 Grados de pérdida de calor para la tubería de suministro de agua caliente en ftu/hr/pie lineal de tubería a 140°F (60°C) y aire a 68°F (20°C).

Diámetro nominal del tubo (pulg)	Tubo de hierro galv. ó acero, TET*	Desnudo		Aislado Todos los tipos de tubería
		Tubo de latón, cobre ó sin rosca, TET*	Tubo de cobre p/agua tipo L	
1/2	35	26	19	15
3/4	43	32	26	17
1	53	38	32	19
1 1/4	65	46	39	21
1 1/2	73	53	46	24
2	91	65	58	29
2 1/2	108	75	68	32
3	130	90	81	38
4	163	113	103	46

\*TET. Tamaño Estándar de Tubo.

Paso 3. Determinéense las pérdidas de calor de las líneas de retorno. Como sus diámetros no son conocidos hasta este momento, sus pérdidas de calor no pueden calcularse directamente, por lo cual se debe suponer una cierta pérdida de calor, basada en hechos conocidos, experiencia y buen juicio. Se recomienda que la suposición de los diámetros del retorno sea como sigue: considérense que las pérdidas de calor en las líneas de retorno sean igual a las dos terceras partes de las pérdidas de calor en las líneas de alimentación para un mismo diámetro ó también con las mismas pérdidas de calor del circuito y sabiendo que 1.0 gal/min cede 10,000 btu de calor a 140°F (60°C) se puede determinar una cierta demanda y apoyándose en las gráficas del subcapítulo 2.3 inciso e, se podrán determinar los diámetros probables del retorno.

De esta manera quedan tentativamente establecidas las pérdidas de calor y los diámetros de las tuberías de retorno, con lo cual se tiene un panorama bastante claro de las diferentes partes del sistema.

Paso 4. Suméense las pérdidas de calor calculadas y supuestas de todas las tuberías, tanto de alimentación como de retorno, por las que va haber recirculación, con el objeto de determinar la tentativa de la pérdida total de calor por circuito. Después asignéense las pérdidas que le corresponden a cada sección de las tuberías que tendrán recirculación, con el fin de establecer la parte proporcional de circulación requerida para compensar sus pérdidas de calor.

Paso 5. Se establece un factor de distribución entre circuitos inmediatos para balancear al sistema, en donde la línea principal será siempre unitaria.

Paso 6. Calculéense los gastos requeridos para la línea principal y los circuitos secundarios de acuerdo con sus pérdidas de calor y con la diferencial de temperatura con la que operará el sistema. En sistemas equipados con bomba de recirculación, generalmente se recomienda que la diferencial de temperatura sea de 11.10°C (52°F), en tanto para sistemas en que la recir-

culación es inducida por la gravedad, la diferencial de temperatura recomendada es de 22.2°C (72°F).

Sabiendo que la cantidad de calor proporcionada por la circulación de 6 lt/min (1.59 gal/min) al perder 11.10°C de temperatura es de: 3,996 kcal (15,857 btu), y para fines prácticos se puede tomar el valor de 4,000 kcal (15,873 btu) se podrá obtener un factor que aunado al de distribución y aplicado a los circuitos se obtendrán los gastos requeridos de recirculación por todas las partes del sistema.

En el caso de sistemas de circulación inducida por gravedad, como la diferencial de temperatura es el doble de la de los sistemas equipados con una bomba, los gastos son iguales a la mitad de los correspondientes gastos si el sistema tuviera bomba de recirculación.

Paso 7. Obtenidos los gastos del circuito se procede a revisar los diámetros por medio de las tablas del subcapítulo 2.3 inciso e, y en caso de que alguno de los diámetros se dispare ó sea demasiado pequeño se tendrán que efectuar nuevas suposiciones hasta encontrar las dimensiones deseadas.

Para determinar la presión ó carga para establecer la circulación, lo más conveniente es determinarla basándose en las curvas de los recirculadores disponibles, dada la poca variedad de bombas de recirculación de agua caliente que existen en el Mercado Nacional.

Figura 2.5.2 Calentador vertical.

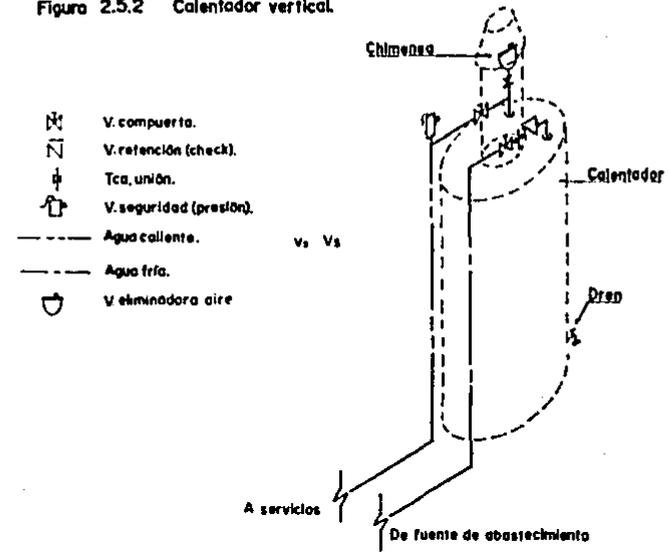


Figura 2.5.3 Calentador y tanque de agua caliente.

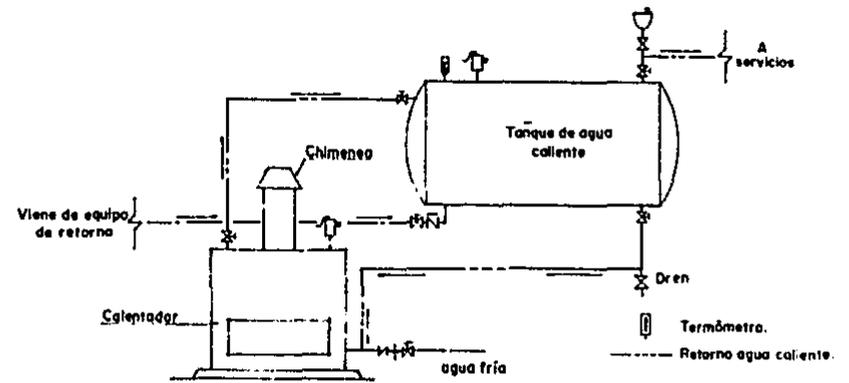


Figura 2.5.4 Caldera de circuito cerrado.

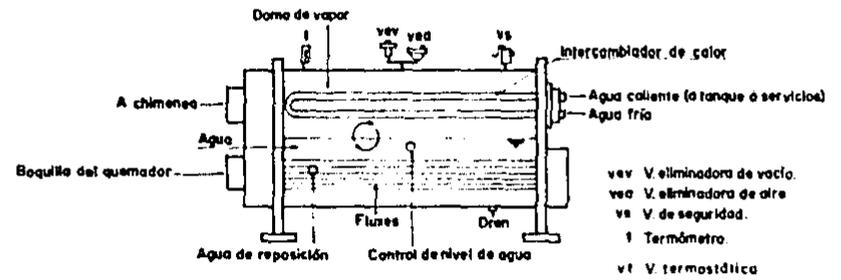


Figura 2.5.5

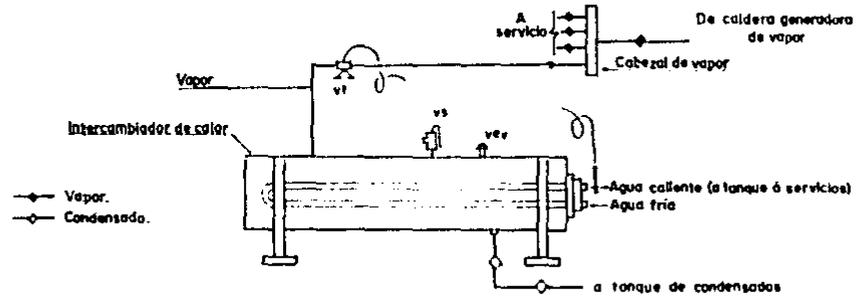


Figura 2.5.6 Caldera de circuito abierto.

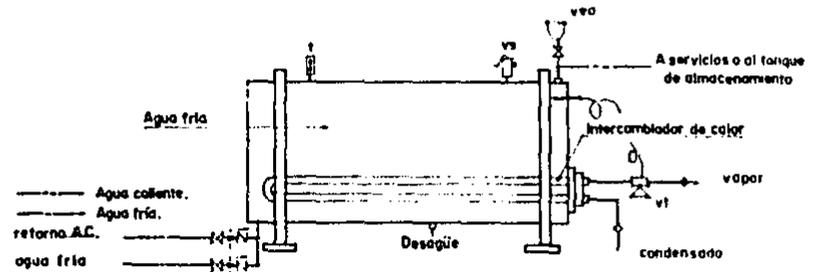


Figura 2.5.I0 Distribución de agua caliente.

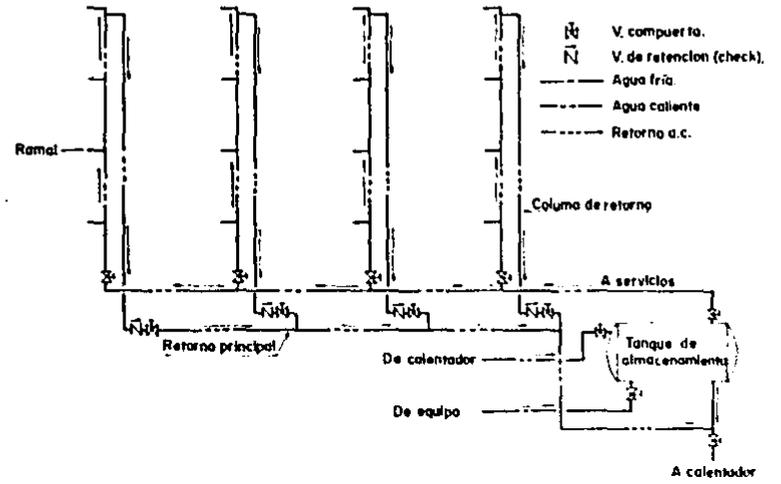


Figura 2.5.II Distribución de agua caliente.

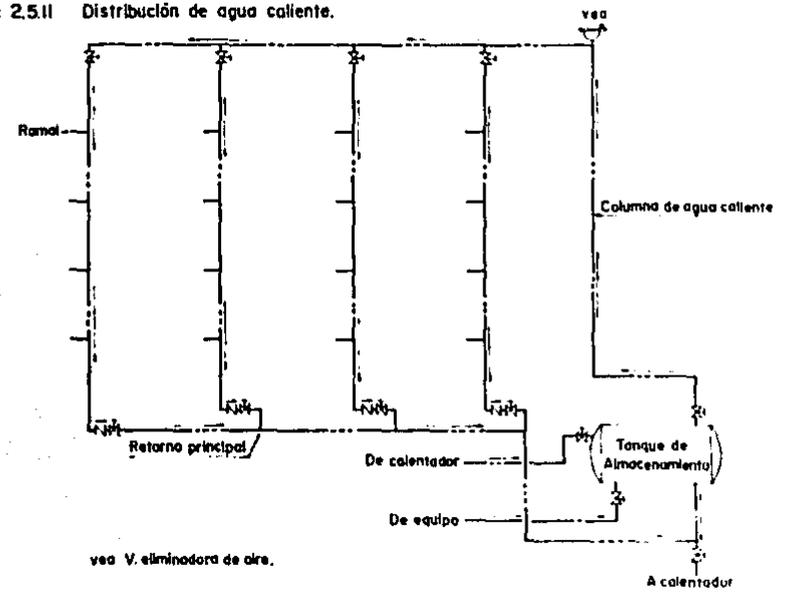


Figura 2.5.12 Distribución de agua caliente.

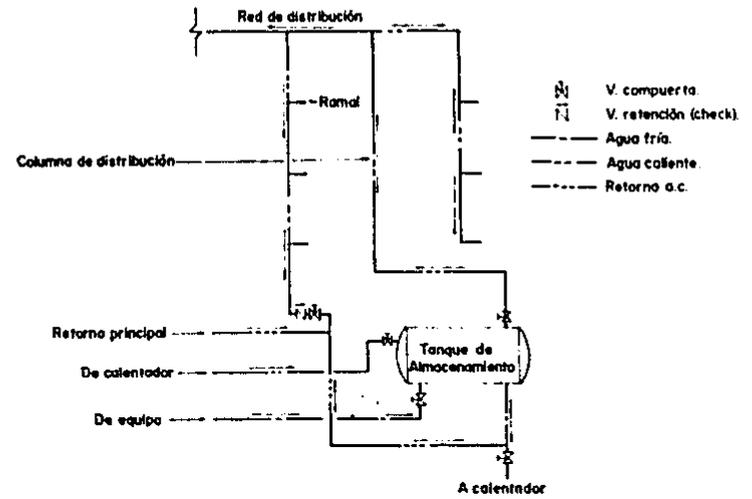
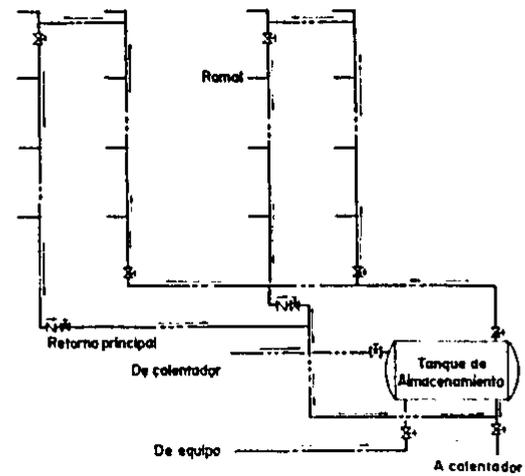


Figura 2.5.13 Distribución de agua caliente.



### CAPITULO 3      **INSTALACION SANITARIA.**

#### **3.1      SISTEMA DE DRENAJE.**

##### **a) Descripción.**

Todas las tuberías por donde circulan aguas sucias ó de desecho (servidas) se conocen con el nombre genérico de *Drenaje*. Los elementos principales de estos sistemas son: Las tuberías de drenaje propias de cada mueble sanitario, las tuberías de ventilación, los céspedes (sellos hidráulicos), las tuberías de todo el sistema de drenaje (ramales, columnas y colectores), y el albañal del edificio.

Un tubo que conduce aguas negras en un sistema de plomería, es un tubo que está diseñado para conducir desechos humanos, a diferencia de un tubo de desperdicio ó desague que solamente conduce líquidos sin incluir desechos humanos.

La mecánica a seguir de estos sistemas es la siguiente: Al salir de los accesorios el agua servida pasa por el céspol ó alguna otra trampa continuando por el ramal, después pasa por la bajada, ésta llega al colector del edificio continuando hacia el albañal domiciliario, y este a su vez se une al albañal público comunmente llamado albañal municipal. Los sistemas de drenaje deben cumplir con las siguientes características:

- 1) Deben desalojar de la manera más rápida y por el camino más corto las aguas sucias ó de desecho.
- 2) Las tuberías empleadas en el drenaje deben ser impermeables al agua, aire y gas.
- 3) Deben impedir el paso de malos olores, aire y microbios al interior del edificio.
- 4) El material utilizado en éstas tuberías debe ser resistente a la acción corrosiva de las aguas que circulan en ellas.
- 5) Estos sistemas deben instalarse de modo que los movimientos ocasionados por dilataciones ó asentamientos del

del edificio, no den lugar a fallas, asegurándose de ésta manera una larga vida para las tuberías.

El albañal doméstico es la parte del sistema sanitario que comienza justamente en el interior del muro de cimentación y termina en el albañal municipal de la calle, pudiendo ser también una fosa séptica la terminal de la atarjea domiciliaria.

En la figura 3.1.1 se representa el esquema de un albañal ó atarjea doméstica, como se indica en la figura, la conexión de la atarjea al colector municipal se efectúa por encima de la corriente de este, penetrando con un ángulo de 45° ó directamente sobre su parte superior.

La pendiente normal para un albañal no debe ser menor del 2% de la distancia de su recorrido pero sin embargo se permiten pendientes menores debido a las dificultades de la construcción del edificio. La altura del albañal domiciliario depende también de la profundidad de la salida del colector domiciliario; ésta profundidad de salida se puede determinar midiendo la longitud de la ramificación más larga y multiplicándola por el valor de su pendiente, al valor obtenido se le debe de sumar la altura de tierra requerida (30 cm. de altura si el piso es de hormigón, y 45 cm. si el piso es de otro material).

Por lo que no esta fuera de lo normal que un albañal se le dé una pendiente mayor del 2%. Se efectuará esto cuando la salida del colector domiciliario esté lo suficientemente alto con respecto al albañal municipal.

Un colector domiciliario, es la parte del sistema de drenaje que recibe las descargas de todas las columnas de evacuación de inodoros, lavabos, mingitorios, etc., y de desperdicios dentro de un edificio y que los envía al albañal doméstico. Este puede instalarse subterráneo ó bien suspenderse del techo del sótano dependiendo de las condiciones de la construcción.

Se recomienda para la tubería del colector una pendiente del 2% puesto que en experimentos llevados a cabo se ha

encontrado que las tuberías horizontales proporcionan una velocidad y capacidad de descarga para que exista un buen arrastre de sólidos sin producir presiones anormales en el sistema.

Una pendiente mayor del 2% del total de su recorrido aumenta dicha velocidad y por consecuencia la capacidad de descarga, pero puede disminuir en un momento dado la profundidad de la corriente necesaria para realizar un buen arrastre de los sólidos.

El sistema de drenaje está sujeto a la formación de obstrucciones en alguna de sus partes, sin importar su buen diseño y esto ha sido demostrado ampliamente a través de la experiencia. En consecuencia se estima hoy en día como una necesidad práctica el proveer de aberturas (tapones registro de limpieza) adecuadas para la limpieza en lugares convenientes.

Deberá proveerse al final de cada bajada, una conexión para la limpieza de la tubería, lo mismo acontecerá en cambios alternados de dirección en las tuberías principales de aguas negras ó de desechos.

La conexión para la limpieza podrá ser una "Y" en dirección del flujo del desague y deberá estar equipada con una tapa de latón roscada provista de un cabezal de manera que pueda quitarse fácilmente. Un registro de limpieza que sobresalga del piso no podrá ser usado como desague.

De acuerdo al Código Nacional de Plomería de los E.U., se recomiendan las siguientes distancias máximas entre dos registros de limpieza y que son las siguientes:

Para tuberías de  $\phi 100$  mm. ( $\phi 4$ " ) de diámetro ó menores, la distancia máxima permisible será de 15 mt. (50 pies aproximadamente) y para tuberías más grandes ésta distancia será de 30 mt. (100 pies aproximadamente).

Las bajadas de aguas negras son las partes del sistema sanitario que reciben las descargas de los inodoros, mingitorios, etc., con accesorios complementarios ó sin ellos; y son enviadas al colector domiciliario. Normalmente la tubería de eva-

cuación está colocada de tal manera que los ramales que prestan servicio a los muebles de un baño sean los más directos y cortos posibles.

Las bajadas de agua pluvial sirven para recoger las aguas de lluvia de los techos ó algunas otras áreas de recepción por encima del piso para conducir las a algún punto de descarga y éstas pueden ser colocadas dentro ó fuera del edificio.

La tubería de desperdicios (aguas sucias, jabonosas, etc) es la parte del sistema de saneamiento que envía la descarga de los aparatos sanitarios a los ramales de las tuberías de evacuación ó al colector domiciliario, entre estos muebles podemos mencionar a las tarjas, lavabos, tinas de baño, etc.

#### b) Tipos de colectores.

Los desagües de las construcciones se clasifican de la siguiente manera: Colectores sanitarios, mixtos, industriales y pluviales.

El colector sanitario recibe la descarga de desechos humanos (aguas negras) así como también la descarga de las aguas claras ó jabonosas (desperdicios domésticos), excluyendo siempre las aguas pluviales. En la actualidad es el desagüe más utilizado ya que la mayoría de las ciudades cuentan con terminales colectoras de desagües dotados de plantas de tratamiento de aguas negras.

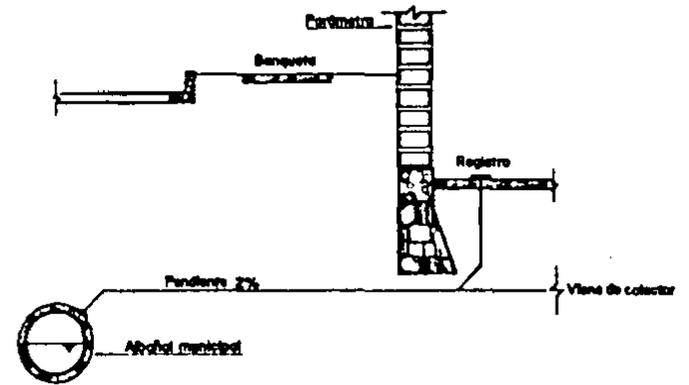
Un desagüe mixto es el que recibe la descarga de aguas negras y pluviales; este tipo de colector es el más antiguo que se conoce y que actualmente opera en la mayoría de las ciudades de México.

El desagüe industrial recibe las descargas de los desechos de los equipos industriales que generalmente son de naturaleza química, que es inconveniente para los sistemas de colectores sanitarios, por lo que es conveniente separar ambos.

El desagüe pluvial es la parte del sistema de drenaje que envía el agua de lluvia a una terminal adecuada. En la actualidad las grandes urbes poseen sistemas de alcantarillado

separados y por lo tanto los desagués sanitarios y pluviales de un edificio deben desagüarse independientemente, para ello se han construido alcantarillas pluviales municipales que prestan servicio a construcciones privadas y públicas.

Figura 3.11 Albofal doméstico.



### 3.2 FLUJO EN TUBERIAS DE DESAGUE.

#### a) Flujo en tuberías horizontales.

En los desagües largos horizontales con cierta pendiente, el flujo es por medio de la gravedad y es comparable al flujo del agua en canales abiertos en donde la superficie libre está expuesta a la presión atmosférica, bajo tales condiciones el flujo no depende de la presión aplicada al agua, sino que depende de la fuerza de gravedad provocada por la inclinación del desagüe y de la superficie del agua que fluye sobre ella.

En canales abiertos ó en desagües horizontales inclinados de sección y tamaño constante y de gran longitud, el flujo puede alcanzar un estado de equilibrio que es denominado flujo uniforme; para que esto suceda, la inclinación de la superficie del agua deberá ser igual a la inclinación del desagüe y a la pérdida de carga por fricción.

Las fórmulas más usuales para la determinación del flujo uniforme en los desagües horizontales son las de Robert Manning que a continuación se verán en detalle:

$$V = 1.486 \times m^{0.67} Sh^{0.5}$$

$$Q = \frac{1.486 \times A \times m^{0.67} Sh^{0.5}}{n}$$

V= Velocidad del flujo, en pies/seg.  
 Q= Gasto del flujo, en pies<sup>3</sup>/seg.  
 A= Area de la sección del flujo, en pies<sup>2</sup>.  
 m= Tirante medio del flujo, en pies.  
 Sh= Pendiente hidráulica de la superficie del flujo, en pies/pie.  
 n= Coeficiente dependiente del grado de rugosidad del tubo, grado de ensuciamiento en servicio y diámetro del tubo (número de Kutter).

Los valores del tirante hidráulico medio, varían de acuerdo a los diferentes grados de llenado de la tubería; para un desagüe que fluye hasta la mitad, el área transversal del flujo será igual a  $\pi D^2/8$  (D; diámetro nominal del tubo) el perímetro húmedo es igual a:  $\pi D/2$  y el tirante hidráulico medio será igual a  $D/4$ . Análogamente para un desagüe que fluye lleno, el área de la sección transversal del flujo será igual a:  $\pi D^2/4$ , el

perímetro húmedo es igual a:  $\pi D$ , y el tirante hidráulico será igual a:  $D/4$ . De tal manera puede observarse que estos valores tienen una cierta coincidencia para medio flujo y para flujo completo.

Los valores recomendados del coeficiente "n", para tuberías de desagüe sanitario de hierro galvanizado y tubería de aguas negras de fierro fundido con una cantidad normal de ensuciamiento en servicio serán:

Diámetro nominal de la tubería	Coficiente "n"
1½"	0.012
1¾"	
2"	0.013
2½"	
3"	
4"	0.014
5"	0.015
6"	
8" ó más	0.016

Nota: Para desagües de lluvia, de tubería standard de drenaje supóngase  $n=0.015$  para cualquier diámetro.

Las capacidades y velocidades de flujo, bajo condiciones de flujo uniforme son aquéllas que prevalecen en donde el flujo tiene tiempo suficiente para ajustarse así mismo y alcanzar un estado de equilibrio. Tales velocidades y capacidades pueden considerarse como las mínimas que se presentarán en los desagües sin importar la velocidad a la que entra el flujo, como la que se presenta en la parte inferior de las bajadas y canales produciendo agitación en el flujo hasta una distancia considerable aguas abajo.

Por consiguiente, cualquier aumento en la capacidad ó en la velocidad del flujo debido a la presentación de condiciones de flujo inconstante da un factor adicional de seguridad cuando el diseño se basa en condiciones de flujo uniforme.

La tuberfa del drenaje debe diseñarse de manera que dé una acción de arrastre en el sistema al conducir aguas negras al grado máximo de descarga, por lo que el factor más importante para conseguir dicho arrastre es la velocidad suficiente del flujo.

Se recomienda una velocidad de 0.6096 mt/seg (2 pies/seg) como el mínimo requerido para producir acción de arrastre al conducir aguas negras. Sin embargo es más recomendable una velocidad mínima de 1.2192 mt/seg (4 pies/seg) para que la tuberfa del drenaje conduzca desperdicios grasos que necesitan una mayor velocidad de arrastre.

Como las tuberfas de diámetros pequeños se dan velocidades menores de 2 pies/seg, es conveniente evitar tramos muy largos de éstas, ya que se asolvan rápidamente.

#### b) Flujo en tuberfas verticales.

Cuando se desagua una pequeña cantidad de agua en una tuberfa vertical de drenaje de amplias dimensiones, el flujo tiende a pegarse a las paredes del tubo, y desciende con un movimiento ligeramente espiral. Al aumentar la cantidad de agua descargada en el desagüe vertical el flujo forma una hoja de agua de espesor uniforme en la pared del tubo que encierra un núcleo de aire en su centro y desciende sin movimiento espiral alguno. Esta condición del flujo prevalece hasta un grado en el que el agua ocupa de la tercera a la cuarta parte del área de la sección transversal de la tuberfa vertical.

Si se aumenta el flujo, éste tiende a bajar en forma de diafragmas a través de la sección del tubo y a formar bultos de agua que a su vez se rompen al aumentar la presión del aire en la sección inferior de la bajada. Esta frecuente formación y rotura de los bultos de agua en el flujo hacia abajo de los desagües verticales, produce variaciones rápidas de la presión del aire que van acompañadas de ruidos indeseables; por lo tanto hay que limitar el grado de flujo que debe correr por un desagüe vertical para que no se produzcan éstos efectos indeseables.

El flujo en un desague horizontal tal como el de un ramal, al entrar en un desague vertical estará sujeto a la aceleración de la gravedad y ganará velocidad al caer en el desague vertical, ésta velocidad aumenta hasta que la resistencia por fricción entre el agua que fluye en contacto con la pared del tubo y el núcleo de aire se hace igual a la fuerza de aceleración de la gravedad; de ahí en adelante, la velocidad permanece constante a medida que el flujo desciende más hacia abajo por el desague vertical llamándose a ésta velocidad; velocidad final.

Los investigadores Wylly y Eaton, afirmaron que la capacidad del flujo de los desagües verticales pueden expresarse en términos del diámetro de la bajada y de una fracción específica del área de la sección de ésta que puede ser ocupada por el agua a la velocidad final; expresando esto en la siguiente fórmula:

$$q=27.8Rs^{1.66}D^{2.66}$$

q= Capacidad del flujo en la bajada del drenaje, en gal/min.  
 Rs= Fracción específica del área de la sección de la bajada a la que se permite que sea ocupada por el agua a la velocidad final, en pulg<sup>2</sup>.  
 D= Diámetro de la bajada del drenaje, en pulg.

Se han hecho recomendaciones acerca del límite que debe aplicarse como la fracción específica de la sección transversal de una bajada para que sea ocupada por el agua para que fluya a la velocidad final.

Una recomendación es limitar el área del agua a 6/24 del área de la sección de la bajada, otra es permitir que el agua ocupe 7/24 del área de la sección transversal de la bajada a la velocidad final. Si se limitan a estos valores de la fracción específica del área que puede ser ocupada por el agua, los grados de flujo pueden calcularse de la siguiente manera:

$$\text{si: } r=6/24; q=2.7582D^{2.66}$$

$$r=7/24; q=3.5661D^{2.66}$$

Estas fórmulas pueden utilizarse para calcular los grados de flujo para las bajadas de drenaje que pueden tomarse como las recomendadas para diversos diámetros de tuberías existentes.

Es importante observar que la cantidad de flujo que es conducido por un ramal horizontal de desagüe, resulta de la suma de los flujos recibidos simultáneamente de los desagües de los muebles conectados a él. Para que ésta cantidad de flujo sea conducida sin ningún aumento de la presión hidrostática en el desagüe horizontal, su diseño debe basarse en la suposición de que prevalecerán condiciones de flujo uniforme en donde el ramal horizontal de drenaje sea de longitud extensa, sin embargo en donde el ramal sea relativamente corto, se originan condiciones de flujo oscilante y capacidades y velocidades de flujo apreciablemente más altas que las producidas bajo condiciones de flujo uniforme. Por lo tanto en ningún caso debe conducirse por un ramal una cantidad de flujo que exceda la capacidad de flujo de la bajada de drenaje en el que se descarga.

Cuando los ramales horizontales de desagüe descargen en una bajada, el grado de flujo en el desagüe del ramal no debe causar una interferencia excesiva al flujo de la bajada, ya que puede producir una contra presión en dicho ramal, por consiguiente; la capacidad de flujo permisible en un desagüe de ramal horizontal debe estar interrelacionado con el grado de flujo simultáneo probable en la bajada de drenaje, este a su vez estará relacionado con la carga total en la bajada y con el número de ramales que descargen en ella.

### 3.3 DIMENSIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE DESAGUE.

#### a) Desagües horizontales y verticales.

En el subcapítulo anterior se estudió la teoría del flujo en desagües horizontales y verticales. Por lo que una aplicación directa de dicha teoría aunada a la de la probabilidad del uso simultáneo de accesorios en la determinación del dimensionamiento de cada una de las partes de la red del drenaje (ramales bajadas y colectores) de una construcción es sumamente complicado y laborioso. Por lo que el Dr. Roy B. Hunter vió la necesidad de crear un método práctico y fácil de usar en base a todo lo anteriormente descrito, y empezó a experimentar llegando a la conclusión de que para el diseño de los sistemas de drenaje y ventilación era conveniente expresar el grado de descarga de aguas negras ó de desperdicio en términos de unidades mueble. La unidad de accesorio se basa en el grado de descarga de un accesorio usado intermitentemente.

El lavabo se toma usualmente como el accesorio unidad, cuyo grado de descarga es de 28.5 lt/min (7.5 gal/min), los valores de descarga para otros accesorios se expresan generalmente como múltiplos de este factor. Por lo que el Dr. Hunter desarrolló la tabla 3.3.1 para varios accesorios utilizados en un sistema de plomería.

Tabla 3.3.1 Valores en unidades mueble para un mueble ó un grupo de muebles en un sistema de drenaje.

Tipo de accesorio ó mueble	Valores en unidades mueble	Tamaño mínimo del céspol, en pulg
Grupo de baño, consistente en: inodoro, lavabo, tina ó regadera (con tanque de lavado).	6	
Grupo de baño, consistente en: inodoro, lavabo, tina ó regadera (válvula de chorro directo).	8	
Tina de baño (con ó sin regadera).	2	1½

Tabla 3.3.1 Valores en unidades mueble para un mueble ó un grupo de muebles en un sistema de drenaje (continuación).

Tipo de accesorio ó mueble	Valores en unidades mueble	Tamano mínimo del céspol, en pulg
Tina de baño.	3	2
Bidet.	3	1½
Combinación de fregadero y lavadero.	3	1½
Combinación de fregadero y lavadero con una unidad moledora de desechos de alimentos (céspol separado por cada unidad).	4	1½
Unidad ó escupidera dental.	1	1½
Lavabo dental.	1	1½
Bebedero.	1/2	1
Lavadora de platos (tipo doméstico).	2	1½
Desagüe de piso (coladeras).	1	2
Fregadero de cocina (tipo doméstico).	2	1½
Fregadero de cocina, tipo doméstico con una unidad moledora de desechos de comida.	3	1½
Lavabo c/salida de desperdicios de tapón de 1½".	1	1½
Lavabo con salida de desperdicios de tapón de 1½".	2	1½
Lavabo de peluquería ó salón de belleza	2	1½
Lavabo de cirujano.	2	1½
Lavadora (1 ó 2 compartimientos).	2	1½
Regadera.	2	2
Regaderas, grupo (por regadera).	3	
Fregadero de cirujano.	3	1½
Fregadero (del tipo de chorro en el borde, con válvula de chorro directo).	8	3
Fregadero (del tipo de servicio con el céspol de salida en el piso; standard).	3	3
Fregadero (del tipo de servicio con el céspol en forma de "P").	2	2

Tabla 3.3.1 Valores en unidades mueble para un mueble ó un grupo de muebles en un sistema de drenaje (continuación).

Tipo de accesorio ó mueble	Valores en unidades mueble	Tamaño mínimo del céspol, en pulg
Fregadero (para lavado de platos ó de tipo semejante).	4	1½
Mingitorio (válvula de chorro 1").	8	3
Mingitorio (válvula de chorro de 3/4").	4	1½
Mingitorio (tanque de lavado).	4	2
Mingitorio de canal (circular ó múltiple), cada céspol de salida.	2	1½
Inodoro (tanque de lavado).	4	3
Inodoro (válvula de chorro directo).	8	3
Albercas (c/1,000 galones de capacidad).	1	

Los accesorio que no esten dados en la tabla 3.3.1, deberán tener valores de unidades mueble, pudiéndose estos determinar por medio de su respectivo drenaje de la siguiente manera:

Diámetro del drenaje, en pulg	Unidades mueble correspondientes p/accesorio
1½ ó menores	1
1½	2
2	3
2½	4
3	5
4	6

Siguiendo con sus experimentos el Dr. Roy B. Hunter, elaboró las tablas 3.3.2 y 3.3.3 para el cálculo del dimensionamiento de las redes de un sistema de drenaje que son el resultado de sus experiencias.

Es buena práctica que la capacidad normal para un tubo de drenaje sea de una tercera a una cuarta parte de su capacidad total del tubo; la capacidad restante es el margen de se-

guridad para una máxima demanda extra. Es conveniente usar la tubería de tamaño adecuado, de tal manera que drene lo más rápidamente posible los desperdicios de los muebles.

Evitar las causas que provoquen presiones excesivas en puntos en donde los ramales se conecten a una bajada.

Siguiendo estas consideraciones se elaboraron las siguientes tablas que proporcionan la capacidad máxima que puede drenar un tubo tanto horizontal como vertical.

Tabla 3.3.2 Diámetros de los colectores y albañales de un edificio (en términos de unidades mueble y considerando sus pendientes).

Diámetro del tubo (pulg)	Máximo número de unidades mueble que pueden ser drenadas por un colector <sup>1</sup> ó albañal de un edificio			
	Pendiente (pulg/pie)			
	1/16 pulg 1/2%	1/8 pulg 1%	1/4 pulg 2%	1/2 pulg 4%
2	----	--	21	26
2½	----	--	24	31
3	----	20 <sup>2</sup>	27 <sup>2</sup>	36 <sup>2</sup>
4	----	180	216	250
5	----	390	480	575
6	----	700	840	1000
8	1400	1600	1920	2300
10	2500	2900	3500	4200
12	3900	4600	5600	6700
15	7000	8300	10000	12000

(1) Incluye los ramales del desague del edificio.

(2) No más de dos inodoros.

Tabla 3.3.3 Diámetros de los ramales horizontales de los accesorios y bajadas de aguas negras.

Diámetro del tubo (pulg)	Máximo número de u. mueble que pueden ser drenadas			
	Cualquier ramal horizontal <sup>1</sup> de accesorio	Una bajada de 3 pisos ó 3 interv	Más de 3 pisos de altura	
			Total por bajada	Total en 1 piso ó intervalo de ramal
1½	1	2	2	1
1¾	3	4	8	2
2	6	10	24	6

Tabla 3.3.3 Diámetros de los ramales horizontales de los accesorios y bajadas de aguas negras (continuación).

Diámetro del tubo (pulg)	Máximo número de u. mueble que pueden ser drenadas			
	Cualquier ramal horizontal de accesorio	Una bajada de 3 pisos ó 3 interv	Más de 3 pisos de altura Total en 1 piso ó intervalo de bajada	Total en 1 piso ó intervalo de ramal
2½	12	20	42	9
3	20 <sup>2</sup>	30 <sup>3</sup>	60 <sup>3</sup>	16 <sup>1</sup>
4	160	240	500	90
5	360	540	1100	200
6	620	960	1900	350
8	1400	2200	3600	600
10	2500	3800	5600	1000
12	3900	6000	8400	1500
15	7000	----	----	----

(1) No incluye los ramales conectados directamente al colector del edificio.

(2) No más de dos inodoros.

(3) No más de seis inodoros.

Una de las formas empleadas para el diseño de un sistema de drenaje en un edificio, puede ser de la siguiente manera:

1) Dibujese un isométrico de los ramales, bajadas y colectores del sistema sanitario.

2) Identifique con alguna letra apropiada, los tipos de accesorios a drenar y por medio de la tabla 3.3.1 asignense sus valores correspondientes en unidades mueble.

3) Para dimensionar los ramales deben irse acumulando y revisando con la tabla 3.3.3, si los diámetros son correctos; al final del ramaleo cerca de donde principia su bajada acumuléense el total de unidades obtenidas y repitase este paso para todos los ramaleos conectados a la misma bajada.

4) En cuanto a la bajada, deben irse acumulando por ramaleo ó irse revisando los diámetros respectivos con la tabla 3.3.3 según sea el caso (3 ó más pisos) y al final de ésta deben acumularse el total de las unidades mueble obtenidas.

5) Para calcular el colector domiciliario deben irse acumulando los totales obtenidos en cada bajada, y consultando con la tabla 3.3.2, dependiendo de la pendiente asignada se podrá obtener el dimensionamiento buscado.

### 3.4 DESAGUES PLUVIALES.

#### a) Desagües pluviales horizontales.

El diámetro del desagüe pluvial de un edificio ó de cualquiera de sus ramales que tenga una pendiente de media pulgada por pie ó menos, debe calcularse tomando en cuenta el área total que se quiera drenar.

Para el diseño adecuado de los desagües pluviales horizontales se podrá utilizar la tabla 3.4.1 que está en función de la pendiente del desagüe y de una precipitación pluvial de 4 pulg/hr. Si en cualquier lugar de la República Mexicana el grado de precipitación pluvial fuere mayor ó menor de 4 pulg/hr, las áreas dadas en la tabla se pueden ajustar de la siguiente manera: Las áreas dadas en la tabla deben multiplicarse por cuatro y dividir el resultado entre el grado de precipitación pluvial del lugar deseado, en pulg/hr.

Tabla 3.4.1 Tamaños de los drenajes pluviales horizontales.

Diámetro del tubo (pulg)	Máxima superficie de techo proyectada en pies <sup>2</sup> , para varias pendientes		
	1/8 pulg 1%	1/4 pulg 2%	1/2 pulg 4%
3	822	1160	1644
4	1880	2650	3760
5	3340	4720	6680
6	5350	7550	10700
8	11500	16300	23000
10	20700	29200	41400
12	33300	47000	66600
15	59500	84000	119000

#### b) Desagües pluviales verticales.

En el cálculo de la capacidad de drenaje de las bajadas de aguas pluviales, ya sean circulares ó rectangulares, se deben de considerar tres factores de suma importancia, y que son: Tamaño de la bajada, área de la sección transversal de la bajada y área del perímetro mojado.

A causa de sus cuatro paredes, una bajada rect-

angular, existen más pérdidas de carga debido a la fricción, haciendo disminuir su capacidad de acarreo. Para compensar estas pérdidas, una bajada rectangular necesita ser su área un 10% más grande que una bajada circular para drenar la misma carga.

Las bajadas de agua pluvial deben de calcularse sobre la base de tomar las áreas servidas proyectadas horizontalmente. Si hay muros adyacentes a las azoteas pudiendo pertenecer éstos a cuartos de servicio, casa de máquinas, pretilas, etc y estando expuestos a la acción de la lluvia, por consiguiente existe un escurrimiento a las áreas proyectadas, y deben sumarse la mitad de sus áreas, al área total de la azotea.

La tabla 3.4.2 permite obtener los diámetros para varios tamaños de bajadas pluviales según el área que va a ser drenada y con un grado de precipitación pluvial que varía de 2 a 8 pulg/hr.

Tabla 3.4.2 Diámetros de bajadas pluviales.

Diámetro de la bajada (pulg)	Rango normal de precipitación pluvial en pulg/hr					
	2	3	4	5	6	8
	Máxima área de azotea proyectada en pies <sup>2</sup> .					
2	1440	960	720	576	480	360
2½	2600	1733	1300	1040	865	650
3	4400	2933	2200	1760	1470	1100
4	9200	6133	4600	3680	3070	2300
5	-----	-----	8650	6920	5765	4325
6	-----	-----	-----	-----	9000	6750

c) Canalones pluviales.

El diámetro de un canalón semicircular debe calcularse tomando como base el área de la azotea proyectada horizontalmente, servida por dicho canalón de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 3.4.3 Tamaños de canalones.

Diámetro del canalón (pulg*)	Máximo de área proyectada para canalones en diferentes pendientes, en pies <sup>2</sup>			
	1/16 pulg 1/2%	1/8 pulg 1%	1/4 pulg 2%	1/2 pulg 4%
3	170	240	340	480
4	360	510	720	1020
5	625	880	1250	1770
6	960	1360	1920	2770
7	1380	1950	2760	3900
8	1990	2800	3980	5600
10	3600	5100	7200	10000

\*Los canalones que no sean semicirculares, pueden usarse también con la condición de que tengan un área de sección transversal equivalente.

### 3.5 DESAGUE COMBINADO.

El diámetro de cualquier desagüe combinado debe basarse en un área de drenaje equivalente a las cargas de drenaje sanitario y pluvial totales servidas por este desagüe, y deben determinarse como si fueran desagués pluviales horizontales pudiéndose utilizar la tabla 3.4.1.

La carga del drenaje sanitario debe convertirse a su equivalente área de drenaje pluvial, y sumarse posteriormente a la área de este. Las cargas de drenaje sanitario deben convertirse de la siguiente manera:

En donde la carga total de unidades mueble en el desagüe combinado sea menor de 256 unidades mueble, la carga de drenaje sanitario debe tomarse como equivalente a 1,000 pies cuadrados de área de drenaje pluvial.

Cuando la carga total de unidades mueble en el desagüe combinado sea mayor de 256 unidades mueble, la carga del drenaje sanitario debe calcularse considerando a cada unidad como equivalente a 3.9 pies cuadrados de área de drenaje pluvial.

Si existe flujo continuo ó intermitente al desagüe ó al drenaje como el de una bomba, de un extractor, un equipo de aire acondicionado ó similar, cada galón por minuto de flujo a la capacidad fijada debe calcularse como equivalente a 24 pies cuadrados de área de drenaje pluvial.

### 3.6 CARCAMOS DE ACHIQUE.

#### a) Utilización, tipos húmedo y seco.

Cuando se tengan muebles sanitarios, equipos especiales y áreas que se necesiten drenar y que se encuentren localizados por debajo de la línea del colector del edificio y no puedan ser desfogados por gravedad, se presentará el problema de que las aguas pluviales ó negras se tienen que mandar a un cárcamo de achique ó de recolección, ya sea por separado ó combinados dependiendo del sistema sanitario empleado, y posteriormente ser bombeados hacia el punto de desfogue, sea este el albañal municipal ó el colector del edificio.

Los cárcamos húmedo y seco tienen la misma función de desalojar las aguas de desecho. La diferencia existente entre ambos cárcamos consiste en la instalación del equipo de bombeo (figura 3.6.1a y 3.6.1b).

En el cárcamo húmedo, la flecha de succión de la bomba se encuentra ahogada en el agua que se va a desalojar, y la otra parte del cuerpo de la bomba se instala fuera del cárcamo pudiendo quedar encima de él, por lo que se genera un buen ahorro económico en ésta clase de equipos.

En el cárcamo seco el equipo de bombeo se instala fuera de este, siendo la instalación muy semejante al equipo de bombeo de una cisterna. Estos equipos son mejores que los anteriores pero más costosos, por lo que es ampliamente recomendable utilizarlos en donde los gastos de aguas de desechos sean sumamente elevados y la obra lo amerite.

Ambos cárcamos deben tener ventilación, de preferencia que ésta sea independiente y directa al exterior, en caso contrario, la ventilación se puede conectar al sistema de ventilación de la red sanitaria.

#### b) Cálculo de su capacidad.

La capacidad de un cárcamo de achique estará determinada por el gasto que va a recibir, este gasto puede cal-

cularse por los métodos que en este mismo capítulo se han mencionado tanto para un sistema de aguas negras, pluviales ó combinado.

Generalmente para el diseño del cárcamo se tomará el valor de tres veces del gasto originalmente calculado, esto se hace con el fin de que las bombas encargadas del desalaje de dichas aguas no trabajen continuamente, puesto que están diseñadas para que trabajen al 100% de su capacidad.

Cuando la ventilación no pueda ser independiente y tenga que conectarse al sistema de ventilación de la red sanitaria, el diámetro de la tubería de ventilación dependerá del gasto de bombeo y de la longitud de ella, y se podrá determinar de acuerdo a la tabla 3.6.2.

Tabla 3.6.2 Diámetro y longitud de las ventilaciones de cárcamos

Gasto de bombeo (lps)	Diámetro de las ventilaciones, en mm.					
	32	38	50	64	75	100
	Longitud real de la ventilación, en mt.					
0.63						
1.26	55					
2.52	14	32				
3.79	6	15	55			
5.05	3	8	30	77		
6.31	2	5	20	51		
9.46		2	9	22	75	
12.62			4	12	43	
15.78			2	7	27	
18.93			2	5	18	77
25.24				2	9	43
31.55					5	26

c) Dimensiones de construcción.

Para el diseño de la capacidad de un cárcamo de achique se deben de considerar los siguientes puntos (figura 3.6.3):

1) El cárcamo debe de tener las dimensiones adecuadas para alojar el volúmen total de diseño, ó sea, el volúmen útil será igual a tres minutos del gasto máximo probable de

los muebles y equipos que desfoquen en el cárcamo.

2) Debe considerarse un colchón de aire de 10 cm., aproximadamente entre el nivel máximo de las aguas de desecho (punto de arranque de la bomba) y la tubería de recolección que penetra en el cárcamo, esto se efectúa con el fin de que no se sature el cárcamo y las aguas no se rebosen.

3) La succión del sistema debe encontrarse sumergida para evitar que penetre aire en la bomba (cono de Newton), debe preverse un tirante adicional de agua (punto en donde la bomba cesa de trabajar) que varía de acuerdo al tipo de bomba empleada. Tanto el punto dos como éste mismo, se pueden solucionar con unos mecanismos llamados flotadores que pueden ajustarse a las necesidades dadas.

Analizando los puntos anteriores se puede observar que no existe una regla general para encontrar las dimensiones de un cárcamo, sino que depende de los factores ya mencionados y de las dificultades que presente la obra, puesto que muchas veces para cubrir el volumen requerido no solamente es necesario un sólo cárcamo, sino varios que se construirán en donde la obra lo permita.

Figura 3.6.1 Cámaras de achique.

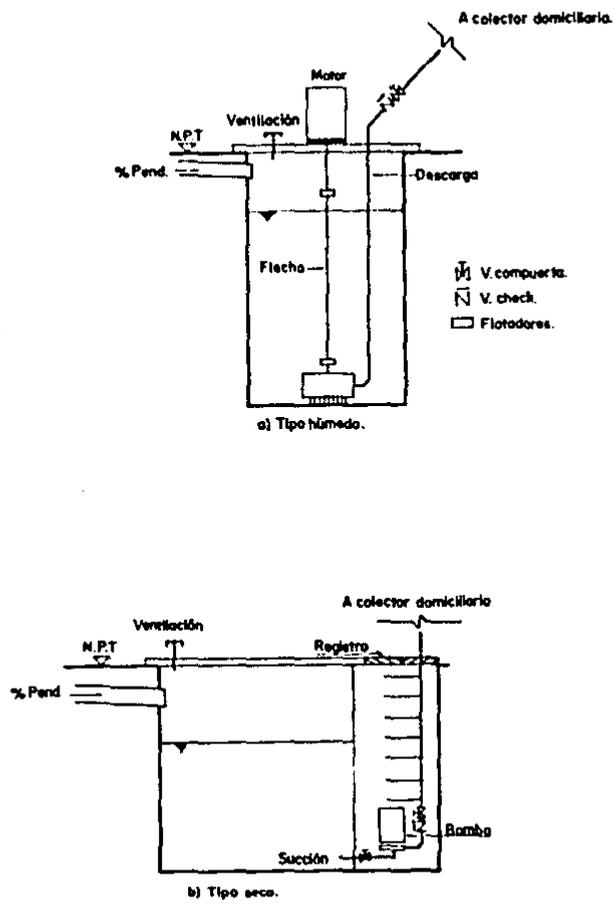
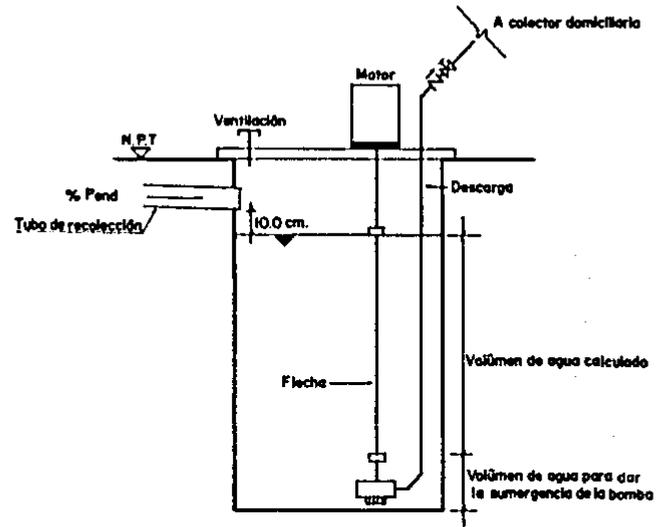


Figura 3.63 Dimensiones de un cárcamo.



## CAPITULO 4 SISTEMA DE VENTILACION.

### 4.1 SISTEMA DE VENTILACION.

#### a) Importancia.

La ventilación en un sistema sanitario, es la parte de la instalación de un drenaje que se ha diseñado para mantener la presión atmosférica dentro de este, evitando el rompimiento del sello hidráulico de los céspedes de los muebles sanitarios y el retraso de las aguas servidas, así como el consecuente deterioro de los materiales de que están contruidos estos.

Debido a la importancia que para la ventilación tiene la atmósfera es conveniente saber algo de ella. La atmósfera es una mezcla de gases, conteniéndolo aproximadamente 21% de oxígeno, 78% de nitrógeno, 0.94% de argón, 0.003 de bióxido de carbono, así como neón, criptón, ozono y otros gases de menor importancia.

La atmósfera tiene una densidad de aproximadamente 1.29 gr/lt en condiciones normales de presión y temperatura.

Una columna de aire de un centímetro cuadrado y de altura, la de la atmósfera, ejerce sobre la superficie terrestre ó de cualquier objeto que se encuentre sobre ella, ya sea sólido, líquido ó gaseoso una presión de 1.033 kg., al nivel del mar. Cualquier nivel arriba ó abajo del nivel del mar estará sujeto a una mayor ó menor presión.

Una de las propiedades de los gases que componen la atmósfera es la compresibilidad, por lo que el aire puede comprimirse y en éstas condiciones se desarrolla una presión mayor a la atmosférica. El aire también puede ser extraído de un espacio ó de un recipiente formando lo que se conoce por vacío ó vacío parcial dependiendo del volumen del aire extraído, y este vacío tendrá una presión menor a la atmosférica.

Por lo que una presión atmosférica inferior a una atmósfera ( $1.033 \text{ kg/cm}^2$ ), se le denominará con el nombre de presión negativa, y una presión mayor que una atmósfera se le llamará presión positiva.

De lo anteriormente mencionado y analizando lo que ocurre cuando un aparato es descargado en el sistema de evacuación, ayudará a comprender la importancia que tiene la ventilación en un sistema de drenaje.

Suponiendo que en la figura 4.1.1, el w.c. del piso superior se encuentra descargando hacia la bajada, el agua descargada llenará un sector de la tubería de bajada, formando un verdadero pistón hidráulico que al bajar comprime todo el aire situado debajo de él; dando lugar a que los sifones de los aparatos  $wc_1$  y  $wc_2$  se produzca en la parte interior del sistema una presión mayor que la de la atmósfera que puede llevar a empujar el agua del sifón al interior del aparato perdiéndose el sello hidráulico y entrando en el lugar, el aire fétido de las tuberías, a este fenómeno se le conoce con el nombre de sifonamiento por compresión. Lo contrario sucederá con el aire que se queda en la parte superior que es absorbido produciéndose el fenómeno conocido como sifonamiento por aspiración ó vacío.

Otro fenómeno que puede tener lugar es el llamado autosifonamiento, ó sea, el sifonamiento del accesorio por la descarga de él mismo; suele ocurrir este fenómeno cuando la descarga del accesorio es muy larga y de sección pequeña, ya que el agua antes de irse a la bajada, llena completamente la tubería de desagüe del aparato, produciéndose tras él una aspiración que absorbe también la última parte del agua descargada que debería quedar en el sifón del aparato para formar el sello hidráulico.

Todos estos fenómenos se verificarán si el sistema de drenaje no cuenta con un sistema apropiado de ventilación que impida se produzcan las sobrepresiones ó depresiones motivo por el cual se pierden los sellos hidráulicos de los aparatos sanitarios.

#### b) Descripción.

Existen varias formas de ventilar un sistema de drenaje de un edificio, su elección estará determinada principalmente por la forma de colocar los muebles sanitarios. Como norma general un sistema completo de ventilación en una red sanitaria es la combinación de varios métodos que a continuación se hará una breve descripción de los más importantes:

1) Ventilación de la tubería principal de evacuación y de desperdicio.- Es la de la tubería vertical de evacuación que está más arriba del ramal más alto de los aparatos a que sirve y que se prolonga hasta cruzar la azotea terminando con un remate de dos codos de 90°, ésta parte del tubo es la fuente por la cual se admite aire al sistema de plomería teniendo por lo usual el mismo diámetro que la porción de la tubería que corresponde a la bajada de aguas negras ó de desperdicios (figura 4.1.2).

2) Tubería principal de ventilación.- Es la parte del sistema de ventilación que sirve como terminal para los ramales más pequeños de ventilación, es decir, viene siendo una tubería colectora de ventilación y ésta puede ser conectada a la ventilación de la tubería principal de evacuación (figura 1.4.2).

3) Ventilación individual.- Este tipo de ventilación se define como la parte de la tubería de ventilación que da servicio a una sola trampa (céspe) ó sifón, se le conoce también con el nombre de contraventeo; debe conectarse lo más cerca de la trampa directamente abajo y detrás del mueble sanitario, y deberá conectarse a la tubería principal de ventilación, aproximadamente 20 cm (8 pulg) arriba del nivel de derrame del aparato al que da servicio.

4) Ventilación unitaria.- Puede definirse como la porción del sistema de tubería de ventilación que ventila dos trampas ó céspeles de los aparatos sanitarios cuando ambos céspeles estén conectados a un desagüe vertical común. Esta forma de

ventilación se aplica comúnmente a las trampas de los aparatos que proporcionan servicio a baños de hoteles y de edificios de departamentos con sus baños ó cocinas divididos únicamente con un muro, tal como se observa en la figura 4.1.3.

Figura 4.1.1 Sistema de ventilación.

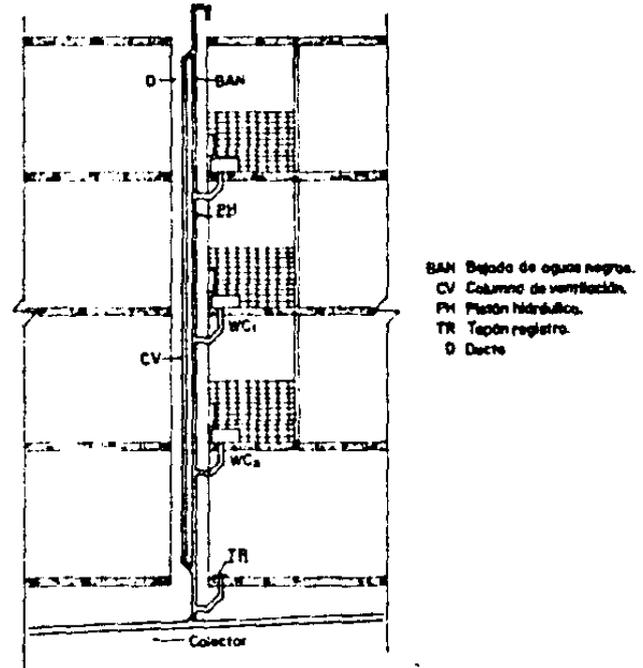


Figura 4.1.2 Sistema de ventilación (Esta figura representa una tubería principal de ventilación situada cerca de la tubería de bajada, y ésta a su vez termina en forma de ventilación a partir del ramal más alto que descarga dicha bajada).

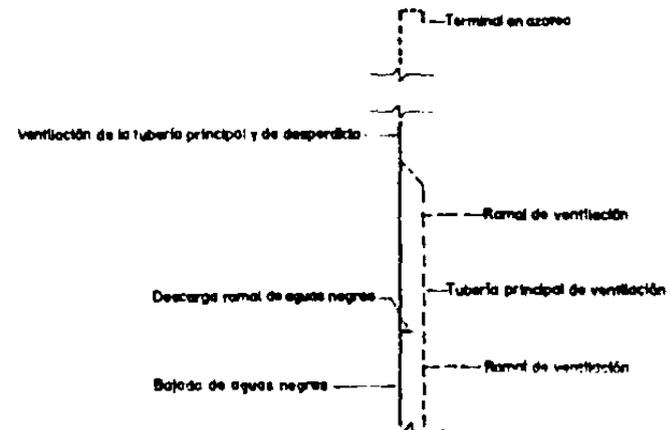
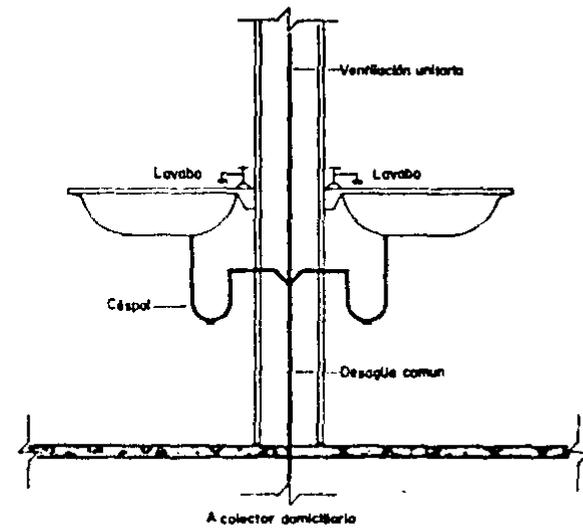


Figura 4.13 Sistema de ventilación.



#### 4.2 VENTILACION HUMEDA.

Es la parte de la tubería de ventilación por la cual fluyen desperdicios líquidos, este tipo de ventilación está destinada a servir como un medio económico de protección a los sellos hidráulicos de los céspedes para un grupo de muebles, tal como un baño ó un grupo de cocina de una unidad habitación, y que descarguen en un desagüe principal ó en una bajada de drenaje en la que sólo puedan preverse pequeños efectos neumáticos.

El Código Nacional de Plomería de los E.U., hace las siguientes recomendaciones en cuanto a las instalaciones de las ventilaciones húmedas, y son:

1) No sea servida más de una unidad mueble por una ventilación de 1½" (38 mm) de diámetro; ni más de cuatro unidades mueble por una ventilación húmeda de 2" (51 mm) de diámetro.

2) La longitud del desagüe de cada mueble sanitario no debe exceder la distancia máxima permitida entre un cés-pol de accesorio y su conexión de ventilación (tabla 4.2.2).

3) El desagüe de un ramal horizontal debe conectarse con una bajada de drenaje al mismo nivel ó por debajo del desagüe del inodoro, ó bien que el desagüe del ramal horizontal conecte directamente con la mitad superior de la porción horizontal del desagüe del inodoro a un ángulo no mayor de 45° con respecto a la dirección del flujo.

En el piso superior de un edificio, una ventilación y un desagüe común para dos lavabos dorso con dorso puede servir como una ventilación húmeda para proteger los céspedes de dos tinas ó de dos regaderas instaladas dorso con dorso (figura 4.2.1), a condición de que:

1) Los muebles desagüen en el mismo ramal del desagüe horizontal.

2) La longitud del desagüe del accesorio no debe exceder de la distancia máxima permitida entre un cés-pol de acc

sorio y su conexión de ventilación (figura 4.2.2).

3) Que la ventilación húmeda tenga por lo menos 2" (50 mm) de diámetro.

Tabla 4.2.2 Distancia máxima de la conexión de ventilación a los céspedes de los accesorios.

Diámetro del desagüe del accesorio, en pulg	Distancia máxima permitida de la conexión de ventilación al césped, en pies
1½	2½
1½	3½
2	5
3	6
4	10

Por último, el mismo código establece que: Por debajo del piso superior de un edificio, el desagüe de un lavabo ventilado individualmente ó una ventilación y un desagüe común para dos lavabos dorso con dorso pueden servir como ventilación húmeda para proteger los céspedes de una ó dos tinas de baño ó regaderas (figura 4.2.1)., a condición de que:

1) La ventilación húmeda y su extensión a la bajada de ventilación tenga por lo menos 2" (50 mm) de diámetro.

2) Cada inodoro por debajo del piso superior deberá estar protegido por una ventilación individual.

3) Que la longitud de cada desagüe de accesorio no exceda la distancia máxima permitida entre un césped de accesorio y su conexión de ventilación (tabla 4.2.2).

4) Que la bajada de ventilación tenga sus diámetros de acuerdo a la tabla 4.2.3.

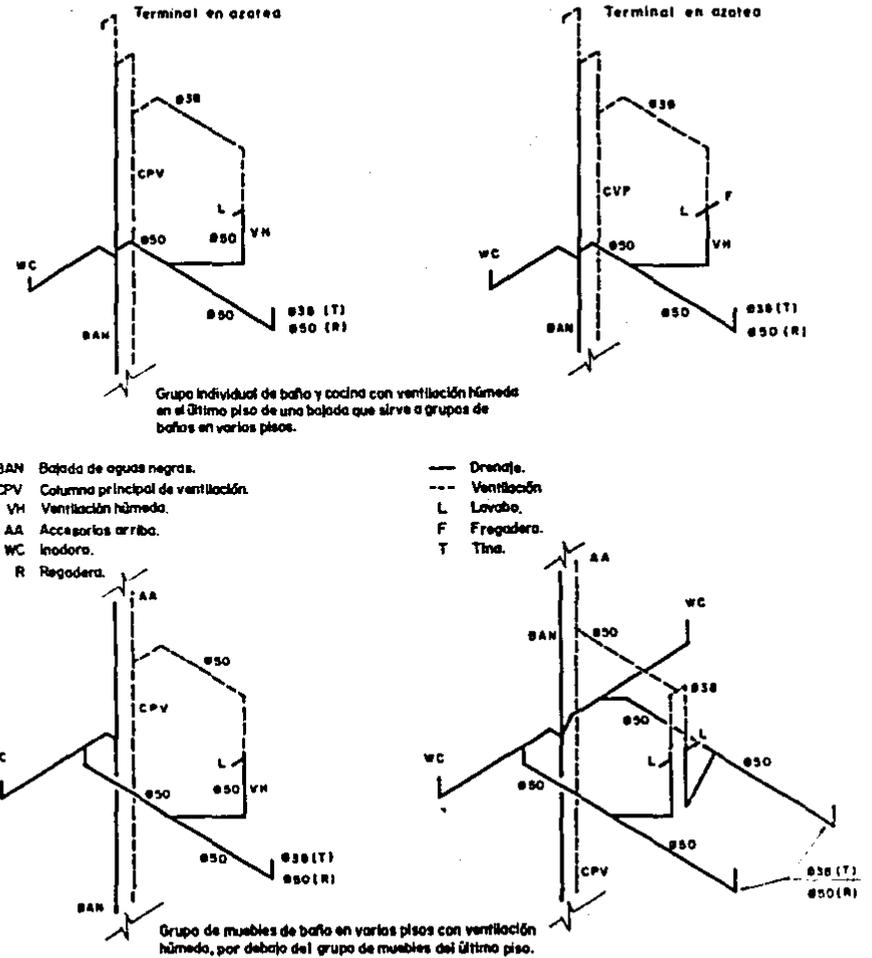
Tabla 4.2.3 Diámetro de las bajadas de ventilación para los grupos de baño con ventilación húmeda.

Número de aparatos con ventilación húmeda	Diámetro de la bajada de ventilación, en pulg
1-2 tinas ó regaderas	2
3-5 tinas ó regaderas	2½
6-9 tinas ó regaderas	3
10-16 tinas ó regaderas	4

Este tipo de ventilación es poco recomendable para ventilar un sistema de drenaje, puesto que como anteriormente se hizo mención, cierto tramo de ella es invadida por desechos líquidos debido a que ésta se instala al mismo nivel ó por debajo del nivel de derrame del mueble, ocasionando con el tiempo obstrucciones en el sistema de ventilación.

Solamente debe hacerse uso de ella en casos muy específicos que orillen a su instalación, y es bastante recomendable colocar un tapón registro en un lugar apropiado para tener fácil acceso al sistema y así poder darle mantenimiento.

Figura 4.2.1 Sistemas de ventilación.



#### 4.3 VENTILACION EN CIRCUITO O ANILLO.

La ventilación de circuito ó anillo es la parte de la tubería de ventilación que ventila dos ó más cés poles de muebles sanitarios y que descargan en un ramal horizontal de evacuación ó de desperdicios con pendientes poco pronunciadas.

El Código Nacional de Plomería de los E.U., dice que: La tubería del ramal de aguas negras ó de desperdicios a la cual están conectados más de dos pero menos de ocho inodoros (excepto los de válvula de chorro), mingitorios de pedestal, cés poles normales en el piso de regaderas ó drenajes de piso conectados en batería podrán ser ventilados en circuito ó en anillo, y la ventilación saldrá por enfrente del último accesorio, además los ramales de los pisos inferiores que sirvan a más de tres inodoros estarán provistos con una ventilación de alivio ó de escape tomada de el frente de la conexión del primer accesorio. Cuando los lavabos ó accesorios similares descargen por encima, cada ramal vertical estará provisto de una ventilación continúa tal y como se observa en la figura 4.3.1.

Cuando dos ramales horizontales paralelos desagüen un total de ocho inodoros (cuatro en cada ramal), cada ramal estará provisto con una ventilación de alivio en un punto entre los inodoros más distantes.

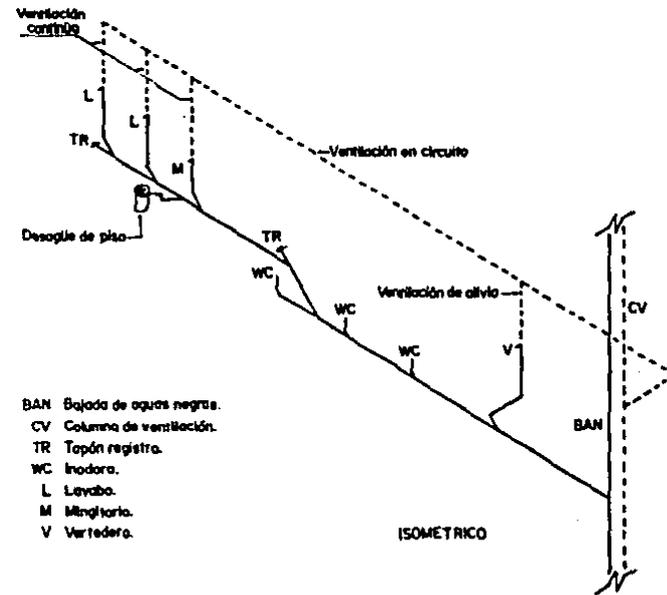
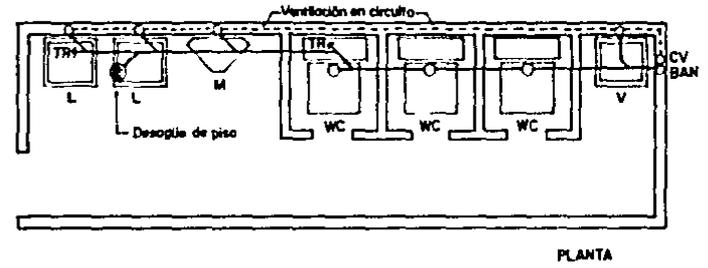
En donde otros muebles sanitarios (que no sean inodoros) descarguen por encima del ramal horizontal, cada ramal vertical estará provisto de una ventilación continúa (figura 4.3.2).

Las ventilaciones de alivio para las ventilaciones de circuito se usan principalmente como una ventilación suplementaria en caso de que no exista una ventilación vertical continúa de cada uno de los muebles sanitarios. El diámetro de ésta ventilación no deberá ser menor de la mitad del diámetro del ramal de aguas negras ó de desechos.

El Código Nacional de E.U., recomienda que para

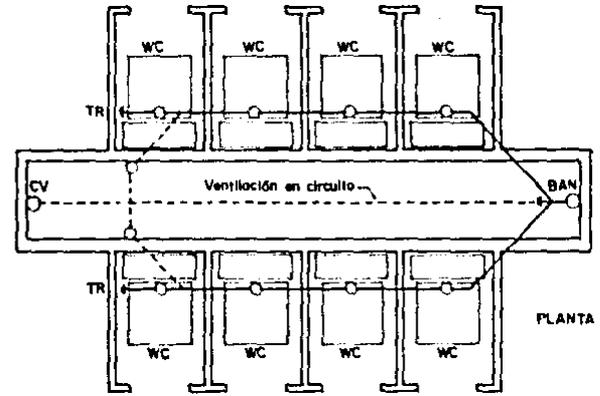
las bajadas de aguas negras ó de desechos en los edificios que tengan más de diez intervalos de ramal deberán estar provistas con una ventilación de alivio en cada intervalo instalado, empezando desde el piso superior. El extremo inferior de cada ventilación de alivio debe conectarse a la bajada de aguas negras ó de desechos por medio de una "Y" a no menos de un metro por encima del nivel del piso, el tamaño de la ventilación de alivio debe ser igual al tamaño de la bajada de ventilación a la que se conecta.

Figura 4.3.1 Sistemas de ventilación.

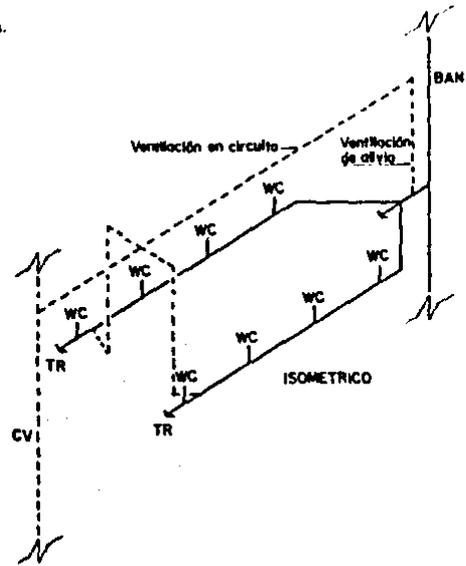


- BAN Bajada de aguas negras.
- CV Columna de ventilación.
- TR Topón registro.
- WC Inodoro.
- L Lavabo.
- M Mingitorio.
- V Veredero.

Figura 4.3.2 Sistemas de ventilación.



BAN Bajada de aguas negras.  
 CV Columna de ventilación.  
 TR Tapón registro.  
 WC Inodoro.



#### 4.4 DIMENSIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE VENTILACION.

A continuación se mencionará la metodología a seguir para el dimensionamiento de los diferentes sistemas de ventilación que componen en su totalidad un sistema completo de ventilación de una red de drenaje:

Ventilación unitaria.- El diámetro de la tubería requerido para la ventilación unitaria de dos cés poles de accesos sanitarios se determina mediante la tabla 4.4.1.

Tabla 4.4.1 Dimensionamiento de los sistemas de ventilación.

Diámetro de la tubería, en pulg	Número máximo de unidades mueble ventiladas
1½	1
1½	8
2	18
2½	36
3	72
4	384

Ventilación individual.- El diámetro del tubo que puede usarse para ventilar individualmente los cés poles de los aparatos sanitarios, se han determinado en base a pruebas hechas en laboratorio y por la misma experiencia práctica.

El Código Nacional de Plomería de los E.U., sugiere que el diámetro de una ventilación individual no deberá ser menor de 1½" (32 mm) de diámetro, ni deberá ser menor de la mitad del diámetro del desagüe al que está conectado.

Tubería principal de ventilación.- Para determinar el diámetro de ésta ventilación deberán calcularse las unidades mueble que transporta la bajada, así como también la longitud de la columna principal de ventilación.

El Código Nacional de Plomería de los E.U., recomienda que la longitud de la columna principal de ventilación será la longitud contada desde la conexión más baja con la bajada de aguas negras del edificio, hasta la terminal de la bajada de

la bajada de ventilación si ésta termina separadamente al aire libre, ó hasta la conexión de la columna de ventilación con el ventilador vertical, más la longitud desarrollada de este último desde la conexión hasta la terminal al aire libre, si las dos ventilaciones están conectadas con una sola extensión que salga al aire libre.

Conocida la longitud de la columna principal de ventilación así como las unidades accesorio servidas por la bajada de aguas negras ó de desechos, se podrá calcular el diámetro de dicha columna por medio de la tabla 4.4.2.

Tabla 4.4.2 Diámetros y longitudes de las ventilaciones.

Diámetro de la bajada de aguas negras ó de desechos	Unidades mueble conectadas	Diám. de la vent. requerida, en pulg.								
		1½	1¾	2	2½	3	4	5	6	8
		Long. máxima de la ventilación, en pies								
1½	2	30								
1½	8	50	150							
2½	10	30	100							
2	12	30	75	200						
2	20	26	50	150						
1½	42	30	100	300						
3	10	30	100	200	600					
3	30		60	200	500					
3	60		50	80	400					
4	100		35	100	260	1000				
4	200		30	90	250	900				
4	500		20	70	180	700				
5	200		35	80	350	1000				
5	500		30	70	300	900				
5	1100		20	50	200	700				
6	350		25	50	200	400	1300			
6	620		15	30	125	300	1100			
6	960			24	100	250	1000			
6	1900			20	70	200	700			
8	600				50	150	500	1300		
8	1400				40	100	400	1200		
8	2200				30	80	350	1100		
8	3600				25	60	250	800		
10	1000					75	125	1000		
10	2500					50	100	500		
10	3200					30	80	350		
10	5600					25	60	250		

La práctica que se recomienda, es la de continuar a todo lo largo de la columna de ventilación el mismo diámetro, aunque en instalaciones de edificios se permite ir aumentando progresivamente desde su conexión con la base hasta terminar al aire libre.

Ventilación en circuito.- El Código Nacional de Plomería de los E.U., dice: El diámetro de un sistema de ventilación en circuito no será menor de la mitad del diámetro del ramal horizontal en donde descargan los muebles ventilados, ni menor de la mitad del diámetro de la columna de ventilación en donde este sistema está conectado.

El diámetro de un sistema de ventilación en circuito puede ser determinado mediante la tabla 4.4.3.

Tabla 4.4.3 Diámetros de ventilaciones en circuito ó anillo.

Diámetro de la tubería de aguas negras ó de desecho, en pulg	Unidades mueble conectadas	Diám. de la vent. en anillo, en pulg					
		1½	2	2½	3	4	5
		Máxima longitud horizontal, en pies.					
1½	10	20					
2	12	15	40				
2	20	10	30				
3	10		20	40	100		
3	30			40	100		
3	60			16	80		
4	100		7	20	52	200	
4	200		6	18	50	180	
4	500			14	36	140	
5	200				16	70	200
5	1100				10	40	140

En ésta tabla se toman las unidades mueble servidas por el desagüe, y midiendo la longitud horizontal en pies del sistema en circuito ó anillo se observará en la tabla la máxima longitud que puede ventilar un diámetro dado.

Una regla práctica que satisface a la mayoría de los Códigos de Plomería, permite la colocación de una ventilación en circuito de  $\phi 3"$  cuando la tubería horizontal de drenaje

tiene 20 pies (6.01 mts) ó menos de longitud y desagüa cuatro ó menos inodoros, ó las unidades mueble equivalentes.

En donde se ventilen más de cuatro inodoros ó unidades mueble equivalentes, la ventilación en circuito debe ser del mismo diámetro que el de la tubería de desagüe.

Es buena práctica el colocar una ventilación de alivio entre cada grupo de cinco ó seis accesorios, siendo el diámetro de ésta igual a la de la tubería de drenaje que sirve a los muebles ventilados por este sistema.

## CAPITULO 5      SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIO.

### 5.1      IMPORTANCIA.

El fuego es un efecto de la reacción entre un material combustible y un comburente con desprendimiento de calor y elevación de la temperatura; así mismo puede describirse como una rápida oxidación con producción de calor y luz.

Los elementos fundamentales en la realización del fuego son: Un material combustible que puede ser sólido, líquido ó gaseoso; un comburente, que por lo regular es el oxígeno del aire; y la temperatura propicia, que se conoce en este caso como temperatura de ignición, los que, como requisito indispensable, concurrirán simultáneamente a fin de que se produzca el fuego.

A semejanza del fuego, puede considerarse que la explosión es la liberación casi instantánea de energía ocasionada por una rápida oxidación. Una explosión también puede ser generada por descomposición rápida, por presión excesiva ó por la liberación de energía durante la fisión nuclear. La diferencia entre un fuego y una explosión está en la velocidad de liberación de la energía; no existe realmente una línea definida de marcación entre un fuego y una explosión, sobre todo cuando se presenta la propagación extremadamente rápida de un fuego ó como en el caso del incendio de combustibles gaseosos ó líquidos gaseificados, en el que puede confundirse un flamazo con una explosión.

La prevención, control y extinción del fuego descansa en un amplio conocimiento de las condiciones que determinan las posibilidades de iniciación y propagación del mismo. Las instalaciones de protección contra incendio, y en general todas las medidas de prevención y control del fuego tienen por objeto:

- a) Proteger la vida humana.
- b) Proteger los bienes inmuebles.
- c) Proteger los valores insustituibles.

d) Reducir los costos de las primas por conceptos de seguro contra incendio.

Generalmente las formas más usuales para combatir el fuego son la sofocación y el enfriamiento, las cuales pueden lograrse ya sea por medios físicos ó por procedimientos químicos.

En el caso de la sofocación, una forma física será la de cubrir el material en combustión con una frazada ó una lámina para eliminar el comburente. Un procedimiento químico puede ser el aprovechar la fácil descomposición de un agente extinguidor cuando entra en contacto con el fuego para reducir ó desplazar el medio gaseoso de la combustión.

En el combate de incendios, las substancias empleadas pueden ser:

1) El agua, por tener una gran acción enfriadora, se utiliza sola ó mezclada con otros agentes humectantes.

2) El bióxido de carbono, que tiene acción sofocante por desplazar al oxígeno de la combustión: Es un gas inerte más pesado que el aire, no conductor, y totalmente seco, producto de una doble oxidación del carbono. Se recomienda su aplicación solamente en lugares deshabitados y con equipos de operación automática.

3) El polvo químico seco normal de acción sofocante, por desplazar al aire de la combustión mediante la nube que forma al salir del equipo contra incendio, produce gran cantidad de bióxido de carbono al entrar en contacto con el fuego. Es bicarbonato de sodio molido de 250 a 350 mallas, tratado con aditivos antihigroscópicos.

4) El polvo químico a base de potasio, que se descompone más rápidamente que el anterior, produce bióxido de carbono, por lo cual tiene una acción de sofocación. Es bicarbonato de potasio molido de 250 a 350 mallas, tratado con aditivos antihigroscópicos.

5) El polvo químico ABC, con acción sofocante y enfriadora producidas por los efectos de su descomposición

ante la presencia del fuego. Es sulfato ácido de amonio molido de 250 a 350 mallas, tratado con aditivos antihigroscópicos y otros componentes no especificados por los fabricantes por ser materiales de patentes registradas.

Los incendios se clasifican por la materia combustible que los produce de la siguiente manera:

Clase "A".- Incendio de materiales carbonosos; tales como papel, madera, trapos, caucho, plásticos, etc., y en general combustibles ordinarios. Para combatir ésta clase de incendios es de gran importancia el uso de grandes cantidades de agua ó de soluciones que la contengan en gran porcentaje.

Clase "B".- Incendio en aceites, grasas, bases de pintura, brea, chapopote y líquidos inflamables e incendios superficiales en los cuales es esencial un efecto de recubrimiento para su extinción.

Clase "C".- Incendio en materiales y equipo eléctrico, en los que el uso de un agente extinguidor no conductor de electricidad es de primera importancia para su extinción.

Clase "D".- Incendio en metales combustibles como el magnesio, titanio, sodio, litio, potasio, etc. Esta clase de siniestro es poco común, pero es conveniente tenerlo en cuenta para que en un momento dado se pueda elegir el agente extinguidor más conveniente para contrarrestarlo en caso de que se presente.

Tiene gran importancia tomar en cuenta estas clasificaciones para determinar el equipo correcto a instalar y las medidas de previsión que deban tomarse. Los agentes extinguidores son mejor aprovechados si se aplican utilizando los equipos contra incendio especialmente diseñados para ser operados fácil y eficientemente.

Los equipos contra incendio se clasifican en dos grandes grupos: Los de primer auxilio y los fijos de gran capacidad.

En el primer grupo quedan comprendidos los extin-

tores portátiles que se utilizan para combatir fuegos incipientes; que pueden portarse a mano ó sobre ruedas, y al segundo grupo pertenecen los sistemas fijos como los hidrantes con manguera y los sistemas de rociadores (sprinklers).

El diseño de todos estos sistemas dependerá de acuerdo a las normas nacionales más importantes relativas a la protección contra incendio, pudiéndose encontrar en el Reglamento de la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros, el Reglamento de la Construcción y en el Reglamento del Instituto Mexicano del Seguro Social, todos estos diseños estarán siempre sujetos a la aprobación del H. Cuerpo de Bomberos.

## 5.2 CLASIFICACION DEL RIESGO.

La probabilidad de que ocurra un incendio dentro de una propiedad está basada en la clase de materiales con la que fué construída, así como los materiales que se almacenen en ella y tomando también en cuenta el fin con la que fué diseñada dicha construcción, por lo que el Reglamento de de la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros, el Reglamento del Instituto Mexicano del Seguro Social y el Reglamento de la Construcción proporcionan las siguientes definiciones de riesgo:

- 1) Ligero.- Riesgos de escaso peligro: Oficinas, escuelas, casas-habitación, iglesias, etc.
- 2) Ordinario.- Riesgos de peligro normal: Almacenes comerciales, garages, bodegas y fábricas no clasificadas como alto riesgo, etc.
- 3) Grande.- Riesgos de gran magnitud: Madererías, hangares, fábricas en donde se utilizen líquidos inflamables, etc.
- 4) Extraordinario.- Riesgos de extrema peligrosidad: Plantas industriales de gas, combustibles, conducción de ácidos y en general en donde se manejen materiales de alta peligrosidad.

Los agentes extinguidores también pueden seleccionarse de acuerdo al riesgo que presente la obra como se muestra en la siguiente clasificación:

Riesgo Clase "A": Agua, anticongelante, soda ácida espuma, químico seco de uso múltiple, halon 1211, espuma AFFF

Riesgo Clase "B": Halon 1301, halon 1211, bióxido de carbono, químicos secos, espuma AFFF.

Riesgo Clase "C": Halon 1301, halon 1211, bióxido de carbono (no deben tener boquilla metálica) y químicos secos.

Riesgo Clase "D": Se deberá de consultar el tipo de agente extinguidor a usar para cada material inflamable que se tenga.

De todo lo anteriormente mencionado para seleccionar los sistemas de equipos de protección contra incendio, será conveniente tomar en cuenta las características del riesgo, el equipo disponible en el Mercado Nacional y la preparación del personal encargado de su operación. Las características más importantes del riesgo que se deben de tomar en cuenta para el diseño de un sistema son:

- a) El grado de peligrosidad del riesgo a proteger
- b) La clase ó clases de fuego que pueda originar el contenido del riesgo.
- c) La velocidad de propagación del fuego.
- d) La peligrosidad de los humos ó vapores producidos por el fuego.
- e) La clase y tipo de equipos, maquinaria, instalaciones y contenidos del riesgo a proteger.
- f) La capacidad física y las necesidades de entrenamiento del personal que habitualmente labora dentro del riesgo

Para determinar el grado de peligrosidad, la clase de incendio que pueda originarse y su velocidad de propagación, será preciso estudiar cuidadosamente el proyecto arquitectónico, así como el programa de distribución de equipo y el de instalaciones.

Si dentro del riesgo hay posibilidad de que por la ignición de los materiales contenidos se puedan producir humos ó vapores tóxicos, deberá seleccionarse un equipo para extinción rápida.

Si el personal que labora habitualmente dentro del riesgo es de poca capacidad física, el equipo que se selecciona debe ser de fácil manejo y de poca capacidad, compensando ésta poca capacidad con la instalación de mayor número de unidades.

### 5.3 DISTRIBUCION DE DISPOSITIVOS.

#### a) Utilización de extintores.

Los extintores pueden ser portátiles ó móviles y cada unidad está considerada capaz de proteger hasta dos departamentos contiguos del riesgo, siempre y cuando tengan libre acceso a las áreas que se pretendan proteger. Cuando las unidades sean móviles (sobre ruedas) deberán contar con una manguera de 7.5 mts (24.61 pies) de longitud mínima cuando su capacidad sea inferior a 64 lts (16.91 gal), y de 15 mts (49.21 pies) para cualquier capacidad mayor.

Los extintores de agua pueden contener agentes humectantes que sirven para disolver la tensión superficial al objeto, con el propósito de darle mayor penetración al agua en el material combustible en ignición. Existen tres tipos de ellos de acuerdo con el sistema de operación que usan:

1) El de bombeo, que se activa con una bomba manual de pistón. Su alcance es de 6 a 20 mts (20 a 66 pies) aproximadamente.

2) El de cartucho de gas, que se maneja mediante la ruptura de un cartucho que contiene gas a presión, generalmente de bióxido de carbono, sirviendo este gas para originar una presión que expulsa al agua contenida dentro del cuerpo del aparato.

3) El de presión inferior ó presurizado, que funciona por medio de la liberación súbita de presión contenida en el interior del aparato al mover una válvula. El alcance de estos dos últimos tipos es de 12 a 15 mts (39.37 a 49.21 pies).

Esta clase de extintores están diseñados exclusivamente para combatir fuegos de Clase "A".

Los extintores de bióxido de carbono que también es conocido como anhídrico carbónico ó gas carbónico, que es introducido en el aparato en forma líquida a presión, que fluctúa con la temperatura y dicha presión sirve para desalojar

el gas del recipiente. Estos aparatos tienen un tipo de boquilla de descarga de diseño especial para su mejor aplicación contra el fuego, el alcance de estos extintores portátiles es de 0.90 a 1.80 mts (2.95 a 5.91 pies), y para los rodantes el alcance fluctúa entre 1.80 y 2.70 mts (5.91 y 8.86 pies), pueden ser utilizados en fuegos de Clase "B" y "C".

Los extintores de polvo químico seco normal utilizan como agente extinguidor el bicarbonato de sodio con aditivos antihigroscópicos.

Existen dos tipos de ellos de acuerdo con el sistema de operación que utilizan: Los de cartucho y los presurizados. En los primeros se requiere tener la presión de un gas, dióxido de carbono o nitrógeno, en un cartucho adosado al cuerpo del extintor, que sirve para expulsar al polvo contenido en dicho cuerpo. En los segundos, la presión está contenida junto con el polvo dentro del mismo cuerpo del extintor.

El alcance de los extintores portátiles de polvo es de 3 a 6 mts (9.84 a 19.69 pies) aproximadamente.

Los extintores de polvo químico seco normal están diseñados para ser usados en fuegos de Clase "B" y "C".

Los extintores de polvo químico seco a base de potasio son similares a los anteriores, sólo que usan como agente extinguidor al polvo químico hecho con bicarbonato de potasio que actúa más rápidamente en su acción de sofocación por descomponerse más fácilmente con el fuego.

Los de polvo químico ABC son idénticos en funcionamiento a todos los anteriores, variando sólo ligeramente en la salida de la válvula y en el tamaño que es un poco mayor. Utilizan como agente extinguidor a un polvo hecho con fosfato ácido de amonio principalmente, y están diseñados para ser utilizados en fuegos de Clase "A", "B" y "C".

La distribución del equipo portátil se efectuará también en función de los siguientes conceptos:

- 1) Si el riesgo es de baja peligrosidad y va a

estar protegido con hidrantes, se deberá contar, por lo menos, con un extintor por cada 500 mts<sup>2</sup> ó fracción.

2) Si el riesgo es de peligrosidad ordinaria y va a estar protegido con hidrantes, se deberá contar, por lo menos, con un extintor por cada 300 mts<sup>2</sup> ó fracción.

3) Para riesgos de baja peligrosidad sin hidrantes se contará con un extintor por cada 300 mts<sup>2</sup> ó fracción como mínimo.

4) Para los riesgos de peligrosidad ordinaria se debe de contar con un extintor por cada 200 mts<sup>2</sup> ó fracción como mínimo.

Si existiera interés en la reducción de las primas del seguro de incendio, deberá consultarse a la Compañía Aseguradora ó ajustarse estrictamente al Reglamento de la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros.

De todo lo mencionado anteriormente se puede deducir que muchos de los incendios son pequeños al iniciarse y pueden ser extinguidos en ésta etapa por medio del uso de un extintor de incendio, si éste está colocado en un lugar apropiado; si está en condiciones de operar eficientemente; si es del tipo adecuado para el fuego que deba extinguir; si el fuego es suficientemente pequeño para ser controlado por un extintor portátil y por último si el fuego es descubierto a tiempo por una persona con capacidad, habilidad y voluntad para utilizar el extintor.

Estos extintores son unidades para ser utilizadas por los ocupantes de un edificio en caso de incendios pequeños. Su valor principal es el de utilizarlos inmediatamente al inicio del incendio. Contienen una cantidad limitada de material de extinción y deben por lo tanto, utilizarse adecuadamente para no desperdiciar este material. Además son aparatos mecánicos que requieren periódicamente cuidado, mantenimiento, reparación y recarga para poder operar en forma eficiente y segura. Contienen con frecuencia materiales delicados y por consiguiente deben ser manejados con respeto y cuidado.

Los extintores deberán ser colocados tomando en cuenta de que una persona no tenga que caminar más de 15 ó 20 mts (49.21 ó 98.43 pies), según el caso para llegar a la unidad portátil más cercana; ni más de 30 ó 60 mts (98.43 ó 196.85 pies) respectivamente para llegar a la unidad sobre ruedas igualmente más cercana.

b) Utilización de hidrantes.

El fin de este sistema es de suministrar un grado razonable de protección contra incendio a la vida humana y a la propiedad por medio de la instalación de sistemas alimentadores de agua y mangueras.

Se conoce con el nombre de hidrantes a las salidas de descarga de una red de tubería contra incendio alimentada con agua a presión desde una fuente de abastecimiento. La presión se puede originar por medio de un tanque elevado ó de un equipo de bombeo.

Los sistemas de hidrantes son un conjunto de equipos y accesorios fijos de gran capacidad de extinción (figura 5.3.1), de los cuales debe disponerse cuando hayan sido insuficientes los equipos portátiles para combatir un conato de incendio. Los sistemas instalados en el interior de los edificios deberán asegurar un eficiente funcionamiento durante un lapso de 30 minutos ininterrumpidamente, tiempo en el cual, si no se ha logrado extinguir el incendio, será imprescindible la intervención del H. Cuerpo de Bomberos Municipal.

Las salidas de descarga deben estar conectadas a un conjunto de accesorios contra incendio contenidos en un gabinete metálico, siéndo estos accesorios: Una válvula, un tramo de manguera y un chiflón de descarga.

La fuente de abastecimiento deberá ser lo suficiente para abastecer una cantidad de agua equivalente al gasto de dos hidrantes trabajando simultáneamente durante media hora como mínimo ó bien 5 lts de agua por cada 1 m<sup>2</sup> de área que se quiera proteger contra incendio.

Los hidrantes para protección contra incendio aprobados por la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros son de tres tamaños: Chicos, medianos y grandes.

Los hidrantes chicos se deberán usar preferentemente en riesgos en que no se necesiten grandes volúmenes de agua para extinción de incendios y en los que las personas que manejan las mangueras puedan ser hombres y mujeres no entrenados para manipular mangueras de mayor rendimiento.

Los hidrantes medianos, se usarán en los riesgos en los que se necesitan mayores volúmenes de agua de los requeridos para utilizar hidrantes chicos y en los casos en los que el personal, hombres solamente, no están lo suficientemente entrenados para usar mangueras de mayor diámetro.

Los hidrantes grandes, se usarán en los riesgos de características diferentes a los anteriores, ó sea, aquellos en que se necesiten grandes cantidades de agua y en los que los hombres encargados de usar las mangueras estén debidamente entrenados y capacitados para el empleo de tales hidrantes.

Los hidrantes pueden ser interiores y exteriores: La localización de los interiores se debe efectuar de tal manera que entre unos y otros cubran perfectamente la superficie del riesgo a proteger, para lo cual se trazarán círculos que tengan como radio la longitud de la manguera, ya sea 15 ó 30 mts (49 ó 98 pies); círculos que deberán tocarse entre sí, pero sin dejar lugar sin proteger. En los hidrantes exteriores dentro del predio deberán estar colocados preferentemente a una distancia de 5 mts (16 pies) de las paredes de los edificios a los cuales se protegen.

Los hidrantes chicos y medianos deben ser colocados de tal manera, que el chiflón de su manguera pueda llegar hasta 6 mts (20 pies) de cualquier punto del área que protege, y descargar así su chorro en el incendio cuando se trate de un incendio Clase "A", y hasta 3 mts (10 pies) cuando el incendio sea de Clase "B" ó "C".

Los hidrantes grandes se colocarán de tal manera que el chiflón de su manguera pueda llegar hasta 10 mts (33 pies) de cualquier punto del área que protege, y descargar así su chorro en el incendio cuando se trate de un incendio de Clase "A", y hasta 3 mts (10 pies) cuando el incendio sea de Clase "B" ó "C".

Si se cuenta con hidrantes de piso se permite el uso de mangueras hasta de 45 mts (148 pies) de longitud; pero estos hidrantes deberán conectarse a tuberías de cuando menos  $\phi 100$  mm ( $\phi 4$ " ).

En los riesgos sujetos a incendios Clase "C", los chiflones se mantendrán alejados de equipos eléctricos conforme a la tabla 5.3.2.

Tabla 5.3.2 Distancias mínimas de seguridad que deben existir entre los chiflones y el equipo eléctrico en servicio.

Los chiflones de neblina ó atomización deberán mantenerse alejados de corrientes eléctricas a las distancias sig:

<u>Voltaje a tierra</u>		<u>Distancia mínima</u>
hasta	7,500 voltios	1.83 mt
7,500 hasta	15,000 voltios	3.66 mt
15,000 hasta	25,000 voltios	5.18 mt
25,000 hasta	37,000 voltios	7.32 mt
37,000 hasta	50,000 voltios	9.75 mt
50,000 hasta	73,000 voltios	13.41 mt
73,000 hasta	88,000 voltios	15.85 mt
88,000 hasta	110,000 voltios	19.51 mt
110,000 hasta	132,000 voltios	23.47 mt
132,000 hasta	154,000 voltios	27.13 mt
154,000 hasta	187,000 voltios	32.31 mt
187,000 hasta	220,000 voltios	37.80 mt

Los chiflones de otros tipos estarán separados de corrientes eléctricas por las distancias que aparecen en la tabla 5.3.3.

Tabla 5.3.3 Distancias mínimas para chiflones.

		<u>Hasta <math>\phi 6.4</math>mm <math>\phi 7.9</math> a <math>\phi 19</math>mm <math>\phi 20.6</math> a <math>\phi 32</math>mm</u>		
hasta	115 voltios	0.51 mt	0.99 mt	2.01 mt
hasta	400 voltios	0.76 mt	3.00 mt	5.00 mt

Tabla 5.3.3 Distancias mínimas para chiflones (continuación).

	Hasta	φ6.4mm	φ7.9 a φ19mm	φ20.6 a φ32mm
hasta 3,000 voltios		2.01 mt	3.00 mt	9.60 mt
hasta 6,000 voltios		2.49 mt	6.00 mt	11.99 mt
hasta 12,000 voltios		3.00 mt	6.50 mt	15.01 mt
hasta 60,000 voltios		4.50 mt	11.99 mt	22.00 mt
hasta 150,000 voltios		6.00 mt	15.01 mt	24.99 mt

Las fuentes de agua se dividen en dos clases: Primarias y Directas. Las fuentes primarias de agua son aquellas que alimentan originalmente con agua al riesgo protegido y pueden ser de cualquier clase, siempre y cuando proporcionen agua en la calidad y volumen necesario para cumplir su cometido. Estas fuentes pueden ser: Ríos, fuentes, cisternas, pozos, servicios municipales, etc.

Las fuentes directas de agua son aquellas que proveen de agua permanentemente en la calidad, volumen y presión exigidas por los reglamentos a la red de hidrantes del riesgo protegido. Estas fuentes pueden ser: Depósitos por gravedad, depósitos a presión y equipos de bombeo.

Es importante recordar que cuando se utilicen bombas en el sistema, éstas sean siempre cebadas ó autocebantes y el sistema de alimentación sea de preferencia por presión, en caso de que la alimentación sea a base de succión, la altura de ésta succión no deberá exceder de 4.5 mts (15 pies), y además estará provista de una válvula de pie, pichancha y manera de cebar la bomba automáticamente.

Cuando por alguna causa llega a ser insuficiente el volumen de agua de reserva para protección contra incendio ó cuando el equipo de bombeo instalado en el interior del edificio queda imposibilitado para funcionar, es indispensable tener una conexión a través de la cual pueda bombear agua el H. Cuerpo de Bomberos por medio de sus equipos al sistema, y por lo tanto debe considerarse como una parte integrante del sistema de hidrantes una *Toma Siamesa* del tipo aprobado por los reglamentos locales, colocada en un lugar fácilmente accesible y marcada en

forma apropiada, la tubería no deberá ser menor de  $\phi 100$  mm ( $\phi 4"$ ) y debe estar conectada con una válvula de retención, además de tener una conexión adecuada para remover el agua; ésta conexión generalmente es una llave de manguera para riego.

Las tomas siamesas se colocarán en el exterior del  $\delta$  de los edificios. y para su localización se podrán seguir los siguientes criterios:

1) Se colocará una toma siamesa por cada 90 mt (295 pies)  $\delta$  fracción de muro exterior que vea a cada calle  $\delta$  espacio público.

2) Cuando se tengan construcciones que den a dos calles paralelas  $\delta$  espacios públicos, se colocará una toma siamesa por cada 90 mt (295 pies)  $\delta$  fracción de muro exterior en cada una de esas calles paralelas.

3) Cuando la construcción este en una esquina y la longitud total de muros exteriores no exceda de 90 mt (295 pies), basta con poner una sola toma siamesa siempre y cuando ésta se coloque a no más de 4.4 mt (15 pies) de la esquina y sobre el muro más largo.

4) Cuando la construcción vea a tres calles, se pondrá una toma siamesa por cada 90 mt (295 pies)  $\delta$  fracción de muro exterior que vea a esas calles, siempre y cuando se coloque una toma siamesa en cada calle paralela y la separación entre tomas no exceda de los 90 mt.

5) Cuando la construcción abarca una manzana y da a cuatro calles, se pondrá una toma siamesa por calle; sin embargo, se puede colocar una sola toma en una esquina localizada sobre la calle más larga y a menos de 4.5 mt (15 pies) de la esquina, y las otras tomas no queden separadas más de 90 mt (295 pies) entre si.

c) Utilización de rociadores.

Es un sistema de operación automática que por regla general utiliza el agua como agente extinguidor. Consiste esencialmente en una red de tuberías colocadas inmediatamente

abajo del techo cubiertas por un falso plafón, llamadas *ramales* y es aquí en donde se instalan los rociadores (*sprinklers*); las tuberías que abastecen estos ramales son llamadas *cruceros*; las tuberías que alimentan los cruceros son llamadas *alimentadoras*, y las tuberías que suben a abastecer las tuberías alimentadoras, son las *subidas* (figura 5.3.4).

Los rociadores se instalan en intervalos regulares y están diseñados para abrirse por la acción de la temperatura circundante; al abrirse el rociador se produce una descarga de agua en forma de rocío muy abundante sobre el material que ocasiona calor.

Existen cinco tipos de sistemas de rociadores, de los cuales el primero es el más usual en la República Mexicana de los que se mencionarán a continuación:

**Sistema húmedo.-** En ésta clase de sistemas todas las tuberías se mantienen llenas de agua a presión y que cuando los rociadores se abren permiten que la misma presión del agua abran unas válvulas de retención dejando penetrar el flujo de agua a los rociadores que se encuentren abiertos. Esta clase de equipos se utilizan normalmente en localidades en donde la temperatura del aire nunca llegue a ser tan baja como para congelar el agua en las tuberías.

**Sistema seco.-** En este tipo de sistemas, las tuberías se mantienen llenas de aire comprimido hasta una válvula de retención especial, cuya función es dejar pasar el agua en el momento en que baje la presión del aire dentro de la tubería al abrirse cualquier rociador del sistema por efecto del calor. Estos equipos son utilizados en aquellos lugares en donde por el clima frío pueda congelarse el agua de la tubería, y debe tenerse especial cuidado en proteger de la congelación a la válvula de retención especial.

**Sistema de pre-acción.-** En estos sistemas las tuberías se encuentran llenas de aire que puede estar ó no bajo presión hasta una válvula especial de retención, cuya función es

permitir el paso del flujo del agua en el sistema en el momento en que cualquiera de los rociadores sea abierto por la acción del calor.

**Sistema de diluvio.-** Este sistema emplea rociadores abiertos, en donde el sistema de tuberías está conectado a una válvula especial de retención que cuando recibe una señal especial provocada por el calor se abre dejando pasar el flujo del agua hacia el interior de los rociadores de este sistema.

**Sistema combinado de tubo seco y pre-acción.-** Es un sistema que contiene aire comprimido en sus tuberías hasta una válvula de retención especial, cuya misión es abrirse, dejando pasar el flujo de agua en el momento en que existe una pérdida de presión dentro de la tubería al abrirse cualquier rociador por efectos de la temperatura. La válvula de retención manda una señal a unas válvulas especiales instaladas al final del sistema para que permitan la salida del aire a presión para facilitar el buen funcionamiento del equipo, la válvula de retención también puede operar con un sistema de alarma de fuego automática.

Tomando en cuenta la posición de la instalación del rociador se han dividido en los siguientes cuatro tipos

1) Ascendente: El deflector se encuentra en la parte superior de la tubería.

2) Descendente: El deflector se localiza por debajo de la tubería.

3) De techo: Con el deflector abajo del falso plafón que cubre la tubería.

4) De pared: En el que el deflector está diseñado para emitir el rocío hacia el lado contrario a la pared más cercana a su colocación.

Los dos primeros tipos se fabrican con fusible y con bulbo, y los dos últimos sólo se fabrican con bulbo para su funcionamiento por temperatura.

Los rociadores de bulbo térmico son más rápidos

dos en su operación que los de fusible, ya que pueden operar desde una temperatura de 57°C (135°F) hasta 142°C (288°F) según se requiera.

d) Detección de incendio.

Se ha hecho incapié de que la mejor solución para extinguir un incendio es cuando este comience, por lo que se ha dejado exclusivamente al Sistema Automático Contra Incendio por rociadores como un medio único que puede extinguir un fuego en forma automática casi desde su inicio, y dado el problema de instalar este tipo de sistemas en un edificio terminado y ocupado, puede decirse que su uso está limitado a edificios en proyecto ó en construcción, quedando así los miles de edificios existentes sin posibilidades de tener una protección más adecuada que la de sus extintores y mangueras para el caso de incendio. De aquí que viene a tomar gran importancia el uso de un Sistema de Detección de Incendio, que detecta en forma inmediata un incendio, por pequeño que sea, desde su inicio, operando una alarma en el propio piso en que se localice el incendio, a la vez que en el Departamento de Mantenimiento y en un tablero localizado en la Administración del edificio, permitiendo que los ocupantes del piso y el personal entrenado para estos casos, puedan acudir con toda premura a extinguir este incendio con los elementos con que disponga el edificio, evitando de ésta manera que alcancen mayores proporciones.

En México son casi ignorados estos sistemas de detección, que pueden instalarse con gran facilidad y economía sin interferir con las actividades de los ocupantes de cualquier tipo de edificio, y que permiten tener conocimiento en forma casi inmediata de un incendio y extinguirlo. Un sistema de detección de incendio consiste de las siguientes partes:

1) Detectores de incendio ó aparatos de detección que inician la alarma.- Estos detectores pueden ser diversos según el principio que utilicen para detectar el incendio, así se tendrá que:

**Detectores de Ionización:** Sirve para detectar los productos invisibles de la combustión y por consiguiente detecta un incendio en su etapa inicial cuando aún no existe humo, flama ó alta temperatura. Es el único capaz de detectar un fuego en éstas condiciones y opera a base de la ionización de las moléculas. Al encontrarse éstas moléculas sujetas a la combustión su fren un desbalanceo en sus electrones y tienden a tomar electrones de otras moléculas, fenómeno que utiliza el detector para operar.

**Detectores Foto-Eléctricos:** Detectan los productos visibles de la combustión para lo cual utilizan una celda fotoeléctrica acoplada a una fuente de luz. La celda fotoeléctrica consiste de un disco plano que cuando está expuesto a un haz de luz, transforma ésta luz en corriente eléctrica. Esta corriente mantiene abierto en forma electrónica un interruptor. Cuando el humo impide el paso de la luz a la celda, ésta deja de producir corriente, iniciando así una señal de alarma. Estos detectores requieren la presencia de humo, ya sea con ó sin flama, razón por la que se consideran ser de menor sensibilidad que el de ionización; sin embargo se ha considerado que son más confiables

**Detectores de Luz:** Se dividen en dos tipos principales; a) Detectores de rayos ultravioleta: Detectan la luz en longitud de ondas demasiado pequeñas para ser visibles al ojo humano. Su mayor problema es que la luz solar, así como varias fuentes de luz, tales como la soldadura de arco y otras, transmiten rayos ultravioleta, lo que en ocasiones puede ser corregido por medio de filtros especiales; y b) Detectores de rayos infrarrojos: Dado que estos detectores operan mejor lejos de las áreas que se deseen supervisar pueden cubrir una superficie mayor, lo que los hace recomendables para casos tales como: Plataformas de carga de combustible, hangares, naves extensas con techos altos y espacios en los que pueden existir flamazos ó explosiones. Al igual que los detectores de rayos ultravioleta, requieren varios filtros y además se recomienda el uso de relevado

res de tiempo y de un circuito electrónico de filtrado, modulado a la frecuencia del cintileo de una flama, para limitar la acción de éstas.

**Detectores de Temperatura:** Son aquellos que responden cuando la temperatura del aire, gases ó materiales han llegado a tal punto que afecta al detector. El más conocido de éstos, el de elemento fusible, es el más antiguo y a la vez el más confiable.

2) **Aparatos de señalización y alarmas.**- La selección de las alarmas de incendio deberá hacerse con gran cuidado para impedir que su operación pueda confundirse con otra señal cualquiera. El sonido de la alarma deberá de ser más fuerte y diferente al ruido que pueda haber en un local determinado, y además deberá poder ser escuchado con claridad en todas las áreas. En caso de muros ó otras obstrucciones, es preferible instalar varias alarmas operadas por la misma señal, para poder asegurar que sean escuchadas por todos, éstas alarmas auditivas pueden incluir señales luminosas.

3) **Tableros de control.**- Hasta hace poco tiempo el uso de los tableros de control estaba limitado a grandes edificios ó instalaciones que además de tener un complicado sistema de detección y protección contra incendio, tenían un complejo sistema de seguridad para proteger el edificio contra intrusión, vandalismo y robos.

En la actualidad se pueden obtener tableros de control de incendio de operación sencilla y de bajo costo en el cual, no sólo operan alarmas, sino que se indica en que zona y en que piso se localiza el incendio y así en adelante, existen toda clase de tableros con todas las señales y aparatos de comunicación que se pueda desear, hasta llegar a los tableros más complejos operados por computadoras.

4) **Aparatos auxiliares para el control de incendio.**- Los tableros de control descritos en el párrafo anterior, pueden enviar señales para accionar diversos aparatos auxi

liares para el control de un incendio, los más importantes se detallan a continuación: a) Activar sistemas especiales para la su presión de incendio, tales como son los sistemas de rociadores del tipo diluvio ó de pre-acción, arranque de bombas de incendio ya sean eléctricas ó de combustión interna, etc.

b) Notificar al H. Cuerpo de Bomberos de la emergencia existente.

c) Cerrar las puertas de incendio para confinar éste.

d) Desconectar el sistema de ventilación, calefacción, aire acondicionado y extracción, ó adaptarlo para extraer humo en las zonas incendiadas y presurizar las zonas no afectadas para evitar la propagación del humo y del incendio.

e) Hacer operar los ductos y extractores de humo.

f) Presurizar los cubos de escaleras para fines de evacuación.

g) Controlar los elevadores para que éstos no se detengan en pisos incendiados.

h) Hacer regresar los elevadores a planta baja para uso del H. Cuerpo de Bomberos.

i) Conectar los altavoces de cada piso a un lugar central en donde el H. Cuerpo de Bomberos pueda dar instrucciones para seguridad ó para evacuación.

j) Conectar el sistema de teléfonos de emergencia de cada piso para uso del H. Cuerpo de Bomberos.

5) Fuentes de corriente para los sistemas de detección de incendio.- Los sistemas de detección de incendio, tanto detectores como tableros y aparatos auxiliares, pueden ser operados con corriente alterna de 120 ó 220 volts, ó con corriente directa, pues la corriente alterna puede ser desconectada por el H. Cuerpo de Bomberos en caso de incendio, tanto para impedir que nuevos corto-circuitos extiendan más el incendio, como para prevenir descargas eléctricas que puedan causar daños, y aún el

peligro de electrocutarse.

El abastecimiento de corriente directa se verifica por medio de una fuente de poder, que recibe la corriente alterna, ya sea municipal ó de una planta de emergencia, y la transforma y rectifica para suministrar la corriente directa al voltaje que se desea; como regla general ésta corriente continua es de 24 volts. Como respaldo a ésta fuente de abastecimiento, normalmente la fuente de poder está equipada con una batería recargable que se mantiene con carga constante y que al fallar la corriente alterna entra automáticamente en servicio. Estas baterías tienen capacidad para varias horas, ó aún para varios días, según se requiera.

Figura 5.3.1 Diagrama esquemático de la configuración típica de una red de alimentación de protección contra incendio a base de hidrantes.

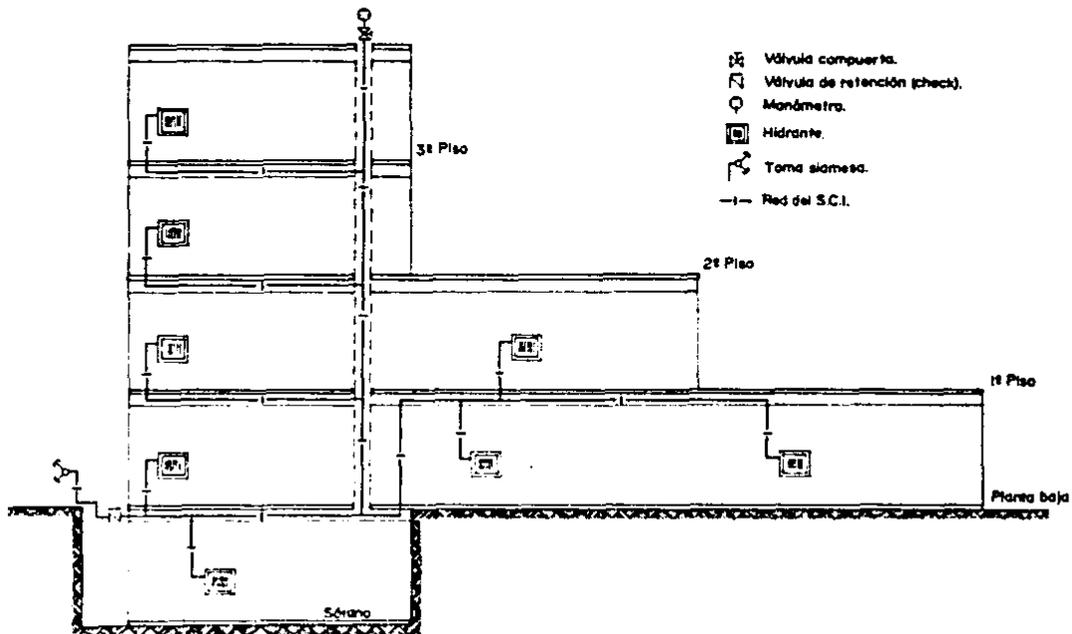


Figura 5.3.1 Diagrama esquemático de la configuración típica de una red de alimentación de protección contra incendio a base de hidrantes.

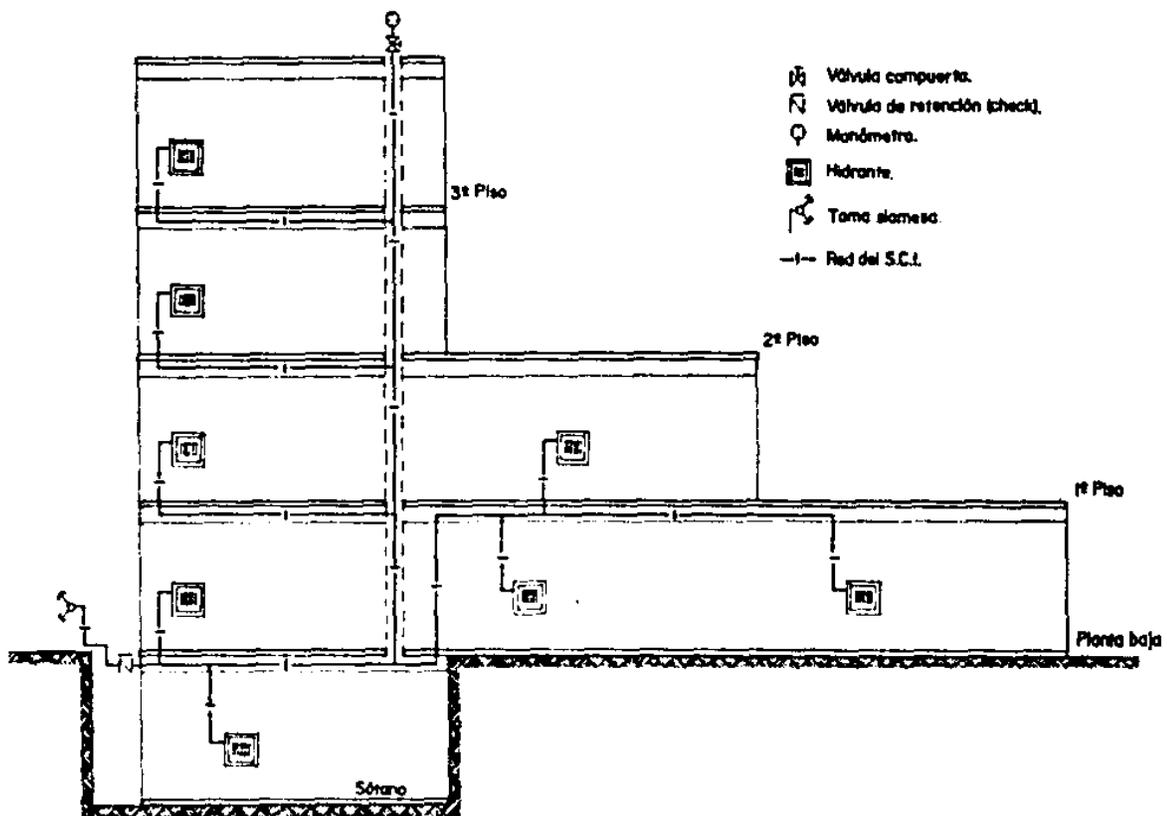
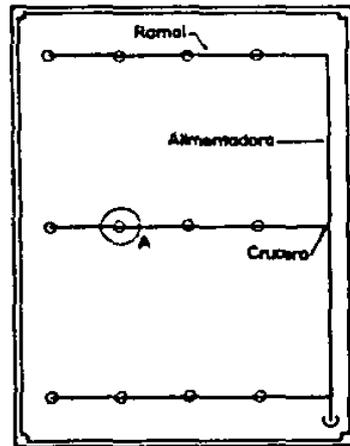
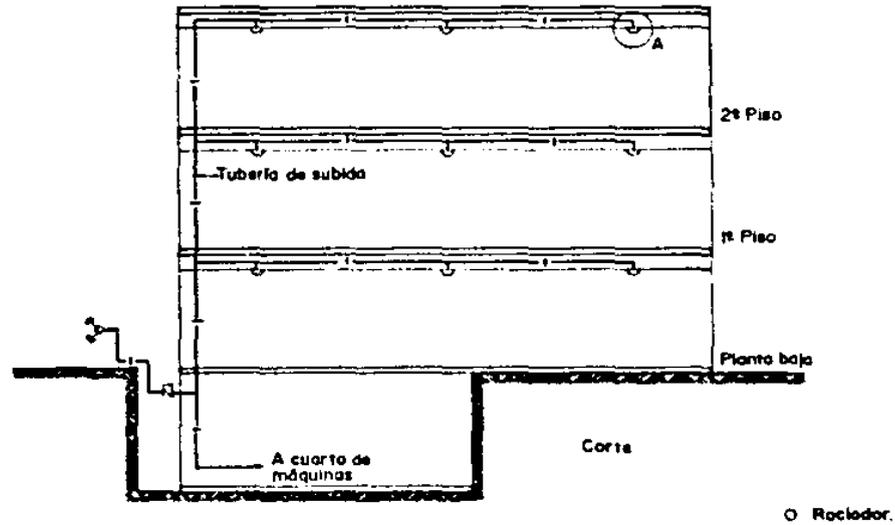
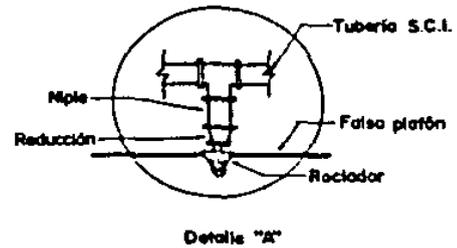


Figura 5.3.4 Diagrama esquemático de la configuración típica de una red de alimentación de protección contra incendio a base de rociadores (sprinklers).



Planta 2º Piso (distribución de rociadores)



## 5.4 GASTO Y CARGAS USUALES.

a) La asociación Mexicana de Instituciones de Seguros, proporciona la siguiente clasificación (tabla 5.4.1) en donde las letras "A", "B" y "C" indican la clase de incendio a extinguir, y la cifra contigua es el número de extintores portátiles que equivalen a una unidad móvil.

Tabla 5.4.1 Clasificación de extintores.

Tipo	Tamaño	Clasificación
Solución química. (soda-ácido)	2½ a 5 gal	A-1
	1½ a 1½ gal	A-2
Agua con cartucho de presión.	2½ gal	A-1
Tanque de bombeo.	2½ a 5 gal	A-1
1 tina ó barril lleno de agua de 150 lts de capacidad, con juego de 3 cubetas de fondo cónico ó redondo de 10 lts c/una.		A-1
6 cubetas con fondo cónico ó redondo de 10 lts de capacidad, llenas de agua.		A-1
1 tina ó barril lleno de arena de 150 lts de capacidad, con juego de 3 cubetas de fondo cónico ó redondo de 10 lts de capacidad cada una y una pala.		C-1
6 cubetas con fondo cónico ó redondo de 10 lts de capacidad, llenas de arena y una pala.		C-1
Bióxido de carbono.	2 a 3 lbs	B-2 C-4
	6 lbs	B-2 C-2
	7½ a 10 lbs	B-2 C-1
	12 en adelante lbs	B-1 C-1
Polvo seco.	4 a 6½ lbs	B-2 C-2
	7½ a 10 lbs	B-2 C-1
	12 a 30 lbs	B-1 C-1

b) La Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros presenta las siguientes características que deben cumplir los hidrantes (tabla 5.4.2):

Tabla 5.4.2 Cargas y gastos usuales en hidrantes.

	Chicos	Medianos	Grandes
Presión del agua: Deberá disponerse de una carga mínima en la base del chiflón de:			
Para incendios Clase "A" de:	18 mts	21 mts	21 mts
Para incendios Clase "B" ó "C" de:	35 mts	35 mts	35 mts
Volúmenes de agua: El volúmen de agua deberá ser suficiente para que dos hidrantes puedan simultáneamente descargar agua a la presión, en el volúmen por el tiempo que exige la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros, es decir, por minuto y por hidrante una descarga de:	140 lts	240 lts	650 lts

c) La presión y el abastecimiento de agua recomendado para este sistema, basado en el número máximo de rociadores que deberán instalarse según el diámetro de tubería, se presenta en la tabla 5.4.3 de acuerdo a la National Fire Protection Association (NFPA) de los Estados Unidos de Norteamérica:

Tabla 5.4.3 Cargas y gastos usuales en rociadores.

Tipo de Riesgo	Presión Residual	Flujo: Base de la subida	Duración (Min)
Ligero	1.05 kg/cm <sup>2</sup> (15 lb/pulg <sup>2</sup> )	1920 a 2820 lpm (500 a 750 gpm)	30 a 60
Ordinario Grupo I	1.05 kg/cm <sup>2</sup> (15 lb/pulg <sup>2</sup> ó mayor)	2640 a 3780 lpm (700 a 1000 gpm)	60 a 90
Ordinario Grupo II	1.05 kg/cm <sup>2</sup> (15 lb/pulg <sup>2</sup> ó mayor)	3240 a 5700 lpm (800 a 1500 gpm)	60 a 90
Ordinario Grupo III	Para ser determinado por la autoridad competente.		60 a 90
Extraordinario	Para ser determinado por la autoridad competente		

### 5.5 CONDUCCION DE AGUA EN LOS SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIO.

a) Como se ha hecho mención, el cálculo de almacenamiento de agua para una red de hidrantes se puede efectuar en base al uso simultáneo de dos de ellos durante media hora como mínimo, según se acuerde ó bien asignando 5 lts por cada 1 m<sup>2</sup> de las áreas que se quieran proteger. Estas dos formas de cálculo darán un cierto volúmen, y por regla general se tomará la que resulte más grande, contando con la aprobación del H. Cuerpo de Bomberos. El cálculo del sistema de hidrantes se puede efectuar de acuerdo a la tabla 5.5.1.

Tabla 5.5.1 Dimensionamiento de la red de hidrantes.

	Chicos	Medianos	Grandes
Válvula colocada a una altura no mayor de 1.60 mts sobre el nivel del piso, de un diámetro de:	51 mm	51 mm	64 mm
Boquercles. Para incendios Clase "A". Con chiflón de chorro que tenga en su punto de descarga un diámetro nominal de:	11 a 13 mm	14 a 17 mm	25 a 28 mm
Con chiflón tipo regadera ajustable de:	38 mm	51 mm	64 mm
Los boquercles de chorro son los adecuados para lugares cuyos contenidos no se esparcen ni se dañan por la fuerza del agua, y los de regadera para usarse en substancias a granel ó fáciles de disgregarse ó dañarse por la fuerza del agua. Para incendios Clase "B" ó "C". Chiflón tipo neblina ó atomizador de:	38 mm	51 mm	64 mm

Tabla 5.5.1 Dimensionamiento de la red de hidrantes (continua---  
ción).

	Chicos	Medianos	Grandes
Mangueras de lino 6 de algo-- dón forradas interiormente de hule, con diámetro y longitud			
Diámetro de:	38 mm	51 mm	64 mm
Y longitud no mayor de:	30 mt	30 mt	30 mt
Tuberías. Los diámetros apro- piados para los tres tipos de hidrantes, son: Para tuberías matrices que alimentan a dos ó más hidrantes, diámetro de:	64 mm	75 mm	100 mm
Para tuberías de ramales que alimenten a un sólo hidrante, diámetro de:	51 mm	64 mm	75 mm

Para el cálculo de la carga total de la red de hidrantes se puede llevar a cabo, de la siguiente manera:

1) Cuando se trate de un circuito abierto de hidrantes, se calcula la pérdida de carga por fricción tomando el recorrido más largo y más desfavorable del circuito, es decir se tomará el gabinete más alto y más lejano de la columna de alimentación desde el sistema de bombeo, La carga estática es la altura que existe desde el punto más bajo de succión hasta el gabinete más alto, y la carga disponible es la presión con la que debe salir el agua en el chiflón; la suma de éstas tres cargas da como resultado la obtención de la carga total que necesita el sistema para operar adecuadamente.

2) En los circuitos cerrados de hidrantes el cálculo de la pérdida por fricción se efectúa localizando el punto intermedio del sistema y el gabinete inmediato y más alejado a dicho punto, por lo que el recorrido más desfavorable será dese ese gabinete hasta la fuente de abastecimiento, las demás cargas serán calculadas de la misma forma que para la de un circuito abierto de hidrantes.

Para el cálculo de la carga total en ambos sistemas, se puede utilizar el criterio para el diseño de un sistema de agua fría (ver capítulo dos).

b) Las siguientes consideraciones se efectuarán para la obtención del dimensionamiento y del cálculo hidráulico de la red de rociadores en un sistema húmedo:

Las tablas 5.5.2, 5.5.3 y 5.5.4 están basadas en el número de rociadores que pueden ser instalados en un tubo de un diámetro determinado.

Tabla 5.5.2 Riesgos ligeros.

Tubería de acero		Tubería de cobre	
Diámetro (pulg)	No. de rociadores	Diámetro (pulg)	No. de rociadores
1	2	1	2
1½	3	1½	3
1½	5	1½	5
2	10	2	12
2½	30	2½	40
3	60	3	65
4	*	4	*

\*Sin límite.

Tabla 5.5.3 Riesgos ordinarios.

Tubería de acero		Tubería de cobre	
Diámetro (pulg)	No. de rociadores	Diámetro (pulg)	No. de rociadores
1	2	1	2
1½	3	1½	3
1½	5	1½	5
2	10	2	12
2½	20	2½	25
3	40	3	45
4	100	4	115
6	275	6	300
8	*	8	*

\*Sin límite.

Tabla 5.5.4 Riesgos extraordinarios.

Tubería de acero		Tubería de cobre	
Diámetro (pulq)	No. de rociadores	Diámetro (pulq)	No. de rociadores
1	1	1	1
1½	2	1½	2
1½	5	1½	5
2	8	2	8
2½	15	2½	20
3	27	3	30
4	55	4	65
6	150	6	170
8	*	8	*

\*Sin límite.

Tanto en el caso de Riesgos ligeros como de Riesgos ordinarios, el área máxima a servir al sistema de rociadores por una *Subida* es de 4,830 m<sup>2</sup> (52,000 pies<sup>2</sup>), con excepción de los Riesgos ordinarios cuando existan almacenamientos verticales mayores de 4.57 mts (15 pies), en cuyo caso el área máxima aceptable será de 3,716 m<sup>2</sup> (40,000 pies<sup>2</sup>). El área máxima a cubrir en los Riesgos extraordinarios será del orden de 2,323 m<sup>2</sup> (25,000 pies<sup>2</sup>).

En este sistema el número máximo de rociadores aceptable en los ramales situados a cada lado de un crucero será de ocho.

El diámetro de la tubería de *Subida* puede obtenerse por medio de la tabla 5.5.5, que está basada en la cantidad de flujo de agua que pasa a través de ella de acuerdo al riesgo que se tenga.

Tabla 5.5.5 Dimensiones de la tubería de subida.

Diámetro de la tubería (pulq)	Cantidad de flujo de agua	gpm
4	1514 lt/min	400
5	2271 lt/min	600
6	2839 lt/min	750
8	3785 lt/min	1000
10	5678 lt/min	1500
12	7570 lt/min	2000

**Distancia entre ramales y entre rociadores.**

**Riesgos ligeros.-** Para obras dedicadas a este tipo de ocupaciones, la distancia máxima recomendable entre los ramales en que se instalan estos rociadores y entre rociadores es de 4.60 mts (15 pies).

**Riesgos Ordinarios.-** La distancia máxima recomendable entre ramales y/o rociadores es de 4.60 mts (15 pies), con excepción de aquellos locales en que se almacenan materiales en pila, la distancia máxima será de 3.70 mts (12 pies).

**Riesgos extraordinarios.-** En este caso la distancia máxima recomendable entre ramales y entre rociadores es de 3.70 mts (12 pies).

En todos los casos de riesgo, los rociadores no deberán estar muy cerca uno de otro. Si se instalaran con un espaciamiento de 1.80 mts (6 pies) ó menos, deberán utilizarse mamparas para evitar que el agua de unos, moje a los demás, retardando así su acción.

**Distancia entre rociadores y muros.**

En todos los casos de Riesgos, la distancia entre los muros y los últimos rociadores en los ramales, ó entre los muros y los últimos ramales, no deberá exceder del 50% de la distancia entre ramales.

**Area protegida por cada rociador.**

**Riesgos ligeros:** 1) Bajo techos de construcciones planas y/o techos planos soportados por vigas, el área máxima protegida por un rociador no debe de ser mayor de 18.58 m<sup>2</sup> (200 pies<sup>2</sup>).

2) Bajo techos construídos de madera soportados en vigas de madera, el área a cubrir para cada rociador no será mayor de 12.08 m<sup>2</sup> (130 pies<sup>2</sup>).

3) Para otros tipos de construcciones el área máxima será de 15.60 m<sup>2</sup> (168 pies<sup>2</sup>).

**Riesgos Ordinarios:** Para todos los tipos de construcciones, el área máxima de protección por rociador no de-

berá exceder de 12.08 m<sup>2</sup> (130 pies<sup>2</sup>), con excepción de los casos en que se almacenan materiales en pilas, en cuyo caso el área no debe exceder de 9.29 m<sup>2</sup> (100 pies<sup>2</sup>).

Riesgos extraordinarios: El área de protección por cada rociador no deberá ser mayor de 8.36 m<sup>2</sup> (90 pies<sup>2</sup>) para todo tipo de edificios.

Selección de rociadores.

Para la correcta elección de los rociadores a usarse en un sistema contra incendio, pueden seguirse las indicaciones siguientes.

1) Determinar el área de aplicación de los rociadores y la clase de riesgo en que incurre la construcción, para así poder penetrar a la tabla 5.5.6, y poder determinar la densidad de agua que se necesita en lt/min/m<sup>2</sup> ó en gal/min/pie<sup>2</sup>.

2) La densidad obtenida se multiplica por el área protegida por el rociador (según la clase de riesgo), y se obtiene el caudal necesario para cada rociador.

3) Cualquier tipo de rociador puede ser suministrado con orificios de diversos diámetros y diferentes capacidades de presión de trabajo, por lo que las capacidades de descarga de agua serán múltiples de acuerdo con lo señalado en la tabla 5.5.7.

Tabla 5.5.7 Identificación de rociadores por sus características de descarga.

Diámetro nominal del orificio	Tipo de orificio	Factor "K"	Porcentaje de descarga con respecto al orificio de 12.7 mm de diámetro nominal.
6.3 mm (1/4")	Pequeño	1.3 a 1.5	25%
7.9 mm (5/16")	Pequeño	1.8 a 2.0	33%
9.5 mm (3/8")	Pequeño	2.6 a 2.9	50%
11.0 mm (7/16")	Pequeño	4.0 a 4.4	75%
12.7 mm (1/2")	Normal	5.3 a 5.8	100%
13.5 mm (17/32")	Grande	7.4 a 8.2	140%

Esta tabla permite seleccionar el tipo de rociador para usarse en cada caso, basado en el área a cubrir, que en este tipo es de 18.58 m<sup>2</sup> (200 pies<sup>2</sup>). La capacidad de descarga de agua, y la presión que recibe, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Q = Kp^{1/2}$$

Q= Cantidad de flujo de agua, en gpm.  
 K= Factor constante que proporciona el fabricante.  
 p= Presión de operación, en lb/pulg<sup>2</sup>.

Nota: Las presiones de trabajo de los rociadores generalmente varían de 1.05 kg/cm<sup>2</sup> (15 lb/pulg<sup>2</sup>) hasta 12.30 kg/cm<sup>2</sup> (175 lb/pulg<sup>2</sup>), pero en un momento dado la presión de operación puede ser menor ó mayor del rango descrito, según sea el caso.

4) Con el gasto obtenido en el punto dos se efectúa una comparación con los gastos obtenidos en la tabla 5.5.7 a diferentes presiones y se tomará aquél que cumpla con las condiciones de diseño.

Rangos de temperatura.

Los rangos normales de temperatura de los rociadores se muestran en la tabla 5.5.8. La armazón del rociador puede colorearse para su fácil identificación con pintura incombustible, de acuerdo al código de colores designado en la misma tabla.

Tabla 5.5.8 Rangos, clasificaciones de temperaturas y código de colores.

Máxima temperatura en el techo	Rango de temperatura de operación		Clasificación de la temp.	Código de color
	°F	°C		
100	38	135 a 170	57 a 77	Ordinario Sin color
150	66	175 a 225	79 a 107	Intermedio Blanco
225	107	250 a 300	121 a 149	Alto Azul
300	149	325 a 375	163 a 191	Extra alto Rojo
375	191	400 a 475	204 a 246	Muy extra alto Verde
475	246	500 a 575	260 a 302	Ultra alto Naranja

### Cálculo hidráulico del sistema de rociadores.

El NFPA de los E.U., hace las siguientes observaciones referidas al cálculo de la carga total que necesita el equipo de bombeo para el sistema de protección contra incendio, y son:

1) Generalmente un sistema de rociadores se encuentra formado de varias redes que para fines de diseño, se tomará la que se encuentre en la posición más desfavorable, ésta a su vez se puede encontrar subdividida en núcleos destinados a ciertas ocupaciones, que a su vez se deberá localizar el núcleo más desfavorable con respecto a la subida del sistema, y este núcleo es la llamada *Área de aplicación*.

2) Una vez determinada la área de aplicación, se procede a identificar los rociadores que actúan en ella y la posición en que éstos se encuentran, en caso de que no este bien definida la situación de los rociadores se puede establecer de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Área de aplicación}}{\text{Área de protección de un rociador}} = \text{No. de rociadores que se necesitan para cubrirla}$$

$$\frac{1.2 (\text{Área de aplicación})^{\frac{1}{2}}}{\text{No. de rociadores que se necesitan para cubrirla}} = \text{No. de rociadores por ramal}$$

3) El gasto máximo probable se determina en base al caudal obtenido de los rociadores existentes en el área de aplicación. La pérdida por fricción existente en dicha red se basa en las mismas consideraciones hechas para cualquier sistema hidráulico, ó sea, se acumulan los gastos de cada rociador con sus respectivas pérdidas por fricción de acuerdo a su longitud de tubería y por conexión, y se elige el camino más largo hasta la subida.

4) La pérdida por fricción que existe en la subida del sistema y en la succión y descarga del equipo de bombeo puede basarse en el caudal obtenido en la tabla 5.4.3, ó bien, si la experiencia del Ingeniero dicta otros parámetros, se podrá

utilizar el gasto máximo probable, calculado en el punto tres.

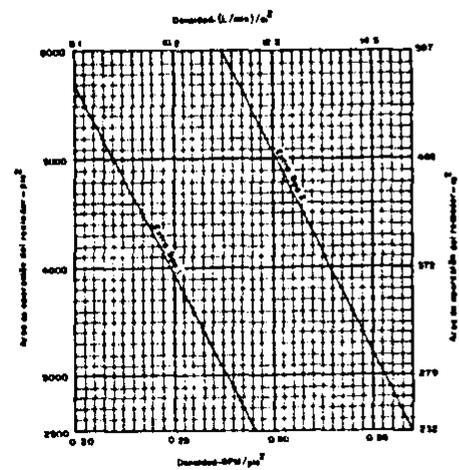
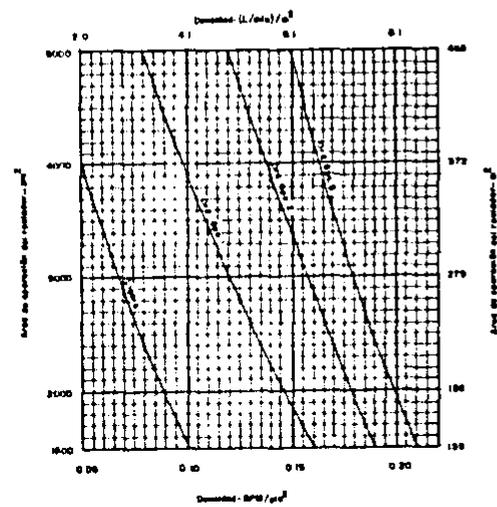
5) La carga por altura; será la diferencia de altura que hay entre la succión del equipo de bombeo y el rociador más alto al cual se desea alimentar. La carga de posición; es la presión mínima que necesita el rociador para funcionar en condiciones normales de trabajo.

6) La suma de cargas calculadas del punto tres al cinco, darán por resultado la carga total que necesita el equipo de bombeo. El gasto que deberá proporcionar la bomba puede ser de acuerdo al suministrado en la tabla 5.4.3 6 en su defecto al diseñado en el punto tres de acuerdo a la conveniencia del sistema.

7) En el caso de que exista un sistema de hidrantes en combinación con el de rociadores, el caudal necesario para satisfacer las necesidades de los hidrantes deberá adicionarse al de los rociadores.

Es importante revisar las presiones que reciben las mangueras en éstos sistemas mixtos, porque de acuerdo al Reglamento del Instituto Mexicano del Seguro Social y de la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros, la presión máxima a las salidas de los chiflones de las mangueras deberá encontrarse en el orden de  $2.5 \text{ kg/cm}^2$  ( $35.6 \text{ lb/pulg}^2$ ) a  $4.2 \text{ kg/cm}^2$  ( $59.8 \text{ lb/pulg}^2$ ). Por razones obvias los sistemas de rociadores generalmente requieren de mayor presión que los hidrantes, por lo que es necesario instalar un disco reductor de presión antes de la manguera para cumplir con las presiones ya citadas.

Tabla 5.5.6 Curvas de diseño para determinar densidades y áreas de operación de rociadores.



**CAPITULO 6 EQUIPOS DE BOMBEO (GENERALIDADES Y UTILIZACION EN LA INGENIERIA HIDRAULICA Y SANITARIA).**

Cuando la presión de la toma municipal de agua sea insuficiente para alimentar los servicios de un edificio, ó bien, si los sistemas hidráulico y sanitario no operan por medio de la gravedad, será necesario apoyarse en un equipo de bombeo para cubrir las necesidades que exigen los sistemas de plomería, ya sea para elevar el agua desde la fuente de almacenamiento hasta el punto más lejano en donde se requiera, ó desalojar el agua de desecho de un cárcamo hasta el albañal domiciliario.

Los tipos de bombas más usados dentro de las instalaciones hidráulicas y sanitarias son:

1) Bombas centrífugas.- Usualmente se emplean cuando se requieren grandes volúmenes de agua a presiones bajas de trabajo.

2) Bombas de turbina.- Generalmente son utilizadas cuando se requieren pequeños volúmenes de agua a presiones altas de trabajo.

La velocidad de ambos tipos de bombas es uniforme por lo que el caudal obtenido de ellas será siempre constante.

**6.1 BOMBEO DE AGUA FRIA.**

**a) Traspaso.**

El traspaso de agua de una cisterna a un tinaco normalmente se efectúa para que el sistema hidráulico de un hotel, fábrica, casa-habitación, etc., trabaje por gravedad ó bien que éste actúe como un agente regulador de las demandas requeridas como se mencionó en el subcapítulo 2.2 inciso "c".

La capacidad de almacenamiento de un tanque elevado puede obtenerse considerando de 1/4 a 1/3 parte de la dotación diaria calculada.

Para el cálculo del caudal mínimo que debe ob-

tenerse del equipo de bombeo para llenar el tanque de almacenamiento, puede efectuarse a través de la siguiente relación:

$$\text{Capacidad mínima de bombeo} = \frac{\text{dotación diaria}}{8 \text{ hrs}} \text{ (lts/hr)}$$

Esta relación puede variarse de acuerdo al horario de suministro de agua municipal y a las condiciones propias de la obra, por lo que debe adaptarse a los problemas que presente cada obra en sí.

El cálculo de la carga total del sistema, desde la succión de la bomba hasta la descarga del agua en el tinaco puede seguir el mismo criterio basado en el cálculo de una red de suministro de agua fría (capítulo 2), tomando en cuenta que la carga disponible ó residual se debe encontrar alrededor de 0.5 kg/cm<sup>2</sup> (7 lbs/pulg<sup>2</sup>) de presión.

b) Suministro a presión.

Cuando un sistema de plomería sea alimentado a través de un bombeo directo, es recomendable que solamente se efectúe cuando se necesiten ciertos volúmenes de agua en determinados tiempos, puesto que al dejar de funcionar el equipo de bombeo decae la presión y por consiguiente el abastecimiento de agua se interrumpe.

En un sistema en donde los servicios que dependen de este, tengan un uso regular y las redes de alimentación no se encuentren abastecidas por un sistema que funcione por gravedad y se tengan gastos de agua hasta de 13 lts/seg (3.4 gps) se requerirá de un equipo hidroneumático para poder mantener cargadas las líneas de agua a la presión adecuada para el buen funcionamiento de la red de distribución de agua. Esta clase de equipos consta de un tanque de almacenamiento de agua que está bajo presión y que se encuentra conectado al equipo de bombeo (subcapítulo 2.2 inciso "c"), cuando ésta presión disminuye se repone inmediatamente de nuevo a base de una compresora de aire, de inyectores de aire a presión ó por medio de un hidropistón para poder mantener las líneas de suministro de agua a una presión constante.

El equipo de bombeo puede disponerse de tal manera que funcionen dos bombas alternadamente con el 100% del gasto calculado en cada una de ellas (este criterio varía de acuerdo al equipo empleado), con el fin de que no trabajen continuamente o bien, si en un momento dado no se cuenta con una de ellas, el sistema puede seguir operando con una bomba solamente, en tanto se repara la otra bomba.

Cuando se tienen gastos mayores de 13.0 lts/seg es recomendable utilizar equipos de bombeo programado, esto es, disponer de una ó dos bombas pequeñas con el 15% ó 20% del gasto calculado en cada una de ellas y dos bombas más grandes con el 50% del gasto en cada una. La forma de operación de este sistema es el siguiente: Cuando la demanda de agua es pequeña con respecto a la calculada, solamente entran en operación las bombas pequeñas (bombas piloto) y cuando la demanda aumenta de tal manera que las bombas piloto no dan la capacidad necesaria éstas se desconectan y entran las bombas grandes (principales) una a una según lo requiera la demanda. En caso de que la demanda sea mayor al 100% de lo proyectado, el equipo completo funcionará en forma simultánea. El tanque hidroneumático opera en todo momento como control y protección al golpe de ariete.

Si el gasto es de 20.0 lts/seg ó menor el equipo puede consistir en tres bombas, una piloto con capacidad del 25% del gasto proyectado y dos bombas principales con capacidad del 50% cada una respecto al gasto de diseño.

Si el gasto es mayor de 20.0 lts/seg es recomendable que el equipo de bombeo consista en cuatro bombas, una piloto del 15% del gasto de diseño y tres principales con capacidad del 40% cada una respecto del gasto calculado.

En caso de utilizar el sistema de carga de aire por medio de hidropistón, es recomendable tener dos bombas piloto ya que en este tipo de sistema las bombas piloto cargan el aire a través del hidropistón. Asimismo, el número de bombas que componen un equipo programado varía de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes, las necesidades de obra y a la exactitud ó sensibilidad de los controles empleados para gobernar el sistema en forma automática.

## 6.2 CIRCULADORES PARA AGUA CALIENTE O RETORNO DE AGUA CALIENTE.

### a) Cálculo.

El fin de circular el agua en las redes, columnas y retornos de un sistema de agua caliente, tiene por objeto el recuperar la energía calorífica que se disipa a través de las paredes de la tubería y del forro que se encuentran en contacto con el medio ambiente.

La circulación del agua depende básicamente de los cambios de temperatura operados en el sistema, por lo que la bomba circuladora se diseña para circular agua suficiente para reponer las pérdidas de calor únicamente, más no los requerimientos del caudal.

Para obtener la capacidad de la bomba, es necesario calcular el gasto y la carga total con la que se va a trabajar. El gasto de circulación se calcula de acuerdo al método para obtener el dimensionamiento del retorno de agua caliente (subcapítulo 2.5 inciso "f"), y la carga total en este caso solamente se refiere a la calculada por la pérdida de fricción, puesto que el sistema de antemano ya se encuentra operando bajo presión; la metodología para encontrar esta pérdida de carga por fricción, puede ser de la siguiente manera:

- 1) Localizar el recorrido más largo y desfavorable del sistema.

- 2) Con los gastos calculados de circulación (subcapítulo 2.5 inciso "f"), se procede a calcular la pérdida por fricción en cada tramo del recorrido que se eligió, sin olvidar las pérdidas ocasionadas por válvulas y conexiones existentes hasta el lugar en donde se localiza la bomba circuladora.

- 3) Para el cálculo de la pérdida por fricción en el retorno de agua caliente se procede de la misma forma que en el punto anterior y se le suma a éste, obteniendo de esta manera la carga total buscada.

4) Para la obtención de la potencia de la bomba se puede utilizar el mismo criterio que se menciona en el capítulo dos.

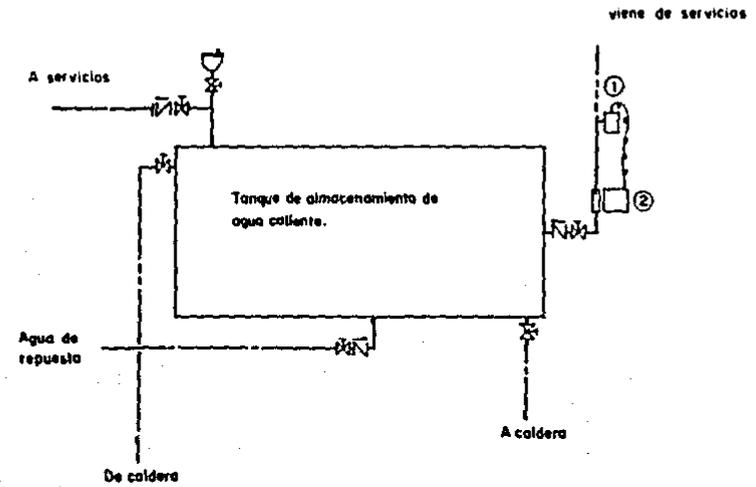
La instalación de este tipo de bomba en la práctica se realiza con el 200% al 300% de la capacidad previamente calculada (esto se refiere exclusivamente al caudal obtenido no a la carga de diseño). Se efectúa esta consideración con el objeto de que la bomba no trabaje continuamente y solo lo haga por pequeños períodos de tiempo.

b) Instalación.

La instalación más común de una bomba circuladora de agua caliente es la que se muestra en la figura 6.2.1, en donde la bomba se localiza en la tubería de retorno de agua caliente a un costado del tanque de almacenamiento, en donde ésta penetra por medio de conexiones en la parte central del mismo.

En la tubería de retorno también se encuentra intercalado un elemento térmico llamado acuastato, que funciona a base de diferencias de temperatura y está ligado a la bomba por medio de conexiones eléctricas. Cuando la temperatura baja en el sistema, el acuastato conecta sus polos regresando la señal enviada por el tablero de control conectando éste a su vez la bomba al funcionar. Hace que el agua circule en toda la red y una vez que se ha logrado tener la temperatura deseada el acuastato desconecta la señal del tablero y se apaga la bomba manteniéndolo en esta forma la temperatura entre los rangos deseados.

Figura 6.2.1 Diagrama de instalación de una bomba circuladora.



- Retorno de agua caliente.
- Agua caliente.
- Agua fría.
- ⊗ V. compuerta.
- ⊎ V. de retención.
- ① Acuostato.
- ② Bomba circuladora.

### 6.3 BOMBEO DE AGUA PARA SISTEMAS CONTRA INCENDIO.

#### a) Cálculo.

El criterio empleado para conocer la capacidad del equipo de bombeo utilizado en el sistema de protección contra incendio (hidrantes y rociadores) es el mismo que para cualquier tipo de bomba utilizada en los sistemas de plomería ya descritos, o sea, para el diseño de la capacidad de la bomba se necesitará saber el gasto y la carga total con la que va a trabajar, pero la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros y el Instituto Mexicano del Seguro Social hacen la siguiente referencia en cuanto a este criterio, y es a saber: Para efectos del cálculo de la capacidad de las bombas en los sistemas contra incendio se deberá utilizar el 150% del gasto obtenido originalmente y solamente el 65% del total de la carga obtenida, esto obedece a que se le da mayor importancia a que en un momento dado se tenga mayor caudal de agua disponible que presión en el sistema para poder sofocar un siniestro.

#### b) Instalación.

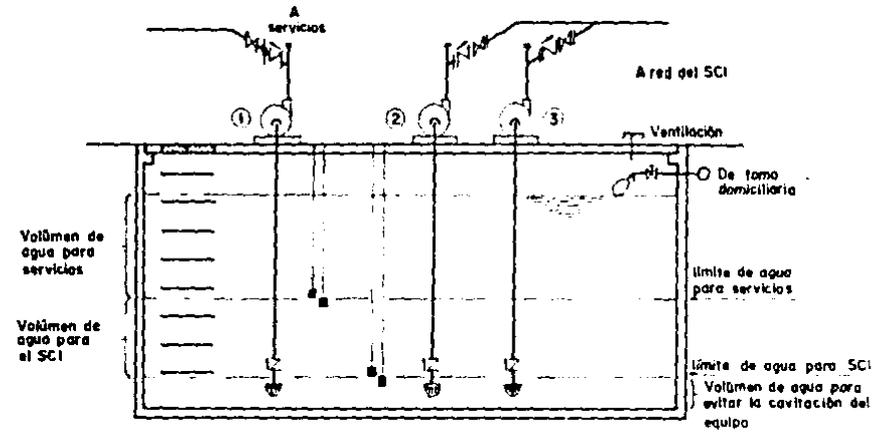
La instalación de las bombas del sistema de protección contra incendio se efectúa de la misma forma que para las bombas de cualquier sistema de plomería hidráulico, en donde la bomba tiene una descarga del caudal requerido hacia la red proyectada y una succión a la cisterna (que ésta no exceda más de 4.5 mts de profundidad), constando de una pichancha (colador) y una válvula de retención, así como los controles propios de la bomba.

Las instituciones anteriormente mencionadas sugieren que se instalen dos bombas con las mismas capacidades por razones de seguridad. Una de las bombas deberá funcionar con un motor eléctrico el cual se encuentra conectado al sistema de fuerza eléctrica auxiliar, en caso de una falla de energía eléctrica se podrá disponer de la otra bomba que deberá funcionar

con un motor de combustión interna, el cual deberá estar conectado a una batería recargable.

En cuanto al almacenamiento del agua correspondiente a servicios y al sistema de protección contra incendio es importante hacer notar un aspecto que generalmente se le concede poca importancia y es el siguiente: Los límites de los volúmenes de agua para servicios y para el sistema contra incendio, normalmente se obtienen con las succiones de las bombas correspondientes a cada sistema por medio de diferencias de alturas en la cisterna, esto provoca que no exista circulación en una parte del agua almacenada ocasionando una posible contaminación en dicha agua si no se tiene el cuidado de darle mantenimiento a la cisterna en forma constante, por lo que para delimitar estos volúmenes es más recomendable hacerlo por medio de electrodos (figura 6.3.1). Esto permite que las succiones de ambos servicios puedan estar lo más profundo posible y toda el agua que se encuentra almacenada pueda tener una buena circulación para prevenir posibles contaminaciones.

Figura 6.3.1 Diagrama de instalación del equipo de bombeo.



- SCI Sistema contra incendio.
- ① Bomba para servicios.
- ② Bomba para el SCI (motor de combustión interna).
- ③ Bomba para el SCI (motor eléctrico).
- ⬇ Electrodo

#### 6.4 BOMBEO DE AGUAS SUCIAS O NEGRAS EN CARCAMOS DE ACHIQUE.

##### a) Cálculo.

La capacidad del equipo de bombeo para desalojar las aguas de desecho que se encuentran almacenadas en un cárcamo, dependen del gasto previamente calculado (Subcapítulo 3.6) y del total de carga necesario para elevar dicha agua desde la succión de la bomba hasta el punto de desfogue con una cierta presión, la carga total de la bomba puede obtenerse de la siguiente manera:

1) Carga estática.- Es el desnivel que existe entre el fondo del cárcamo y la tubería en donde se va a descargar el agua de desecho.

2) Carga de fricción.- Es la presión necesaria para vencer la fricción existente a lo largo del trayecto del camino que va a recorrer el agua de desecho; debido a las rugosidades que presentan las paredes de la tubería y de las conexiones. El cálculo puede efectuarse con el mismo criterio empleado en los sistemas hidráulicos, en caso de no contar con los elementos suficientes para efectuar el cálculo de esta forma, se puede obtener de una manera aproximada considerando el 30% de la longitud de la tubería de descarga.

3) Carga disponible.- Es la presión mínima que debe poseer el caudal de desecho para que pueda salir de la tubería de descarga al colector principal del drenaje del edificio ó directamente al albañal municipal, y ésta presión puede variar entre  $0.5 \text{ kg/cm}^2$  ( $7 \text{ lbs/pulg}^2$ ) a  $1 \text{ kg/cm}^2$  ( $14 \text{ lbs/pulg}^2$ ).

La adición de las tres cargas anteriores da como resultado la carga total que necesita la bomba para poder operar adecuadamente.

##### b) Instalación.

Las bombas utilizadas en los cárcamos para eli

minar aguas de desecho son del tipo vertical y el motor puede instalarse por encima del cárcamo ó ahogado en el agua junto con el impulsor (figura 3.6.1 y 3.6.3), éstas características dependen del diseño de la bomba y generalmente ambas tienen la misma eficiencia de trabajo.

Los impulsores utilizados en estos sistemas sanitarios son de un diseño especial para que no sufran atascamientos y para que en un momento dado la línea de descarga no se obstruya debido a los materiales existentes en las aguas de desecho.

La línea de descarga contiene una válvula de retención que permite conducir al agua de desecho en una sola dirección sin que ésta pueda regresar al lugar de donde fue evacuada y una válvula de compuerta que evita derrames en una posible reparación de esta línea.

El Instituto del Seguro Social recomienda que se instalen dos bombas de la misma capacidad por cada cárcamo construido con el objeto de que se alternen el bombeo entre si y por si existe una falla en alguna de las bombas no se interrumpa el servicio mientras que se efectúa la reparación correspondiente.

## 6.5 BOMBEO PARA RIEGO.

### a) Cálculo.

En las edificaciones se considerarán fundamentalmente dos clases de riego para las áreas verdes y a saber son: Por aspersión y a base de mangueras.

El dimensionamiento de ambos sistemas corresponde al mismo método utilizado en las redes de agua fría que alimentan accesorios de servicios tales como w.c., lavabos, regaderas, etc. Como se ha venido haciendo mención a lo largo de este capítulo, la capacidad del equipo de bombeo depende del gasto y la carga obtenida del sistema, por lo que a continuación se citarán algunos elementos necesarios para obtener dicho cálculo en cada sistema.

#### 1) Riego por aspersión.

Gasto requerido.- Se obtiene de acuerdo a los caudales requeridos por aspersor acumulados hasta las bombas y estos varían de acuerdo al aspersor seleccionado.

Pérdida por fricción.- Es necesario localizar el trayecto más largo y desfavorable de la red, ó sea, el aspersor más alejado de la columna principal de alimentación de agua hasta la parte más baja de la succión de la bomba.

Pérdida de posición.- Será la altura que existe entre el aspersor más elevado del sistema y la parte más profunda de la succión del equipo.

Carga residual o disponible.- Es la presión que necesita el aspersor para poder trabajar en las condiciones en que fué diseñado.

#### 2) Riego a base de mangueras.

Gasto requerido.- Se diseña de acuerdo al número de mangueras existentes en la red, acumuladas hasta la descarga de la bomba, asignando un gasto de 18 lts/min (5 gal/min) por cada una de ellas.

Pérdida por fricción.- Es el camino más desfa-

vorable de la red, es decir, la distancia que hay entre la manguera más alejada a través del sistema, y el punto más profundo de la tubería de succión de la bomba; añadiendo a este cálculo la pérdida sufrida en la misma manguera, pudiéndose considerar este valor alrededor de  $0.2 \text{ kg/cm}^2$  ( $2.8 \text{ lb/pulg}^2$ ).

Pérdida de posición.- Desnivel vertical existente entre la manguera más elevada de la red con respecto a la succión de la bomba.

Carga disponible.- Se recomienda una presión de  $1.5 \text{ kg/cm}^2$  ( $21 \text{ lb/pulg}^2$ ) para una operación normal de trabajo

#### b) Instalación.

Las principales partes que intervienen en la instalación de una unidad de aspersión son: válvula de acoplamiento rápido, acoplador y aspersor (figura 6.5.1a); generalmente se coloca al ras del piso la válvula de acoplamiento con el fin de que al podar el césped no se maltraten las máquinas encargadas de ello puesto que el acoplador y el aspersor son removibles, en caso de que la unidad aspersora este integrada de una sola pieza (figura 6.5.1b) ésta deberá colocarse semienterrada en el terreno para conservar la finalidad mencionada anteriormente, aunque las alturas de colocación pueden variar de acuerdo a las condiciones de la jardinería que se tengan en el lugar.

En la instalación para una red de riego a base de mangueras, se deja una preparación rematada con una llave de nariz (figura 6.5.2) situadas en los lugares previstos. Las alturas de colocación de las llaves oscila entre 25 cm y 50 cm del nivel del piso terminado, aunque en la realidad dichas alturas se sujetarán a las condiciones que se tengan del lugar.

El traslape entre aspersores y mangueras es necesario para evitar posibles huecos que queden sin regar, por lo que se pueden seguir las siguientes consideraciones para su obtención:

- 1) El traslape de los aspersores será igual al

60% del alcance del aspersor.

2) El radio de riego se considerará igual a  $\frac{9}{10}$  de la longitud de la manguera. El traslape se logra con el alcance del chorro de agua de la manguera.

Figura 6.5.1 Aspersores para riego.

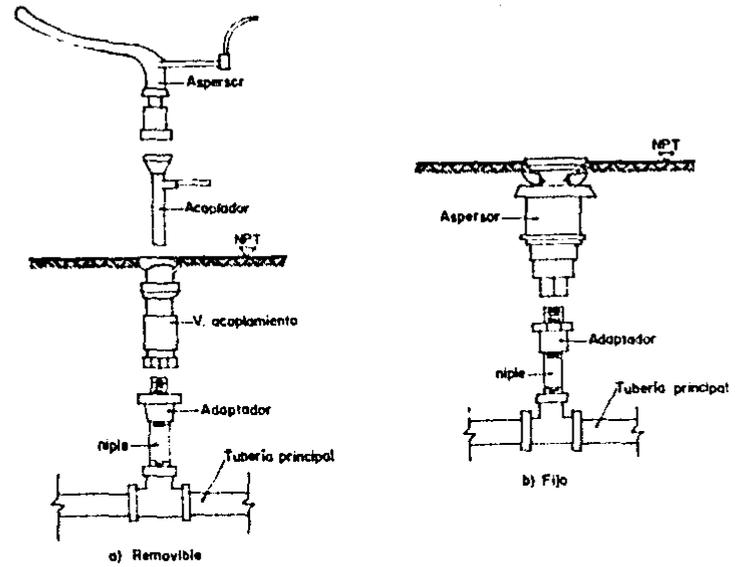
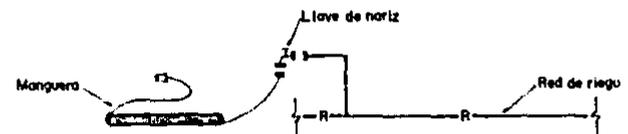


Figura 6.5.2 Colocación de mangueras para riego.



## 6.6 BOMBEO DE DIESEL Y PETRÓLEO CRUDO.

Este subcapítulo está dedicado exclusivamente a la conducción de diesel y petróleo crudo ó combustóleo como agentes combustibles para las líneas de alimentación de los equipos con gran capacidad de calentamiento, ya que el uso de gas natural ó de gas licuado de petróleo es más costoso y su uso está mejor justificado como combustible doméstico. Los equipos que consumen gas, generalmente son del orden de 10 CC. ó menores, no siendo ésto una limitante.

### a) Cálculo.

A continuación se expone el criterio para el dimensionamiento de los diámetros de tuberías para el manejo del combustible ligero y pesado.

Datos:

- \* Q= Gasto requerido en gpm.
- \* Producto por transportar en SSF (Segundos Saybolt Furol).
- \* Longitud de la línea en pies.
- \* Temperatura de manejo en °F.
- \* Rango permisible de pérdida por fricción (1 a 6 lbs/pulg<sup>2</sup> cada 100 pies de tubería).

El análisis parte de la proposición de un diámetro supuesto y se procede de la siguiente forma:

#### 1) Cálculo de la velocidad.

$$V = \frac{0.409Q}{D^2}$$

V= Velocidad del fluido en pies/seg, se recomienda que ésta fluctúe de 5 a 15 pies/seg.

Q= Gasto requerido en gpm.

D= Diámetro interior de la tubería, en pulg.

#### 2) Cálculo de la viscosidad dinámica en centipoises.

Tanto para el diesel como para el petróleo crudo ó combustóleo a una determinada temperatura de flujo, se calculará la viscosidad  $\mu$  en centistokes (cs) de acuerdo a las tablas 6.6.1 y 6.6.2.

si:  $u = cs \times 1.07639 \times 10^{-3} = \text{pie}^2/\text{seg}$   
 por lo tanto  $u = \text{pie}^2/\text{seg} \times 1488.16 = \text{centipoises (cp)}$

3) Para obtener las condiciones del flujo, se deberá conocer el número de Reynolds.

$$Nr = \frac{DV\rho}{12 (0.000672)\mu}$$

Nr= Número de Reynolds, sin unidad.  
 D= Diámetro nominal de la tubería, en pulg.  
 V= Velocidad del fluido en pies/seg.  
 $\rho$ = Densidad del fluido en lbs/pie<sup>3</sup> (a la misma temperatura en la que se calculó la viscosidad).  
 $\mu$ = Viscosidad del fluido en cp,  
 1 cp=0.000672 lbs/pie x seg.

Si el número de Reynolds resulta menor de 2100, el flujo es laminar y el factor de fricción es independiente de la rugosidad de la tubería y será igual a:

$$f = \frac{64}{Nr}$$

Cuando el número de Reynolds es mayor de 3000, el flujo es turbulento y el factor de fricción depende del número de Reynolds y de la rugosidad de la tubería (tablas 6.6.3 y 6.6.4).

4) Pérdida por fricción.

$$H_f = \frac{12fV^2L}{2gD}$$

f= Factor de fricción, s/u.  
 V= Velocidad del fluido, en pies/seg.  
 g= Gravedad (32.19 pie/seg<sup>2</sup>).  
 L= Longitud de la tubería (100 pies).  
 D= Diámetro nominal de la tubería, en pulg.  
 H<sub>f</sub>= Pérdida por fricción, en pies/100 pies de tubería.

5) Pérdida por fricción total.

$$H'f = \frac{0.4322 \times Ge \times H_f}{100}$$

$$Ge = \frac{\rho c}{\rho_{H_2O}}$$

H'f= Pérdida por fricción en lb/pulg<sup>2</sup> cada pie.  
 Ge= Gravedad específica, s/u.  
 $\rho c$ = Densidad del combustible, en lbs/pie<sup>3</sup>.

$$Hf_{tot} = H'f \times L_{tot}$$

$\rho_{H_2O}$  = Densidad de agua destilada a 4°C (39.2°F) y es igual a 62.4 lbs/pie<sup>3</sup>.

$L_{tot}$  = Longitud de tubería más la longitud equivalente por conexión, en pies.

$Hf_{tot}$  = Pérdida por fricción total a lo largo de la tubería, en lb/pulg<sup>2</sup>.

$$Hf_{tot} = 2.31H'f \times L_{tot}$$

$L_{tot}$  = Longitud de tubería más la longitud equivalente por conexión, en mts.

$Hf_{tot}$  = Pérdida por fricción total a lo largo de la tubería, en mca.

#### 6) Retorno.

El retorno de combustible generalmente se efectúa de la caldera al tanque de *Dfa*, y es del mismo diámetro de la tubería que alimenta desde el tanque de *día* a la caldera.

#### b) Instalación.

El criterio para la instalación del sistema de distribución de combustible ligero y pesado, se puede llevar a cabo de la siguiente manera:

##### 1) Diesel.

Algunos fabricantes de calderas sugieren que la línea de alimentación del combustible, que va desde el tanque de almacenamiento hasta el equipo de calentamiento, no deberá exceder más de 30.5 mts (100 pies) en su recorrido, debido a razones económicas. No siempre se pueden seguir estos lineamientos ya que cada construcción presenta condiciones diferentes por lo que en un momento dado se deberá adoptar un sistema de traspaso, es decir, contar con un depósito de combustible (calculado para un mínimo de 15 días de operación) cercano al lugar de maniobras del camión de llenado, y de este depósito se bombeará a un tanque de *Dfa* (calculado para un día de operación) que deberá ubicarse lo más cerca posible de la caldera, y de dicho tanque se podrá bombear directamente el diesel hacia la caldera, tal y como se muestra en la figura 6.6.5.

El combustible ligero no presenta grandes problemas en su conducción debido a su bajo grado de viscosidad y también puede considerarse estable entre  $-2^{\circ}\text{C}$  y  $70^{\circ}\text{C}$  ( $28.4^{\circ}\text{F}$  y  $158^{\circ}\text{F}$ ) y prácticamente no requiere que el almacenamiento se proteja térmicamente. Entre los límites antes mencionados, el producto no desarrolla presión de vapor y por tal motivo su manejo no representa el alto riesgo de los combustibles ligeros (gasolina).

## 2) Combustóleo.

Las condiciones de almacenamiento y traspaso del combustible pesado serán las mismas que para el diesel. El inconveniente que presenta el petróleo crudo se debe a su gran viscosidad y a que en temperaturas bajas tiende a endurecerse, por lo que este combustible se deberá mantener cuando menos a  $50^{\circ}\text{C}$  ( $122^{\circ}\text{F}$ ) de temperatura para evitar problemas de bombeo.

Generalmente se introduce un elemento calefactor a base de vapor en el tanque de almacenamiento y en el tanque de día, con el fin de que el combustible se caliente a la temperatura deseada y pueda ser bombeado a través de la línea de alimentación. Como resulta obvio el combustóleo perderá temperatura en su recorrido al tanque de día, por lo que se deberá mantener caliente la tubería con el propósito de que conserve la temperatura óptima de conducción, esto puede lograrse por medio de una tubería por donde circule vapor a una cierta temperatura que va unida y a todo lo largo de la tubería de traspaso, ambas líneas deberán ser recubiertas por un forro especial para que la transmisión de calor del *trazador de vapor* sea uniforme en toda la tubería de traspaso.

También se debe de considerar que algunas calderas en su etapa de precalentamiento utilizan diesel, y una vez terminado este lapso de tiempo (30 a 60 minutos) se efectúa la conversión a combustóleo, de lo cual se debe de pensar en dos sistemas completamente autónomos y de las mismas características que se han descrito para poder satisfacer las necesidades del

equipo. En algunas ocasiones la tubería de traspaso al tanque de día puede ser bastante larga, y cuando se termina el proceso de bombeo quedan excedentes de petróleo crudo, que al irse enfriando van formando incrustaciones que posteriormente pueden causar serios problemas en las líneas, para evitar éstas posibles incrustaciones se lleva a cabo la inserción de una línea de barrido en dicha tubería para poder inyectarle diesel y así limpiarla de todos los excesos que contenga (figura 6.6.6).

El Instituto Mexicano del Seguro Social recomienda que los depósitos de almacenamiento estén bien ventilados para permitir la expulsión del aire en la operación de llenado, y que sean de acero y superficiales tanto en el interior como en el exterior del bien inmueble, en caso de que se instalen enterrados se deben tomar las providencias necesarias para evitar las infiltraciones de agua provocadas por niveles freáticos altos existentes en el lugar y si se encuentra sumergido en áreas de tránsito de vehículos, el tanque deberá estar protegido por una losa de concreto armado que resista el paso de ellos.

Usualmente se aíslan térmicamente los tanques de combustóleo para evitar accidentes ya que estos se encuentran sumamente calientes, en caso de necesitarlo debido a pérdidas de calor considerables ocasionadas por climas extremos se pueden analizar de la siguiente manera:

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$$hc = 0.30 \Delta t^{0.25}$$

$$hr = \frac{0.173e \frac{t_1^4}{100} - \frac{t_2^4}{100}}{t_2 - t_1}$$

$$ht = hc + hr$$

$$At = A_1 + A_2 + A_3$$

$$Ft = ht \quad At \quad \Delta t$$

$h_c$  = Pérdida de calor por convección, en  
 btu/hr/pie<sup>2</sup>/°F log. med.  
 $h_r$  = Pérdida de calor por radiación, en  
 btu/hr/pie<sup>2</sup>/°F log. med.  
 $h_t$  = Pérdida de calor total, en  
 btu/hr/pie<sup>2</sup>/°F log. med.  
 $\Delta t$  = Diferencial de temperatura, en °F.  
 $t_1$  = Temperatura mínima del medio ambiente, en °F.  
 $t_2$  = Temperatura mínima de manejo, en °F.  
 $A_1$  = Área del techo del tanque, en pies<sup>2</sup>.  
 $A_2$  = Área del fondo del tanque, en pies<sup>2</sup>.  
 $A_3$  = Área del casco del tanque, en pies<sup>2</sup>.  
 $A_t$  = Área total del tanque, en pies<sup>2</sup>.  
 $F_t$  = Flujo térmico, en btu/hr.  
 $e$  = Coeficiente de emisividad, en  
 btu/hr/pie<sup>2</sup>/°F log. med;  $e=0.8$  para placa de  
 acero (20% óxido) Kern.

El impulsor de la bomba para manejar diesel y combustóleo deberá ser del tipo de engranes, tornillos, lobos, etc, que están diseñados para soportar altas temperaturas y conducir fluidos de gran viscosidad. Esta clase de equipos no es autocebante, por lo que se debe de dejar una preparación en la succión de la bomba para cebarla antes de que funcione y así poder evitar la cavitación de la bomba.

Es importante cuidar los niveles de combustible en los depósitos de almacenamiento, por lo que en un momento dado se pueden vaciar totalmente dejando paralizada a la caldera y ésta a su vez a todos los servicios que dependen de ella, por lo que a continuación se mencionan dos métodos de medición: El primero consiste en una tubería de 50 mm. (2") de diámetro situada en el interior del tanque, la cual debe estar sellada y conectada a un manovacúmetro (para tomar lecturas de presiones ó vacío) en su parte superior y abierta en su parte inferior para que penetre el combustible en su interior cuando se efectúe el llenado. Como resulta obvio al ir subiendo el nivel de combustible, la columna de aire formada en el interior de la tubería ejercerá una cierta presión en la parte superior de la tubería que es registrada por el elemento sensor, igualmente sucederá al ir bajando el nivel de combustible, la presión disminuirá y será

detectada, de ésta manera se puede fijar un límite máximo y uno mínimo, dando esto lugar a que se pueda calibrar la carátula del manovacúmetro a la conveniencia que se tenga (figura 6.6.7a).

El segundo método consiste en el uso de electroniveles, distribuidos estratégicamente en el interior del tanque de almacenamiento para conocer los diferentes niveles de combustible que se tengan (figura 6.6.7b).

*Nota:* Los depósitos de almacenamiento jamás se deben llenar en su totalidad, cuidando que exista un tirante de aire (20.00 cm aproximadamente) entre el paño superior del tanque y el nivel de llenado, o bien, se puede considerar un 10% adicional del volumen útil, esto se realiza con la finalidad de que exista una buena ventilación en el tanque.



Figura 6.6.2 Viscosidad dinámica

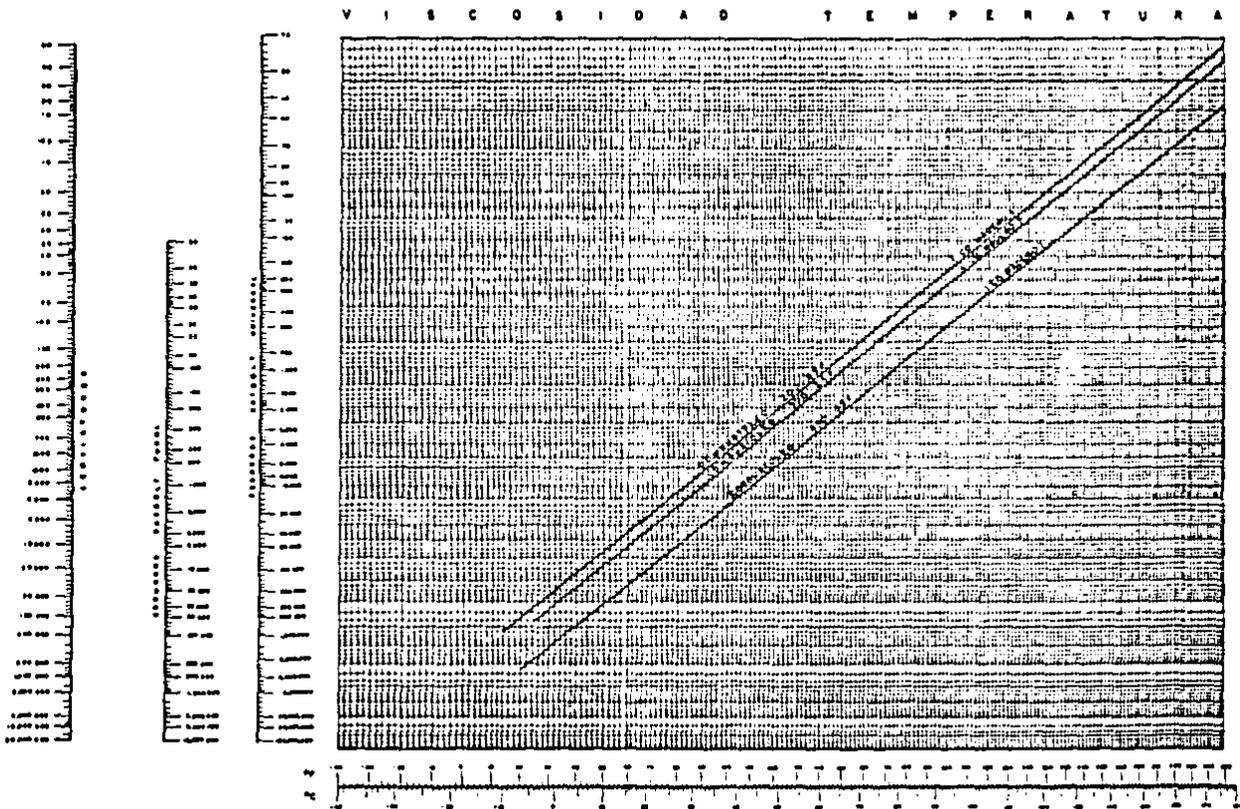


Figura 6.6.3 Factores de rugosidad relativa.

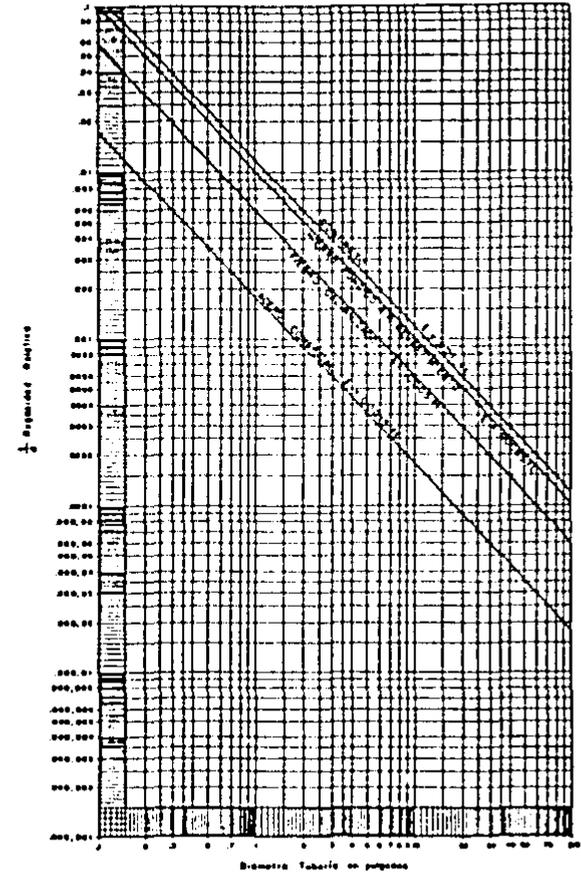
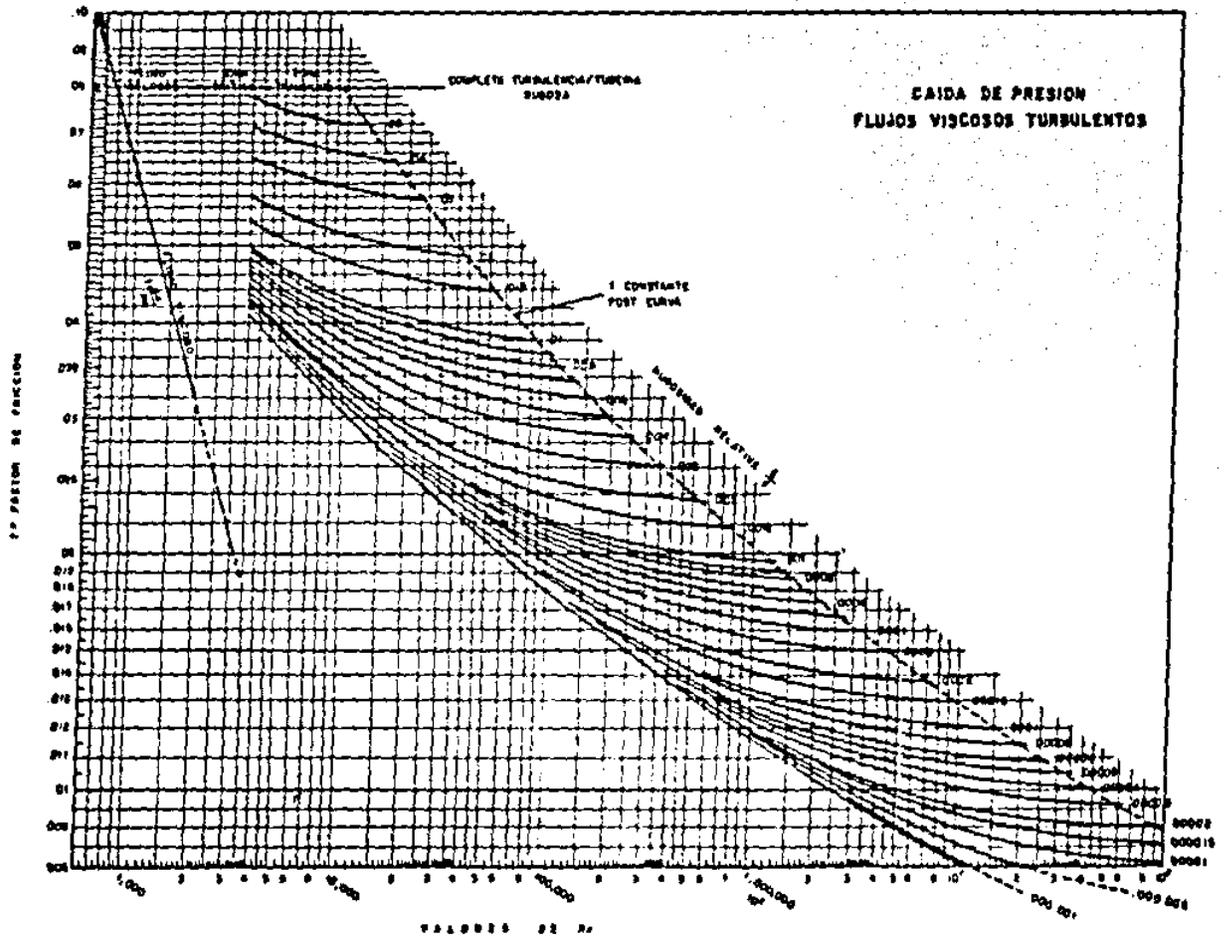
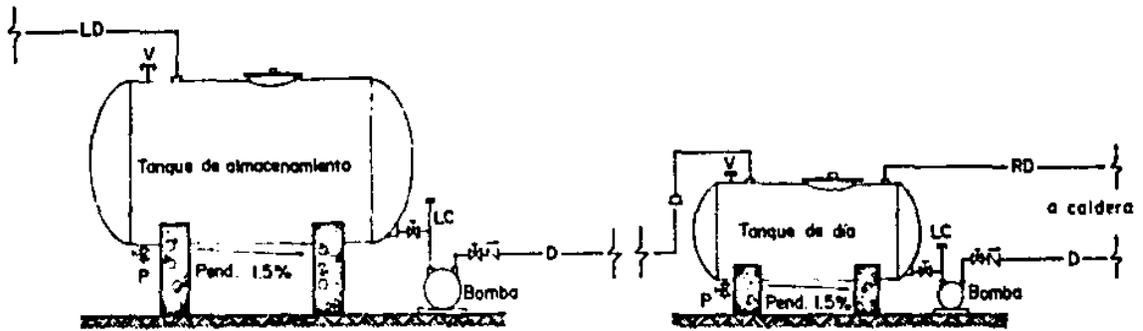


Figura 6.6.4 Factor de fricción

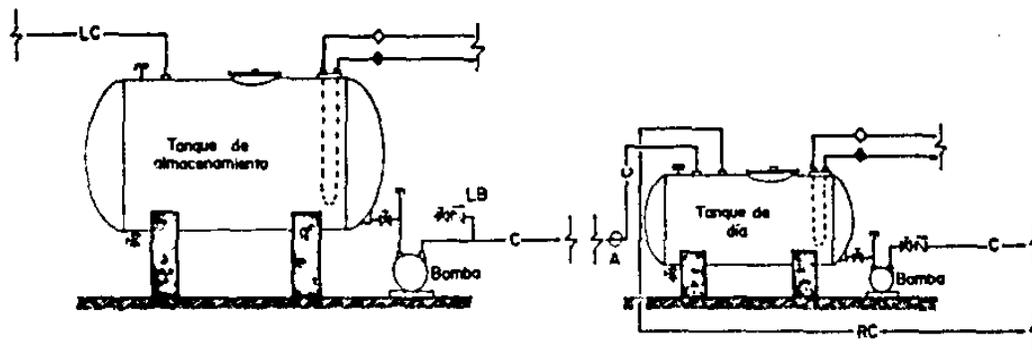




- V Ventilación (1002 mm. o 40 pulg.).
- D Línea de alimentación de diesel.
- P Purga.
- LD— Línea de llenado de diesel.
- RD— Retorno de diesel.
- LC— Línea de cebado.

Figura 6.6.5 Sistema de traspaso de diesel.

Figura 6.6.6 Sistema de trasporte de combustible.

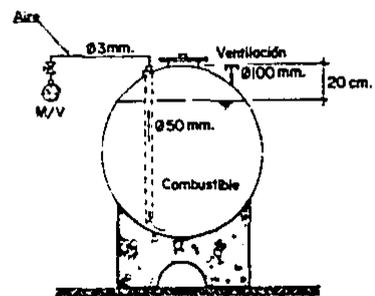


Detalle "A"

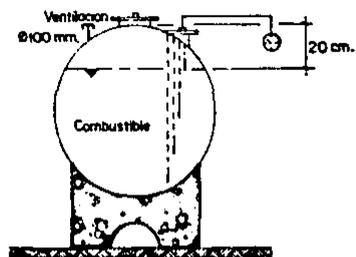
- ① Línea de combustible pesado.
- ② Línea de vapor.
- ③ Línea de condensado.
- ④ Aislamiento térmico.

- C- Línea de combustible.
- LC- Línea de llenado de combustible.
- RC- Retorno de combustible.
- LB- Línea de barrido.
- Línea de vapor.
- ◆- Línea de condensado.

Figura 6.6.7 Métodos de medición.



a) Medición por medio de un manovacuómetro  
Rango 0 a 1 kg/cm<sup>2</sup>.



b) Medición por medio de electrólisis.

## CAPITULO 7      GENERACION Y CONDUCCION DE VAPOR.

### 7.1      PRINCIPIOS TEORICOS.

#### a) Termodinámica del vapor.

El vapor es ampliamente utilizado en calefacción, para evaporar disoluciones químicas, para procesos de calentamiento; para realizar los miles y miles de procesos en todas las ramas de la industria. El vapor es utilizado en estos casos, simplemente porque existe una necesidad de calor y energía al mismo tiempo y el vapor es la manera más adecuada y económica de transportar grandes cantidades de calor y energía.

El vapor es fácil de producir ya que se obtiene del agua y generalmente se requiere de un recipiente adecuado para producirlo industrialmente, este recipiente es una caldera ó un generador de vapor. Aunada con la producción de vapor como es lógico se encuentran íntimamente ligados una serie de principios y cambios fundamentales, los cuales se explican en forma práctica a continuación:

Energía.- La energía es inherente en la materia. Por energía se indica algo que aparece en muchas formas las cuales se relacionan entre sí, por el hecho de que se puede hacer la conversión de una forma de energía a otra. El término general de energía no es definible, pero si se puede definir con precisión las diversas formas en que aparece.

La materia está compuesta de un agregado de moléculas que se están moviendo continuamente, pero al azar. Como las moléculas tienen masa, poseen energía cinética, llamada energía cinética interna, la energía cinética interna total, se origina principalmente por: El movimiento de translación de las moléculas; el movimiento de rotación de las moléculas y un movimiento de vibración de los átomos dentro de las moléculas.

Además de la energía cinética interna, las substancias tienen una energía potencial interna,

cuyo cambio resulta de una fuerza de atracción entre las moléculas que cambian de posición unas respecto a otras.

La suma de estas energías se llama energía interna, que es la energía almacenada en un cuerpo o sustancia en virtud de la actividad y configuración de sus moléculas y de las vibraciones dentro de ellas. Se referirá a esta energía como energía molecular o térmica.

Calor.- El calor es energía en transición (en movimiento) de un cuerpo ó sistema a otro, solamente debida a una diferencia de temperatura entre los cuerpos o sistemas.

Es una forma de energía que causa un cambio físico en la sustancia que es calentada. Sólidos, tales como los metales, cuando son calentados inicialmente, se expanden y aumentan su temperatura, hasta cambiar al estado líquido.

Los líquidos cuando son calentados se vaporizan, y el vapor producido al entrar en contacto con una superficie de menor temperatura se condensa, entregando a dicha superficie el calor con el cual había logrado su vaporización.

Calor latente.- Es la cantidad de calor requerida para lograr el cambio de estado físico de una sustancia sin que existan variaciones en su temperatura.

Calor sensible.- Es el calor que produce una elevación de temperatura en un cuerpo.

Transmisión del calor.- Es el flujo de calor a través de un cuerpo de temperatura más alta, hacia un cuerpo de menor temperatura. La transmisión del calor puede ser por conducción ó radiación, ó ambas.

Conducción.- Es la transmisión del calor entre dos cuerpos o partes de cuerpos en los que existe una diferencia de temperatura.

Radiación.- Es la transmisión del calor

a través de un cuerpo a algún otro por medio de ondas de calor, las cuales radian a través del cuerpo con mayor temperatura al otro con menor temperatura, sin tomar en cuenta el calentamiento del medio entre ellos.

La convección.- Es estrictamente un medio de mover energía de un lugar a otro: Es un transporte de energía. Ocurre debido a que un fluido en movimiento recoge energía de un cuerpo caliente y la entrega a un cuerpo más frío.

¿Que es el vapor?.- El vapor es, una fase intermedia entre la líquida y la de gas. Los vapores tienen características semejantes a los gases, puesto que llenan por completo las paredes del recipiente que los contiene, pero no siguen la ley de los gases perfectos.

Cuando la presión es relativamente baja para el cuerpo de que se trata, al calentar este, puede pasar directamente de su fase sólida a la fase de vapor, sin pasar por la fase líquida: Este fenómeno se le conoce con el nombre de sublimación.

Para los fines en donde se requiera calentamiento a base de vapor, exclusivamente en este capítulo se referirá al que se produce por medio del agua, sin embargo todos los vapores se comportan de un modo semejante, diferenciándose cuantitativamente en sus características por lo que esto estaría sujeto a un estudio especial.

Las propiedades ó características del vapor de agua se encuentran consignadas en la tabla 7.1.1 y en las gráficas 7.1.2 y 7.1.3 de vapores.

Vaporización.- Es el cambio de un cuerpo de la fase sólida ó líquida a la fase de vapor.

Evaporación.- Es la vaporización de un líquido que tiene lugar exclusivamente en la superficie libre del líquido. Ejemplo: La evaporación del agua en el mar ó en cualquier superficie libre de líquido. La evaporación puede tener lugar a cualquier temperatura del líquido.

**Ebullición.-** Es la vaporización de un líquido que tiene lugar en el seno mismo del líquido. Ejemplo: La ebullición de un recipiente abierto que contenga agua; la ebullición del agua en el interior de una caldera.

La ebullición de un líquido tiene lugar a una temperatura, cuyo valor depende de la presión a que está el líquido; mientras mayor sea ésta, mayor será aquella.

**Condensación.-** Es el cambio de vapor a líquido con una transferencia de calor del vapor a la superficie de condensación.

Los vapores saturados; son aquellos que tienen una temperatura igual a la de ebullición (correspondiente a la presión a que está el vapor), y constan únicamente de la fase de vapor.

Un vapor húmedo tiene al mismo tiempo la fase líquida y la fase de vapor. Su temperatura es igual a la de ebullición.

Los vapores sobrecalentados tienen una temperatura superior a la temperatura de ebullición y en ellos esta presente solamente la fase de vapor.

**Entalpía.-** Es la cantidad de calor total que tiene la unidad de peso de un fluido en su estado líquido ó en su fase vapor. Se mide en kcal/kg ó btu/lb.

La figura 7.1.4 muestra como un kg (1 lt ó 2.2 lbs) de agua, a la cual se le va agregando calor, alcanza la temperatura de 100°C (212°F) y adquiere una energía (cantidad de calor) de 100 kcal/kg (180 btu/lb). A partir de ese instante, no subirá más la temperatura y todo el calor que se ceda al agua se utilizará únicamente en cambiar de estado (líquido a vapor), hasta que todo el litro de agua (0.26 gal) se haya evaporado en su totalidad, entonces el kg de vapor tendrá almacenada una energía de 640 kcal/kg (1152 btu/lb).

b) Selección del equipo.

La selección del equipo productor de vapor adecuado para una determinada instalación, depende de la consideración de ciertos factores de gran importancia que son:

1) Es necesario precisar la demanda de vapor que se requiere en Kg/min (lb/min), con éste cálculo se podrá determinar la capacidad de la ó las calderas que serán necesarias para cubrir los objetivos fijados.

2) Se debe especificar la magnitud de la presión en Kg/cm<sup>2</sup> ( lb/pulg<sup>2</sup>) a la cual va a estar sonetido el equipo, con la finalidad de obtener un buen desarrollo en el proceso en cuestión.

3) La calidad del agua de reposición destinada al equipo, es un renglón que se debe tomar en cuenta, puesto que en un momento dado puede influir en la duración y buen funcionamiento de la caldera (ver subcapítulo 2.1.c).

4) El costo del combustible para la alimentación de los quemadores del equipo, tiene también influencia en la elección de la caldera; existen tres energéticos disponibles en el mercado nacional que son el diesel (combustible ligero) que es recomendable en calderas de hasta 60 CC. de capacidad, es fácil de operar, no se requiere de equipo adicional para su manejo, es relativamente limpio y fácil de almacenar; el gas ya sea natural ó L.P. es de menor uso, aunque su combustión es más limpia, pero requiere equipo un tanto especial para su almacenamiento y uso, así como la preferencia que existe para el empleo doméstico de este combustible.

Finalmente el combustóleo (petróleo pesado) es el combustible más económico de que se dispone y su utilización recomendable es en calderas mayores de 60 CC. El empleo de este combustible en más complejo, su alta viscosidad hace necesario que se eleve su temperatura, tanto en el tanque de almacenamiento, como en la caldera misma, siéndo mayor el equipo requerido para su manejo .

Pero debido a que es el combustible de menor costo, había sido el de mayor uso en equipos grandes (100 a 900 CC. ó más), en función al el alto contenido de azufre entre otros componentes, tiene dos graves inconvenientes que son: primero, la contaminación del medio ambiente, razón por la que actualmente su uso tiene restricciones; el segundo, el azufre contenido produce corrosión en la caldera, lo que hace recomendable instalar un equipo sedimentador y acondicionador del combustible además del equipo de calentamiento de combustible.

5) El espacio disponible para instalar el equipo de calderas, combustible, etc. debe ser objeto de análisis desde la fase arquitectónica para preveer problemas de montaje, áreas, operación y mantenimiento sin necesidad de sacrificar el equipo y su futura operación para que su trabajo sea eficiente y seguro.

Figura 7.1.1 Propiedades del vapor.

PRESURE	TEMPERATURE	HEAT				VOLUME		ENTROPY			
		SENSIBLE	LATENT	TOTAL	LIQUID	VAPOR	LIQUID	VAPOR			
PSIA	°F	BTU/LB	BTU/LB	BTU/LB	CU. FT./LB.	CU. FT./LB.	BTU/°F-LB.	BTU/°F-LB.			
29.5	-245	58.8	24.8	1060.5	1087.3	0.6	-0.160	1257	-0.75	2.043	2.098
29.25	-247	70.2	38.7	1053.8	1092.1	1.3	-0.161	1260	-0.75	1.999	2.064
29	-249	78.9	47.0	1049.1	1096.1	2.0	-0.161	1264	-0.75	1.948	2.039
28.75	-252	85.8	53.8	1045.2	1099.0	2.7	-0.161	1267	-1.04	1.910	2.020
28.5	-255	91.4	59.6	1041.9	1101.5	3.4	-0.161	1271	-1.14	1.880	2.004
28.25	-257	96.6	64.4	1039.3	1103.9	4.0	-0.161	1275	-1.23	1.868	1.991
28	-259	101.0	68.0	1036.7	1105.7	4.6	-0.161	1279	-1.31	1.869	1.980
27.75	-262	105.0	72.9	1034.0	1107.9	5.1	-0.162	1283	-1.38	1.872	1.970
27.5	-264	109.6	76.4	1031.4	1109.0	5.6	-0.162	1287	-1.43	1.876	1.961
27.25	-267	114.8	79.9	1028.6	1110.3	6.1	-0.162	1291	-1.50	1.881	1.953
27	-269	119.9	82.9	1025.9	1111.6	6.6	-0.162	1295	-1.56	1.790	1.946
26.5	-274	129.3	88.4	1023.7	1114.1	7.5	-0.162	1299	-1.63	1.768	1.933
26	-278	135.3	93.2	1022.8	1116.0	8.3	-0.162	1303	-1.74	1.748	1.923
25.5	-281	139.7	97.4	1020.5	1117.9	9.0	-0.163	1307	-1.81	1.712	1.913
25	-284	143.6	101.3	1018.1	1119.6	9.8	-0.163	1311	-1.89	1.716	1.904
24.5	-289	147.3	105.2	1015.9	1121.1	10.5	-0.163	1315	-1.94	1.702	1.896
24	-292	149.7	108.7	1013.9	1122.6	11.2	-0.163	1319	-2.00	1.689	1.889
23.5	-295	151.8	111.8	1012.1	1123.9	11.9	-0.163	1323	-2.05	1.677	1.882
23	-298	154.8	114.7	1010.3	1125.0	12.5	-0.163	1327	-2.10	1.666	1.876
22.5	-302	159.3	117.4	1008.0	1126.2	13.1	-0.163	1331	-2.14	1.657	1.871
22	-305	162.3	120.0	1005.7	1127.2	13.7	-0.164	1335	-2.18	1.647	1.865
21.5	-308	164.4	122.5	1003.6	1128.3	14.2	-0.164	1339	-2.22	1.638	1.860
21	-311	167.0	124.9	1001.3	1129.1	14.7	-0.164	1343	-2.26	1.629	1.855
20	-315	169.4	127.3	1001.7	1131.0	15.8	-0.164	1347	-2.33	1.614	1.847
19	-318	171.4	129.3	999.4	1132.7	16.8	-0.164	1351	-2.40	1.599	1.839
18	-321	173.0	131.2	997.1	1134.2	17.7	-0.164	1355	-2.46	1.586	1.831
17	-324	174.7	132.9	995.0	1135.4	18.5	-0.163	1359	-2.52	1.573	1.823
16	-328	177.9	134.8	993.3	1136.9	19.3	-0.163	1363	-2.57	1.562	1.819
15	-331	179.3	136.8	991.3	1138.1	20.0	-0.163	1367	-2.61	1.552	1.815
14	-334	181.9	138.8	989.4	1139.2	20.8	-0.163	1371	-2.66	1.542	1.808
13	-337	184.7	140.4	987.7	1140.4	21.6	-0.163	1375	-2.70	1.533	1.803
12	-341	187.3	142.3	986.1	1141.4	22.3	-0.164	1379	-2.74	1.524	1.798
11	-344	189.8	143.8	984.7	1142.5	23.0	-0.164	1383	-2.78	1.516	1.794
10	-347	192.2	145.2	983.2	1143.4	23.7	-0.164	1387	-2.81	1.508	1.790
9	-350	194.5	146.5	981.8	1144.3	24.3	-0.164	1391	-2.84	1.500	1.786
8	-353	196.8	147.8	980.4	1145.2	25.0	-0.164	1395	-2.89	1.493	1.783
7	-356	199.9	149.0	979.1	1146.1	25.6	-0.164	1399	-2.93	1.487	1.779
6	-359	201.0	149.1	977.7	1146.8	26.2	-0.164	1403	-2.95	1.480	1.775
5	-362	203.0	150.0	976.3	1147.5	26.8	-0.167	1407	-2.98	1.474	1.771
4	-365	204.9	150.9	975.3	1148.2	27.4	-0.167	1411	-3.01	1.468	1.769
3	-368	206.8	151.8	974.0	1148.8	27.9	-0.167	1415	-3.04	1.462	1.766
2	-371	208.0	152.6	972.9	1149.3	28.5	-0.167	1419	-3.07	1.456	1.763
1	-374	210.1	153.4	971.7	1150.1	29.0	-0.167	1423	-3.10	1.450	1.760

Figura 7.1.1 Propiedades del vapor (continuación).

PRESION	TEMPERATURA	HEAT				VOLUME		ENTHALPY			
		ENTHALPY	LATENT	TOTAL	COND	LIQ	VAP	LIQ	VAP	TOTAL	
0	14.66	212	180.2	970.6	1150.8	29.9	0.167	26.6	-312	1.443	1.731
1	13.7	213.4	181.6	968.4	1152.0	31.0	0.167	25.3	-317	1.435	1.731
2	12.7	218.5	184.8	960.4	1153.2	32.1	0.168	23.8	-322	1.423	1.731
3	11.7	221.4	189.8	954.5	1154.1	33.0	0.168	22.5	-326	1.416	1.731
4	10.7	224.5	192.7	947.6	1155.3	34.0	0.168	21.4	-331	1.407	1.731
5	9.7	227.6	195.5	940.8	1156.3	34.9	0.168	20.4	-335	1.399	1.731
6	20.7	230.0	198.1	939.3	1157.5	35.8	0.168	19.4	-339	1.391	1.731
7	21.7	232.4	200.0	937.6	1158.2	36.7	0.169	18.6	-342	1.384	1.731
8	22.7	234.8	203.1	936.0	1159.3	37.5	0.169	17.9	-346	1.376	1.731
9	23.7	237.1	205.5	934.5	1160.0	38.3	0.169	17.2	-349	1.370	1.731
10	24.7	239.4	207.9	932.9	1160.8	39.1	0.169	16.5	-352	1.365	1.731
11	25.7	241.6	210.1	931.3	1161.6	39.8	0.169	15.9	-354	1.356	1.731
12	26.7	243.7	212.3	929.7	1162.3	40.6	0.170	15.3	-357	1.350	1.731
13	27.7	245.8	214.4	928.0	1163.0	41.3	0.170	14.8	-362	1.344	1.731
14	28.7	247.9	216.4	926.3	1163.7	42.0	0.170	14.3	-365	1.338	1.731
15	29.7	249.8	218.4	924.6	1164.4	42.7	0.170	13.9	-367	1.331	1.731
16	30.7	251.7	220.3	922.8	1165.1	43.4	0.170	13.4	-370	1.328	1.696
17	31.7	253.6	222.2	921.0	1165.7	44.1	0.170	13.0	-373	1.321	1.696
18	32.7	255.4	224.0	919.2	1166.4	44.8	0.170	12.7	-375	1.318	1.696
19	33.7	257.2	225.8	917.3	1167.0	45.4	0.171	12.3	-378	1.313	1.696
20	34.7	258.9	227.5	915.5	1167.6	46.1	0.171	12.0	-380	1.308	1.696
21	35.7	260.5	229.2	913.6	1168.2	46.8	0.171	11.7	-382	1.304	1.696
22	36.7	262.3	230.9	911.8	1168.7	47.4	0.171	11.4	-385	1.299	1.696
23	37.7	263.7	232.6	910.0	1169.3	48.1	0.171	11.1	-387	1.295	1.696
24	38.7	265.3	234.2	908.1	1169.8	48.7	0.171	10.8	-389	1.291	1.696
25	39.7	266.8	235.8	906.3	1170.4	49.3	0.171	10.6	-391	1.287	1.670
26	40.7	268.3	237.3	904.5	1170.9	49.9	0.172	10.3	-393	1.283	1.670
27	41.7	269.8	238.7	902.7	1171.5	50.5	0.172	10.1	-395	1.279	1.670
28	42.7	271.4	240.2	901.0	1172.0	51.0	0.172	9.87	-397	1.275	1.670
29	43.7	272.6	241.6	900.0	1172.2	51.3	0.172	9.66	-399	1.271	1.670
30	44.7	274.0	243.0	899.7	1172.3	51.8	0.172	9.46	-401	1.267	1.644
31	45.7	275.4	244.4	899.3	1172.3	52.3	0.172	9.27	-403	1.263	1.644
32	46.7	276.7	245.8	899.4	1172.3	52.6	0.172	9.08	-405	1.260	1.644
33	47.7	278.1	247.2	899.7	1172.3	53.0	0.172	8.90	-407	1.256	1.644
34	48.7	279.4	248.5	899.8	1172.3	53.3	0.173	8.73	-409	1.252	1.644
35	49.7	280.7	249.8	899.9	1172.3	54.3	0.173	8.56	-410	1.249	1.619
36	50.7	281.9	251.1	899.8	1172.3	54.8	0.173	8.40	-412	1.246	1.619
37	51.7	283.2	252.4	899.5	1172.3	55.3	0.173	8.23	-414	1.242	1.619
38	52.7	284.4	253.7	899.1	1172.3	55.6	0.173	8.11	-416	1.239	1.619
39	53.7	285.6	254.9	898.5	1172.3	56.4	0.173	7.97	-417	1.236	1.619
40	54.7	286.7	256.1	898.4	1172.3	56.9	0.173	7.85	-419	1.233	1.619
41	55.7	287.9	257.3	898.5	1172.3	57.4	0.173	7.70	-420	1.230	1.619
42	56.7	289.0	258.5	898.6	1172.3	57.9	0.174	7.59	-422	1.227	1.644
43	57.7	290.1	259.6	898.7	1172.3	58.4	0.174	7.45	-424	1.224	1.644
44	58.7	291.3	260.8	898.7	1172.3	58.9	0.174	7.31	-425	1.221	1.644
45	59.7	292.4	261.9	898.7	1172.3	59.3	0.174	7.22	-427	1.218	1.644
46	60.7	293.5	263.0	898.4	1172.3	59.8	0.174	7.10	-428	1.216	1.644
47	61.7	294.5	264.1	898.4	1172.3	60.4	0.174	6.99	-430	1.212	1.644
48	62.7	295.6	265.2	898.1	1172.3	60.9	0.174	6.89	-431	1.210	1.644
49	63.7	296.6	266.3	898.1	1172.3	61.4	0.174	6.78	-433	1.207	1.644
50	64.7	297.7	267.4	898.2	1172.3	61.9	0.174	6.68	-434	1.204	1.619
51	65.7	298.7	268.4	898.5	1172.3	62.4	0.174	6.59	-435	1.203	1.619
52	66.7	299.7	269.4	898.7	1180.7	63.9	0.173	6.50	-437	1.199	1.619
53	67.7	300.7	270.4	898.7	1180.7	64.4	0.173	6.41	-438	1.197	1.619
54	68.7	301.7	271.5	899.2	1180.7	64.9	0.173	6.32	-439	1.195	1.619
55	69.7	302.7	272.5	899.3	1180.7	64.2	0.173	6.24	-441	1.193	1.619

Figura 7.1.1 Propiedades del vapor (continuación).

PRESURE		TEMPERATURE °F	HEAT BTU/LB.			VOLUME CU. FT./LB.		ENTHALPY BTU/LB.			
PSI GAUGE	PSI ABS.		SUBHEAT LATENT	TOTAL	CRITICAL	LIQUID	VAPOR	LIQUID	EVAP.	TOTAL	
34	70.7	303.6	773.3	907.8	1181.1	64.6	-0173	8.16	-642	1-189	1-631
37	71.7	304.6	776.4	907.7	1181.6	63.0	-0173	8.00	-643	1-187	1-630
39	72.7	305.5	773.3	906.5	1181.8	63.4	-0173	8.00	-644	1-185	1-629
39	73.7	306.5	776.2	905.9	1182.1	63.8	-0173	5.92	-646	1-182	1-628
40	74.7	307.6	777.1	905.3	1182.4	64.2	-0173	5.84	-647	1-180	1-627
41	75.7	308.3	778.0	904.7	1182.7	64.6	-0176	5.77	-648	1-178	1-626
42	76.7	309.2	779.0	904.0	1183.0	67.0	-0176	5.70	-649	1-176	1-625
43	77.7	310.0	780.0	903.2	1183.2	67.4	-0176	5.63	-651	1-173	1-624
44	78.7	310.9	780.9	902.6	1183.5	67.7	-0176	5.56	-652	1-171	1-623
45	79.7	311.8	781.8	901.9	1183.7	68.1	-0176	5.50	-653	1-169	1-622
46	80.7	312.7	782.8	901.2	1184.0	68.4	-0176	5.43	-654	1-167	1-621
47	81.7	313.5	783.7	900.5	1184.2	68.8	-0176	5.37	-655	1-165	1-620
48	82.7	314.3	784.5	900.0	1184.5	69.1	-0176	5.31	-656	1-163	1-619
49	83.7	315.2	785.3	899.4	1184.7	69.5	-0176	5.25	-658	1-160	1-618
50	84.7	316.0	786.2	898.8	1185.0	69.8	-0176	5.19	-659	1-158	1-617
51	85.7	316.9	787.0	898.0	1185.2	70.1	-0176	5.13	-660	1-156	1-616
52	86.7	317.7	787.8	897.5	1185.5	70.5	-0176	5.08	-661	1-154	1-615
53	87.7	318.5	788.7	897.0	1185.7	70.8	-0177	5.02	-662	1-152	1-614
54	88.7	319.3	789.4	896.5	1186.0	71.2	-0177	4.97	-663	1-150	1-613
55	89.7	320.1	790.3	895.8	1186.1	71.5	-0177	4.92	-664	1-148	1-612
56	90.7	320.9	791.2	895.3	1186.4	71.9	-0177	4.87	-665	1-146	1-611
57	91.7	321.7	792.0	894.5	1186.5	72.2	-0177	4.82	-666	1-145	1-611
58	92.7	322.4	792.9	893.9	1186.8	72.5	-0177	4.77	-667	1-143	1-610
59	93.7	323.2	793.7	893.3	1187.0	72.8	-0177	4.72	-668	1-141	1-609
60	94.7	323.9	794.5	892.7	1187.3	73.1	-0177	4.67	-669	1-139	1-608
61	95.7	324.7	795.3	892.1	1187.6	73.4	-0177	4.63	-670	1-137	1-607
62	96.7	325.5	796.1	891.5	1187.8	73.7	-0177	4.58	-671	1-135	1-606
63	97.7	326.2	796.8	890.9	1188.1	74.1	-0177	4.53	-672	1-133	1-605
64	98.7	326.9	797.6	890.3	1188.3	74.5	-0177	4.49	-673	1-132	1-605
65	99.7	327.7	798.1	889.8	1188.6	74.8	-0177	4.45	-674	1-130	1-604
66	100.7	328.4	799.1	889.2	1188.9	75.1	-0178	4.41	-675	1-128	1-603
67	101.7	329.1	799.8	888.7	1189.2	75.5	-0178	4.37	-676	1-126	1-602
68	102.7	329.9	800.6	888.1	1189.5	75.8	-0178	4.33	-677	1-124	1-601
69	103.7	330.5	801.3	887.5	1189.8	76.2	-0178	4.29	-678	1-123	1-601
70	104.7	331.2	802.1	887.0	1190.1	76.5	-0178	4.25	-679	1-121	1-600
71	105.7	331.9	802.8	886.4	1190.3	76.9	-0178	4.21	-680	1-119	1-599
72	106.7	332.6	803.5	885.8	1190.6	77.2	-0178	4.17	-680	1-118	1-599
73	107.7	333.3	804.2	885.3	1190.9	77.6	-0178	4.14	-681	1-117	1-598
74	108.7	333.9	804.9	884.8	1191.2	77.9	-0178	4.10	-682	1-115	1-597
75	109.7	334.6	805.6	884.2	1191.5	78.2	-0178	4.07	-683	1-113	1-596
76	110.7	335.3	806.1	883.7	1191.8	78.6	-0178	4.03	-684	1-111	1-595
77	111.7	335.9	807.0	883.2	1192.0	78.9	-0178	4.00	-685	1-110	1-595
78	112.7	336.6	807.7	882.6	1192.3	79.3	-0178	3.96	-686	1-108	1-594
79	113.7	337.3	808.3	882.1	1192.5	79.6	-0178	3.93	-686	1-107	1-593
80	114.7	337.9	809.0	881.6	1192.8	79.9	-0178	3.90	-687	1-105	1-592
82	116.7	339.2	810.3	880.6	1193.0	80.5	-0178	3.85	-689	1-102	1-591
84	118.7	340.5	811.6	879.6	1193.2	81.2	-0179	3.77	-691	1-099	1-590
86	120.7	341.7	813.0	878.5	1193.5	81.8	-0179	3.71	-692	1-096	1-588
88	122.7	343.0	814.3	877.5	1193.8	82.4	-0179	3.63	-694	1-093	1-587
89	124.7	344.2	815.5	876.5	1194.0	83.0	-0179	3.60	-695	1-091	1-586
92	126.7	345.4	816.8	875.5	1194.3	83.6	-0179	3.54	-697	1-087	1-584
94	128.7	346.5	818.0	874.5	1194.5	84.2	-0179	3.49	-699	1-084	1-583
96	130.7	347.7	819.3	873.5	1194.8	84.8	-0179	3.44	-500	1-082	1-582
98	132.7	348.8	820.5	872.5	1195.0	85.3	-0180	3.39	-501	1-079	1-581
100	134.7	350.1	821.8	871.5	1195.3	86.0	-0180	3.34	-503	1-076	1-579
122	136.7	351.2	822.9	870.8	1195.6	86.6	-0180	3.30	-505	1-073	1-578
124	138.7	352.3	824.1	869.8	1195.9	87.2	-0180	3.25	-506	1-071	1-577
126	140.7	353.4	825.2	868.9	1196.1	87.7	-0180	3.21	-508	1-068	1-576
128	142.7	354.5	826.4	867.9	1196.3	88.3	-0180	3.16	-509	1-066	1-575
130	144.7	355.6	827.6	866.9	1196.5	88.9	-0180	3.12	-510	1-063	1-573

Figura 7.1.1 Propiedades del vapor (continuación).

PRESIÓN		TEMPERATURA °F.	HEAT BTU/LB.			VOLUMEN CU. FT./LB.		ENTROPÍA BTU/°F.-LB./LB.		
PSI ABSOL.	PSI AER.		SATUR.	LÁTIPO	TOTAL	LIQUID	VAPOR	LIQUID	VAP.	TOTAL
132	146.7	336.7	328.8	865.0	1196.7	-0.180	3.06	-312	1.080	1.372
134	148.7	337.8	330.0	865.0	1197.0	-0.180	3.04	-313	1.078	1.371
136	150.7	338.8	331.1	864.1	1197.2	-0.181	3.03	-314	1.076	1.370
138	152.7	339.9	332.2	863.2	1197.5	-0.181	3.02	-316	1.073	1.369
140	154.7	340.8	333.2	862.3	1197.7	-0.181	3.01	-317	1.071	1.368
142	156.7	341.9	334.3	861.4	1197.9	-0.181	2.99	-318	1.069	1.367
144	158.7	342.9	335.4	860.5	1198.1	-0.181	2.98	-320	1.066	1.366
146	160.7	344.0	336.4	859.6	1198.3	-0.181	2.97	-321	1.064	1.365
148	162.7	345.0	337.5	858.7	1198.4	-0.182	2.96	-322	1.062	1.364
150	164.7	345.9	338.6	857.8	1198.6	-0.182	2.95	-323	1.060	1.363
152	166.7	346.8	341.1	856.0	1197.7	-0.182	2.88	-326	1.054	1.360
154	168.7	347.7	342.4	855.9	1197.5	-0.182	2.84	-329	1.050	1.358
156	170.7	347.8	343.6	855.8	1197.3	-0.182	2.84	-332	1.046	1.356
158	172.7	347.9	344.8	855.7	1197.1	-0.182	2.83	-333	1.044	1.354
160	174.7	347.9	345.9	855.6	1197.0	-0.182	2.82	-334	1.042	1.353
162	176.7	347.9	347.0	855.5	1196.9	-0.182	2.81	-335	1.040	1.351
164	178.7	347.9	348.1	855.4	1196.8	-0.182	2.80	-336	1.038	1.350
166	180.7	347.9	349.2	855.3	1196.7	-0.182	2.79	-337	1.036	1.349
168	182.7	347.9	350.3	855.2	1196.6	-0.182	2.78	-338	1.034	1.348
170	184.7	347.9	351.4	855.1	1196.5	-0.182	2.77	-339	1.032	1.347
172	186.7	347.9	352.5	855.0	1196.4	-0.182	2.76	-340	1.030	1.346
174	188.7	347.9	353.6	854.9	1196.3	-0.182	2.75	-341	1.028	1.345
176	190.7	347.9	354.7	854.8	1196.2	-0.182	2.74	-342	1.026	1.344
178	192.7	347.9	355.8	854.7	1196.1	-0.182	2.73	-343	1.024	1.343
180	194.7	347.9	356.9	854.6	1196.0	-0.182	2.72	-344	1.022	1.342
182	196.7	347.9	358.0	854.5	1195.9	-0.182	2.71	-345	1.020	1.341
184	198.7	347.9	359.1	854.4	1195.8	-0.182	2.70	-346	1.018	1.340
186	200.7	347.9	360.2	854.3	1195.7	-0.182	2.69	-347	1.016	1.339
188	202.7	347.9	361.3	854.2	1195.6	-0.182	2.68	-348	1.014	1.338
190	204.7	347.9	362.4	854.1	1195.5	-0.182	2.67	-349	1.012	1.337
192	206.7	347.9	363.5	854.0	1195.4	-0.182	2.66	-350	1.010	1.336
194	208.7	347.9	364.6	853.9	1195.3	-0.182	2.65	-351	1.008	1.335
196	210.7	347.9	365.7	853.8	1195.2	-0.182	2.64	-352	1.006	1.334
198	212.7	347.9	366.8	853.7	1195.1	-0.182	2.63	-353	1.004	1.333
200	214.7	347.9	367.9	853.6	1195.0	-0.182	2.62	-354	1.002	1.332
202	216.7	347.9	369.0	853.5	1194.9	-0.182	2.61	-355	1.000	1.331
204	218.7	347.9	370.1	853.4	1194.8	-0.182	2.60	-356	0.998	1.330
206	220.7	347.9	371.2	853.3	1194.7	-0.182	2.59	-357	0.996	1.329
208	222.7	347.9	372.3	853.2	1194.6	-0.182	2.58	-358	0.994	1.328
210	224.7	347.9	373.4	853.1	1194.5	-0.182	2.57	-359	0.992	1.327
212	226.7	347.9	374.5	853.0	1194.4	-0.182	2.56	-360	0.990	1.326
214	228.7	347.9	375.6	852.9	1194.3	-0.182	2.55	-361	0.988	1.325
216	230.7	347.9	376.7	852.8	1194.2	-0.182	2.54	-362	0.986	1.324
218	232.7	347.9	377.8	852.7	1194.1	-0.182	2.53	-363	0.984	1.323
220	234.7	347.9	378.9	852.6	1194.0	-0.182	2.52	-364	0.982	1.322
222	236.7	347.9	380.0	852.5	1193.9	-0.182	2.51	-365	0.980	1.321
224	238.7	347.9	381.1	852.4	1193.8	-0.182	2.50	-366	0.978	1.320
226	240.7	347.9	382.2	852.3	1193.7	-0.182	2.49	-367	0.976	1.319
228	242.7	347.9	383.3	852.2	1193.6	-0.182	2.48	-368	0.974	1.318
230	244.7	347.9	384.4	852.1	1193.5	-0.182	2.47	-369	0.972	1.317
232	246.7	347.9	385.5	852.0	1193.4	-0.182	2.46	-370	0.970	1.316
234	248.7	347.9	386.6	851.9	1193.3	-0.182	2.45	-371	0.968	1.315
236	250.7	347.9	387.7	851.8	1193.2	-0.182	2.44	-372	0.966	1.314
238	252.7	347.9	388.8	851.7	1193.1	-0.182	2.43	-373	0.964	1.313
240	254.7	347.9	389.9	851.6	1193.0	-0.182	2.42	-374	0.962	1.312
242	256.7	347.9	391.0	851.5	1192.9	-0.182	2.41	-375	0.960	1.311
244	258.7	347.9	392.1	851.4	1192.8	-0.182	2.40	-376	0.958	1.310
246	260.7	347.9	393.2	851.3	1192.7	-0.182	2.39	-377	0.956	1.309
248	262.7	347.9	394.3	851.2	1192.6	-0.182	2.38	-378	0.954	1.308
250	264.7	347.9	395.4	851.1	1192.5	-0.182	2.37	-379	0.952	1.307
252	266.7	347.9	396.5	851.0	1192.4	-0.182	2.36	-380	0.950	1.306
254	268.7	347.9	397.6	850.9	1192.3	-0.182	2.35	-381	0.948	1.305
256	270.7	347.9	398.7	850.8	1192.2	-0.182	2.34	-382	0.946	1.304
258	272.7	347.9	399.8	850.7	1192.1	-0.182	2.33	-383	0.944	1.303
260	274.7	347.9	400.9	850.6	1192.0	-0.182	2.32	-384	0.942	1.302
262	276.7	347.9	402.0	850.5	1191.9	-0.182	2.31	-385	0.940	1.301
264	278.7	347.9	403.1	850.4	1191.8	-0.182	2.30	-386	0.938	1.300
266	280.7	347.9	404.2	850.3	1191.7	-0.182	2.29	-387	0.936	1.299
268	282.7	347.9	405.3	850.2	1191.6	-0.182	2.28	-388	0.934	1.298
270	284.7	347.9	406.4	850.1	1191.5	-0.182	2.27	-389	0.932	1.297
272	286.7	347.9	407.5	850.0	1191.4	-0.182	2.26	-390	0.930	1.296
274	288.7	347.9	408.6	849.9	1191.3	-0.182	2.25	-391	0.928	1.295
276	290.7	347.9	409.7	849.8	1191.2	-0.182	2.24	-392	0.926	1.294
278	292.7	347.9	410.8	849.7	1191.1	-0.182	2.23	-393	0.924	1.293
280	294.7	347.9	411.9	849.6	1191.0	-0.182	2.22	-394	0.922	1.292
282	296.7	347.9	413.0	849.5	1190.9	-0.182	2.21	-395	0.920	1.291
284	298.7	347.9	414.1	849.4	1190.8	-0.182	2.20	-396	0.918	1.290
286	300.7	347.9	415.2	849.3	1190.7	-0.182	2.19	-397	0.916	1.289
288	302.7	347.9	416.3	849.2	1190.6	-0.182	2.18	-398	0.914	1.288
290	304.7	347.9	417.4	849.1	1190.5	-0.182	2.17	-399	0.912	1.287
292	306.7	347.9	418.5	849.0	1190.4	-0.182	2.16	-400	0.910	1.286
294	308.7	347.9	419.6	848.9	1190.3	-0.182	2.15	-401	0.908	1.285
296	310.7	347.9	420.7	848.8	1190.2	-0.182	2.14	-402	0.906	1.284
298	312.7	347.9	421.8	848.7	1190.1	-0.182	2.13	-403	0.904	1.283
300	314.7	347.9	422.9	848.6	1190.0	-0.182	2.12	-404	0.902	1.282
302	316.7	347.9	424.0	848.5	1189.9	-0.182	2.11	-405	0.900	1.281
304	318.7	347.9	425.1	848.4	1189.8	-0.182	2.10	-406	0.898	1.280
306	320.7	347.9	426.2	848.3	1189.7	-0.182	2.09	-407	0.896	1.279
308	322.7	347.9	427.3	848.2	1189.6	-0.182	2.08	-408	0.894	1.278
310	324.7	347.9	428.4	848.1	1189.5	-0.182	2.07	-409	0.892	1.277
312	326.7	347.9	429.5	848.0	1189.4	-0.182	2.06	-410	0.890	1.276
314	328.7	347.9	430.6	847.9	1189.3	-0.182	2.05	-411	0.888	1.275
316	330.7	347.9	431.7	847.8	1189.2	-0.182	2.04	-412	0.886	1.274
318	332.7	347.9	432.8	847.7	1189.1	-0.182	2.03	-413	0.884	1.273
320	334.7	347.9	433.9	847.6	1189.0	-0.182	2.02	-414	0.882	1.272
322	336.7	347.9	435.0	847.5	1188.9	-0.182	2.01	-415	0.880	1.271
324	338.7	347.9	436.1	847.4	1188.8	-0.182	2.00	-416	0.878	1.270
326	340.7	347.9	437.2	847.3	1188.7	-0.182	1.99	-417	0.876	1.269
328	342.7	347.9	438.3	847.2	1188.6	-0.182	1.98	-418	0.874	1.268
330	344.7	347.9	439.4	847.1	1188.5	-0.182	1.97	-419	0.872	1.267
332	346.7	347.9	440.5	847.0	1188.4	-0.182	1.96	-420	0.870	1.266
334	348.7	347.9	441.6	846.9	1188.3	-0.182	1.95	-421	0.868	1.265
336	350.7	347.9	442.7	846.8	1188.2	-0.182	1.94	-422	0.866	1.264
338	352.7	347.9	443.8	846.7	1188.1	-0.182	1.93	-423	0.864	1.263
340	354.7	347.9	444.9	846.6	1188.0	-0.182	1.92	-424	0.862	1.262
342	356.7	347.9	446.0	846.5	1187.9	-0.182	1.91	-425	0.860	1.261
344	358.7	347.9	447.1	846.4	1187.8	-0.182	1.90	-426	0.858	1.260
346	360.7	347.9	448.2	846.3	1187.7	-0.182	1.89	-427	0.856	1.259
348	362.7	347.9	449.3	846.2	1187.6	-0.182	1.88	-4		

Figura 7.11 Propiedades del vapor (continuación).

PRESIONES		TEMPERATURA °F	HEAT ENTHALPY			VOLUME CU. FT./LB.		ENTROPY BTU/°F.LB.M.		
PS GAUGE	PS ABS		SINGLE	LIQV	TOTAL	LIQV	VAPOR	LIQV	VAP.	TOTAL
560	574.7	481.6	444.4	735.1	1204.5	0.200	0.801	0.67	784	1.451
570	584.7	483.4	446.6	735.6	1204.6	0.201	0.799	0.69	786	1.469
580	594.7	485.2	448.7	736.1	1204.7	0.201	0.797	0.71	788	1.487
590	604.7	487.0	450.8	736.5	1204.8	0.201	0.795	0.73	790	1.505
600	614.7	488.8	452.9	736.9	1204.9	0.202	0.793	0.75	792	1.523
610	624.7	490.5	454.9	737.3	1205.0	0.202	0.791	0.77	794	1.541
620	634.7	492.3	456.9	737.7	1205.1	0.202	0.789	0.79	796	1.559
630	644.7	494.0	458.9	738.1	1205.2	0.202	0.787	0.81	798	1.577
640	654.7	495.7	460.9	738.5	1205.3	0.202	0.785	0.83	800	1.595
650	664.7	497.5	462.9	738.9	1205.4	0.202	0.783	0.85	802	1.613
660	674.7	499.2	464.9	739.3	1205.5	0.202	0.781	0.87	804	1.631
670	684.7	501.0	466.9	739.7	1205.6	0.202	0.779	0.89	806	1.649
680	694.7	502.7	468.9	740.1	1205.7	0.202	0.777	0.91	808	1.667
690	704.7	504.5	470.9	740.5	1205.8	0.202	0.775	0.93	810	1.685
700	714.7	506.2	472.9	740.9	1205.9	0.202	0.773	0.95	812	1.703
710	724.7	508.0	474.9	741.3	1206.0	0.202	0.771	0.97	814	1.721
720	734.7	509.7	476.9	741.7	1206.1	0.202	0.769	0.99	816	1.739
730	744.7	511.5	478.9	742.1	1206.2	0.202	0.767	1.01	818	1.757
740	754.7	513.2	480.9	742.5	1206.3	0.202	0.765	1.03	820	1.775
750	764.7	515.0	482.9	742.9	1206.4	0.202	0.763	1.05	822	1.793
760	774.7	516.7	484.9	743.3	1206.5	0.202	0.761	1.07	824	1.811
770	784.7	518.5	486.9	743.7	1206.6	0.202	0.759	1.09	826	1.829
780	794.7	520.2	488.9	744.1	1206.7	0.202	0.757	1.11	828	1.847
790	804.7	522.0	490.9	744.5	1206.8	0.202	0.755	1.13	830	1.865
800	814.7	523.7	492.9	744.9	1206.9	0.202	0.753	1.15	832	1.883
810	824.7	525.5	494.9	745.3	1207.0	0.202	0.751	1.17	834	1.901
820	834.7	527.2	496.9	745.7	1207.1	0.202	0.749	1.19	836	1.919
830	844.7	529.0	498.9	746.1	1207.2	0.202	0.747	1.21	838	1.937
840	854.7	530.7	500.9	746.5	1207.3	0.202	0.745	1.23	840	1.955
850	864.7	532.5	502.9	746.9	1207.4	0.202	0.743	1.25	842	1.973
860	874.7	534.2	504.9	747.3	1207.5	0.202	0.741	1.27	844	1.991
870	884.7	536.0	506.9	747.7	1207.6	0.202	0.739	1.29	846	2.009
880	894.7	537.7	508.9	748.1	1207.7	0.202	0.737	1.31	848	2.027
890	904.7	539.5	510.9	748.5	1207.8	0.202	0.735	1.33	850	2.045
900	914.7	541.2	512.9	748.9	1207.9	0.202	0.733	1.35	852	2.063
910	924.7	543.0	514.9	749.3	1208.0	0.202	0.731	1.37	854	2.081
920	934.7	544.7	516.9	749.7	1208.1	0.202	0.729	1.39	856	2.099
930	944.7	546.5	518.9	750.1	1208.2	0.202	0.727	1.41	858	2.117
940	954.7	548.2	520.9	750.5	1208.3	0.202	0.725	1.43	860	2.135
950	964.7	550.0	522.9	750.9	1208.4	0.202	0.723	1.45	862	2.153
960	974.7	551.7	524.9	751.3	1208.5	0.202	0.721	1.47	864	2.171
970	984.7	553.5	526.9	751.7	1208.6	0.202	0.719	1.49	866	2.189
980	994.7	555.2	528.9	752.1	1208.7	0.202	0.717	1.51	868	2.207
990	1004.7	557.0	530.9	752.5	1208.8	0.202	0.715	1.53	870	2.225
1000	1014.7	558.7	532.9	752.9	1208.9	0.202	0.713	1.55	872	2.243
1100	1114.7	557.9	539.6	728.3	1187.9	0.200	0.794	1.60	817	1.377
1120	1164.7	563.0	546.7	619.0	1185.7	0.222	0.775	1.66	806	1.372
1200	1214.7	568.8	553.8	609.6	1183.4	0.223	0.757	1.73	793	1.366
1250	1264.7	575.9	560.8	600.3	1181.0	0.225	0.741	1.80	781	1.361
1300	1314.7	578.9	567.6	590.9	1178.5	0.227	0.725	1.86	769	1.355
1350	1364.7	581.7	574.2	581.8	1176.0	0.229	0.711	1.92	758	1.350
1400	1414.7	584.4	580.7	572.6	1173.5	0.231	0.700	1.97	747	1.345
1450	1464.7	587.0	587.3	563.3	1171.0	0.233	0.691	2.04	736	1.340
1500	1514.7	589.5	593.8	554.0	1168.5	0.235	0.684	2.10	725	1.335
1550	1564.7	591.9	600.3	544.7	1166.0	0.237	0.678	2.16	714	1.330
1600	1614.7	594.1	606.8	535.4	1163.5	0.239	0.673	2.24	703	1.324
1700	1714.7	596.3	613.3	517.7	1155.8	0.243	0.661	2.34	682	1.310
1800	1814.7	598.4	620.0	499.0	1148.1	0.248	0.651	2.45	661	1.294
1900	1914.7	600.5	626.7	480.4	1140.3	0.253	0.643	2.58	641	1.279
2000	2014.7	602.6	633.5	461.9	1132.5	0.258	0.636	2.73	621	1.264
2100	2114.7	604.7	640.3	443.0	1124.7	0.263	0.630	2.90	601	1.249
2200	2214.7	606.8	647.1	424.1	1116.9	0.268	0.625	3.08	581	1.234
2300	2314.7	608.9	654.0	405.2	1109.1	0.274	0.621	3.28	561	1.219
2400	2414.7	611.0	660.9	386.3	1101.3	0.281	0.618	3.50	541	1.204
2500	2514.7	613.1	667.8	367.4	1093.5	0.289	0.616	3.74	521	1.189
2600	2614.7	615.2	674.7	348.5	1085.7	0.297	0.615	4.00	501	1.174
2700	2714.7	617.3	681.6	329.6	1077.9	0.306	0.615	4.27	481	1.159
2800	2814.7	619.4	688.5	310.7	1070.1	0.316	0.616	4.56	461	1.144
2900	2914.7	621.5	695.4	291.8	1062.3	0.327	0.618	4.87	441	1.129
3000	3014.7	623.6	702.3	272.9	1054.5	0.339	0.621	5.20	421	1.114
3100	3114.7	625.7	709.2	254.0	1046.7	0.352	0.625	5.56	401	1.099
3199	3200	705.6	896.0	0	896.0	0.000	0.000	1.000	0	1.000

Figura 7.12 Propiedades del vapor.

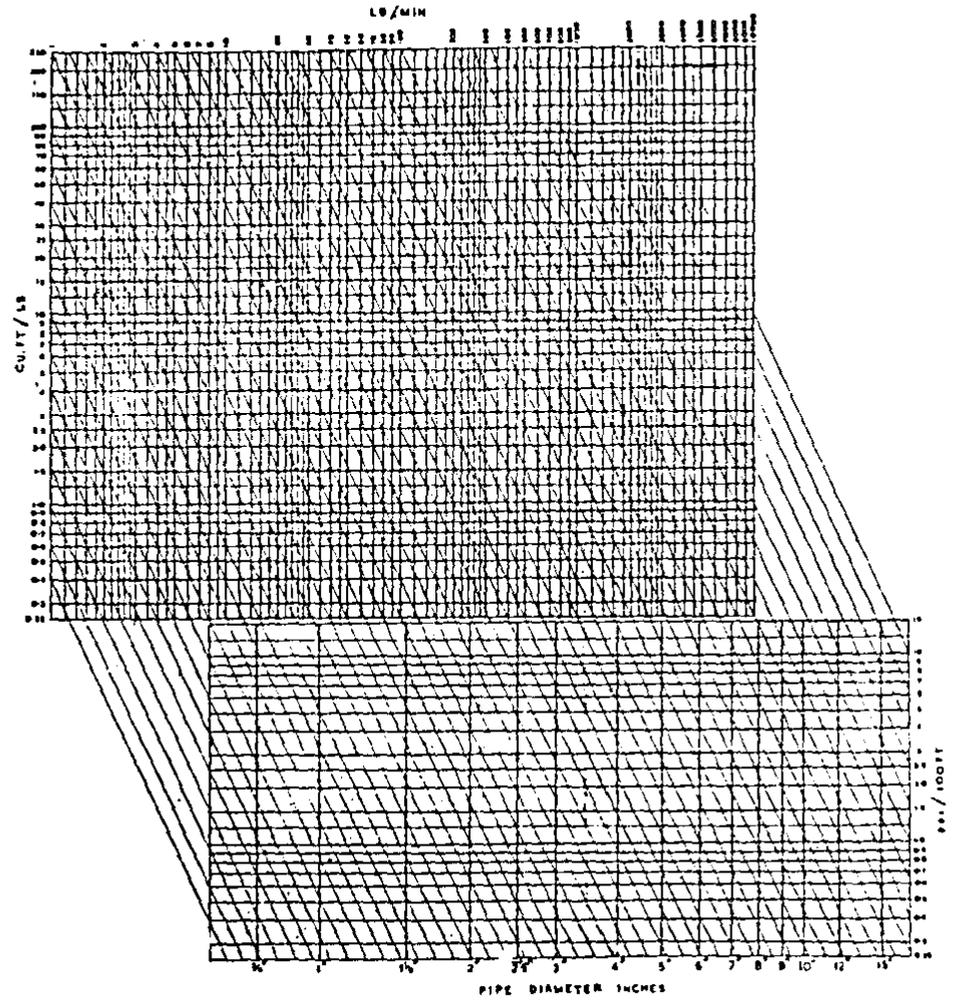


Figura 7.1.3 Propiedades del vapor.

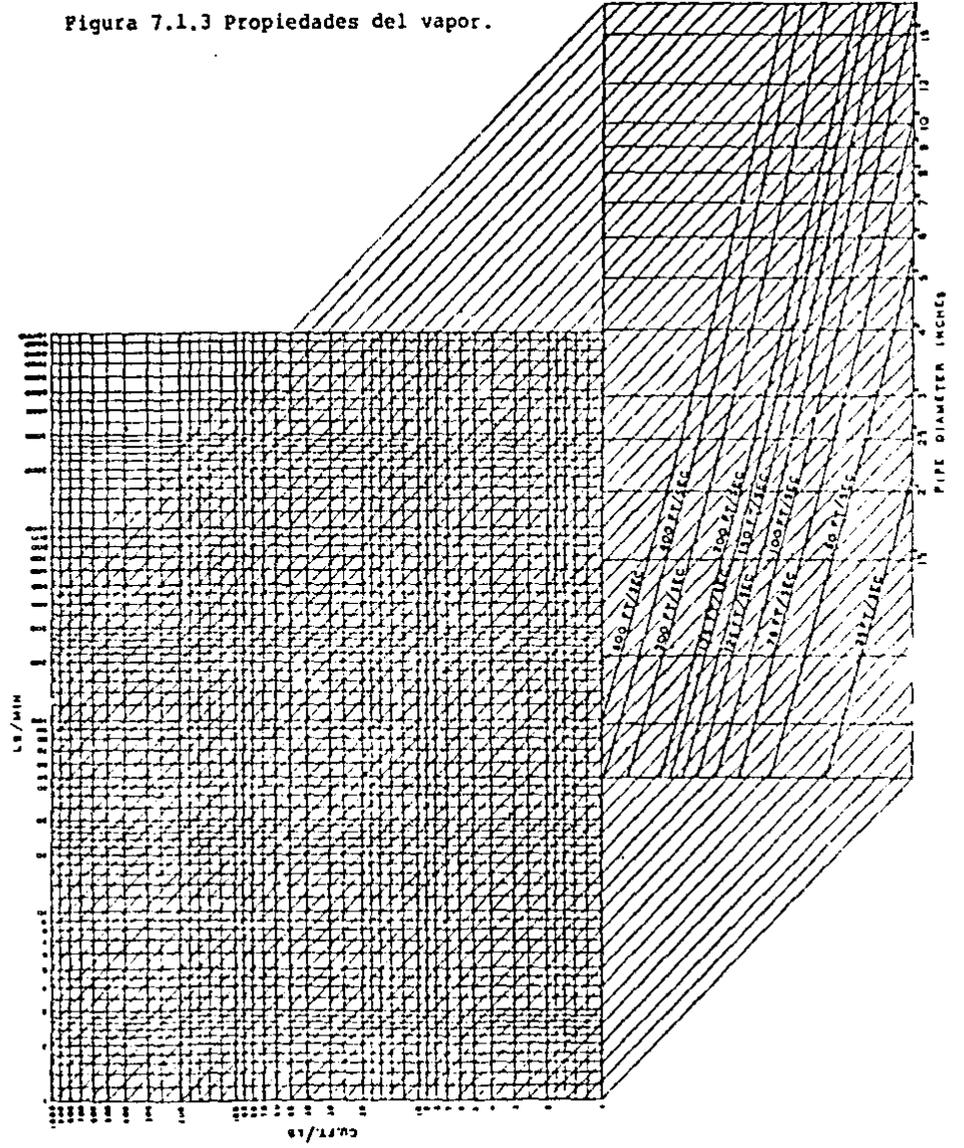
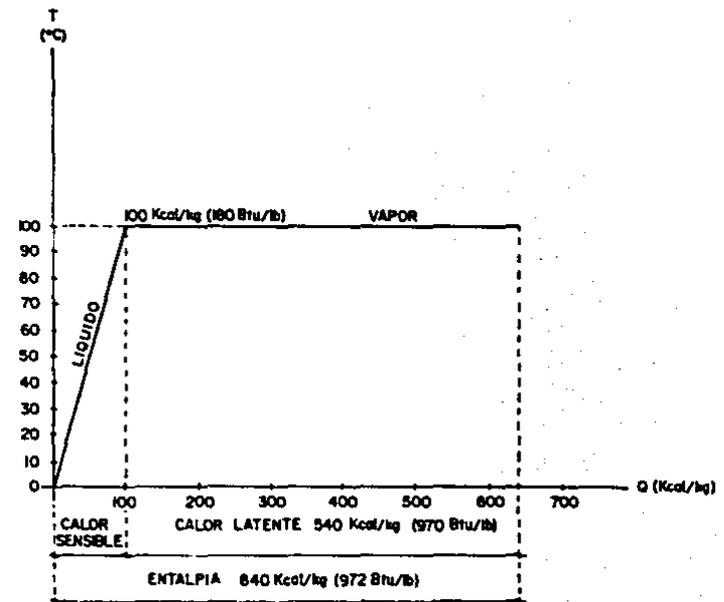


Figura 7.1.4 Termodinámica del vapor.



## 7.2 REQUERIMIENTOS DE LOS GENERADORES DE VAPOR.

### a) Suministro de agua.

El equipo generador de vapor, debe de contar con un suministro de reposición de agua adecuado para cada caso en particular, esto es debido a que es indispensable mantener un nivel de agua constante en el interior de la caldera, para evitar que ocurra un siniestro ó alguna falla de sus partes.

Todo sistema efectivo de alimentación de agua a calderas deberá tener una reserva mínima de agua (tanque de almacenamiento). Si la cantidad de agua que se alimenta a una caldera es prácticamente la cantidad de vapor que produce, la reserva de agua necesaria va en proporción de la caldera.

Un criterio recomendable para obtener el volumen de agua de reserva y la capacidad del tanque, es el de almacenar una cantidad mínima de agua suficiente para sostener la evaporación en la caldera por lo menos durante 20 minutos.

De acuerdo a lo anterior y sabiendo que para satisfacer la demanda de agua de un caballo caldera (1 CC) durante un minuto, se requieren 0.261 lts (0.069 gal), la capacidad evaporativa de una caldera de "X" CC, será:

$$C_e = "X" \text{ CC} \times 0.261 \text{ (lts/min CC)} \quad C_e = \text{Capacidad evaporativa, en lts/min.}$$

Si la reserva mínima deberá satisfacer la evaporación en la caldera durante 20 minutos, entonces la reserva mínima total es:

$$R_t = C_e \times 20 \text{ minutos} \quad R_t = \text{Reserva mínima total, en lts.}$$

El tanque de almacenamiento no deberá estar completamente ahogado en ningún momento, por lo tanto, el volumen total de este debe ser:

$$V_{ta} = \frac{R_t}{0.70}$$

Vta= Volúmen total del tanque de almacenamiento, en lts.

Esto es con la finalidad de dejar libre el 30% del volúmen del tanque, para que pueda tener una ventilación eficiente. En la mayoría de los casos para cumplir con un almacenamiento de agua adecuado se utiliza un recipiente el cual además de mantener la reserva mínima de agua, sirve también para recibir los retornos de condensado (alta y baja presión), y el cual se le denomina con el nombre de tanque de condensados (figura 7.2.1).

El agua de alimentación de calderas debe estar a la temperatura más alta disponible para evitar problemas de dilatación, contracciones y choques térmicos dentro de la caldera, de aquí la conveniencia de utilizar un mismo tanque para almacenar la reserva mínima y para recibir los retornos de condensados lográndose así elevar la temperatura del agua de reposición necesaria.

Las calderas generalmente operan de forma continua y bajo ciertas presiones, con gastos de agua de suministro relativamente bajos y temperaturas que pueden variar desde la temperatura ambiente hasta el punto de ebullición del agua, por lo que el equipo de bombeo será del tipo turbina diseñado para soportar estas temperaturas.

Las bombas deberán ser seleccionadas para una capacidad del 200% al 300% de la capacidad evaporativa de la caldera para la que se va a utilizar. Se debe tener cuidado de que la presión de descarga de la bomba sea mayor que la presión de trabajo de la caldera, siendo alrededor de 0.35 kg/cm<sup>2</sup> a 1.76 kg/cm<sup>2</sup> (5 lb/pulg<sup>2</sup> a 25 lb/pulg<sup>2</sup>) por encima de dicha presión, más la presión necesaria para vencer la pérdida por fricción que ocurre en el recorrido del agua a través de la tubería y por conexión, más la carga necesaria para vencer la energía de posición existente, serán todas ellas unas buenas consideraciones para determinar correctamente la presión de descarga de la bomba.

También es importante revisar la altura mínima de la succión de la bomba, con el fin de evitar la cavitación, que puede presentarse con mayor número de probabilidad debido a que se trabaja con temperaturas altas, por lo que es recomendable revisar con el fabricante de cada tipo de bomba cual es la altura mínima permisible de succión.

b) Suministro de combustible.

Para abastecer de combustible diesel ó petróleo pesado a una caldera, se necesitan dimensionar los depósitos de energéticos de la manera más adecuada para satisfacer los requerimientos del equipo de calentamiento; a continuación se cita un criterio para poder llevarlo a cabo:

1) Demandas.

1 litro de combustible= kcal (Poder calorífico)

Poder calorífico para:

1 lt de Diesel-20 = 10280 Kcal

1 lt de combustóleo 300 SSF= 9390 Kcal

1 Caballo Caldera (1 CC)= 8460 Kcal

Eficiencia térmica de la caldera= 80%

Consumo de la caldera=  $\frac{8460}{\text{Poder calorífico del combustible} \times 0.8}$

Consumo de la caldera= lts/hr/CC

2) Almacenamiento.

Volúmen útil

\*Consumo diario equivalente a "x" horas diarias de los Caballos Caldera instalados trabajando al 100% de su capacidad.

\*Llenado del tanque cada "x" días.

Vu= (Consumo de la caldera) ("x" horas diarias de trabajo) ("x" días de llenado)= lts/CC.

Volúmen de sedimentos

5% del Volúmen útil

Volúmen de aire (en tanques atmosféricos)

10% del volúmen útil

Volúmen total del tanque

Vt= 1.155Vu= lts/CC

El volúmen total de combustible alojado en el tanque de día deberá efectuarse en un periodo de tiempo no mayor de 30 minutos, se obrará de esta manera para no interferir en el

funcionamiento del equipo, puesto que la bomba que alimenta directamente a la caldera trabaja continuamente, por lo que el diseño del caudal de traspaso se puede llevar a cabo de la siguiente forma:

$$Q = \frac{V_{td}}{30 \text{ min}}$$

Q= Caudal de traspaso (lts/min ó gal/min).  
Vtd= Vóldmen total del tanque de día (lts ó gal).

El cálculo del gasto de la bomba que alimenta a la caldera será de acuerdo a los requerimientos de ella. Es importante tomar en cuenta que la succión del bombeo directo al equipo de calentamiento no exceda de 0.41 kg/cm<sup>2</sup> (5.83 lb/pulg<sup>2</sup>) cuando se trate de diesel, en el caso del petróleo crudo la máxima succión permisible es del orden de 0.59 kg/cm<sup>2</sup> (8.4 lb/pulg<sup>2</sup>). Si el vacío es mayor de los rangos establecidos anteriormente, el combustible tiende a vaporizarse y causar problemas de bombeo y por consiguiente en el quemador de la caldera.

c) Eliminación de gases incondensables.

En ciertos casos en los que el agua disponible para la alimentación de calderas y las condiciones que se requieren para ésta, hacen necesaria la desaeración. El fenómeno físico que se presenta es como sigue:

1) A alta temperatura la solubilidad de los gases en el agua es muy reducida, por ejemplo en el aire y a presión atmosférica, un agua de 26.6°C (80°F) puede contener ocho veces más oxígeno que a 93.3°C (200°F), la desaeración es realizada normalmente a temperatura elevada combinando el proceso con agua de alimentación precalentada.

2) La solubilidad de un gas en un líquido es proporcional a la presión absoluta del gas en el líquido. Por ejemplo el aire en el agua a 26.6°C (80°F), contiene 5.5 veces más oxígeno cuando la presión es de 1.76 kg/cm<sup>2</sup> (25 lb/pulg<sup>2</sup>) absolutas, que cuando está a 0.35 kg/cm<sup>2</sup> (5.0----

lb/pulg<sup>2</sup>) absolutas. Para tomar ventaja, el agua que ha de tratarse será rodeada por una atmósfera de vapor con lo cual se reducirá parcialmente la presión de los gases a un bajo valor.

3) Para que los gases en el agua sean eliminados fácil y rápidamente el agua deberá ser atomizada, en estas condiciones los gases escapan hacia la atmósfera. En la figura 7.2.2 se muestra un desaereador y que trabaja de la siguiente manera: El agua entra por la parte superior del desaereador a través de la boquilla en donde es atomizada, en este momento el agua sufre un precalentamiento dado que el vapor que penetra por la entrada No. 8 escapa hacia la cabeza del desaereador, en estas condiciones el agua se encuentra parcialmente calentada y desaereada para pasar en forma de cascada a través de los orificios de la cabeza del desaereador, en estas condiciones se forma una turbulencia que provoca que el agua se rompa en pequeñas gotas y entonces sea totalmente calentada y así mismo al condensarse a la presión de 0.35 kg/cm<sup>2</sup> (5 lb/pulg<sup>2</sup>), el dióxido de carbono y el oxígeno al no poderse condensar por sus características termodinámicas pasan a la parte superior de la cabeza del desaereador siendo eliminados por la válvula No. 2 a la atmósfera.

Como un desaereador es parte de un equipo diseñado primariamente para la remoción del aire y gases corrosivos presentes en el agua de alimentación y para el precalentamiento de la misma antes de entregarla dentro de la caldera, es fácil de deducir que este equipo puede reemplazar al tanque de condensados, quedando así ampliamente protegida la caldera y el equipo auxiliar conectado a ella.

#### d) Purgas.

Eventualmente se efectúa la limpieza del fondo y de la superficie del agua que se encuentra en el interior del equipo de calentamiento, para lo cual se vacía dicha agua hacia un cárcamo, el cual deberá estar conectado al colector principal

de drenaje.

No es recomendable verter directamente el agua de purga en el foso, ya que ésta se encuentra sumamente caliente y en caso de existir una bomba de sumidero, ésta puede deteriorarse debido a la temperatura. Si el agua de purga es conducida al colector del drenaje sin enfriar, la tubería empezará a sufrir un calentamiento paulatino, provocando que el agua de desecho que circule por el sector caliente se evapore y se produzcan olores desagradables por lo que a continuación se sugiere un método para evitar los trastornos mencionados anteriormente: Se recolectan todas las purgas de la caldera en una sola línea, la cual estará conectada a una tubería de agua fría y a un termómetro. Cuando el elemento térmico registre la temperatura y si ésta no es conveniente, mandará una señal a una válvula reguladora de temperatura previamente instalada y dejará penetrar el agua fría en el interior de la tubería de purga hasta lograr una temperatura aproximadamente de 30°C (86°F) y cerrándose al bajar a una temperatura aproximadamente de 24°C (75°F), estas operaciones se repetirán cuantas veces sean necesarias.

En algunas ocasiones se colocan unas láminas en el interior de la línea de purga, en posición perpendicular al flujo, con el objeto de ayudar al enfriamiento del caudal basándose en el fenómeno de la radiación.

Una vez conseguido el enfriamiento adecuado, el agua de purga de la caldera puede seguir su camino antes de ser enviada al cárcamo, a un separador centrífugo con el fin de eliminar la sedimentación que contenga y así evitar posibles obstrucciones en el equipo de bombeo (figura 7.2.3).

La tabla 7.2.4 proporciona las dimensiones recomendadas para un separador centrífugo de sedimentos en función de los Caballos Caldera que se tengan instalados.

Figura 7.2.1 Tanque de condensados.

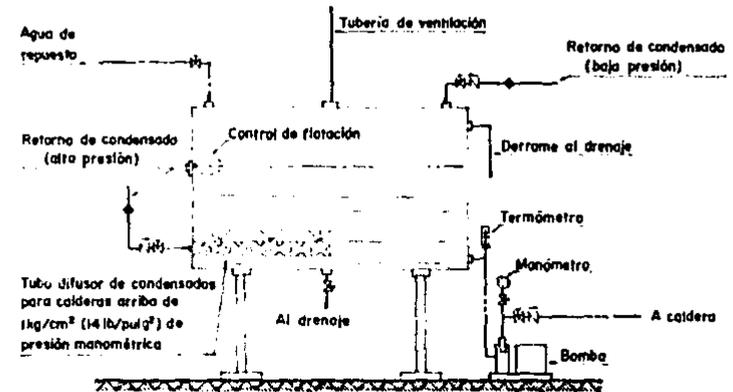


Figura 7.2.2 Deaerador.

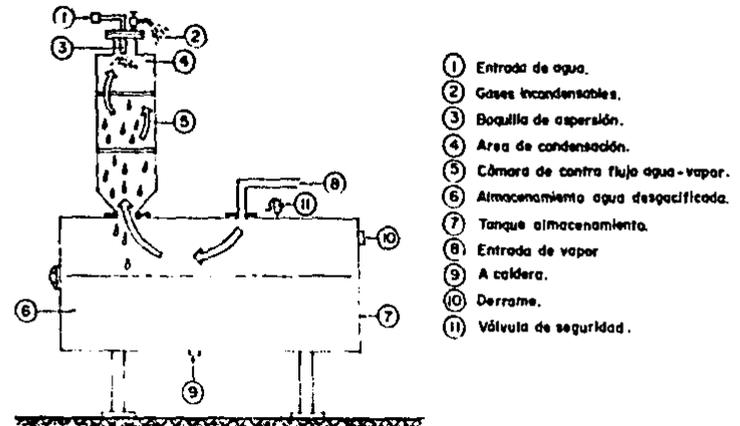
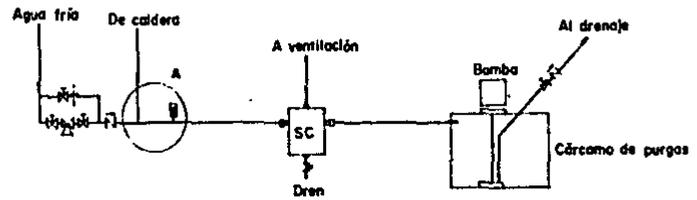
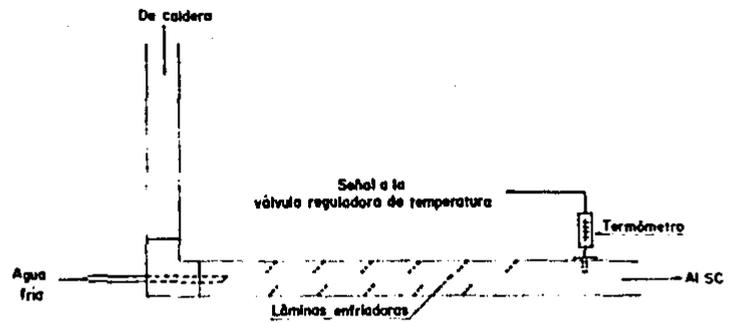


Figura 7.2.3 Purga de calderas (sistema de enfriamiento).



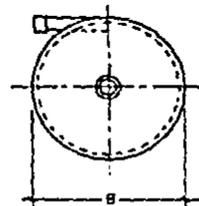
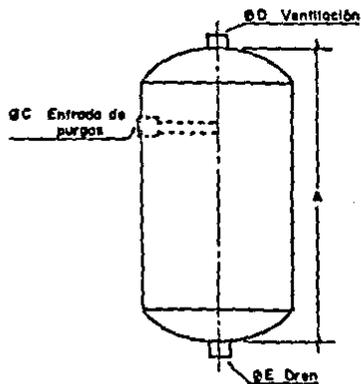
 Válvula reguladora de temperatura.  
SC Separador centrífugo.



Detalle "A"

Tabla 7.2.4 Separador centrifugo .

Caballos- Caldera	Presión		Volumen		Esp. placa		Dimensiones del separador centrifugo							
	kg/cm <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	lts	gal	mm.	pulg	A	B	C	D	E			
							mm	mm	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg
30 a 100	10.5	150	75	20	7.9	5/16	864	356	32	1 1/4	100	4	100	4
30 a 100	21.0	300	141	37	9.5	3/8	1422	356	32	1 1/4	100	4	150	6
125 a 350	10.5	150	75	20	7.9	5/16	864	356	38	1 1/2	150	6	100	4
125 a 350	21.0	300	141	37	9.5	3/8	1422	356	38	1 1/2	150	6	150	6
400 a 700	10.5	150	75	20	7.9	5/16	864	356	51	2	150	6	150	6
400 a 700	21.0	300	141	37	9.5	3/8	1422	356	51	2	200	8	150	6



### 7.3 CONDUCCION Y USO EFICIENTE DEL VAPOR.

#### a) Cálculo de cargas requeridas.

La cantidad necesaria de vapor para alimentar a los diferentes servicios que se tengan en una construcción, depende del volúmen de agua a calentar de cada uno de los equipos que se tengan. El gasto horario de vapor por considerar está dado por la siguiente expresión:

$$Q_v = 3.97 \frac{C_a \Delta t}{C_l}$$

$\Delta t = t_f - t_i$        $Q_v$  = Gasto del vapor, en lbs/hr.  
 $C_a$  = Cantidad de agua por calentar, en lts/hr.  
 $C_l$  = Calor latente a la presión considerada, en btu/hr (tabla 7.1.1).  
 $\Delta t$  = Diferencial de temperatura, en °C.  
 $t_i$  = Temperatura promedio del agua antes de calentarse, en °C.  
 $t_f$  = Temperatura deseada del agua, en °C.

La tabla 7.3.1 proporciona las presiones manométricas más comunmente usadas para el cálculo de las cargas requeridas.

Tabla 7.3.1 Presiones manométricas.

Tipo de servicio	Presión Recomendada	
	kg/cm <sup>2</sup>	lbs/pulg <sup>2</sup>
Cocinas y lavanderias	1.05	15
	1.41	20
	2.11	30
	8.80	125
Equipos de esterilización	5.27	75
Líneas particulares a:		
Equipos de cocina, calefacción, humidificación y esterilización	1.05	15
Intercambiadores de calor	2.81	40
	7.03	100
	8.80	125

b) Cálculo de tuberías de vapor.

Al empezar el diseño de una red de vapor se debe verificar que los diámetros obtenidos no excedan de las velocidades propuestas por la tabla 7.3.2, ya que el flujo de un vapor acompañado de altas velocidades puede erosionar fácilmente las tuberías, especialmente en los codos y cambios de dirección, además de producir ruidos molestos.

Tabla 7.3.2 Velocidades razonables para el flujo del vapor.

<u>Características del vapor</u>	<u>Velocidad pies/seg</u>
Vapor de agua al alto vacío	200-300
Vapor de agua a un vacío moderado	150-200
Vapor de escape (húmedo)	70-100
Vapor seco saturado	100-150
Vapor sobrecalentado	150-200

El análisis para determinar el dimensionamiento de un sistema de tuberías de vapor y su caída de presión, se puede efectuar de la siguiente manera:

Dimensionamiento del sistema.

1) Dibújese un croquis (isométrico) de la red de vapor, y anótese los gastos y presiones de trabajo de cada zona de alimentación, tomando en cuenta que tanto el sistema como la caldera estarán sometidos a la mayor presión de diseño de cargas que se tenga (tabla 7.3.1), por lo que se necesitarán de reductoras de presión en los accesorios que lo requieran.

2) Acumúlese dichos gastos en las líneas de vapor, de acuerdo a la distribución de que se disponga, y por medio del nomograma 7.1.3 se selecciona el diámetro conveniente para cada carga en función de las velocidades permisibles (tabla 7.3.2) y del volumen del vapor ( $m^3/kg$  ó  $pie^3/lb$ ) que ocupa en la tubería según las presiones que se tengan.

**Cafda de presión del sistema.**

1) Dividáse el sistema de vapor en función de sus diámetros, presiones, gastos y apoyándose en la tabla 7.1.2, se encontrará la pérdida de carga por fricción para el segmento en estudio.

2) Determinése la longitud total del segmento, es decir, la longitud de tubería más la equivalente por conexiones, y multiplíquese por el resultado del punto anterior, sin olvidar dividir entre 100 pies dado que las condiciones del nomograma son para longitudes de 100 pies de tubería, dando como resultado la pérdida por fricción en el segmento analizado en lbs/pulg<sup>2</sup>. En caso de que se requiera trabajar en mca/mt, solamente bastará multiplicar el resultado del nomograma por el factor 0.0231 que ya contiene el dimensionamiento adecuado de las unidades, y a su vez por la longitud total del tramo para obtener la pérdida por fricción en mca.

3) La pérdida de carga por fricción de las líneas de vapor, también pueden ser calculadas de la siguiente manera:

$$P_p = 0.0000000367 \left(1 + \frac{3.6}{D}\right) \frac{Q_v^2 L}{d D^5}$$

P<sub>p</sub> = Pérdida de presión, en lbs/pulg<sup>2</sup>.

D = Diámetro nominal de la tubería, en pulg.

L = Longitud total de tubería (longitud de tubería más la equivalente por conexiones), en pies.

d = Peso de 1 pie<sup>3</sup> de vapor (tabla 7.3.3), en lbs.

Q<sub>v</sub> = Gasto del vapor, en lbs/hr.

**Tabla 7.3.3 Peso del vapor a diferentes presiones.**

Presiones manométricas lbs/pulg <sup>2</sup>	Peso de 1 pie <sup>3</sup> de vapor lbs
0.0	0.193
0.3	0.195
1.3	0.201
2.3	0.207
5.3	0.223

Tabla 7.3.3 Peso del vapor a diferentes presiones (continuación)

Presiones manométricas lbs/pulg <sup>2</sup>	Peso de 1 pie <sup>3</sup> de vapor lbs
10.3	0.248
15.3	0.270
20.3	0.290
30.3	0.326
40.3	0.358
50.3	0.388
60.3	0.415
75.3	0.452
100.3	0.507
125.3	0.557
150.3	0.603
175.3	0.645
200.3	0.685

4) El cálculo de la caída de presión ocasionada por la diferencia de altura que existe entre la caldera y el equipo más elevado, se puede determinar mediante la tabla 7.3.4, pudiéndose observar que dicha caída es muy pequeña debido a que el vapor de agua es más ligero que el aire atmosférico.

Tabla 7.3.4 Caída de presión del vapor saturado.

Presión manométrica del vapor saturado (lbs/pulg <sup>2</sup> )	Caída de presión manométrica por cada 10 pies de elevación (lb/pulg <sup>2</sup> )
0.3	0.0027
5.3	0.0035
10.3	0.0045
15.3	0.0050
25.3	0.0065
45.3	0.0097
65.3	0.0130
85.3	0.0151
135.3	0.0230
185.3	0.0300
285.3	0.0450
385.3	0.0600
485.3	0.0750

El objetivo del cálculo de la caída de presión total en la red, es el de revisar que la presión de diseño sea la adecuada y para determinar la presión real que existe a la entrada de las reductoras y así poder calibrar la presión de salida del vapor, cumpliendo de esta manera con las necesidades de trabajo del sistema.

c) Drenado de líneas de vapor, captación y conducción de condensados.

El condensado que se forma en las líneas de vapor debe ser eliminado de ellas para evitar la posibilidad de que se presente el golpe de ariete (flash). El golpe de ariete es el impacto causado por la súbita parada de una porción de condensado que se está moviendo rápidamente.

En la figura 7.3.5 se observa el fenómeno del golpe de ariete, en donde:

Si el condensado no es eliminado de las tuberías, éste se va acumulando en forma gradual (1) hasta que el vapor, que va a gran velocidad, causa ondulaciones en la superficie (2). Eventualmente el condensado restringe tanto el paso del vapor, que éste arrastra a una porción de condensado que se separa (3). Esta porción de condensado va moviéndose a la misma velocidad del vapor, hasta que llega a alguna obstrucción, como puede ser una válvula reductora, una trampa de vapor, o simplemente un cambio de dirección. En cualquier caso, ésta porción de condensados es detenida en forma súbita (4), con resultados muy frecuentemente desastrosos para los accesorios y tuberías. Este daño material causado por el golpe de ariete, puede ser de tal magnitud que origine roturas y fugas de vapor con el consiguiente peligro para las personas. Todo esto puede prevenirse mediante un drenado adecuado del condensado.

La eliminación del condensado de los equipos tiene por objetivo el que no disminuya su eficiencia térmica. El dispositivo adecuado para lograr la eliminación del condensado en forma automática con pérdidas mínimas o nulas de vapor, es la

trampa de vapor.

Como criterio general para la localización de trampas de vapor, se tendrá en cuenta que se deberá tener una trampa de vapor:

a) En las líneas generales de vapor, aproximadamente a cada 30 ó 40 mts (98.4 ó 131.2 pies) y en los extremos de ellas.

b) En los extremos de los ramales de vapor cuando excedan de 10 mts (33 pies).

c) En todos los puntos en donde la línea de vapor cambie de horizontal hacia arriba, por pequeño que sea este cambio de dirección.

d) En todos los equipos con circuito cerrado, como en el caso de tómbolas, mangles, marmitas, intercambiadores de calor, etc.

e) En donde se localicen reductoras de presión y reguladores de temperatura.

El gasto de condensado de los diferentes equipos con alimentación de vapor en circuito cerrado es muy variable en cada uno de ellos y la única forma de conocerlo con realidad sería llevando una gráfica que indique como está siendo descargado el condensado. Como esto es sumamente complicado de llevar a cabo, el Instituto Mexicano del Seguro Social recomienda que el gasto de condensado se considere igual al gasto del vapor.

Cuando empieza la operación de una caldera y el vapor fluye libremente por las líneas de vapor, se genera un gasto de condensado debido al calentamiento de las tuberías, el cual se puede calcular de la siguiente forma:

$$Q_c = 60 \frac{W_t (T_f - T_i) 0.114}{TCl}$$

Qc= Gasto de condensado por calentamiento inicial, en lbs/hr.

Wt= Peso total de la tubería y conexiones, en lbs.

Tf= Temperatura final de la tubería, que se considera igual a la temperatura del vapor a la presión de operación, en °F.

- Ti= Temperatura inicial de la tubería, en °F.  
 0.114= Calor específico, tanto para el fierro negro como para el acero.  
 Cl= Calor latente del vapor a la presión considerada, en btu/lb.  
 T= Tiempo de calentamiento (5, 10, 30, 60 minutos), en minutos.

Este gasto es máximo al principio de la operación de calentamiento, ya que es cuando las tuberías están frías y se va disminuyendo a medida que se van calentando.

El condensado originado por la radiación de calor de la tubería es inevitable, y este gasto esta dado por la fórmula siguiente:

$$Q_r = \frac{AtK(T_f - T_i)}{Cl}$$

- Q<sub>r</sub>= Gasto de condensado por radiación, en lbs/hr.  
 At= Area total de la tubería y conexión en pie<sup>2</sup>.  
 K= Conductividad térmica del forro según Tf-Ts, en btu pulg/pie<sup>2</sup>hr°F.  
 Ts= Temperatura de la superficie forrada, en °F.  
 Tf, Ti, Cl= En las mismas unidades que para la fórmula del gasto de condensado por calentamiento.

El coeficiente de conductividad térmica K y la temperatura de la superficie forrada Ts, se pueden obtener mediante las tablas 2.3.9 y 9.2.1 respectivamente.

El gasto por radiación empieza en cero y va aumentando a medida que las tuberías se van calentando, hasta llegar a su máximo valor cuando las tuberías ya están a la temperatura del vapor.

En tuberías forradas, el gasto por radiación se considera para propósitos prácticos, que disminuye en un 60% a un 70% del que se obtuviera en tuberías sin forro.

La conducción del condensado a través del sistema de retorno se efectúa por *gravedad* hacia el depósito de condensado que surte de agua de repuesto a la caldera.

Generalmente el sistema de retorno se divide de acuerdo a las presiones que existan en las redes de vapor que esten drenando (tabla 7.3.9), esto es para evitar el *flash* en ambas líneas y para que las trampas de vapor funcionen de una manera adecuada, pudiéndose volver a juntar todas las líneas de retorno que se tengan en el deareador ó en el tanque de condensados.

Tabla 7.3.9 Clasificación de las líneas de condensado, de acuerdo a las presiones de vapor manejadas.

- 1) Alta presión - 100 a 150 lbs/pulg<sup>2</sup>
- 2) Media presión- 15 a 100 lbs/pulg<sup>2</sup>
- 3) Baja presión - 0 a 15 lbs/pulg<sup>2</sup>
- 4) Vapor al vacío a 15 lbs/pulg<sup>2</sup>
- 5) Vacío a 15 lbs/pulg<sup>2</sup>

Partiéndose de las premisas anteriormente expuestas, los retornos de condensados se pueden diametrar mediante el siguiente criterio:

- 1) Efectúese un diagrama de la red y anótense los gastos de condensamiento en sus respectivas secciones.

- 2) Analícese el sistema, tramo por tramo, y en los puntos afines para el drenado del condensado provocado por el calentamiento de la tubería y por el propio equipo alimentado de vapor, selecciónese el gasto mayor entre ambos de acuerdo a la distribución de la red, y súmese la porción de gasto por radiación correspondiente en todos los casos, ya que la radiación perdurará mientras opere la caldera.

- 3) Una vez definidos los diversos gastos de condensado, acúmlense entre sí para obtener el dimensionamiento del retorno valiéndose de las tablas 7.3.10, 7.3.11 y 7.3.12.

Si el retorno de condensados necesita de equipo de bombeo, el sistema podrá analizarse como una red de agua caliente para calcular el gasto y la carga de la bomba.

Las instalaciones de las líneas de vapor y con

densado deberán efectuarse con un máximo del 2% de pendiente.

d) Dispositivos de control y seguridad.

1) Trampas de vapor.- Es una válvula automática que permite eliminar el condensado, aire, y otros gases incondensables de las tuberías principales de vapor y equipos que trabajan con vapor, impidiendo al mismo tiempo la pérdida de vapor en el sistema de distribución ó en el equipo.

No existe ningún tipo universal de trampa de vapor, debido a que la amplia gama de aplicaciones para las cuales se emplean (tabla 7.3.13), requieren diferentes características de operación, por lo que a continuación se explica de una forma breve las más usuales:

Trampa termostática de presión equilibrada.-

La trampa es accionada por un elemento termostático flexible, lleno con un fluido, el cual, al calentarse o enfriarse, se evapora o condensa. Los cambios de presión internos expanden o contraen el elemento y mueven la cabeza de válvula fijada al elemento.

Al iniciar la operación, el elemento frío está contraído, y la válvula completamente abierta para descargar aire y condensado frío. Cuando llega el vapor a la trampa, el elemento se expande y cierra la trampa. Cuando el condensado que rodea al elemento, se enfría hasta aproximadamente 10°F a 30°F por debajo de la temperatura del vapor (dependiendo del fluido), la trampa se abre para descargar el condensado (figura 7.3.14).

Trampa termostática de expansión líquida.-

El aire y el condensado se descargan desde el comienzo hasta que el condensado alcanza una temperatura pre-determinada debajo de los 212°F (100°C). El elemento termostático bi-metálico cierra entonces la válvula para mantener la temperatura prefijada de descarga del condensado (figura 7.3.14).

**Trampa bi-metálica.-**

El aire y el condensado se descargan desde el comienzo hasta que el condensado alcance la temperatura pre--determinada. El elemento termostático bi-metálico cierra entonces la válvula para mantener la temperatura prefijada de descarga del condensado (figura 7.3.14).

**Trampa de flotador y termostática.-**

El aire que entra a la trampa se descarga inmediatamente a través de una ventila auxiliar de gran capacidad. El condensado obliga al flotador a subir, y coloca la válvula reguladora de descarga en una posición tal que descarga el condensado en forma continúa a medida que entra en la trampa. El nivel del condensado en el cuerpo de la trampa se mantiene sobre la válvula de descarga para formar un sello positivo e impedir la pérdida de vapor (figura 7.3.14).

**Trampa de cubeta invertida.-**

Normalmente el cuerpo de la trampa esta lleno de condensado para mantener un sello alrededor de la cubeta invertida, la cual actúa como un flotador para operar la válvula de descarga. El vapor que entra en la cubeta la hace flotar cerrando la válvula. Mientras la válvula esta cerrada, el condensado se acumula en la tubería por el lado de entrada de la válvula hasta que el vapor que hace flotar la cubeta, se escapa a través de un pequeño orificio en la parte superior de ésta, y permite que la cubeta baje abriendo la válvula. El condensado es descargado, seguido por el vapor, el cual vuelve a accionar el mecanismo de flotador. El aire puede pasar a través de un pequeño orificio en la parte superior de la cubeta. Algunas trampas de cubeta invertida están equipadas con una ventila bi-metálica auxiliar (figura 7.3.14).

**Trampa de cubeta abierta.-**

El cuerpo de la trampa de grandes dimensiones, está parcialmente lleno con condensado, el cual hace flotar una cubeta con la boca hacia arriba. La cubeta que flota,

levanta una cabeza de válvula hasta su asiento, y la sella. Al entrar más condensado en la trampa, el nivel sigue subiendo, hasta que el condensado rebose dentro de la cubeta, haciéndola hundirse y abriéndose la válvula. La presión en la trampa obliga al condensado que está en la cubeta a salir por un tubo vertical, saliendo de la trampa. Al salir el condensado de la cubeta, ésta vuelve a flotar, cerrando la válvula. El aire debe purgarse a través de una purga auxiliar manual ó termostática, ubicada en la parte superior de la trampa (figura 7.3.14).

Trampa de impulso.-

Tiene dos orificios en serie para crear un impulso de presión que opera la válvula de descarga. Al llegar condensado relativamente frío a la trampa, pasa a través de los dos orificios en serie sin crear suficiente presión en la cámara de control para cerrar la válvula principal. El condensado sigue fluyendo hasta alcanzar una temperatura de aproximadamente 36°F por debajo de la temperatura del vapor. Cuando la presión en la cámara de control puede cerrar la trampa. El condensado es retenido y se enfría, la trampa vuelve a abrirse y el ciclo se repite. Al trabajar con cargas livianas, el vapor puede ser descargado a través del orificio de sangría (figura 7.3.14).

Trampa termodinámica.-

El condensado y el aire levantan el disco y fluyen libremente a través de la trampa. Al llegar vapor a la trampa, aumenta instantáneamente la velocidad del flujo debajo del disco, y la recompresión sobre el disco hace que este cierre de golpe sobre su asiento, sellando el camino del vapor. Las pérdidas de calor de la pequeña cámara de control que esta llena de una mezcla de vapor y condensado, hacen que la presión en la cámara baje hasta un punto en que el disco abre nuevamente para descargar condensado (figura 7.3.14).

2) Válvula reductora de presión.- En operación una válvula reductora de presión permite, una presión menor a la salida de ella, que la presión de entrada.

Normalmente la posición de la válvula principal es cerrada, accionando un resorte se abre la válvula piloto y el vapor de entrada pasa hacia la cámara del diafragma principal y parte por el orificio de control que es restringido con respecto al pasaje de la válvula piloto. De este modo la presión aumenta debajo del diafragma y la válvula principal abre. La presión del lado de baja aumenta, el conducto de toma de presión transmite esta variación al lado inferior del diafragma piloto, hasta equilibrar la presión del resorte. Consecuentemente, la válvula principal se posiciona respondiendo al piloto y entrega la cantidad de vapor necesaria.

Cuando no hay consumo de vapor la válvula se cierra herméticamente, bloqueando la línea, con sólo modificar el ajuste del resorte piloto, se obtiene la presión de baja según el valor deseado (figura 7.3.15).

3) Válvula de seguridad.- La finalidad de una válvula de seguridad es la de eliminar cualquier sobrepresión existente en los equipos que están a presión, para obtener un control exacto del fluido a manejar.

Generalmente la válvula se encuentra cerrada mediante un resorte calibrado a la presión normal de trabajo, y ésta abre cuando la presión es excesiva liberandola hacia el exterior (figura 7.3.16).

e) Venas de vapor (trazadores).

El bombeo de fluidos viscosos como el suministro de combustóleo en una red de tubería puede convertirse en una función extremadamente difícil ó imposible, si la temperatura de él cae por abajo de cierto nivel, para evitar esto se debe suministrar calor al fluido en forma eficiente.

Una severa y prolongada caída de temperatura puede dar como resultado una solidificación del fluido en la tubería, pudiéndose requerir que una sección de la tubería sea re-

tirada y limpiada o en algunos casos reemplazada para que la línea pueda ser puesta en servicio.

Las venas de vapor es uno de los métodos más prácticos usados para proporcionar calor adicional a las tuberías de alimentación de combustible y para poder proteger instrumentos, válvulas y controles automáticos a través de la conducción de éste.

Un adecuado sistema de trazadores de vapor puede ser usado para prevenir: congelamiento, solidificación, separación o excesivo incremento de la viscosidad del combustible, esto es particularmente importante en las líneas que estén expuestas al medio ambiente.

En términos simples, las venas de vapor consisten en la aplicación de vapor a las líneas de alimentación de combustible que lo requieran por medio de conductos de pequeño diámetro, los que permiten que el contorno de la tubería proporcione el nivel de calor necesario. Existen tres métodos los cuales son mostrados en la figura 7.3.17, y son: Método interno, externo y enchaquetamiento.

Método externo de venas de vapor.-

Es obtenido mediante una corriente paralela a la línea del combustible en forma individual, múltiple ó enrollada dependiendo de la cantidad de calor requerido para la conducción del combustible.

Método interno de venas de vapor.-

Este es usado en tuberías de gran diámetro ó en donde los requerimientos de vapor adicionales son elevados. En este tipo de trazadores la línea del combustible contiene una tubería recta ó serpentín de vapor en el centro y a lo largo de la tubería de alimentación de combustible.

Una desventaja de este método de trazador de vapor es que no pueden usarse tacos de limpieza (limpiatubos) para limpiar la línea.

**Método de enchaquetamiento.-**

Consiste en el enchaquetamiento de la línea de vapor y en la cual la tubería del combustible recorre a través de una línea adicional de vapor. Este sistema es particularmente usado en aplicaciones en las cuales la carga de calentamiento es elevada.

Figura 7.3.5 Crecimiento progresivo del condensado que origina el golpe de ariete.

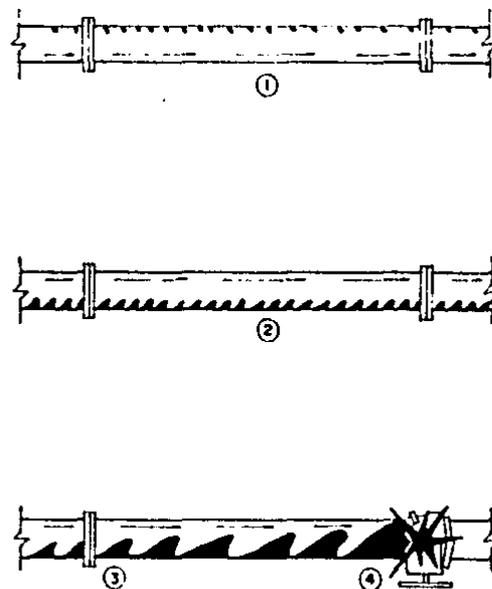


Tabla 7.3.6 Pérdidas de calor para tuberías de acero sin aislamiento.

HORIZONTAL PIPES											
Diameter of Pipe, Inches	Temperature of Pipe, Deg. F.										
	100	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390
	Temperature Difference, Pipe to Air, Deg. F.										
	30	50	80	110	140	170	200	230	260	300	330
Heat Loss per Lineal Foot of Pipe, Btu per Hour											
3/8	23	22	40	60	83	106	133	162	193	227	265
1/2	25	27	50	74	100	131	163	199	238	280	325
3/4	29	34	61	90	123	160	199	243	292	343	399
1 1/8	23	47	75	111	151	198	248	302	362	427	496
1 1/2	27	48	83	120	173	224	280	343	410	483	563
2	33	59	104	154	212	275	344	420	503	594	692
2 1/2	39	70	123	184	252	322	400	502	600	704	817
3	40	84	148	222	301	393	493	601	721	852	994
3 1/2	51	95	168	250	347	444	550	680	810	964	1125
4	59	106	187	278	381	496	621	759	911	1076	1252
5	71	129	227	319	424	543	675	824	990	1171	1367
6	84	151	267	368	486	620	768	936	1124	1324	1536
8	107	194	341	509	697	906	1137	1391	1671	1977	2312
10	132	238	420	626	857	1114	1399	1714	2060	2437	2852
12	154	279	497	737	1003	1305	1640	2000	2415	2860	3366
14	181	326	575	856	1173	1577	1918	2350	2828	3347	3918
16	203	366	644	980	1314	1721	2149	2634	3168	3753	4395
18	214	385	678	1013	1385	1802	2266	2777	3310	3958	4655
20	236	416	748	1115	1519	1990	2501	3066	3690	4373	5123

VERTICAL PIPES											
Diameter of Pipe, Inches	Temperature of Pipe, Deg. F.										
	100	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390
	Temperature Difference, Pipe to Air, Deg. F.										
	30	50	80	110	140	170	200	230	260	290	330
Heat Loss per Lineal Foot of Pipe, Btu per Hour											
3/8	11	20	35	51	71	93	116	141	170	201	235
1/2	14	25	44	65	89	116	145	177	213	252	294
3/4	17	31	55	81	111	145	182	222	266	315	368
1 1/8	22	39	69	103	142	183	230	281	337	398	465
1 1/2	25	45	79	118	161	210	261	321	386	456	532
2	31	56	99	147	201	261	328	401	481	566	656
2 1/2	37	68	120	178	244	317	397	486	585	687	805
3	46	83	146	217	297	386	484	590	700	810	930
3 1/2	52	94	166	248	339	440	552	676	810	952	1110
4	59	106	187	279	382	496	621	760	912	1078	1250
5	71	131	221	344	472	612	768	930	1106	1332	1555
6	86	156	275	410	552	700	855	1010	1184	1382	1633
8	112	203	358	534	737	950	1190	1450	1747	2065	2412
10	140	254	447	667	913	1186	1487	1818	2181	2578	3012
12	166	302	530	790	1081	1404	1761	2154	2584	3054	3567
14	195	354	624	930	1273	1653	2073	2516	3042	3596	4200
16	221	400	703	1051	1438	1868	2343	2865	3437	4063	4745
18	234	435	748	1115	1516	1982	2486	3040	3648	4311	5036
20	260	472	832	1230	1666	2203	2763	3378	4053	4791	5566

Tabla 7.3.7 Pérdidas de calor para tuberías de cobre brillante sin aislamiento.

HORIZONTAL TUBES											
Nominal Diameter of Tube, Inches	Temperature of Tube, Deg. F.										
	100	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390
	Temperature Difference, Tube to Air, Deg. F.										
	30	50	80	110	140	170	200	230	260	290	320
Heat Loss per Lineal Foot of Tube, Btu per Hr.											
3/8	3	6	11	16	21	28	34	40	47	54	61
1/2	4	8	13	20	27	35	43	51	60	69	78
5/8	5	9	16	24	33	42	51	61	71	81	94
3/4	6	10	19	28	38	49	60	71	83	95	108
7/8	7	12	21	31	43	55	68	79	95	109	123
1	8	15	26	39	53	67	83	98	115	133	151
1 1/8	9	17	31	46	63	80	99	117	137	158	179
1 1/4	10	20	36	53	72	91	113	135	158	184	206
1 1/2	11	23	44	64	86	110	136	161	188	218	252
1 3/4	13	25	44	66	90	115	141	168	196	228	267
2	15	30	51	78	107	136	167	200	233	268	305
2 1/4	18	34	61	90	123	157	194	230	265	309	351
3	20	38	68	102	139	178	218	260	305	351	400
4	23	43	77	113	154	198	243	289	339	391	445
5	27	51	91	137	185	237	297	347	407	460	533
6	31	59	106	157	213	270	336	400	464	541	616
8	40	75	134	198	271	347	436	507	594	686	790
10	47	89	159	230	323	413	509	607	710	827	955
12	54	104	184	270	377	482	593	707	827	957	1090

VERTICAL TUBES											
Nominal Diameter of Tube, Inches	Temperature of Tube, Deg. F.										
	100	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390
	Temperature Difference, Tube to Air, Deg. F.										
	30	50	80	110	140	170	200	230	260	290	320
Heat Loss per Lineal Foot of Tube, Btu per Hr.											
3/8	2	4	7	10	14	17	21	25	30	34	39
1/2	3	5	9	13	18	23	28	34	40	46	52
5/8	3	6	11	17	23	29	36	43	50	57	65
3/4	4	7	13	20	27	35	43	51	60	69	78
7/8	5	9	16	23	32	40	50	59	70	80	91
1	6	11	20	30	41	52	64	76	89	103	117
1 1/8	7	14	25	37	50	64	78	93	110	126	143
1 1/4	9	16	30	43	59	75	91	110	129	149	169
1 1/2	11	21	38	57	77	98	121	144	169	205	231
1 3/4	14	26	47	70	95	121	150	178	209	241	274
2	17	31	56	84	113	144	178	217	249	286	325
2 1/4	19	36	65	97	131	167	206	249	289	331	377
3	22	41	74	110	149	197	235	280	330	378	429
4	27	51	92	137	185	237	291	348	408	469	533
5	31	61	110	163	221	281	348	415	487	560	630
6	43	81	146	217	294	376	463	553	648	746	847
8	54	101	182	271	366	468	576	687	806	928	1054
10	64	121	217	314	418	530	649	777	915	1055	1200

Tabla 7.3.8 Pérdidas de calor para tuberías de cobre opaco sin aislamiento.

HORIZONTAL TUBES											
Nominal Diameter of Tube, Inches	Temperature of Tube, Deg. F.										
	100	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390
	Temperature Difference, Tube to Air, Deg. F.										
	30	50	80	110	140	170	200	230	260	290	320
Heat Loss per Lineal Foot of Tube, Btu per Hr											
3/8	4	8	14	21	29	37	46	56	66	77	88
3/8	6	10	18	28	37	48	60	72	83	99	114
3/8	7	13	22	33	45	58	72	88	104	121	139
3/8	8	15	26	39	53	68	85	102	121	141	163
3/8	9	17	30	45	61	79	97	117	139	162	187
1	11	21	37	55	75	97	120	146	173	201	232
1 1/8	14	25	45	66	90	117	145	175	207	242	279
1 1/8	16	29	52	77	105	135	167	203	241	281	324
2	20	37	66	97	133	171	211	257	305	356	411
2 1/2	24	44	78	117	160	206	255	310	367	429	496
3	28	51	91	136	186	240	297	360	428	501	578
3 1/2	32	59	104	156	212	274	340	412	490	573	661
4	36	66	118	174	238	307	381	462	550	644	744
5	43	80	141	211	288	373	464	561	669	783	905
6	51	93	166	246	336	437	541	656	776	915	1059
8	66	120	215	317	435	561	699	848	1010	1184	1377
10	80	146	260	387	527	681	848	1031	1227	1441	1679
12	94	173	304	447	611	782	977	1194	1440	1699	1979

VERTICAL TUBES											
Nominal Diameter of Tube, Inches	Temperature of Tube, Deg. F.										
	100	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390
	Temperature Difference, Tube to Air, Deg. F.										
	30	50	80	110	140	170	200	230	260	290	320
Heat Loss per Lineal Foot of Tube, Btu per Hr											
3/8	3	6	10	15	21	27	34	41	49	57	66
3/8	4	8	14	21	28	36	45	55	65	77	88
3/8	5	10	17	26	35	46	57	69	82	96	111
3/8	6	12	21	31	42	54	68	82	98	114	131
3/8	7	14	24	36	49	64	79	96	114	134	155
1	10	18	31	46	63	82	102	123	147	172	198
1 1/8	12	21	38	57	77	100	125	151	180	210	243
1 1/8	14	25	45	67	91	118	147	178	211	248	287
2	18	33	59	88	120	155	197	233	272	315	375
2 1/2	22	41	73	109	148	191	238	288	341	402	464
3	27	49	87	129	176	227	283	343	408	478	557
3 1/2	31	57	101	150	204	264	328	398	474	554	641
4	35	64	114	171	232	300	374	453	539	631	729
5	43	80	141	211	288	373	464	561	669	783	905
6	51	96	170	253	344	445	554	670	798	934	1079
8	66	127	220	337	458	597	737	892	1063	1244	1438
10	80	158	281	419	570	737	917	1120	1329	1548	1789
12	103	189	336	501	683	881	1097	1338	1582	1851	2140

Tabla 7.3.9 Factor de conductividad térmica  $K$  a distintas temperaturas promedio, para tuberías forradas.

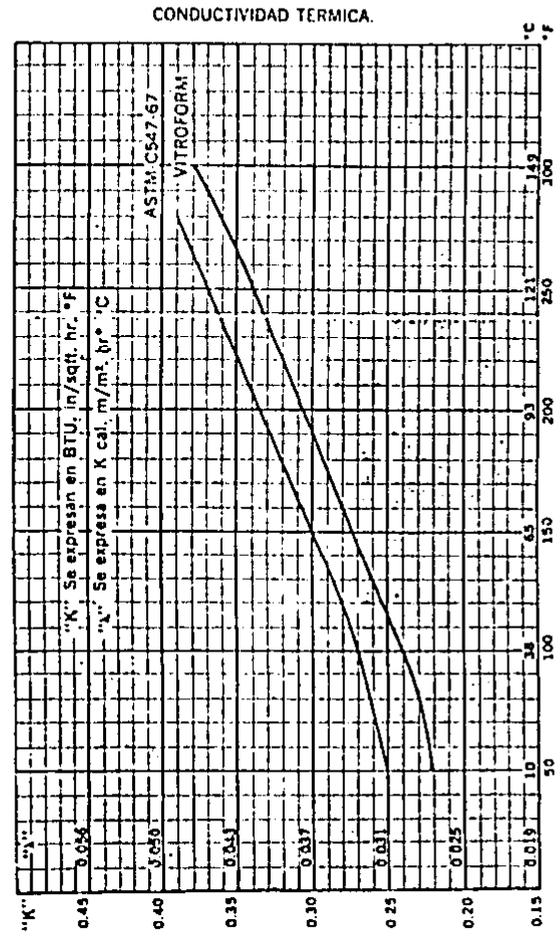


Tabla 7.3.10 Capacidades de las tuberías del retorno de condensado, en sistemas de vapor sujetos a presión alta.

Pounds Per Hour								
PIPE SIZE (in.)	PRESSURE DROP PER 100 FT							
	% per 10' incl	% per 14' incl	% per 18' incl	% per 22' incl	3' per 110' incl	3' per 130' incl	3' per 150'	15' per'
SUPPLY MAINS AND BRISLS								
150 - 180 psig - Max Return 8%								
1/2"	39	41	38	43	116	150	200	420
3/4"	50	63	117	165	232	306	390	790
1"	100	103	243	370	437	637	1,290	1,720
1 1/4"	201	207	467	675	813	1,230	1,730	2,670
2"	417	501	829	1,167	1,440	2,000	2,610	3,870
2 1/2"	643	677	1,359	1,920	2,140	3,000	3,770	5,600
3"	1,237	1,730	2,454	3,500	4,160	6,000	8,000	12,000
3 1/2"	1,831	2,626	3,713	5,350	6,290	9,000	12,100	18,000
4"	2,473	3,716	5,340	7,430	8,600	12,500	16,700	24,000
6"	4,813	6,972	9,713	13,700	15,000	21,700	28,900	42,000
8"	7,900	11,373	15,690	21,900	24,000	34,500	45,500	66,000
10"	14,300	20,475	28,300	44,350	50,000	72,700	95,000	138,000
12"	20,800	30,430	41,700	61,700	70,000	100,000	130,000	190,000
15"	40,000	60,700	82,700	123,000	140,000	200,000	270,000	390,000
RETURN MAINS AND BRISLS								
1 - 75 psig - Max Return 8%								
1/2"	130	222	340	483	560	800		
3/4"	173	302	490	678	770	1,050		
1"	330	500	790	1,100	1,250	1,700		
1 1/4"	670	1,000	1,580	2,200	2,500	3,500		
2"	1,340	2,000	3,160	4,400	5,000	7,000		
2 1/2"	2,010	2,930	4,740	6,600	7,500	10,500		
3"	2,680	3,960	6,360	8,800	10,000	14,000		
3 1/2"	3,350	4,940	7,980	11,200	12,500	17,500		
4"	4,020	5,820	9,600	13,600	15,000	21,000		
6"	8,040	11,640	19,200	27,200	30,000	42,000		
8"	12,060	17,460	28,800	40,800	45,000	63,000		
10"	16,080	23,280	38,400	54,400	60,000	84,000		
12"	20,100	29,100	48,000	72,000	80,000	112,000		

Tabla 7.3.11 Capacidades de las tuberías del retorno de condensado, en sistemas de vapor sujetos a media presión

Pounds Per Hour							
PIPE SIZE (in.)	PRESSURE DROP PER 100 FT						
	% per 10' incl	% per 14' incl	% per 18' incl	% per 22' incl	3' per 110' incl	3' per 130' incl	3' per 150'
SUPPLY MAINS AND BRISLS							
15 - 35 psig - Max Return 8%							
1/2"	15	22	31	43	56	67	88
3/4"	21	31	43	57	77	92	120
1"	30	44	60	81	107	129	168
1 1/4"	60	88	120	161	214	258	336
1 1/2"	67	100	134	181	240	294	384
2"	117	173	231	311	413	504	672
2 1/2"	150	216	288	390	516	621	840
3"	210	300	400	540	720	870	1,160
3 1/2"	270	396	528	714	936	1,128	1,500
4"	330	480	640	858	1,128	1,368	1,820
6"	660	960	1,280	1,716	2,256	2,736	3,640
8"	1,320	1,920	2,560	3,432	4,512	5,472	7,280
10"	1,980	2,880	3,840	5,148	6,768	8,208	10,920
12"	2,640	3,840	5,120	6,864	9,024	10,944	14,560
RETURN MAINS AND BRISLS							
0 - 8 psig - Max Return 8%							
1/2"	113	170	227	306	400	501	
3/4"	150	225	300	400	525	660	
1"	210	315	420	567	735	924	
1 1/4"	420	630	840	1,134	1,470	1,848	
2"	840	1,260	1,680	2,268	2,940	3,696	
2 1/2"	1,120	1,680	2,240	2,992	3,920	4,960	
3"	1,500	2,250	3,000	4,020	5,250	6,690	
3 1/2"	1,980	2,970	3,960	5,268	6,840	8,712	
4"	2,460	3,690	4,920	6,552	8,560	10,872	
6"	4,920	7,380	9,840	13,104	17,120	21,744	
8"	7,860	11,790	15,720	21,168	27,360	34,704	
10"	10,800	16,200	21,600	28,800	37,800	47,600	
12"	14,400	21,600	28,800	38,400	50,400	63,500	

Tabla 7.3.12 Capacidades de las tuberías del retorno de condensado, en sistemas de vapor sujetos a baja presión.

**Pounds Per Hour**

Pipe Size (in)	CONDENSATE RETURN PER 100 FT																		
	1/20 psi (1.7 bar)			1/20 psi (1.7 bar)			1/10 psi (1 bar)			1/10 psi (1 bar)			1/5 psi (0.7 bar)			1/5 psi (0.7 bar)			
	Wet	Dry	Vac	Wet	Dry	Vac	Wet	Dry	Vac	Wet	Dry	Vac	Wet	Dry	Vac	Wet	Dry	Vac	
1/2	125	43		142	21	47	165	175	86	175	136	93	141	141	200	200	241	241	241
3/4	212	130		240	109	144	308	344	166	308	277	211	294	294	400	400	481	481	481
1	336	200		377	156	200	477	523	252	477	432	340	456	456	600	600	721	721	721
1 1/4	500	278		551	211	273	700	773	373	700	640	500	670	670	880	880	1061	1061	1061
1 1/2	675	380		744	290	377	950	1044	500	950	870	680	910	910	1200	1200	1441	1441	1441
2	1000	560		1100	420	550	1400	1540	750	1400	1280	1000	1350	1350	1800	1800	2161	2161	2161
2 1/2	1350	770		1480	580	760	1900	2080	1000	1900	1750	1400	1950	1950	2500	2500	3001	3001	3001
3	1800	1050		2000	790	1050	2600	2850	1350	2600	2380	1800	2550	2550	3300	3300	3961	3961	3961
3 1/2	2300	1400		2550	1050	1400	3300	3650	1800	3300	3000	2300	3450	3450	4500	4500	5401	5401	5401
4	2900	1800		3200	1400	1800	4100	4550	2300	4100	3700	2900	4400	4400	5800	5800	7001	7001	7001
4 1/2	3600	2300		4000	1800	2300	5100	5600	2900	5100	4600	3600	5500	5500	7200	7200	8701	8701	8701
5	4300	2900		4800	2300	2900	6200	6800	3600	6200	5600	4300	6600	6600	8800	8800	10601	10601	10601
6	5300	3600		5800	2900	3600	7500	8200	4400	7500	6800	5300	8000	8000	10500	10500	12601	12601	12601
8	7500	5100		8200	4000	5100	10800	11800	6000	10800	9800	7500	11500	11500	15000	15000	18001	18001	18001
10	10500	7000		11500	5400	7000	14800	16200	8200	14800	13500	10500	16000	16000	21000	21000	25201	25201	25201
12	14000	9200		15500	7200	9200	19800	21600	11000	19800	18000	14000	21000	21000	28000	28000	33601	33601	33601
14	18000	12000		20000	9400	12000	26000	28200	14500	26000	24000	18000	27500	27500	36000	36000	43201	43201	43201
16	23000	15500		25500	12500	15500	33000	36000	19000	33000	30000	23000	35500	35500	46000	46000	55201	55201	55201
18	29000	20000		32000	16500	20000	42000	46000	25000	42000	38000	29000	45500	45500	59000	59000	70801	70801	70801
20	36000	25500		40000	21500	25500	53000	58000	32000	53000	48000	36000	57500	57500	74000	74000	88801	88801	88801

Wet= Vapor húmedo.  
 Dry= Vapor seco.  
 Vac= Vapor al vacío.

Tabla 7.3.13 Guía para la selección de trampas de vapor.

Aplicación	Primera Alternativa	Segunda Alternativa
Serpentines de calefacción de aire Baja y mediana presión Alta presión	Flotador y termostática	Termodinámica
Calentadores de agua (instantáneos) Calentadores de agua (Almacenamiento)	Flotador y termostática Flotador y termostática	Termodinámica
Intercambiadores de Calor Pequeños Alta presión Grandes Baja y mediana presión Recalentadores	Termodinámica Flotador y termostática Flotador y termostática	Flotador y termostática
Recipiente con camisa de vapor Alta presión Baja presión	Termodinámica Flotador y termostática	Flotador y termostática Termodinámica
Trampas para drenar líneas principales de vapor 0-15 Lbs/pulg <sup>2</sup> man. 16-125 Lbs/pulg <sup>2</sup> man. 125-600 Lbs/pulg <sup>2</sup> man.	Flotador y termostática Termodinámica Termodinámica	Flotador y termostática Balde invertido
Serpentines de tubería de vapor (Calefacción de aire)	Termostática (de presión equilibrada)	Termodinámica
Radiadores de vapor	Termostática (de presión equilibrada)	Termodinámica
Separadores de vapor 0-15 Lbs/pulg <sup>2</sup> man. 16-125 Lbs/pulg <sup>2</sup> man. 125-600 Lbs/pulg <sup>2</sup> man.	Flotador y termostática Termodinámica Termodinámica	Flotador y termostática Balde invertido
Líneas de flujo de vapor	Termodinámica	Expansión líquida
Serpentines para tanque de almacenamiento	Expansión líquida	Termodinámica
Serpentines de calefacción sumergidos Alta presión Baja y mediana presión	Termodinámica Flotador y termostática	Balde invertido Termostática (de presión equilibrada)
Calentadores unitarios	Flotador y termostática	Termodinámica

Figura 7.3.14 Trampas de vapor.

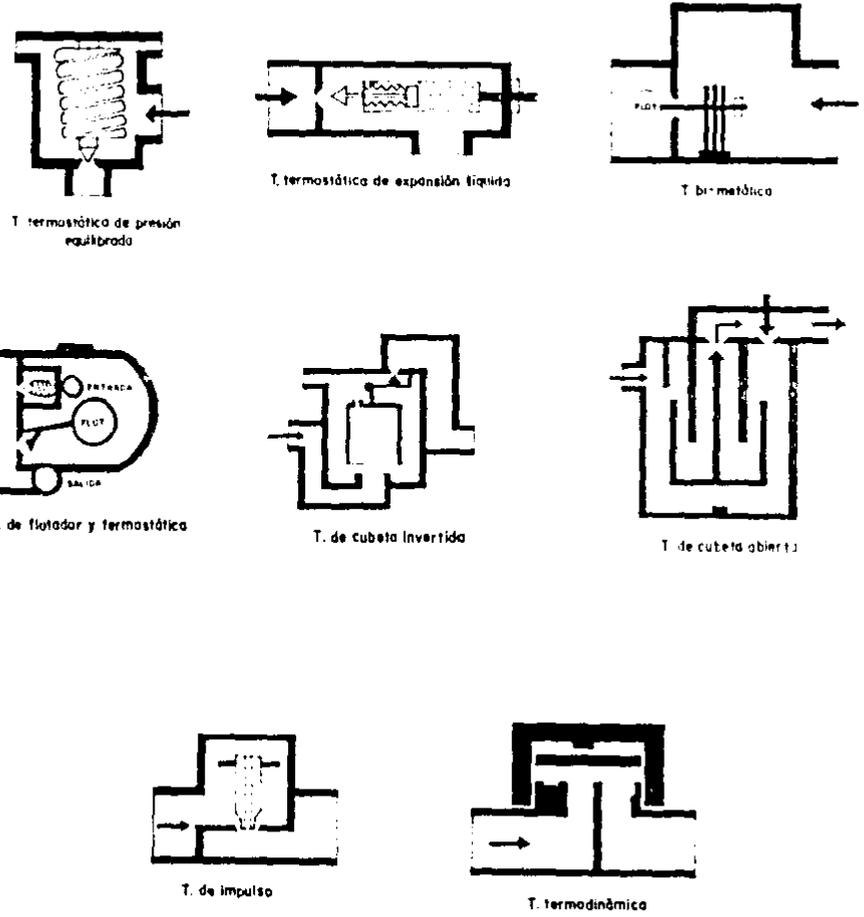


Figura 7.3.15 Válvula reductora de presión.

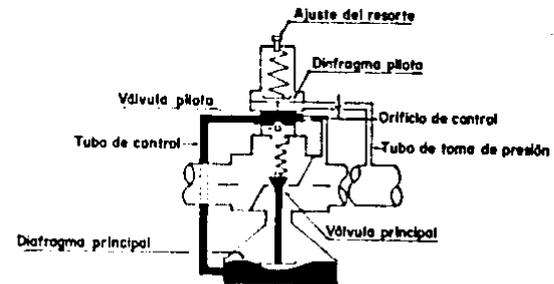


Figura 7.3.16 Válvula de seguridad.

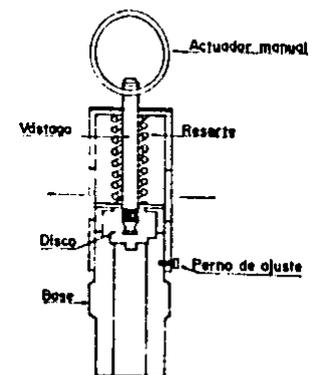
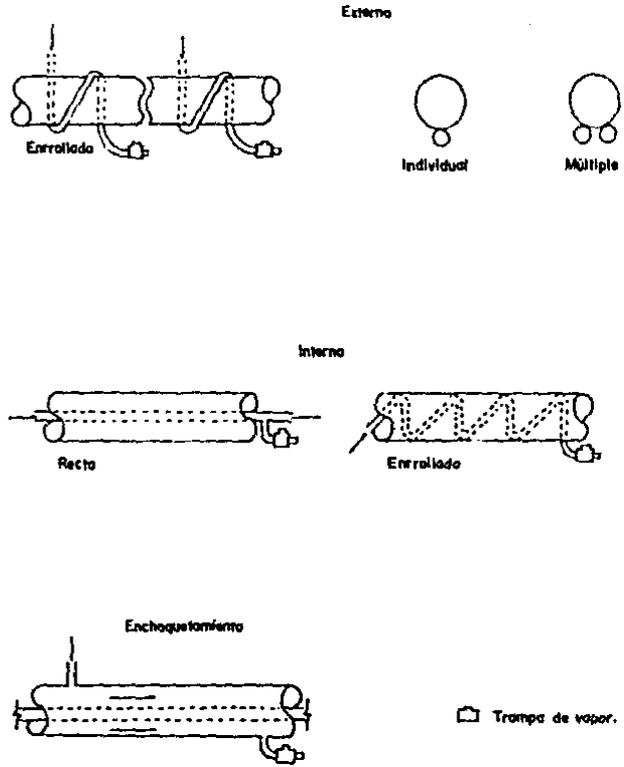


Figura 7.3.17 Trazadores de vapor.



CAPITULO 8      EXPANSION.

## 8.1      EXPANSION EN TUBERIAS.

Todas las tuberías, independientemente del material con el cual estén construídas sufren variaciones de longitud por cambio de temperatura. Estas variaciones de longitud se deben de tomar en cuenta para la determinación de los lugares en donde se requieran colocar dispositivos que absorban esas variaciones, así como para determinar los lugares de soportes con atraques.

Los alargamientos ó contracciones que normalmente se deben de considerar son los que se tienen en tuberías conduciendo vapor ó condensado, y en las tuberías con agua caliente o retorno del mismo. Estas tensiones pueden ser calculadas mediante la Ley de Hooke de la siguiente forma:

$$F = \frac{\Delta E A_m}{L} \quad \text{--- (1)}$$

F= Fuerza ejercida, en lbs.  
 $\Delta$ = Deformación lineal en pulg.  
 E= Módulo de elasticidad, en lbs/pulg<sup>2</sup>.  
 $A_m$ = Area del metal, en pulg<sup>2</sup>.  
 L= Longitud de la tubería, en pulg.

$$\Delta = a L \Delta t \quad \text{--- (2)}$$

a= Coeficiente de expansión lineal, en pulg/pulg.  
 $\Delta t$ = Diferencial de temperatura, en °F.

Substituyendo la ecuación (2) en la (1) queda que:

$$\frac{F}{A_m} = a E \Delta t \quad \text{--- (3)} \quad A_m = 1 \text{ pulg}^2$$

Las ecuaciones anteriores son válidas para determinar el esfuerzo interno de la tubería y también para la fuerza de compresión en los atraques.

Esta ecuación asume que el esfuerzo es menor que el rendimiento de resistencia de el metal. En otras palabras, el metal retorna a sus dimensiones originales cuando la temperatura regresa a su nivel original. Los valores mostrados en la tabla 8.1.1 pueden ser determinados usando la ecuación (3).

Tabla 8.1.1 Esfuerzo térmico debido a una compresión total.

Diferencia de temperatura* °F	Esfuerzo térmico, en lbs/pulg <sup>2</sup>				
	Acero	Hierro Forjado	Hierro Fundido	Latón o Bronce	Cobre
20	3900	3800	1428	2760	2980
40	7800	7600	2856	5520	5960
60	11700	11400	4284	8280	8940
80	15600	15200	5712	11040	11920
100	19500	19000	7140	13800	14900

\*Para temperaturas entre 32°F y 400°F (0°C a 204°C)

Los valores para  $\alpha$  y  $E$  están dados por la tabla 8.1.2 para varios materiales empleados en la fabricación de tuberías.

Tabla 8.1.2 Propiedades físicas para determinar el esfuerzo térmico (temperaturas entre 32°F y 400°F).

	Hierro Hierro Latón o				
	Acero	Forjado	Fundido	Bronce	Cobre
Coefficiente de expansión lineal, $\alpha \times 10^{-6}$ .....	6.5	6.8	5.95	9.85	9.3
Módulo de elasticidad, $E$ , lbs/pulg <sup>2</sup> $\times 10^6$ .....	30	28	12	14	16
Producto de $\alpha E$ , lb/pulg <sup>2</sup>	195	190	71.4	138	149

## 8.2 DISPOSITIVOS DE COMPENSACION.

En un sistema cualquiera de tuberías se pueden presentar deformaciones originadas por alguna ó varias de las causas siguientes:

- 1) Alargamiento ó contracción de la tubería por cambio de temperatura.
- 2) Hundimientos diferenciales de las construcciones.
- 3) Mal alineamiento de las tuberías.

Estas deformaciones causan esfuerzos adicionales a las tuberías, y para evitarlos, es necesario proyectar dispositivos que absorban esas deformaciones, tales como compensadores de expansión, juntas de expansión y juntas flexibles.

Los compensadores de expansión (figura 8.2.1a) únicamente pueden absorber movimientos axiales, por lo que para que sean realmente efectivos, las tuberías deben estar alineadas y guiadas en forma apropiada. Existen dos tipos principales, dependiendo de cómo es el elemento que absorbe la expansión ó contracción de la tubería:

- 1) El tipo telescópico deslizante, que puede ser sencillo ó doble.
- 2) El tipo telescópico con corrugaciones, que es únicamente sencillo.

Estos compensadores deben proyectarse para las líneas de vapor y no tienen problemas de instalación en el espacio entre plafón y losa, ya que son prácticamente del mismo diámetro de la tubería en que se colocan y son colineables con ella

Las juntas de expansión (figura 8.2.1b) están formadas por corrugaciones metálicas y no tienen empaques. Dependiendo de su tipo de construcción pueden absorber movimientos, desde axial únicamente, hasta movimientos combinados en cualquier plano y en forma simultánea, ya que pueden absorber cualquier combinación de los tres movimientos básicos: movimiento

axial, deflexión lateral y rotación angular. Estas juntas pueden ser sencillas ó dobles.

Estas juntas de expansión también se deben de considerar para las líneas de vapor, y al igual que los compensadores, no tienen problemas de instalación.

Las juntas flexibles se pueden dividir en dos grupos: omegas y mangueras.

1) Omegas.- Las omegas (figura 8.2.1c) se deben proyectar para absorber los alargamientos, contracciones y movimientos diferenciales en tuberías hasta de 25 mm. de diámetro ( $\phi 1"$ ), ya que en estos diámetros pequeños no se tiene problema para fabricar la omega. Son ideales para agua fría, caliente y retorno de agua caliente. La siguiente ecuación permite calcular la longitud de curvatura de la omega para absorber las fuerzas actuantes en las líneas de tuberías.

$$L_o = 6.16 (De \Delta)^{1/2}$$

Lo= Longitud de la curvatura de la omega, en pies.  
 De= Diámetro exterior de la tubería, en pulg.  
 Δ= Deformación de la tubería (ver ec. 2 del subcapítulo anterior), en donde el esfuerzo=16000 lbs/pulg<sup>2</sup>, en pulg.

2) Mangueras metálicas corrugadas.- Las mangueras (figura 8.2.1d) deben proyectarse en:

a) Líneas de vapor.- Para absorber los hundimientos diferenciales en juntas de construcción.

b) Líneas de retorno de condensado.- Para absorber alargamientos y contracciones por cambio de temperatura y hundimientos diferenciales en juntas de construcción.

c) Líneas de agua caliente y retorno.- Para absorber alargamientos y contracciones por cambios de temperatura, y hundimientos diferenciales en juntas de construcción, cuando la tubería es de 32mm. de diámetro ( $\phi 1\frac{1}{4}"$ ) ó mayor.

Como estos elementos se instalan con una flecha que puede ser mayor que el espacio disponible entre tubería y plafond es importante que el proyectista tenga conciencia de esta situación al momento de seleccionarlos.

Figura 8.2.1 Dispositivos de compensación.

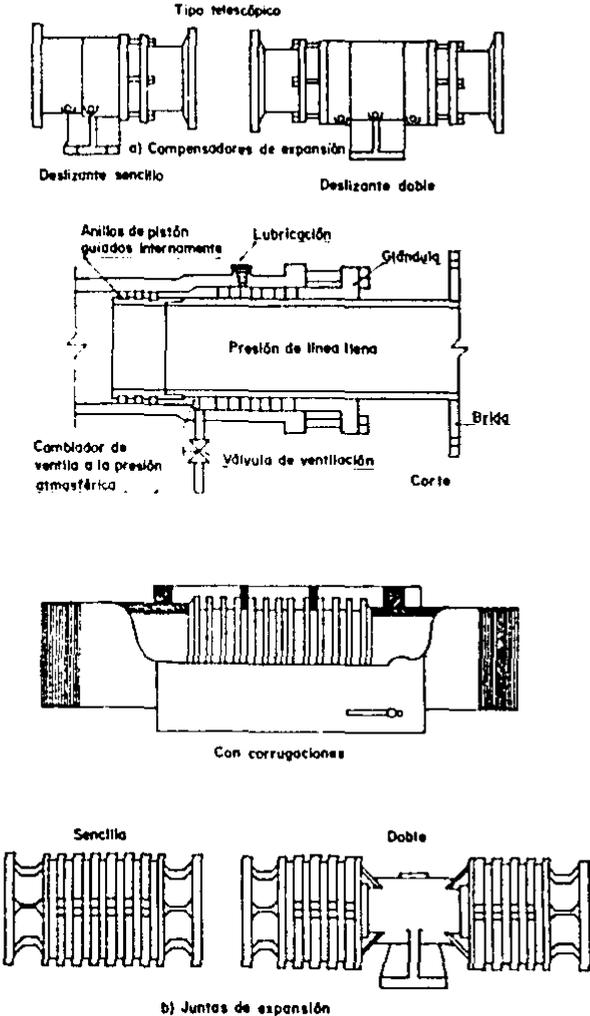
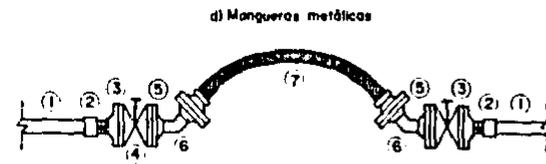
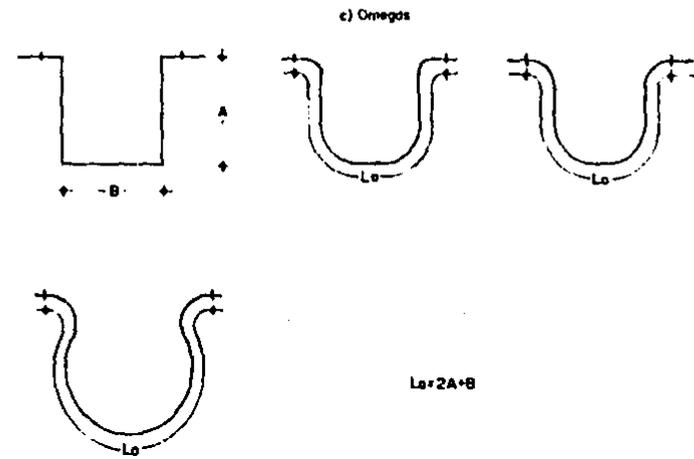


Figura 8.2.1 Dispositivos de compensación (continuación).



Dispositivo sugerido por el I.M.S.S.

- (1) Tubería de cobre.
- (2) Copie cobre c/rosca exterior.
- (3) Brida acero c/roscado.
- (4) Válvula compuerta bridada.
- (5) Brida acero c/soldable.
- (6) Codo acero soldable de 45°.
- (7) Manguera flexible.

### 8.3 SOPORTES ESPECIALES.

Siempre que se tengan compensadores de expansión, juntas de expansión ó juntas flexibles en un sistema de tuberías se deberán colocar soportes que atraquen la tubería (figura 8.3.3) para limitar y controlar el movimiento que se requiera absorber con dichos dispositivos, dividiendo el sistema en secciones que se alargen en forma individual.

Para lograr un óptimo funcionamiento del dispositivo de compensación, la tubería en donde vaya a ser instalado, deberá estar perfectamente alineada antes de la operación y durante la misma. Para lograr esto, comunmente se hace uso de guías especiales (figura 8.3.3), que sean capaces de evitar la deflexión en la tubería ocasionada por la expansión lineal de la misma.

La colocación de las guías en la tubería deberá de ser de la siguiente manera:

1) En un extremo del dispositivo compensador estará un anclaje (atraque), y en el otro, a una distancia igual a cuatro veces el diámetro de la tubería se colocará la primera guía.

2) La segunda guía deberá colocarse a una distancia igual a catorce veces el diámetro de la tubería, de la primera guía.

3) Las siguientes guías, llamadas intermedias, pueden ser instaladas de acuerdo a la gráfica (8.3.1).

Es importante también analizar la soporteria necesaria para sostener la tubería por su propio peso, para lo cual hay que efectuar las siguientes consideraciones:

1) Calculese el peso de la sección de tubería en estudio.

2) Determinese el peso del volúmen de agua que transita en ella (para fines de cálculo se considera a tubo lleno).

3) Considerese el peso del forro y sus aditamentos si es que los hay.

4) Es indispensable considerar el peso de los posibles accesorios que se encuentren en la línea (válvulas, trampas, reductoras de presión, etc.).

Para calcular la distancia máxima entre los soportes que sostienen una tubería horizontal ya sea principal o un ramal por su propio peso, se puede efectuar de la siguiente forma:

$$S_m = \frac{M_d \times 12 \text{ pulg/pie}}{L}$$

$S_m$  = Pendiente máxima, en pulg/pie.  
 $M_d$  = Máxima diferencia de elevación al final de la línea, en pies.  
 $L$  = Longitud de la tubería, en pies.

**Ejemplo:** Se desea conocer el espacio máximo entre soportes para sostener una tubería de  $\phi 250$  mm. ( $\phi 10''$ ) sin aislamientos y de 366.0 mts (1200 pies) de longitud, con una máxima diferencia de elevación al final de la línea de 1.50 mts (5 pies).

De la ecuación anterior:

$$S_m = \frac{5 \text{ pies} \times 12 \text{ pulg/pie}}{1200 \text{ pies}}$$

$$S_m = 0.05 \text{ pulg/pie}$$

$$S_m = 1 \text{ pulg cada } 20 \text{ pies}$$

**Solución:** De acuerdo a la tabla 8.3.2 el espaciamiento adecuado entre soportes es de 13.11 mts (43 pies).

La tabla 8.3.2 no solamente sirve para calcular el espaciamiento entre soportes que actúan en tuberías sometidas a altas temperaturas, sino también en aquellas que conducen agua fría, drenaje, aguas pluviales y ventilaciones. La diferencia esta en el diseño del soporte tal y como se ilustra en la figura 8.3.3.

Para determinar el espaciamiento entre soportes laterales que sostienen una tubería vertical (columna), se puede aplicar la Ley de Euler de la siguiente manera:

$$l_s = \pi R_g (E/F_t)^{1/2}$$

$$R_g = (D_e^2 + D^2/16)^{1/2}$$

$l_s$  = Espaciamiento entre soportes, en pulg.

$R_g$  = Radio de giro, en pulg.

$E$  = Módulo de elasticidad (ver tabla 8.1.2 del subcapítulo 8.1), en lbs/pulg<sup>2</sup>.

$F_t$  = Fuerza de compresión total ejercida en la columna (por expansión térmica y por el propio peso de la línea), en lbs/pulg<sup>2</sup>.

$D_e$  = Diámetro exterior de la tubería, en pulg.

$D$  = Diámetro nominal de la tubería, en pulg.



Figura 8.3.2 Espaciamiento entre soportes (basado en tuberías estándar llenas de agua).

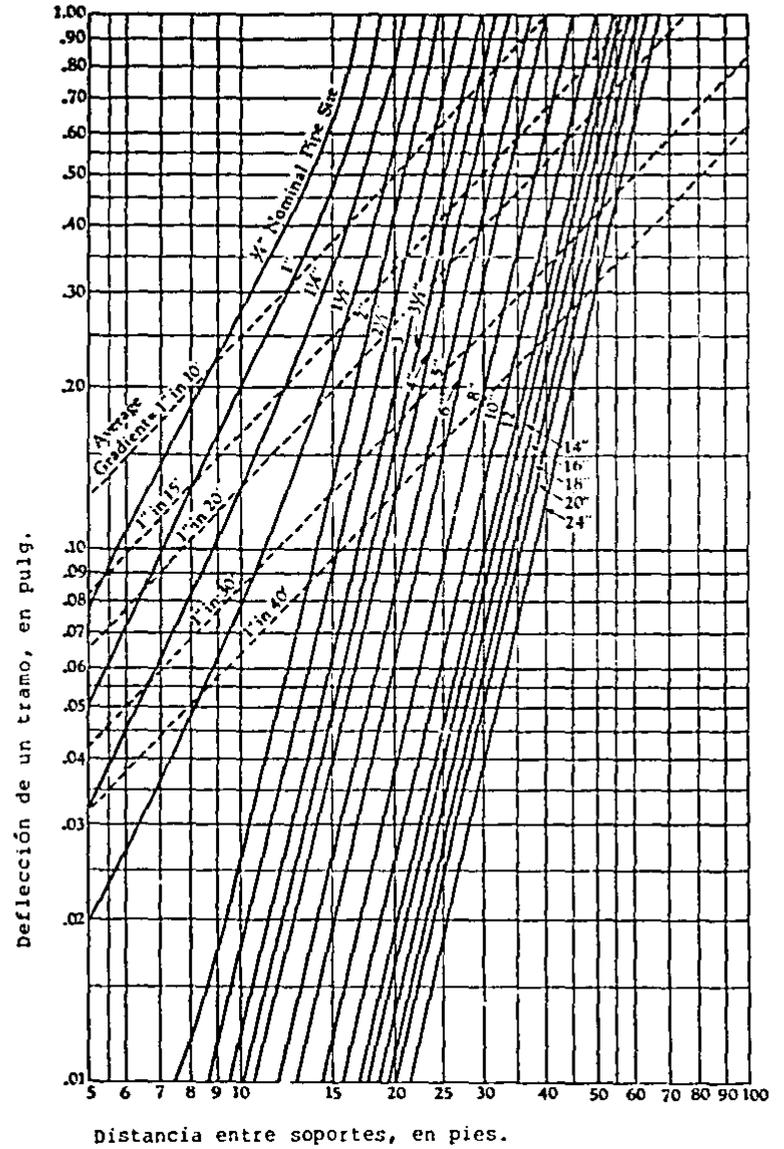
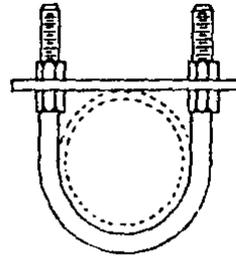
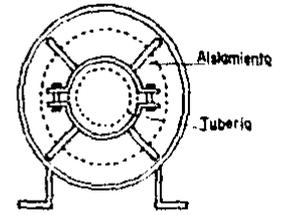


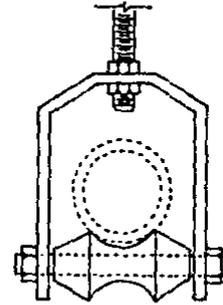
Figura 8.3.3 Soportería.



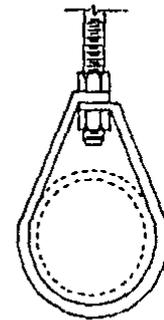
Abrazadera "U" (Atroque)



Guía de alineamiento



Soporte de tubería cuando existe elongación térmica.



Soporte fijo cuando la elongación es mínima.

**CAPITULO 9      COMPLEMENTARIOS.****9.1      SOPORTERIA.**

Los elementos para la suspensión de las tuberías son por demás variados, por lo que a continuación solamente se citarán algunos de los accesorios que se utilizan con mayor frecuencia:

1) Tensor.- Permite ajustes hasta de 150 mm. (6") para cargas pesadas (figura 9.1.1a).

2) Argolla roscada de una pieza.- Puede utilizarse en instalaciones en donde la tubería esté sometida a temperaturas altas (figura 9.1.1b).

3) Abrazadera forjada ajustable.- Se recomienda para la suspensión de tubería sin aislamiento (figura 9.1.1c).

4) Abrazadera de acero para tubería.- Se recomienda para suspender tuberías de baja temperatura que requieran poco ó ningún aislamiento (figura 9.1.1d).

5) Abrazadera para subidas.- Para soportar y mantener firmes los tramos verticales de la tubería ya sea con o sin aislamiento (figura 9.1.1e).

6) Trapecio ajustable de hierro forjado.- Para instalarse en techos y viguetas. Elemento de suspensión de la soportería (figura 9.1.1f).

7) Varilla roscada.- Elemento de suspensión de la soportería (figura 9.1.1g).

8) Columpio reversible.- Puede colocarse en la parte inferior de las viguetas, especialmente cuando se van a suspender grandes cargas con varillas roscadas de gran diámetro. Se pueden instalar para permitir ya sea balanceo o ajuste vertical (figura 9.1.1h).

9) Horquilla con rodillo.- Para sujetar tubería sometida a contracciones ó expansiones horizontales que no requieran ajuste vertical (figura 9.1.1i).

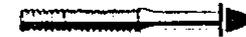
10) Coraza protectora de aislamiento.- Están dise-

ñadas para servicio de alta temperatura en donde se requiere mantener la pérdida de calor al mínimo y a la vez proteger el aislamiento (figura 9.1.1j).

11) Ménsula de acero soldado ligera.- Si el soporte de una tubería se hace por medio de una varilla, ésta se puede colocar en cualquier punto del cateto y correrse si es necesario a un ajuste horizontal (figura 9.1.1k).

Para fijar los elementos de suspensión de las tuberías, puede efectuarse a través de una extensa gama de sistemas de fijación, por lo que a continuación se mencionan dos de los métodos más comunes:

1) Pernos roscados (anclas).- Pueden fijar acero-acero, acero-concreto ó fijaciones directamente al concreto o acero. La fijación del perno se realiza a base de pólvora mediante una herramienta especial.



2) Taquetes de expansión (trubolt).- Se necesita solamente hacer una perforación del tamaño del ancla, atravesando el material que se va a fijar ó en donde vaya a ser la fijación. Se coloca el trubolt en la perforación y debido al diseño que presenta, solamente basta apretar la tuerca del cuerpo del ancla y automáticamente se tiene una fijación de lo deseado.

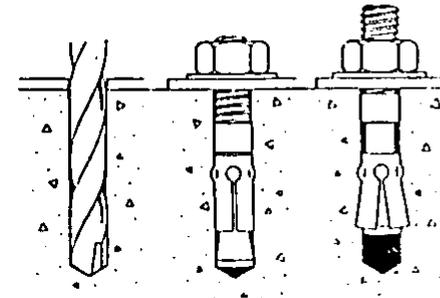


Figura 9.11 Sistemas de soportería.

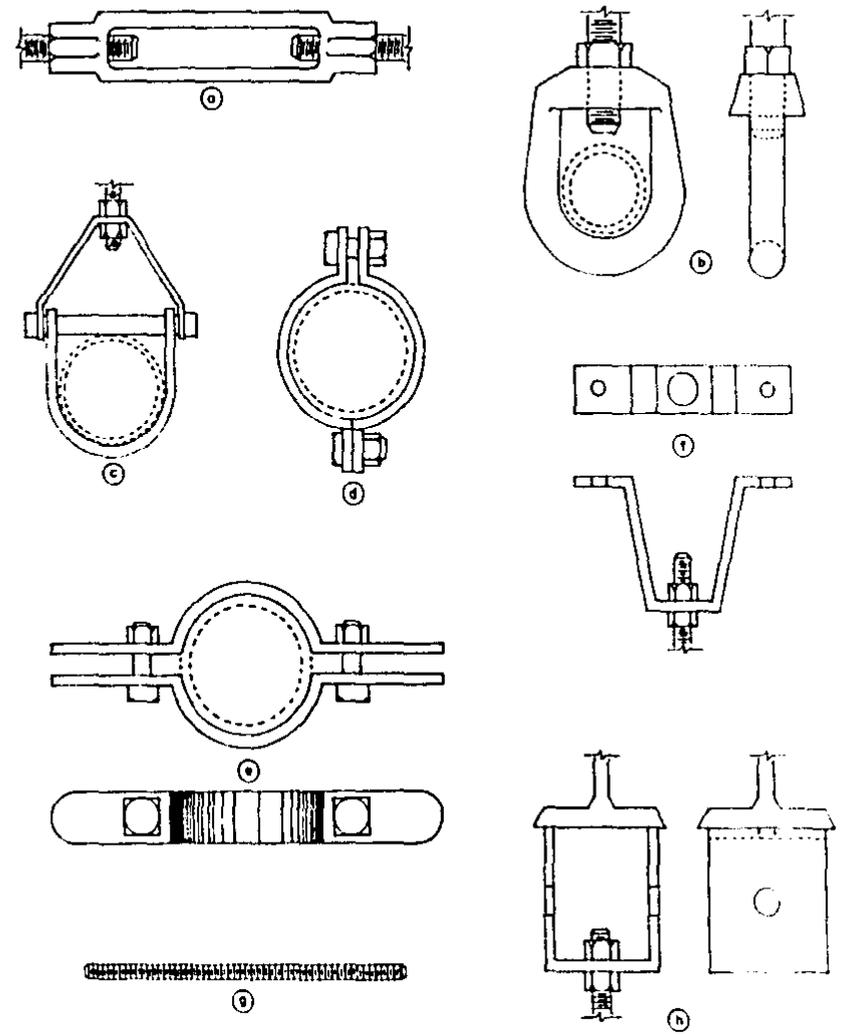
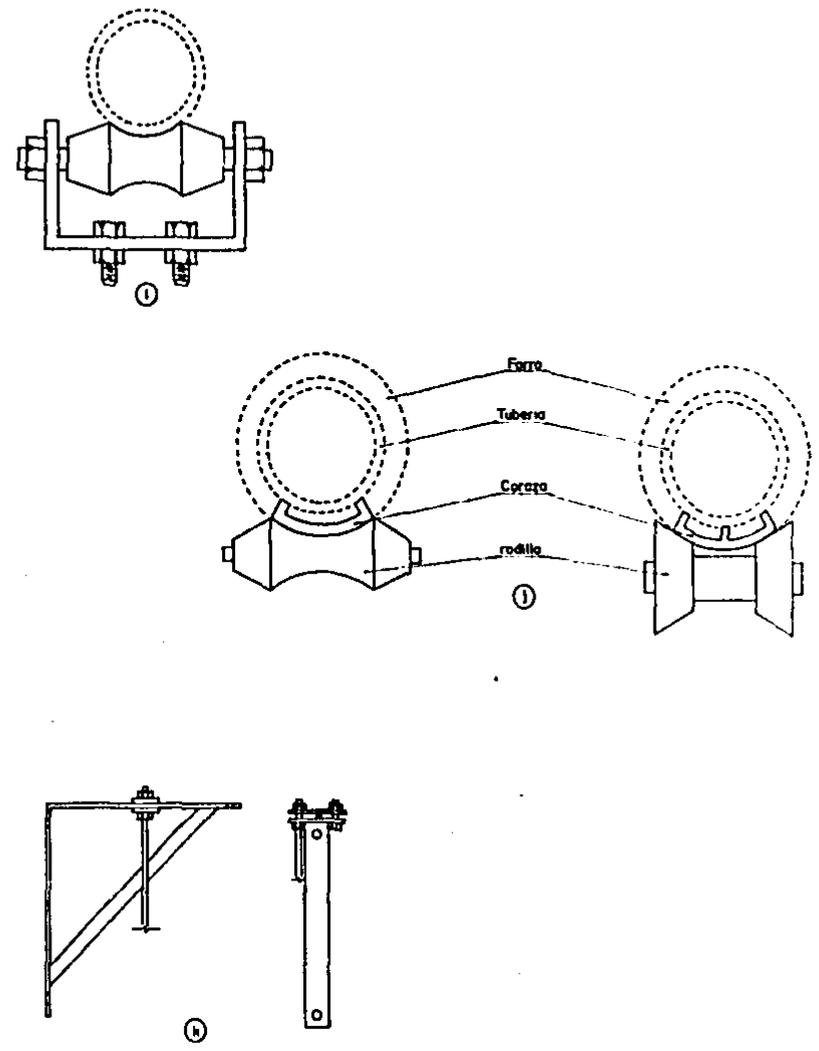


Figura 9.11 Sistemas de soporteria (continuación).



## 9.2 AISLAMIENTOS TERMICOS.

Los productos más comúnmente utilizados para fines de aislamiento son los fabricados a base de fibra de vidrio lana mineral, silicato de sodio ó calcio y magnesio.

Para fines industriales actualmente se cuenta en el mercado con los siguientes productos recomendables:

1) De fibra de vidrio (aislamiento preformado para tuberías).- Para temperaturas de operación desde  $-84^{\circ}\text{C}$  hasta  $232^{\circ}\text{C}$  ( $-120^{\circ}\text{F}$  hasta  $450^{\circ}\text{F}$ ).

Aislamiento preformado que se fabrica con fibra de vidrio aglutinada con resina fenólica de fraguado térmico moldeada para ajustarse a la superficie de la tubería (tanto de fierro como de cobre) de medidas comerciales (tabla 9.2.1).

Características Físicas.

Conductividad térmica:  $0.224 \text{ btu pulg}/\text{pie}^2\text{hr}^{\circ}\text{F}$  ( $0.0278 \text{ kcal mt}/\text{m}^2\text{hr}^{\circ}\text{C}$ ) a  $75^{\circ}\text{F}$  ( $24^{\circ}\text{C}$ ) de temperatura promedio.

Densidad:  $5.5 \text{ lbs}/\text{pie}^3$  ( $88.1 \text{ kg}/\text{m}^3$ ).

Absorción de humedad:  $0.2\%$  por volumen en 96 hrs a  $120^{\circ}\text{F}$  ( $49^{\circ}\text{C}$ ) y  $95\%$  de humedad relativa.

Corrosión de acero y aluminio: No se provoca o acelera.

Calor específico:  $0.20 \text{ btu}/\text{lb}/^{\circ}\text{F}$ .

Valor de permeancia al vapor de agua: Con recubrimiento de Pyro-kure,  $0.01$  granos por hora por  $\text{pie}^2$  por pulgada de mercurio.

Capilaridad: Despreciable (después de 24 hrs).

Difusividad térmica:  $0.015 \text{ pie}^2/\text{hr}$  a  $75^{\circ}\text{F}$  ( $24^{\circ}\text{C}$ ) de temperatura promedio ( $0.0014 \text{ m}^2/\text{hr}$ ).

2) Fibra de vidrio blanca y/o colchonetas armadas.- Temperaturas de operación hasta de  $538^{\circ}\text{C}$  ( $1000^{\circ}\text{F}$ ). Producto de color blanco semejante al algodón, consistente en fibra de vidrio impregnada con muy pequeñas cantidades de aceite lubricante que lo hace manejable y le da resistencia a la abrasión.

Las colchonetas armadas, se fabrican con este

tipo de fibra de vidrio con distintos recubrimientos metálicos y en densidades de 3 a 6 lbs/pie<sup>3</sup> (48 a 96 kg/m<sup>3</sup>). Se obtiene con recubrimientos de metal desplegado y malla de gallinero.

Por sus características, las colchonetas armadas se usan en el aislamiento de calderas, tanques, hornos industriales, etc., (tabla 9.2.2).

**Propiedades Físicas.**

Temperatura máxima: 538°C (1000°F).

Conductividad térmica: Varía de 0.275 a 0.266 btu pulg/hr pie<sup>2</sup>°F de acuerdo a las variaciones de densidad de 0 a 3 lbs/pie<sup>3</sup> (16 a 48 kg/m<sup>3</sup>).

Calor específico: 0.20 btu/lb°F.

Absorción de humedad: Menos del 2% en volumen durante 96 hrs a 120°F (49°C) y 95% de humedad relativa.

Resistencia a la vibración: No sufre deterioro.

Difusividad térmica: 0.015 pie<sup>2</sup> por hr a 75°F (24°C).

3) Aislamientos rígidos y semi-rígidos.- Para temperaturas de operación desde -84°C hasta 232°C (-120°F hasta 450°F), son fabricadas con fibra de vidrio aglutinada con una resina fenólica de fraguado térmico (tabla 9.2.3).

**Características Físicas.**

Conductividad térmica: Varía de acuerdo a la rigidez del material, para materiales rígidos varía de 0.23 a 0.243 btu pulg/hr pie<sup>2</sup>°F (0.027 a 0.030 kcal mt/hr mt<sup>2</sup> °C) a una temperatura promedio de 75°F (24°C) y para materiales semi-rígidos varía de 0.235 a 0.31 btu pulg/hr pie<sup>2</sup> °F (0.029 a 0.038 kcal/mt/hr mt<sup>2</sup> °C) a una temperatura promedio de 75°F (24°C).

Densidad: Semi-rígidos; varía de 0.65 a 2.0 lbs/pie<sup>3</sup> (16 a 32 kg/m<sup>3</sup>) y para los rígidos; varía de 4 a 6 lbs/pie<sup>3</sup> (64 a 96 kg/m<sup>3</sup>).

**Absorción de humedad:** Menos del 2% por volúmen durante 96 hrs a 120°F (49°C) y 95% de humedad relativa.

4) **Productos a base de lana mineral.**- La lana mineral es una fibra mineral inerte que en cualquiera de sus formas: Afelpada (colchoneta) ó nodular suelta, tiene excelentes propiedades térmicas. Debido a las características específicas de la fibra que la compone, soporta temperaturas hasta de 1832°F (1000°C) antes de reblandecerse. La lana mineral granulada consiste de fibras sueltas de origen mineral vítreo con alto punto de fusión y formada en nódulos de tamaño pequeño con apariencia de borra.

**Propiedades Físicas.**

**Incombustibilidad:** No causan ni producen flama.

**No sufren deterioro:** No sufren descomposición ó deterioro con el tiempo, ni lo ataca ni causa la corrosión.

**Resistencia a la humedad:** No absorben la humedad, si se llegan a mojar, secan rápidamente con ventilación adecuada y recuperan sus propiedades térmicas originales.

**Estabilidad dimensional:** No muestra encogimiento ó fusión de las fibras a temperaturas superiores a los 1202°F (650°C), hasta cercanas a los 1832°F (1000°C).

**Aislamiento térmico y acústico:** Tiene excelentes propiedades acústicas. Los materiales acústicos absorbentes toman energía de las ondas sonoras y las convierten en calor. Conforme la lana mineral toma la energía y la convierte a base de fricción entre las fibras, se produce una reducción en el sonido transmitido.

5) **Bloque aislante.**- El bloque aislante es un producto moldeado a base de lana mineral y aditivos especiales,

es rígido y está diseñado para trabajar a temperaturas hasta de 1895°F (1035°C) aplicadas por una sola cara.

**Propiedades Físicas.**

Pérdidas por ignición: 8.7% a 1895°F (1035°C).

Absorción de humedad ambiente: Casi nula.

Temperatura de trabajo máxima: 1895°F (1035°C) por una cara.

Módulo de ruptura: 107 lbs/pulg<sup>2</sup> (7.52 kg/cm<sup>2</sup>).

Densidad: 19 a 22 lbs/pie<sup>3</sup> (300 a 350 kg/m<sup>3</sup>).

Encogimiento lineal: 0.84%

Encogimiento volumétrico: 2.7%

6) Cemento aislante.- El cemento aislante, tipo normal, está diseñado para trabajar a temperaturas hasta de 1796°F (980°C) en una cara. Es un material para emplearse en trabajos generales de aislamiento ó como material de relleno, ó como resane para mantenimiento.

**Propiedades Físicas.**

Encogimiento volumétrico: 15% aproximadamente al secar.

Encogimiento lineal: 3% a 1796°F (980°C).

Rendimiento: 100 lbs/45 pies<sup>2</sup> aplicado a un espesor de 1.0 pulg (22 kg/m<sup>2</sup> a 25 mm).

El cemento aislante de acabado es de gran dureza cuya formulación permite dar un acabado resistente a los aislamientos. La temperatura límite de trabajo del cemento aislante de acabado es de 1202°F (650°C) en una cara

**Propiedades Físicas.**

Encogimiento: Casi nulo.

Rendimiento: 100 lbs/35 pie<sup>2</sup> aplicado con un espesor de 1 pulg (22 kg/m<sup>2</sup> a 25 mm).

AISLAMIENTO VITROFORM® PARA TUBERIAS CALIENTES T <sub>a</sub> = 27°C (80°F)																																					
Presión Gauge		hasta 15 psi								hasta 52 psi				hasta 228 psi				hasta 406 psi																			
Temp. Operación		hasta 65°C (149°F)								hasta 93°C (200°F)				hasta 121°C (250°F)				hasta 149°C (300°F)				hasta 204°C (399°F)				hasta 232°C (450°F)											
Dif. Temp.		38°C-69°F								66°C-131°F				94°C-170°F				122°C-230°F				137°C-319°F				205°C-370°F											
Diámetro Nominal del Tubo		E.R.		P.C.		E.		T.S.		E.R.		P.C.		E.		T.S.		E.R.		P.C.		E.		T.S.		E.R.		P.C.		E.		T.S.					
Polgs. m.m.		Polgs. m.m.		BTU/m.h		%		°C °F		Polgs. m.m.		BTU/m.h		%		°C °F		Polgs. m.m.		BTU/m.h		%		°C °F		Polgs. m.m.		BTU/m.h		%		°C °F					
1	12.7	1	19.1	24	80	33.1	88.0	1	19.1	4.7	81	35.1	95.2	1	25.4	61	83	35.8	96.4	1	25.4	84	84	39.1	102.3	1 1/2	38.0	108	91	38.5	101.2	2 L	50.8	119	93	36.4	97.5
1	19.1	1	19.1	27	81	31.4	88.4	1	19.1	5.4	83	35.5	95.9	1	25.4	69	84	36.3	97.3	1	25.4	94	85	39.8	103.6	1 1/2	38.0	121	92	33.1	102.6	2 N	50.8	132	93	37.0	98.7
1	25.4	1	19.1	31	82	31.5	88.8	1	19.1	6.5	83	35.9	96.7	1	25.4	76	86	36.7	98.0	1	25.4	110	86	40.6	105.0	1 1/2	38.0	136	93	39.9	103.9	2 L	50.8	144	94	37.6	99.8
1 1/2	32.0	1	19.1	37	82	31.9	89.2	1	19.1	7.3	84	36.3	97.4	1	25.4	93	86	37.4	99.2	1 1/2	38.0	101	89	35.9	96.5	1 1/2	38.0	157	94	40.9	105.5	2 N	50.8	169	95	38.5	101.2
1 1/2	38.0	1	19.1	41	83	32.0	89.5	1	19.1	8.0	85	36.6	97.9	1	25.4	102	87	37.6	99.8	1 1/2	38.0	112	90	36.2	97.2	1 1/2	38.0	171	94	41.1	106.1	2 N	50.8	183	95	38.8	101.9
2	51.0	1	25.4	41	86	30.6	87.3	1	25.4	8.5	87	34.7	94.5	1	25.4	120	87	38.1	100.7	1 1/2	38.0	127	90	36.6	97.9	2	50.8	167	95	37.6	99.7	2	50.8	207	95	39.5	103.1
2 1/2	64.0	1	25.4	48	86	30.8	87.6	1	25.4	9.9	87	35.1	95.1	1	25.4	139	88	38.6	101.5	1 1/2	38.0	146	91	37.1	98.8	2	50.8	189	95	38.1	100.8	2	50.8	234	95	40.2	104.4
3	76.0	1	25.4	55	87	31.0	87.8	1	25.4	11.6	88	35.2	95.4	1	25.4	160	88	38.9	101.9	1 1/2	38.0	166	91	37.4	99.3	2	50.8	216	95	38.6	101.7	2	50.8	275	96	40.8	105.4
4	102.0	1	25.4	65	87	31.1	88.1	1	25.4	14.2	88	35.5	95.9	1	25.4	195	88	39.3	102.8	1 1/2	38.0	201	92	38.0	100.4	2	50.8	255	96	39.3	102.8	2	50.8	316	96	41.4	106.6
5	127.0	1	25.4	81	87	31.2	88.2	1	25.4	17.0	88	35.6	96.1	1	25.4	231	89	39.5	103.1	1 1/2	38.0	239	92	38.4	101.1	2	50.8	302	96	39.8	101.7	2 N	50.8	371	97	38.6	101.7
6	152.0	1	25.4	97	87	31.4	88.4	1	25.4	19.8	88	35.9	96.6	1 1/2	38.0	180	92	35.5	95.9	1 1/2	38.0	276	92	37.7	101.8	2	50.8	344	96	40.3	104.5	2 L	68.5	366	97	39.1	102.5
8	203.0	1	25.4	120	88	31.4	88.6	1	25.4	25.0	88	36.0	96.9	1 1/2	38.0	227	93	35.8	96.3	1 1/2	38.0	340	92	39.0	102.1	2	50.8	425	96	40.8	105.4	2 L	68.5	445	97	39.6	103.3
10	254.0	1	25.4	146	88	31.5	88.7	1	25.4	30.6	88	36.2	97.2	1 1/2	38.0	279	93	35.9	96.7	1 1/2	38.0	415	92	39.3	102.8	2	50.8	508	96	41.1	106.0	2 L	68.5	529	97	39.9	103.9
12	304.0	1	25.4	171	88	31.5	88.8	1	25.4	35.7	88	36.3	97.4	1 1/2	38.0	326	93	36.0	96.9	1 1/2	38.0	476	92	39.4	102.9	2	50.8	570	97	41.2	106.1	2 N	68.5	600	97	40.2	104.3

E.R. = Espesor recomendado  
 P.C. = Pérdida de calor  
 E. = % de Eficiencia  
 T.S. = Temperatura de Superficie aproximada  
 T<sub>a</sub> = Temperatura ambiente

L. = Estos espesores no son de fabricación standard. Su fabricación está sujeta a un cargo extra y a un tiempo de entrega muy variable. Ofeseable previa consulta con nuestro departamento de ventas. Estos espesores pueden obtenerse si se desea por ordenamiento de tuberías standard.  
 N. = Igual que L, solo que estos espesores no permiten obtenerse en todas las tuberías.

MECANISMO Y NECESIDAD DE LA BARRERA DE VAPOR EN LAS INSTALACIONES FRIAS.



AISLAMIENTO VITROFORM® PARA TUBERIAS FRIAS T<sub>a</sub> = 27°C (80°F)

HUMEDAD RELATIVA 90%											
TEMPERATURA DE SUPERFICIE		10°C (50°F)		15°C (59°F)		20°C (68°F)		25°C (77°F)		30°C (86°F)	
DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO		12.7 (1/2")		19.1 (3/4")		25.4 (1")		31.8 (1 1/4")		38.1 (1 1/2")	
ESPESES RECOMENDADOS		E.R.		P.C.		E.		T.S.		E.R.	
Polgs. m.m.		Polgs. m.m.		BTU/m.h		%		°C °F		Polgs. m.m.	
1	12.7	1	19.1	24	80	33.1	88.0	1	19.1	4.7	81
1	19.1	1	19.1	27	81	31.4	88.4	1	19.1	5.4	83
1	25.4	1	19.1	31	82	31.5	88.8	1	19.1	6.5	83
1 1/2	32.0	1	19.1	37	82	31.9	89.2	1	19.1	7.3	84
1 1/2	38.0	1	19.1	41	83	32.0	89.5	1	19.1	8.0	85
2	51.0	1	25.4	41	86	30.6	87.3	1	25.4	8.5	87
2 1/2	64.0	1	25.4	48	86	30.8	87.6	1	25.4	9.9	87
3	76.0	1	25.4	55	87	31.0	87.8	1	25.4	11.6	88
4	102.0	1	25.4	65	87	31.1	88.1	1	25.4	14.2	88
5	127.0	1	25.4	81	87	31.2	88.2	1	25.4	17.0	88
6	152.0	1	25.4	97	87	31.4	88.4	1	25.4	19.8	88
8	203.0	1	25.4	120	88	31.4	88.6	1	25.4	25.0	88
10	254.0	1	25.4	146	88	31.5	88.7	1	25.4	30.6	88
12	304.0	1	25.4	171	88	31.5	88.8	1	25.4	35.7	88

E. = Espesor Recomendado  
 P.C. = Generación de calor  
 T<sub>a</sub> = Temperatura ambiente.

L. = Estos espesores no son de fabricación standard. Su fabricación está sujeta a un cargo extra y a un tiempo de entrega variable. Se recomienda consultar con nuestro departamento de ventas.  
 N. = Estos espesores pueden obtenerse por ordenamiento de tuberías standard.

M. = Espesores obtenibles solo por ordenamiento de tuberías standard.

A. = Espesores que no son obtenibles ni standard, ni por ordenamiento. Consulte con nuestro departamento técnica.

AISLAMIENTO VITROFORM® PARA TUBERIAS FRIAS T<sub>a</sub> = 27°C (80°F)

HUMEDAD RELATIVA 85%

TEMPERATURA DE SUPERFICIE		10°C (50°F)		15°C (59°F)		20°C (68°F)		25°C (77°F)		30°C (86°F)	
DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO		12.7 (1/2")		19.1 (3/4")		25.4 (1")		31.8 (1 1/4")		38.1 (1 1/2")	
ESPESES RECOMENDADOS		E.R.		P.C.		E.		T.S.		E.R.	
Polgs. m.m.		Polgs. m.m.		BTU/m.h		%		°C °F		Polgs. m.m.	
1	12.7	1	19.1	24	80	33.1	88.0	1	19.1	4.7	81
1	19.1	1	19.1	27	81	31.4	88.4	1	19.1	5.4	83
1	25.4	1	19.1	31	82	31.5	88.8	1	19.1	6.5	83
1 1/2	32.0	1	19.1	37	82	31.9	89.2	1	19.1	7.3	84
1 1/2	38.0	1	19.1	41	83	32.0	89.5	1	19.1	8.0	85
2	51.0	1	25.4	41	86	30.6	87.3	1	25.4	8.5	87
2 1/2	64.0	1	25.4	48	86	30.8	87.6	1	25.4	9.9	87
3	76.0	1	25.4	55	87	31.0	87.8	1	25.4	11.6	88
4	102.0	1	25.4	65	87	31.1	88.1	1	25.4	14.2	88
5	127.0	1	25.4	81	87	31.2	88.2	1	25.4	17.0	88
6	152.0	1	25.4	97	87	31.4	88.4	1	25.4	19.8	88
8	203.0	1	25.4	120	88	31.4	88.6	1	25.4	25.0	88
10	254.0	1	25.4	146	88	31.5	88.7	1	25.4	30.6	88
12	304.0	1	25.4	171	88	31.5	88.8	1	25.4	35.7	88

E. = Espesor Recomendado  
 P.C. = Generación de calor  
 T<sub>a</sub> = Temperatura ambiente.

L. = Estos espesores no son de fabricación standard.

M. = Su fabricación está sujeta a un cargo extra y a un tiempo de entrega variable.

N. = Se recomienda consultar con nuestro departamento de ventas.

O. = Estos espesores pueden obtenerse por ordenamiento de tuberías standard.

P. = Espesores obtenibles solo por ordenamiento de tuberías standard.

Q. = Espesores que no son obtenibles ni standard, ni por ordenamiento. Consulte con nuestro departamento técnica.

Tabla 9.2.2 Fibra de vidrio blanca o colchonetas armadas.

Temperatura de operación		Espesor recomendado		Temperatura aproximada de superficie obtenida	
°C	°F	pulg	cms	°C	°F
hasta 93	hasta 200	1	2.54	35	96
93 a 149	201 a 300	1½	3.81	38	101
150 a 204	301 a 400	2	5.08	41	106
205 a 260	401 a 500	2	5.08	48	119
261 a 315	501 a 600	2½	6.35	50	123
316 a 371	601 a 700	3	7.62	54	130
372 a 426	701 a 800	3½	8.89	57	136
427 a 482	801 a 900	4	10.16	61	142
483 a 532	901 a 1000	5	12.70	61	142

Tabla 9.2.2 Fibra de vidrio blanca o colchonetas armadas  
(espesores recomendados para tuberías) continuación.

Temperaturas de operación		Espesores Recomendados		
		Diámetro de tuberías	Diámetro de tuberías	Diámetro de tuberías
°C	°F	2" a 4"	4½" a 6"	7" ó más
hasta 121	hasta 250	1"	1"	1"
121 a 177	250 a 350	1½"	1½"	1½"
177 a 232	350 a 450	1½"	1½"	2"
232 a 288	450 a 550	1½"	2"	2"
288 a 343	550 a 650	2"	2"	2½"
343 a 399	650 a 750	2"	2½"	2½"
399 a 454	750 a 850	2½"	2½"	3"
454 a 538	850 a 1000	3"	3"	4"

Tabla 9.2.3 Aislamientos rígidos y semi-rígidos.

Temperatura de operación		Temperatura de operación		Espesor recomendado	
°C	°F	°F	°C	Pulg	mm
hasta 65		hasta 149		3/4	19.1
De 66 a 93		De 150 a 200		1	25.4
De 94 a 149		De 201 a 300		1½	38.1
De 150 a 204		De 301 a 400		2½	63.5
De 205 a 232		De 401 a 450		3	76.2

### 9.3 IDENTIFICACION.

#### a) Objetivo y alcance.

1) El objetivo es establecer un código común que ayude en la identificación de los fluidos conducidos en un sistema de tuberías, y se puede lograr pensando en la forma de obtener unas bases aceptables para un plan universal. El uso de estas normas puede promover gran seguridad y también aminorar el riesgo de error, confusión o inacción.

2) Este proyecto concierne solamente en la identificación de sistemas de tuberías en la industria, construcción y en las plantas energéticas. No cubre a las tuberías que se encuentran enterradas y a las conductoras de electricidad.

#### b) Definiciones.

1) Sistemas de tubería.- Para el propósito de estas normas se excluye: Válvulas, soportería, atraques, ménsulas, forros, y algunos otros accesorios que componen una red de tuberías. Las tuberías pueden ser definidas como unos conductos que sirven para el transporte de gases, líquidos, semi-líquidos o plásticos, pero no que transporten sólidos en el aire o en el gas.

2) Protección contra incendio, materiales y equipo.- La clasificación incluye los sistemas de rociadores y otros métodos de protección o equipo de protección contra incendio. La identificación para este grupo de materiales puede también ser usada en identificar o localizar dicho equipo, como son: Cajas de alarma, extintores, mantas contra incendio, puertas contra incendio, conexiones para mangueras, hidrantes y algunos otros accesorios de protección contra incendio.

3) Materiales peligrosos.- Este grupo incluye materiales que pueden ser riesgosos para la vida y la propiedad porque son fácilmente inflamables, tóxicos, corrosivos a altas temperaturas y presiones. También incluyen materiales que producen incendios ó explosiones.

4) Materiales de poco peligro.- Este grupo comprende a aquellos materiales que implican o no pequeños riesgos a la vida y a la propiedad en su manejo. Esta clasificación incluye materiales de bajas presiones y temperaturas, que no sean tóxicos ni venenosos y que no puedan producir fuegos o explosiones.

5) Materiales de protección.- Este grupo incluye materiales que están en una línea de tubería de una planta para el propósito de minimizar el riesgo de los materiales peligrosos mencionados anteriormente. Se puede incluir ciertos gases especiales que son antídotos, que neutralizan emanaciones venenosas. Esta clasificación solamente cubre materiales de protección para otros propósitos como es el caso de la protección contra incendio deberá ser clasificada de acuerdo a la sección dos.

c) Método de identificación.

1) Para la identificación positiva de un sistema de tuberías, se puede satisfacer por medio de un letrero que tenga una leyenda del contenido, ésta puede efectuarse de una forma abreviada. El empleo de flechas se puede utilizar para indicar la dirección del flujo. En donde se desee ó es necesario dar una información suplementaria del riesgo ó del uso del sistema de tuberías, ésta puede llevarse a cabo por medio de una leyenda adicional o por un color aplicado en todo el sistema de tuberías ó por bandas de color.

Ejemplos de leyenda para dar una identificación positiva y una información suplementaria, para efectuar la observación de un riesgo ó un uso:

Agua	- Protección contra incendio
Amoníaco	- Anhídrido-Peligroso Líquido y Gas
Acetona	- Líquido extremadamente flamable
Hidrógeno	- Gas extremadamente flamable
Aire	- Gas-Alta presión
Dióxido de Carbono	- Protección contra incendio

2) Cuando se aplica un color ó bandas de color en todo el sistema de tuberías, se pueden usar para dar una información suplementaria y que puede ser de acuerdo a lo siguiente:

F- Equipo de protección contra incendio	Rojo
D- Materiales peligrosos	Amarillo (o anaranjado)
S- Materiales de poco peligro	Verde (o colores acromáticos como el blanco, negro, gris ó aluminio)
y cuando es requerido	
P- Materiales de protección	Azul claro

3) Los colores mencionados anteriormente se pueden utilizar para la identificación de las principales clasificaciones porque son fácilmente distinguibles bajo cualquier condición de iluminación normal. La figura 9.3.1 muestra las cuatro clasificaciones principales de bandas de color, el color de las letras de la leyenda y la sugestión del sitio de localización, también la recomendación del ancho de la banda de color "A", simultáneamente con la dimensión de las letras de la leyenda "B" para varios diámetros de tubería.

4) Las bandas de color, si son usadas, pueden pintarse o aplicarse en las tuberías de acuerdo a las cuatro clasificaciones principales con sus respectivos contenidos. Las bandas pueden ser instaladas en pequeños intervalos (suficientes para la claridad de identificación) de tuberías rectas, y adyacentes a todos los cambios de dirección, etc. El color puede complementarse con el uso de calcomanías o bandas de plástico de acuerdo a las normas.

Si se desea pintar toda la longitud del sistema de tuberías, puede efectuarse de acuerdo a la clasificación principal de color.

5) La atención prestada a la identificación está dada por la visibilidad con referencia a la distribución de la tubería. Cuando las líneas de tubería están localizadas a una distancia por encima de la línea normal de la visión, los letre-

ros pueden colocarse abajo de la línea horizontal del centro de la tubería tal y como se muestra en la figura 9.3.1.

6) En algunos casos el número y la localización de las marcas de identificación pueden estar basadas en el juicio de cada sistema particular de tuberías.

7) Observando el tipo y dimensión de las letras, el uso de patrones de normas de dimensiones, se recomienda que la altura de las letras sea de  $\frac{1}{2}$ " a  $3\frac{1}{2}$ " (1.3 a 8.9 cm).

8) Los casos en donde se decida pintar por completo la tubería, el patrón de color y de dimensiones de las letras de la leyenda en la tubería para la identificación del material conducido, puede efectuarse de acuerdo a las especificaciones mostradas en la figura 9.3.1.

Figura 9.3.1 Código para la clasificación del color de las bandas, color de las letras de la leyenda, sitio de la leyenda, ancho de las bandas de color y dimensiones de las letras para tubos de diferentes diámetros.

Código para la clasificación de los colores predominantes para las bandas		Color de las letras para las leyendas
F- Protección contra el fuego	Rojo	Blanco
D- Peligroso	Amarillo	Negro
S- Poco peligro	Verde	Negro
P- Protección	Azul	Blanco

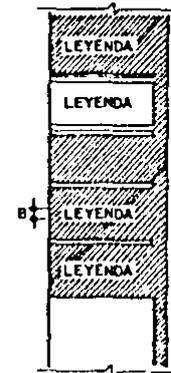
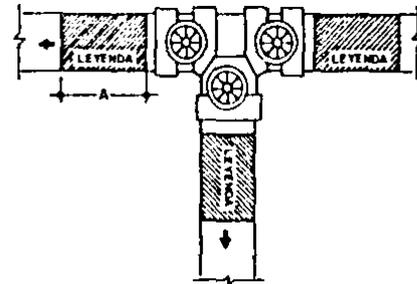
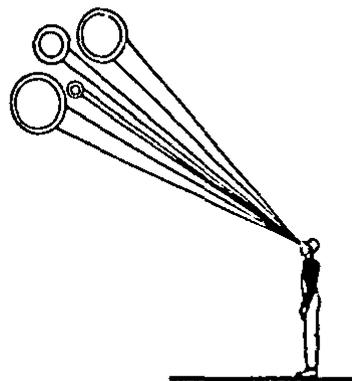


Figura 9.3.1 Código para la clasificación del color de las bandas, color de las letras de la leyenda, sitio de la leyenda, ancho de las bandas de color y dimensiones de las letras para tubos de diferentes diámetros (continuación).



Diámetro exterior del tubo ó del forro (pulg)	Ancho de la banda de color "A" (pulg)	Tamaño de las letras de la leyenda "B" (pulg)
3/4 a 1 1/4	8	1/2
1 1/4 a 2	8	3/4
2 1/4 a 6	12	1 1/4
8 a 10	24	2 1/4
Más de 10	32	3 1/4

#### 9.4 PROPIEDADES Y DIMENSIONES DE LAS TUBERIAS.

El uso de materiales resistentes a la corrosión en las tuberías, incluye aleaciones especiales de aceros, cobre y bronce. A continuación se describe brevemente la variedad de materiales usados para la construcción de tuberías y los tipos de tuberías disponibles:

**Tubería de acero forjado.-** El material usado en la tubería de acero, es un acero suave (dulce) producto de la fundición Bessemer, del crisol abierto, ó del proceso del horno eléctrico. Ordinariamente la tubería de acero forjado se fabrica moldeando hojas de acero en forma cilíndrica y soldando los bordes (tubería con costura) ó por moldaje ó regulación del temple por recalentamiento de un lingote sólido (tubería sin costura). Este tipo de tuberías se utilizan para altas presiones de trabajo ó algunas otras severas condiciones de operación.

**Tubería de hierro fundido.-** Esta clase de tubería se construye con un gran porcentaje de hierro fundido con ó sin adiciones de níquel, cromo, y otras aleaciones. Generalmente el uso de estas tuberías está destinado al drenaje de los muebles sanitarios de una edificación.

**Tubería de acero inoxidable.-** Una tubería de acero se considera inoxidable cuando contiene un mínimo del 10.5% de cromo en su elaboración. Esta clase de tuberías son utilizadas cuando se manejan altas temperaturas y fluidos ó gases altamente corrosivos.

**Tubería de cobre.-** Estas tuberías son sumamente resistentes a la corrosión y son utilizadas en procesos de calentamiento, ventilación y en instalaciones suplementarias de agua.

**Tuberías de P.V.C. (policloruro de vinilo).-** La tecnología de las tuberías de plástico es relativamente nueva, por lo que el empleo de ellas se limita a operaciones de trabajo normales y bajas presiones como es la conducción de agua a los diferentes servicios de una edificación, drenaje, irriga--

ción, etc. Tiene la cualidad de ser sumamente ligera y fácil de ensamblar, es altamente resistente a la corrosión y se puede obtener de ella pequeñas pérdidas de carga por fricción.

Dimensiones de tuberías comerciales.-

Las dimensiones de las tuberías comerciales están cubiertas por las siguientes especificaciones de la Sociedad Americana Para La Experimentación De Los Materiales De Los Estados Unidos: 1) Acero-ASTM A-120 y A-53; 2) Hierro forjado-ASTM A-72 y 3) Tubería de Cobre B-88. Las tablas 9.4.2 y 9.4.3 están basadas en éstas especificaciones.

La lista de la tabla 9.4.1 está basada en una fórmula para presiones de trabajo permisibles dadas por el Código De Normas Americanas Para Presiones De Tuberías De Estados Unidos. Por ejemplo: Una tubería de acero de 1/8" ( $\phi$ 3 mm) de diámetro de cédula 40, la presión de trabajo permisible es de 314 lbs/pulg<sup>2</sup> (22 kg/cm<sup>2</sup>), pero no obstante la tubería está probada a 700 lbs/pulg<sup>2</sup> (49 kg/cm<sup>2</sup>), esto se hace con el objeto de tener un margen de seguridad en la presión de trabajo.

Tabla 9.4.1 Aprovechamiento de la tubería de acero.

Material	Especificación	Diámetro Nominal (pulg)	Esfuerzo Permisible Lbs/pulg <sup>2</sup>
Soldadura a tope	A-120	1/8 a 4	6225
	A-53	1/8 a 4	6750
Soldadura sobrepuesta	A-120	2 a 12	8400
	A-53	2 a 24	9000
Resistencia eléctrica	A-53 Grado A	2 a 24	10200
	A-53 Grado B	2 a 24	12750
Sin costura	A-53 Grado A	2 a 24	12000
	A-53 Grado B	2 a 24	15000
	A-120	2 a 12	10400

El tubo de cobre generalmente se clasifica de acuerdo al espesor de su pared, y puede ser de la siguiente manera:

Tipo K - Pared gruesa  
Tipo L - Pared mediana  
Tipo M - Pared ligera

La tubería de plástico P.V.C., se divide de acuerdo al uso que tiene, y al tipo de unión que existe entre si, pudiendo ser tubería de acoplamiento Anger, para cementar y rosca-da.

Tabla 9.4.2 Dimensiones y propiedades de la tubería de acero.

Nom. Tubería	ASTM	Diámetro	Diámetro			Resaca			Sección Área			Área de Metal	Vol. de Gal. / Lin. P.	Wt. por Pie	Wt. por Pie	
			O	D	D	O	D	D	O	D	D					
1/2	40 (a)	0 405	0 294	0 063	0 106	0 704	0 139	0 0548	0 0750	0 02795	0 344	116 (a)				
	80 (a)	0 428	0 215	0 065	0 106	0 682	0 139	0 0525	0 0625	0 0219	0 316	104 (a)				
	X.X	0 440	0 204	0 064	0 141	0 643	0 239	0 104	0 123	0 02641	0 476	168 (a)				
3/4	40 (a)	0 425	0 307	0 063	0 141	0 643	0 239	0 104	0 123	0 02641	0 476	168 (a)				
	80 (a)	0 448	0 297	0 065	0 141	0 621	0 239	0 104	0 118	0 0251	0 433	153 (a)				
	X.X	0 460	0 286	0 064	0 176	0 583	0 339	0 161	0 167	0 03093	0 587	276 (a)				
1	40 (a)	0 475	0 357	0 063	0 176	0 583	0 339	0 161	0 167	0 03093	0 587	276 (a)				
	80 (a)	0 498	0 347	0 065	0 176	0 561	0 339	0 161	0 162	0 0296	0 538	261 (a)				
	X.X	0 510	0 336	0 064	0 211	0 503	0 439	0 218	0 217	0 03595	0 718	480 (a)				
1 1/2	40 (a)	0 525	0 407	0 063	0 211	0 503	0 439	0 218	0 217	0 03595	0 718	480 (a)				
	80 (a)	0 548	0 397	0 065	0 211	0 481	0 439	0 218	0 212	0 0346	0 669	465 (a)				
	X.X	0 560	0 386	0 064	0 246	0 423	0 539	0 276	0 267	0 04197	0 858	840 (a)				
2	40 (a)	0 575	0 457	0 063	0 246	0 423	0 539	0 276	0 267	0 04197	0 858	840 (a)				
	80 (a)	0 598	0 447	0 065	0 246	0 401	0 539	0 276	0 262	0 0406	0 809	825 (a)				
	X.X	0 610	0 436	0 064	0 281	0 343	0 639	0 334	0 333	0 04899	1 008	1440 (a)				
2 1/2	40 (a)	0 625	0 507	0 063	0 281	0 343	0 639	0 334	0 333	0 04899	1 008	1440 (a)				
	80 (a)	0 648	0 497	0 065	0 281	0 321	0 639	0 334	0 328	0 0476	0 959	1425 (a)				
	X.X	0 660	0 486	0 064	0 316	0 263	0 739	0 392	0 391	0 05691	1 148	2160 (a)				
3	40 (a)	0 675	0 557	0 063	0 316	0 263	0 739	0 392	0 391	0 05691	1 148	2160 (a)				
	80 (a)	0 698	0 547	0 065	0 316	0 241	0 739	0 392	0 386	0 0556	1 099	2145 (a)				
	X.X	0 710	0 536	0 064	0 351	0 183	0 839	0 450	0 449	0 06493	1 288	3240 (a)				
3 1/2	40 (a)	0 725	0 607	0 063	0 351	0 183	0 839	0 450	0 449	0 06493	1 288	3240 (a)				
	80 (a)	0 748	0 597	0 065	0 351	0 161	0 839	0 450	0 444	0 0636	1 239	3225 (a)				
	X.X	0 760	0 586	0 064	0 386	0 103	0 939	0 508	0 507	0 07295	1 428	4320 (a)				
4	40 (a)	0 775	0 657	0 063	0 386	0 103	0 939	0 508	0 507	0 07295	1 428	4320 (a)				
	80 (a)	0 798	0 647	0 065	0 386	0 081	0 939	0 508	0 503	0 0716	1 379	4305 (a)				
	X.X	0 810	0 636	0 064	0 421	0 023	1 039	0 566	0 565	0 08097	1 568	5400 (a)				
5	40 (a)	0 825	0 707	0 063	0 421	0 023	1 039	0 566	0 565	0 08097	1 568	5400 (a)				
	80 (a)	0 848	0 697	0 065	0 421	0 001	1 039	0 566	0 560	0 0796	1 519	5385 (a)				
	X.X	0 860	0 686	0 064	0 456	0 053	1 139	0 624	0 623	0 08899	1 708	6480 (a)				
6	40 (a)	0 875	0 757	0 063	0 456	0 053	1 139	0 624	0 623	0 08899	1 708	6480 (a)				
	80 (a)	0 898	0 747	0 065	0 456	0 031	1 139	0 624	0 618	0 0876	1 659	6465 (a)				
	X.X	0 910	0 736	0 064	0 491	0 073	1 239	0 682	0 681	0 09691	1 848	7560 (a)				
8	40 (a)	0 925	0 807	0 063	0 491	0 073	1 239	0 682	0 681	0 09691	1 848	7560 (a)				
	80 (a)	0 948	0 797	0 065	0 491	0 051	1 239	0 682	0 676	0 0956	1 799	7545 (a)				
	X.X	0 960	0 786	0 064	0 526	0 093	1 339	0 740	0 739	0 10493	1 988	8640 (a)				
10	40 (a)	0 975	0 857	0 063	0 526	0 093	1 339	0 740	0 739	0 10493	1 988	8640 (a)				
	80 (a)	0 998	0 847	0 065	0 526	0 071	1 339	0 740	0 734	0 1036	1 939	8625 (a)				
	X.X	1 010	0 836	0 064	0 561	0 113	1 439	0 798	0 797	0 11295	2 128	9720 (a)				
12	40 (a)	1 025	0 907	0 063	0 561	0 113	1 439	0 798	0 797	0 11295	2 128	9720 (a)				
	80 (a)	1 048	0 897	0 065	0 561	0 091	1 439	0 798	0 792	0 1116	2 079	9705 (a)				
	X.X	1 060	0 886	0 064	0 596	0 133	1 539	0 856	0 855	0 12097	2 268	10800 (a)				
14	40 (a)	1 075	0 957	0 063	0 596	0 133	1 539	0 856	0 855	0 12097	2 268	10800 (a)				
	80 (a)	1 098	0 947	0 065	0 596	0 111	1 539	0 856	0 850	0 1196	2 219	10785 (a)				
	X.X	1 110	0 936	0 064	0 631	0 153	1 639	0 914	0 913	0 12899	2 408	11880 (a)				
16	40 (a)	1 125	1 007	0 063	0 631	0 153	1 639	0 914	0 913	0 12899	2 408	11880 (a)				
	80 (a)	1 148	0 997	0 065	0 631	0 131	1 639	0 914	0 908	0 1276	2 359	11865 (a)				
	X.X	1 160	0 986	0 064	0 666	0 173	1 739	0 972	0 971	0 13691	2 548	12960 (a)				
18	40 (a)	1 175	1 057	0 063	0 666	0 173	1 739	0 972	0 971	0 13691	2 548	12960 (a)				
	80 (a)	1 198	1 047	0 065	0 666	0 151	1 739	0 972	0 966	0 1356	2 499	12945 (a)				
	X.X	1 210	1 036	0 064	0 701	0 193	1 839	1 030	1 029	0 14493	2 688	14040 (a)				
20	40 (a)	1 225	1 107	0 063	0 701	0 193	1 839	1 030	1 029	0 14493	2 688	14040 (a)				
	80 (a)	1 248	1 097	0 065	0 701	0 171	1 839	1 030	1 024	0 1436	2 639	14025 (a)				
	X.X	1 260	1 086	0 064	0 736	0 213	1 939	1 088	1 087	0 15295	2 828	15120 (a)				
24	40 (a)	1 325	1 167	0 063	0 736	0 213	1 939	1 088	1 087	0 15295	2 828	15120 (a)				
	80 (a)	1 348	1 157	0 065	0 736	0 191	1 939	1 088	1 082	0 1516	2 779	15105 (a)				
	X.X	1 360	1 146	0 064	0 771	0 233	2 039	1 146	1 145	0 16097	2 968	16200 (a)				
30	40 (a)	1 425	1 227	0 063	0 771	0 233	2 039	1 146	1 145	0 16097	2 968	16200 (a)				
	80 (a)	1 448	1 217	0 065	0 771	0 211	2 039	1 146	1 140	0 1596	2 919	16185 (a)				
	X.X	1 460	1 206	0 064	0 806	0 253	2 139	1 204	1 203	0 16899	3 108	17280 (a)				
36	40 (a)	1 525	1 287	0 063	0 806	0 253	2 139	1 204	1 203	0 16899	3 108	17280 (a)				
	80 (a)	1 548	1 277	0 065	0 806	0 231	2 139	1 204	1 198	0 1676	3 059	17265 (a)				
	X.X	1 560	1 266	0 064	0 841	0 273	2 239	1 262	1 261	0 17691	3 248	18360 (a)				
42	40 (a)	1 625	1 347	0 063	0 841	0 273	2 239	1 262	1 261	0 17691	3 248	18360 (a)				
	80 (a)	1 648	1 337	0 065	0 841	0 251	2 239	1 262	1 256	0 1756	3 199	18345 (a)				
	X.X	1 660	1 326	0 064	0 876	0 293	2 339	1 320	1 319	0 18493	3 388	19440 (a)				
48	40 (a)	1 725	1 407	0 063	0 876	0 293	2 339	1 320	1 319	0 18493	3 388	19440 (a)				
	80 (a)	1 748	1 397	0 065	0 876	0 271	2 339	1 320	1 314	0 1836	3 339	19425 (a)				
	X.X	1 760	1 386	0 064	0 911	0 313	2 439	1 378	1 377	0 19295	3 528	20520 (a)				
60	40 (a)	1 825	1 467	0 063	0 911	0 313	2 439	1 378	1 377	0 19295	3 528	20520 (a)				
	80 (a)	1 848	1 457	0 065	0 911	0 291	2 439	1 378	1 372	0 1916	3 479	20505 (a)				
	X.X	1 860	1 446	0 064	0 946	0 333	2 539	1 436	1 435	0 20097	3 668	21600 (a)				
72	40 (a)	1 925	1 527	0 063	0 946	0 333	2 539	1 436	1 435	0 20097	3 668	21600 (a)				
	80 (a)	1 948	1 517	0 065	0 946	0 311	2 539	1 436</								

**Tabla 9.4.2 Dimensiones y propiedades de la tubería de acero  
(continuación).**

- 1) Los diámetros para el hierro forjado son aproximadamente los mismos, excepto que el espesor de la pared es ligeramente más grueso.
- 2) Los números 30, 40, etc, se refieren a la cédula ASTM; la letra "s" se refiere a la forma de designar el "Peso Standar"; la letra "x" se refiere a la forma de designar "Extra Fuerte" las letras "XX" se refieren a la forma de designar "Fuerte Extra Doble".
- 3) El peso por pie está basado para el fin de una tubería desnuda.
- 4) La presión de trabajo para el empalme de la soldadura:
  - a) Presión de trabajo basada en un esfuerzo permisible de 6225 lbs/pulg<sup>2</sup> a 250°F.
  - b) Presión de trabajo basado en un esfuerzo permisible de 8400 lbs/pulg<sup>2</sup> a 250°F.
  - c) Presión de trabajo basado en un esfuerzo permisible de 12000 lbs/pulg<sup>2</sup> a 250°F.

Tabla 9.4.3 Dimensiones y propiedades para la tubería de cobre  
(para los tipos K, L, M basados en la norma ASTM  
B-88).

Nom. Size	Type	Diameter		Wall Thickness in	Surface Area Sq. Ft. Lin. Ft.			Section Area Sq. In.			Area of Metal Sq. Ft.	Volume Cu. Lin. Ft.	Weight Lbs./Lin. Ft.	Maximum Fas. Press. psi
		O.D. in	I.D. in		O	D	I	O	D	I				
1/4"	K*	0.375	0.308	0.015	0.0047	0.0786	0.110	0.0130	0.0374	0.00170	0.141	0.170	0.141	815
	L*	0.375	0.312	0.010	0.0047	0.0828	0.110	0.0170	0.0394	0.00170	0.141	0.170	0.141	794
3/8"	K	0.380	0.407	0.040	0.131	0.103	0.100	0.137	0.0965	0.00400	0.298	0.360	0.298	957
	L	0.380	0.430	0.035	0.131	0.112	0.100	0.145	0.0813	0.00353	0.305	0.360	0.305	877
1/2"	K	0.425	0.537	0.040	0.164	0.124	0.100	0.218	0.0967	0.00413	0.413	0.513	0.413	1255
	L	0.425	0.543	0.040	0.164	0.143	0.100	0.233	0.0716	0.00371	0.413	0.513	0.413	1215
5/8"	K	0.500	0.637	0.040	0.193	0.171	0.141	0.330	0.100	0.00413	0.513	0.613	0.513	1515
	L	0.500	0.649	0.042	0.193	0.171	0.141	0.348	0.0854	0.00371	0.513	0.613	0.513	1447
3/4"	K	0.675	0.845	0.045	0.270	0.226	0.201	0.410	0.145	0.00413	0.713	0.813	0.713	2115
	L	0.675	0.863	0.045	0.270	0.250	0.201	0.440	0.117	0.00371	0.713	0.813	0.713	2047
1"	K	1.125	1.045	0.045	0.283	0.290	0.264	0.770	0.215	0.00405	0.913	1.013	0.913	2715
	L	1.125	1.075	0.040	0.283	0.268	0.264	0.832	0.180	0.00412	0.913	1.013	0.913	2627
1 1/4"	K	1.375	1.245	0.065	0.360	0.270	0.241	1.21	0.360	0.0036	1.04	1.14	1.04	3080
	L	1.375	1.263	0.055	0.360	0.311	0.241	1.29	0.274	0.0035	1.04	1.14	1.04	2977
1 1/2"	K	1.375	1.245	0.065	0.423	0.310	0.277	1.43	0.413	0.0036	1.14	1.24	1.14	3415
	L	1.375	1.263	0.060	0.423	0.310	0.277	1.52	0.360	0.0036	1.14	1.24	1.14	3307
2"	K	1.375	1.245	0.075	0.550	0.370	0.346	2.07	0.513	0.0037	1.24	1.34	1.24	3815
	L	1.375	1.263	0.070	0.550	0.370	0.346	2.19	0.413	0.0037	1.24	1.34	1.24	3687
2 1/2"	K	1.375	1.245	0.085	0.623	0.410	0.377	2.43	0.513	0.0037	1.34	1.44	1.34	4215
	L	1.375	1.263	0.080	0.623	0.410	0.377	2.57	0.413	0.0037	1.34	1.44	1.34	4087
3"	K	1.375	1.245	0.100	0.710	0.481	0.413	2.87	0.613	0.0037	1.44	1.54	1.44	4615
	L	1.375	1.263	0.095	0.710	0.481	0.413	3.03	0.513	0.0037	1.44	1.54	1.44	4487
3 1/2"	K	1.375	1.245	0.110	0.810	0.541	0.413	3.33	0.713	0.0037	1.54	1.64	1.54	5015
	L	1.375	1.263	0.105	0.810	0.541	0.413	3.51	0.613	0.0037	1.54	1.64	1.54	4887
4"	K	1.375	1.245	0.120	0.910	0.601	0.413	3.63	0.813	0.0037	1.64	1.74	1.64	5315
	L	1.375	1.263	0.115	0.910	0.601	0.413	3.83	0.713	0.0037	1.64	1.74	1.64	5187
4 1/2"	K	1.375	1.245	0.130	1.010	0.661	0.413	3.93	0.913	0.0037	1.74	1.84	1.74	5715
	L	1.375	1.263	0.125	1.010	0.661	0.413	4.15	0.813	0.0037	1.74	1.84	1.74	5587
5"	K	1.375	1.245	0.140	1.110	0.721	0.413	4.03	1.013	0.0037	1.84	1.94	1.84	6115
	L	1.375	1.263	0.135	1.110	0.721	0.413	4.27	0.913	0.0037	1.84	1.94	1.84	5987
5 1/2"	K	1.375	1.245	0.150	1.210	0.781	0.413	4.13	1.113	0.0037	1.94	2.04	1.94	6615
	L	1.375	1.263	0.145	1.210	0.781	0.413	4.39	1.013	0.0037	1.94	2.04	1.94	6487
6"	K	1.375	1.245	0.160	1.310	0.841	0.413	4.03	1.213	0.0037	2.04	2.14	2.04	7115
	L	1.375	1.263	0.155	1.310	0.841	0.413	4.31	1.113	0.0037	2.04	2.14	2.04	6987
6 1/2"	K	1.375	1.245	0.170	1.410	0.901	0.413	3.93	1.313	0.0037	2.14	2.24	2.14	7615
	L	1.375	1.263	0.165	1.410	0.901	0.413	4.23	1.213	0.0037	2.14	2.24	2.14	7487
7"	K	1.375	1.245	0.180	1.510	0.961	0.413	3.83	1.413	0.0037	2.24	2.34	2.24	8115
	L	1.375	1.263	0.175	1.510	0.961	0.413	4.15	1.313	0.0037	2.24	2.34	2.24	7987
8"	K	1.375	1.245	0.190	1.610	1.021	0.413	3.73	1.513	0.0037	2.34	2.44	2.34	8615
	L	1.375	1.263	0.185	1.610	1.021	0.413	4.07	1.413	0.0037	2.34	2.44	2.34	8487
9"	K	1.375	1.245	0.200	1.710	1.081	0.413	3.63	1.613	0.0037	2.44	2.54	2.44	9115
	L	1.375	1.263	0.195	1.710	1.081	0.413	3.99	1.513	0.0037	2.44	2.54	2.44	8987
10"	K	1.375	1.245	0.210	1.810	1.141	0.413	3.53	1.713	0.0037	2.54	2.64	2.54	9615
	L	1.375	1.263	0.205	1.810	1.141	0.413	3.91	1.613	0.0037	2.54	2.64	2.54	9487
12"	K	1.375	1.245	0.230	2.010	1.241	0.413	3.33	1.913	0.0037	2.64	2.74	2.64	10415
	L	1.375	1.263	0.225	2.010	1.241	0.413	3.73	1.813	0.0037	2.64	2.74	2.64	10287

a) El peso por pie está basado en tubos sin coples.  
b) La presión de trabajo está basada en un esfuerzo permisible de 6000 lbs/pulg<sup>2</sup>.

Tabla 9.4.4 Rangos de presión de agua a 73°F (23°C) para tubería de plástico P.V.C., cédula 40.

Nominal Pipe Size In.	Pressure Ratings, psi			
	PVC1120 CPVC 4120	PVC 2118	PVC 2110	PVC 2112
1/8	600	450	300	270
1/4	480	390	240	300
1/2	450	360	270	280
3/4	370	290	180	230
1	370	260	170	210
2	280	270	140	170
2 1/2	300	240	150	190
3	260	210	130	160
3 1/2	240	190	120	150
4	270	180	110	140
5	190	160	100	120
6	180	140	90	110
8	160	120	80	100
10	140	110	-	90
12	130	110	-	80

Nota: Estos rangos de presión únicamente son para tuberías de P.V.C., sin rosca.

Tabla 9.4.5 Rangos de presión de agua a 73°F (23°C) para tubería de plástico P.V.C., cédula 80.

Nominal Pipe Size In.	Pressure Ratings, psi							
	CPVC 4120		PVC 2118		PVC 2112		PVC 2110	
	Unthreaded	Threaded	Unthreaded	Threaded	Unthreaded	Threaded	Unthreaded	Threaded
1/8	850	470	880	340	530	280	470	210
1/4	890	340	650	280	430	210	340	170
1/2	830	370	500	250	390	200	320	160
3/4	670	260	470	210	320	180	280	130
1	470	240	380	190	290	150	240	120
2	400	200	320	160	250	130	200	100
2 1/2	420	340	340	170	280	130	210	110
3	370	190	300	150	230	120	190	90
3 1/2	350	170	280	140	220	110	170	80
4	320	160	260	130	200	100	160	80
5	290	140	230	120	180	90	140	-
6	280	140	220	110	170	90	140	-
8	250	120	200	100	150	80	120	-
10	230	120	190	90	150	-	120	-
12	230	110	180	90	140	-	110	-

Tabla 9.4.6 Rangos de presión de agua a 73°F (23°C) para tubería de plástico P.V.C., cédula 120.

Nominal Pipe Size in.	Pressure Ratings, psi							
	EPVC 4120		PVC 2116		PVC 2112		PVC 2110	
	PVC 1120	PVC 1220	Unthreaded	Threaded	Unthreaded	Threaded	Unthreaded	Threaded
3/4	1010	510	810	410	630	320	510	250
1	770	390	620	310	480	240	360	190
1 1/4	720	360	570	290	450	220	360	180
1 1/2	660	330	480	240	370	190	300	150
2	540	270	430	210	340	170	270	130
2 1/2	470	240	390	190	290	150	240	120
3	470	230	370	190	290	150	230	120
3 1/2	440	220	360	180	280	140	220	110
4	380	190	310	150	240	120	190	100
4 1/2	430	220	340	170	270	130	220	110
5	400	200	320	160	250	120	200	100
6	370	190	300	150	230	120	190	90
8	380	180	290	140	230	110	180	90
10	370	180	290	140	230	110	180	90
12	340	170	270	140	210	110	170	80

## CAPITULO 10 CONCLUSIONES.

Resumiendo lo que ha expuesto en éste trabajo, se presenta en el capítulo 11 un ejemplo de diseño y cálculo de una instalación hidráulica, sanitaria y de protección contra incendio a base de hidrantes y extintores para un hotel que cuenta con los siguientes elementos:

1) Planta baja.-lugar donde se encuentra el cuarto de máquinas, la cisterna para almacenar el agua que alimentará el hotel, áreas rentables, almacenes varios y el ingreso para huéspedes.

2) Planta mezzanine.-se localizan áreas rentables y oficinas.

3) Planta 1º piso.-en ésta planta se localiza el cuarto de máquinas de la alberca, cocina, bar, restaurant y locales para eventos especiales.

4) Plantas tipo.-consta de cinco niveles tipo que alojan a 24 cuartos en cada planta, haciendo un total de 120 cuartos.

5) Planta azotea.-se localiza el cuarto de máquinas del elevador, así como las manejadoras y torres de enfriamiento del aire acondicionado.

Los planos presentan únicamente la instalación hidráulica, sanitaria y de protección contra incendio, suponiendo que las instalaciones no afectan a los elementos estructurales del hotel, para fines de construcción, es necesario preveer ductos y detallar pasos en concreto si fuera necesario para no dañar la estructura del hotel, así mismo se deberán evitar las instalaciones ahogadas en losas columnas, etc. para ésto, es necesario conocer los planos estructurales y solicitar cierta coordinación entre los proyectistas que desarrollen la totalidad de especialidades que intervienen en cualquier obra de ésta naturaleza.

La alimentación de agua del hotel se efectuará a base de dos presiones independientes que estarán dadas por dos equipos hidroneumáticos, esto se hace con el fin de separar dos grandes zonas bien definidas tanto arquitectónicamente como en su tipo de servicio; podría haberse diseñado con un solo equipo hidroneumático, pero sería de mayor capacidad cada uno de sus elementos, el consumo de energía por cada arranque del equipo sería mayor así como el mantenimiento por unidad; en el caso del equipo propuesto en el ejemplo, permite diferir más la operación para ciertas demandas y se cuenta con dos sistemas totalmente independientes.

La alimentación del agua caliente se llevará a cabo por medio de dos tanques de almacenamiento a presión (uno para cada zona). El suministro de vapor a los equipos que lo requieran se efectuará por medio de un cabezal para vapor que distribuirá las líneas a las calderas, y a la red de vapor.

El sistema de drenaje sanitario y el pluvial opera por gravedad, los colectores generales de cada sistema se unen en un pozo de visita exterior que está conectado al sistema municipal.

La altura total del edificio de 28.0 mts. y la altura de succión es de 2.5 mts.; las acotaciones de las plantas arquitectónicas están dadas en metros.

**CAPITULO 11 EJEMPLO: PROYECTO Y CALCULO DE UN HOTEL.**

a) Especificaciones de los materiales a utilizar en las instalaciones: Hidráulica, Sanitaria y Sistema de Protección Contra Incendio para el Hotel .

1.0 Desagües y doble ventilación de núcleos sanitarios, toilets, columnas y colectores de aguas negras y pluviales.

1.1 Tubería y conexiones para diámetros de 150 mm. y menores: Deberán ser de P.V.C. Sanitario tipo Anger.

1.2 Tubería y conexiones para diámetros de 200 mm. y mayores: Deberán ser de P.V.C. tipo Alcantarillado para cementar.

2.0 Desagües y doble ventilación en área de cocinas y barras de bares.

2.1 Tubería y conexiones para diámetros de 100 mm. y mayores: Deberán ser de Fierro Fundido Centrifugado, con espiga y campana para calafatear.

2.2 Tubería para diámetros menores de 100 mm Deberán ser de cobre rígido tipo "M".

2.3 Conexiones: Deberán ser de cobre o bronce para soldar.

2.4 Trampas de grasa: Deberán ser del modelo indicado en los planos del proyecto.

2.5 Coladeras: Deberán ser del modelo indicado en los planos del proyecto.

2.6 Las tuberías que crucen zonas delicadas, (indicadas en los planos de proyecto) tales como cámaras frías, etc., deberán ser de acero al carbón sin costura, tipo A-120, cédula 40; y conexiones de acero al carbón forjadas, para 150 psig pared standard.

2.7 Las tuberías que esten en el interior de las cámaras frías, deberán aislarse con medios cilindros prefor-

mados, de espuma de poliuretano, acabado con barrera de vapor tipo Fiver-Vap #5.

3.0 Alimentaciones de agua fría, agua caliente y retorno de agua caliente en el interior de los núcleos sanitarios y de servicios.

3.1 Tubería: Deberán ser de cobre rígido tipo "M".

3.2 Conexiones: Deberán ser de bronce o cobre para soldar.

3.3 Válvulas: Deberán ser de compuerta con cuerpo de bronce, con extremos para soldar.

4.0 Redes generales de alimentaciones de agua fría, agua caliente y retorno de agua caliente (Hasta la válvula de control de cada núcleo sanitario).

4.1 Tuberías: Deberán ser de acero galvanizado por inmersión tipo A-120 cédula 40.

4.2 Conexiones: Deberán ser de hierro maleable galvanizado, con rosca standard.

4.3 Válvulas de 51 mm. y menores: Deberán ser de compuerta con cuerpo de bronce, con extremos para roscar.

4.4 Válvulas mayores de 64mm.: Deberán ser de compuerta, con cuerpo de hierro, extremos bridados.

4.5 Válvulas de compuerta en equipos de la sala de máquinas para diámetros de 51mm. y mayores: Deberán ser de compuerta, con cuerpo de hierro, extremos bridados.

4.6 Válvulas de retención (Checks) para diámetros de 51 mm. y menores: Deberán ser con cuerpo de bronce, extremos roscados.

4.7 Válvulas de retención (Checks) para diámetros de 64 mm. y mayores: Deberán ser con cuerpo de hierro, extremos bridados.

4.8 Válvulas de cierre amortiguado: Deberán colocarse entre bridas, y ser del tipo Duo-Check, que deberán ser instalados en todos los casos, en los equipos de bombeo, tanto en bombas como en tanques de presión.

4.9 Válvulas de retención (Checks) en equipos de la sala de máquinas, para diámetros de 51 mm. y mayores: Similar al punto (4.7).

4.10 Válvulas de pie: Deberán colocarse entre bridas, para una presión de trabajo de 125 psig.

4.11 Válvulas eliminadoras de aire: Deberán ser con cuerpo de semi-acero, para una presión de trabajo de 150 psig.

4.12 Manómetros: Deberán ser para un rango de 0 a 14 Kgs/cm<sup>2</sup> con carátula de 64 mm. de diámetro y con válvula de compuerta (similar al punto 4.3).

4.13 Termómetros: Deberán ser para un rango de 0°C a 150°C, tipo bimetalico, con carátula de 75 mm. de diámetro y bulbo de 100 mm. de longitud.

4.14 Válvulas de alivio de presión: Deberán ser para una sobrepresión del 10% como máximo.

4.15 Juntas para expansión térmica: Deberán ser del tipo Compensador de Dilatación Térmica, con cuerpo de acero al carbón, extremos bridados ASA-150 y fuelle de acero inoxidable A-304, para trabajar a una presión de 150 psig. y temperatura de diseño de 400°C.

4.16 Mangueras flexibles: Deberán ser de acero inoxidable tipo A-304 ó A-321, con corrugado anular y una malla de acero inoxidable, para una presión de trabajo de 150 psig extremos bridados, en las longitudes libres de manguera (aparte la longitud de conexiones) indicadas:

Para diámetro de 13 mm. 250 mm. de longitud.  
 Para diámetro de 19 mm. 285 mm. de longitud.  
 Para diámetro de 25 mm. 315 mm. de longitud.  
 Para diámetro de 32 mm. 385 mm. de longitud.  
 Para diámetro de 38 mm. 335 mm. de longitud.  
 Para diámetro de 50 mm. 375 mm. de longitud.  
 Para diámetro de 64 mm. 400 mm. de longitud.  
 Para diámetro de 75 mm. 445 mm. de longitud.  
 Para diámetro de 100 mm. 485 mm. de longitud.

5.0 Red general del sistema de protección contra incendio a base de gabinetes con manguera y extintores.

5.1 Tubería: Similar al punto (4.1).

5.2 Conexiones: Similar al punto (4.2).

5.3 Válvulas: Similar a los puntos (4.3), (4.4) y (4.5).

5.4 Válvulas de retención: Similar a los puntos (4.6), (4.7) y (4.9).

5.5 Válvulas de cierre amortiguado: Similar al punto (4.8).

5.6 Manómetros: Similar al punto (4.12).

5.7 Tomas siamesas: Deberán ser de bronce totalmente cromadas, con placa redonda conteniendo la inscripción "BOMBEROS", con dos entradas de 64 mm. de diámetro, cada una con tapones y cadenas, con rosca standard que usa el H. Cuerpo de Bomberos y salida de 100 mm. de diámetro.

5.8 Gabinetes contra incendio: Cada gabinete tendrá las siguientes características: Serán para empotrar o sobreponer, fabricados en lámina con cerradura y dos llaves, sin vidrio, terminados en pintura anticorrosiva de fondo, con cuna integral para plegar la manguera, modelo ST-50C conteniendo cada uno:

5.8.1 Una válvula de globo angular de 51 mm. de diámetro, en bronce cromado, con asiento intercambiable.

5.8.2 Una llave para ajustar coples.

5.8.3 Un adaptador de bronce cromado de 51 mm. a 38 mm. de diámetro.

5.8.4 Un tramo de manguera ROBUST tipo CONTRATISTA de 38 mm. de diámetro por 30.0 mts. de longitud, con coples de rosca IPT.

5.8.5 Un chiflón de tres pasos (cerrado, niebla y chorro), en bronce cromado para diámetro de 38 mm. con rosca IPT.

5.9 Extintores:

5.9.1 Tipo ABC: Deberán ser a base de polvo químico seco ABC, con manómetro para control de presión; descarga controlable; capacidad de 6.0 Kgs/cm<sup>2</sup>; mod PUM-15.

5.9.2 Tipo BC: Deberán ser a base de bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), con manómetro para control de presión, descarga controlable, boquilla de material sintético no conductor de electricidad, con capacidad de  $4.5 \text{ kgs/cm}^2$ , modelo C-10.

5.9.3 Tipo ABC (para controles e instrumentos delicados): Deberán ser a base de HALON 1201 ó HALON 1311 con manómetro para control de presión, descarga controlable, con capacidad de  $4.5 \text{ kgs/cm}^2$ , modelo PA-10.

5.10 Mangueras flexibles: Similar al punto (4.16).

6.0 Líneas generales de vapor, condensado y ventilación del tanque de condensados.

6.1 Tuberías: Deberán ser de acero negro A-120, cédula 40.

6.2 Conexiones: Deberán ser de hierro maleable, con rosca standard, para una presión de trabajo de 150 psig

6.3 Válvulas para diámetros de 51 mm. y menores: Deberán ser de globo con cuerpo de bronce, asiento intercambiable, y extremos roscados para una presión de trabajo de 150 psig.

6.4 Válvulas para diámetros de 64 mm. y mayores: Deberán ser de globo, con cuerpo de hierro, extremos bridados.

6.5 Válvulas para diámetros de 51 mm. y mayores para los equipos en la sala de máquinas: Similar al punto (6.4).

6.6 Válvulas de retención (Checks) para diámetros de 51 mm. y menores: Similar al punto (4.6).

6.7 Válvulas de retención para diámetros de 64 mm. y mayores: Similar al punto (4.7).

6.8 Válvulas de retención para diámetros de 51 mm. y mayores para equipos en la sala de máquinas: Similar al punto (4.7).

6.9 Filtros para diámetros de 51 mm. y menores: Deberán ser del tipo "Y" con cuerpo de semi-acero, para una

presión de trabajo de 250 psig., modelo "AT", contando con una válvula de compuerta (similar al punto 4.3) del diámetro del orificio de purga del filtro.

6.10 Filtros para diámetros de 64 mm. y mayores: Deberán ser del tipo "Y" con cuerpo de semi-acero, para una presión de trabajo de 125 psig., modelo "D" standard, contando con una válvula de compuerta (similar al punto 4.3) del diámetro del orificio de purga del filtro.

6.11 Filtros para diámetros de 51 mm. y mayores en equipos de la sala de máquinas: Similar al punto (6.10).

6.12 Válvulas reductoras de presión: Deberán ser del modelo "ED" para vapor, para una presión de trabajo de 125 psig.; presión de entrada de 100 psig., y presión de salida de 30 psig.

6.13 Válvulas reguladoras de temperatura: Deberán ser del modelo ET-14 para vapor, para una presión de trabajo de 125 psig.; con rango de control de temperatura de 0°C a 100°C y tubo capilar de 3.0 mts.

6.14 Trampas para vapor : Deberán ser de los modelos indicados en los planos del proyecto.

6.15 Manómetros: Similar al punto (4.12).

6.16 Válvulas de seguridad: Deberán ser del modelo 1542, para una sobrepresión del 10% como máximo.

6.17 Juntas de expansión: Similar al punto (4.15).

6.18 Mangueras flexibles: Similar al punto (4.16).

7.0 Aislamientos térmicos: Se deberá usar aislamiento térmico de fibra de vidrio en medios cilindros preformados, tipo Vitroform, con las siguientes características: Conductividad térmica, 0.0278 kcal./m<sup>2</sup>hr°C a 24°C de temperatura; Densidad de 88.1 kg/m<sup>3</sup>; Absorción de humedad 0.02% por volumen en 24 hrs. a 120°F y 95% hr.; Calor específico 0.20 btu/lb/°F; valor de permeancia al vapor de agua 0.01 granos/hr. por pulgada de mercurio; Difusividad térmica 0.015 pie<sup>2</sup>/hr a 75°F de tempera

tura promedio.

7.1 Para tuberías de agua caliente y retorno de agua caliente: En diámetros de 13 a 38 mm., espesor de 19 mm. En diámetros de 50 mm. y mayores, espesor de 25 mm.

7.2 Para tuberías de vapor de alta presión (mayor de 30 psig): En diámetros de 13 a 38 mm., espesor de 38 mm.; En diámetros de 50 mm. y mayores, espesor de 50 mm.

7.3 Para tubería de vapor de baja presión (30 psig y menor): En diámetros de 13 a 25 mm., espesor de 25 mm. En diámetros de 32 a 50 mm., espesor de 38 mm.

7.4 Para tuberías de condensado y ventilación del tanque de condensados: Similar al punto (7.1).

7.5 En todas las tuberías aparentes en zonas de circulación en la casa de máquinas y cocinas se deberá cubrir el aislamiento térmico con lámina de aluminio corrugado Cal. #32 sujetado con flejes del mismo material.

7.6 Los codos y piezas especiales de las tuberías aparentes en zonas de circulación en la sala de máquinas y cocinas, deberán aislarse con cemento monolítico aislante tipo CEASIL 1000 reforzado con malla galvanizada de 19 mm. y terminado con emulsión asfáltica tipo Fiver-Vap #5.

7.7 El aislamiento térmico de los tanques de agua caliente, purgas de calderas y el tanque de condensados, deberá aislarse con placa de fibra de vidrio, cemento monolítico aislante tipo Eslan reforzado con malla exagonal de 19 mm., protección a base de emulsión asfáltica tipo FIBERMASTIC con malla de 19 mm. y acabado con pintura especial.

#### 8.0 Materiales de unión.

8.1 Para tuberías y conexiones de P.V.C. tipo Anger se deberán usar anillos de empaque y lubricante especial.

8.2 Para tubería y conexiones de P.V.C. tipo cementar, se deberá usar limpiador y cemento especial.

8.3 Para tubería y conexiones galvanizadas se deberá usar compuesto POLA ó sellador para roscas.

8.4 Para tubería y conexiones de cobre (agua fría), se deberá usar soldadura de estaño del #50, aplicando pasta fundente.

8.5 Para tuberías y conexiones de cobre (agua caliente), se deberá usar soldadura de estaño del #95, aplicando pasta fundente.

8.6 Para tuberías y conexiones de fierro fundido se deberá usar estopa alquitranada de primera, retacada con plomo dulce en lingote con un 95% de pureza.

8.7 Para tuberías de acero negro, se deberá usar sellador para roscas ó cinta de teflón de 25 mm. de ancho.

8.8 Para tuberías y conexiones de acero al carbón, se deberá emplear soldadura de arco eléctrico, polaridad inversa, empleando electrodos tipo 6010, del diámetro e intensidad de corriente adecuada para cada diámetro de tubería.

8.9 Para las bridas en tuberías de agua, deberán emplearse empaques de plomo.

8.10 Para las bridas en tuberías de vapor y condensado, deberán emplearse empaques de GARLOK grafitado.

9.0 Líneas de alimentación de diesel y ventilación de los tanques de diesel.

9.1 Tuberías: Similar al punto (6.1).

9.2 Conexiones: Similar al punto (6.2).

9.3 Válvulas: Similar al punto (4.3).

9.4 Válvulas de retención (Checks): Similar al punto (4.6).

9.5 Válvulas de alivio de presión: Similar al punto (4.14).

9.6 Filtros: Similar al punto (6.9).

9.7 Manómetros: Similar al punto (4.12).

10.0 Soportería.

10.1 Las abrazaderas y soportes deberán ser de herrería convenientemente diseñados y deberán fijarse adecuadamente a los elementos estructurales. Para tuberías paralelas y a un mismo nivel, se diseñaran soportes tipo cuna. Los soportes

deberán incluir los accesorios necesarios para su fijación, tales como: Tornillos, rondanas, tuercas, taquetes de expansión completos, anclas, cargas y tuercas, tirantes, trapecios, etc. Todos los soportes llevarán dos capas de pintura sintética y deberán someterse a la aprobación de la dirección de la obra.

10.2 Guías de alineamiento para tuberías: Deberán ser del modelo apropiado para cada caso que se presente.

10.3 Rodillos para tuberías: Deberán ser del modelo apropiado para cada caso que se presente.

10.4 Anclajes: Los anclajes y soportes para tuberías sujetas a expansión térmica lineal, deberán diseñarse teniendo en cuenta los esfuerzos de la tubería debidos a dicha expansión.

10.5 Los soportes para líneas no sujetas a expansión térmica, tales como las líneas de agua fría, sistema contra incendio, diesel, etc., deberán soportarse en forma simétrica y en la misma cuna (similar al punto 10.1) que las tuberías sujetas a dicha dilatación térmica lineal.

#### b) Memoria de cálculo.

Planta Baja.  
Toma domiciliaria.

##### 1) Dotación diaria total de agua.

Número de habitaciones: 120  
Dotación por huésped: 350 lts.  
 $120 \times 350 = 84,000$  lts/día.

Empleados del hotel: 40  
Dotación: 100 lts.  
 $40 \times 100 = 4,000$  lts/día.

Empleados en concesiones: 50  
Dotación: 100 lts.  
 $50 \times 100 = 5,000$  lts/día.

Población flotante: 300  
Dotación: 10 lts.  
 $300 \times 10 = 3,000$  lts/día.

Comensales del restaurant: 100  
Dotación: 265 lts.  
 $265 \times 100 = 26,500$  lts/día.

Asientos en el bar: 120  
 Dotación: 75 lts.  
 $75 \times 120 = 9,000$  lts/día.

Restaurant en concesión:  
 100 comensales.  
 Dotación: 265 lts.  
 $265 \times 100 = 26,500$  lts.

Futura lavandería: 1  
 Dotación: 30,000 lts/día.  
 $30,000 \times 1 = 30,000$  lts/día

Dotación Total: 188,000 lts/día.

- 2) Dotación diaria total: 188,000 lts.
- 3) Tiempo requerido para obtener la dotación diaria total:  
12 hrs.
- 4) Gasto medio =  $188,000 / 12 = 15,666.67$  lts/hr =  $0.0044$  m<sup>3</sup>/seg.
- 5) Presión de la tubería municipal: 40 mca.
- 6) Longitud de la toma:

Longitud de tubería (ø50 mm)		88.00 mts.
Llave de inserción (ø50 mm)	1x 0.36 =	0.36 mts.
Llave de banqueta (ø50 mm)	1x 0.36 =	0.36 mts.
Medidor (ø50 mm)	1x 16.00 =	16.00 mts.
Válvula de compuerta (ø50 mm)	1x 0.36 =	0.36 mts.
Codo 90°x50	18x 1.61 =	28.98 mts.
Cople (ø50 mm)	13x 0.80 =	10.40 mts.
Tee recta (ø50 mm)	2x 0.80 =	1.60 mts.
Filtro "y" (ø50 mm)	1x 6.10 =	6.10 mts.
Válvula de flotador (ø50 mm)	1x 8.50 =	8.50 mts.
		<u>160.66 mts.</u>

- 7) Diámetro supuesto: ø50 mm.  
 Diámetro interior: 0.0525 mts.  
 Coeficiente de fricción: 0.019  
 Pérdida de fricción;  $H_f = 160.66 \times 6.2 \times 0.0231 = 23.0$  mca.  
 $V = (2 \times 9.81 \times 23 \times 0.0525 / 0.019 \times 160.66)^{1/2} = 2.79$  mts/seg.
- 8)  $d = (4 \times 0.0044 / 3.1416 \times 2.79)^{1/2} = 0.045$  mts.
- 9) Diámetro calculado (0.045 mts) menor que el Diámetro supuesto (0.0525 mts); por lo tanto el diámetro de ø50 mm es correcto.

Planta baja.  
Cisterna.

Dimensiones de la cisterna:

Consumo: 188.00 m<sup>3</sup>.  
Reserva SCI: 62.50 m<sup>3</sup>.  
Capacidad: 250.50 m<sup>3</sup>.

Dimensiones disponibles:

Largo: 15 mts.  
Ancho: 6 mts.  
Altura de agua: 2.80 mts.

Planta tipo (5 niveles).  
Agua fría (ramales).

Ducto "C".

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-F	0.75	1.00	13
B-F	1.50	1.75	13
F-G	2.25	2.00	19
E-K	0.75	1.00	13
D-K	1.50	1.75	13
K-J	2.25	2.00	19
C-J	3.00	2.25	13
C'-J	3.00	2.25	13
J-G	8.25	5.75	25
G-L*	10.50	7.00	25

\*Total de UM acumuladas.

Nota: El gasto ocasionado por la preparación "M" de servicios para aire acondicionado en azotea (ejes 7-1), se considera despreciable para efecto de cálculo de la propia columna, debido a que es un gasto sumamente pequeño y de uso eventual.

Ducto "A".

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-F	0.75	1.00	13
B-F	1.50	1.75	13
F-J	2.25	2.00	19
C-G	3.00	2.25	13
C'-G	3.00	2.25	13
G-I	6.00	4.00	19
E-H	0.75	1.00	13

## Ducto "A" (continuación).

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
D-H	1.50	1.75	13
H-I	2.25	2.00	19
I-J	8.25	5.75	25
J-K*	10.50	7.00	25

\*Total de UM acumuladas.

## Ducto "B".

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-G	0.75	1.00	13
B-G	1.50	1.75	13
G-H	2.25	2.00	19
C-H	3.00	2.25	13
H-I	5.25	3.50	19
F-K	0.75	1.00	13
E-K	1.50	1.75	13
K-J	2.25	2.00	19
D-J	3.00	2.25	13
J-I	5.25	3.50	19
I-L*	10.50	7.00	25

\*Total de UM acumuladas.

## Ducto "D".

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-D	1.50	1.75	13
B-D	0.75	1.00	13
D-E	2.25	2.00	19
C-E	3.00	2.25	13
E-F*	5.25	3.50	19

\*Total de UM acumuladas.

## Ducto "E".

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-J	0.75	1.00	13
F-G	0.75	1.00	13
E-G	3.00	2.25	13

## Ducto "E" (continuación).

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
G-H	3.75	3.25	19
D-H	1.50	1.75	13
H-I	5.25	3.50	19
C-I	1.50	1.75	13
I-J	6.75	4.25	25
J-K	7.50	5.00	25
B-K	3.00	2.25	13
K-L*	10.50	7.00	25

\*Total de UM acumuladas.

## Ducto "G".

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-D	0.75	1.00	13
B-D	1.50	1.75	13
D-E	2.25	2.00	19
E-C	3.00	2.25	13
E-F*	5.25	3.50	19

\*Total de UM acumuladas.

## Ducto "F".

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-H	0.75	1.00	13
B-G	3.00	2.25	13
C-G	1.50	1.75	13
G-H	4.50	3.00	19
H-I	5.25	3.50	19
D-I	1.50	1.75	13
I-J	6.75	4.75	25
E-J	0.75	1.00	13
J-K	7.50	5.00	25
F-K	3.00	2.25	13
K-L*	10.50	7.00	25

\*Total de UM acumuladas.

Preparación para una tarja y una máquina de hielo; Ejes H-I y 8-9 (Preparación para cada nivel tipo).

Tramo	Ramal UM	Demanda qpm	Diámetro mm
A-B*	4.00	3.00	19

\*Total de UM acumuladas.

Planta primer nivel.  
Agua fría (ramales).

Sanitarios Públicos (Mujeres).

Tramo	Ramal UM	Demanda qpm	Diámetro mm
A-F	1.50	1.75	13
B-F	1.50	1.75	13
F-G	3.00	2.25	19
C-G	1.50	1.75	13
G-H	4.50	3.00	25
D-H	1.50	1.75	13
H-P	6.00	4.00	25
I-M	10.00	26.00	32
J-M	10.00	26.00	32
M-N	20.00	35.00	38
K-N	10.00	26.00	32
N-O	30.00	41.00	38
L-O	10.00	26.00	32
O-P	40.00	47.00	50
P-Q	46.00	49.00	50
S-Q	2.25	2.00	13
Q-T*	48.25	50.00	50

\*Total de UM acumuladas.

Sanitarios Públicos (Hombres).

Tramo	Ramal UM	Demanda qpm	Diámetro mm
1-7	5.00	21.00	19
2-7	5.00	21.00	19
7-8	10.00	26.00	25
5-6	10.00	26.00	32
4-6	10.00	26.00	32
6-8	20.00	35.00	38
8-9	30.00	41.00	50
3-9	5.00	21.00	19
9-13	35.00	44.00	50

## Continúa Sanitarios Públicos (Hombres).

Tramo	Ramal UM	Demanda qpm	Díámetro mm
10-13	1.50	1.75	13
13-14	36.50	45.00	50
11-14	1.50	1.75	13
14-15	38.00	45.75	50
12-15	1.50	1.75	13
15-16*	39.50	46.50	50

\*Total de UM acumuladas.

## Preparación Lobby bar.

Tramo	Ramal UM	Demanda qpm	Díámetro mm
Prep.*	11.25	7.75	25

\*Total de UM acumuladas.

## Cocina.

Tramo	Ramal UM	Demanda qpm	Díámetro mm
A-C	4.00	3.00	13
B-C	1.00	0.75	13
C-D	5.00	3.75	19
P-D	6.00	4.00	19
D-E	11.00	7.00	25
F-E	6.00	4.00	19
E-H	17.00	11.75	32
O-H	3.00	2.00	13
H-Q	20.00	14.00	32
G-Q	3.00	2.00	13
Q-I	23.00	15.75	32
K-I	2.00	1.75	13
I-N	25.00	17.00	38
J-L	1.00	0.75	13
S-L	3.00	2.00	13
L-N	4.00	3.00	19
N-R*	29.00	19.75	50

\*Total de UM acumuladas.

## Toilet de alberca.

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-C	3.00	2.00	13
B-C	0.75	1.00	13
C-D*	3.75	3.00	19

\*Total de UM acumuladas.

Alberca; Tramo (E-F).

Capacidad Alberca= 44,350 lts.

Tiempo de llenado= 16 hrs.

Gasto medio=44,350 lts/16 hrs=2,771.88 lts/hr= 12.21 gal/min.

Para cumplir con estas condiciones, el diámetro recomendado deberá ser de: 32 mm ( $\phi 1\frac{1}{4}$ ").

Preparación de agua fría para una futura lavandería, Ejes (3-4 y H-I).

20 UM x 0.75=15 UM=11 gpm=  $\phi 38$  mm. ( $\phi 1\frac{1}{2}$ ").

Planta Mezzanine.

Agua fría (ramales).

Sanitario Empleados (Hombres).

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-F	3.00	2.00	13
B-F	3.00	2.00	13
B-G	6.00	4.00	19
C-G	3.00	2.00	13
G-H	9.00	6.00	25
D-H	3.00	2.00	13
H-M	12.00	8.00	32
L-M	1.50	1.75	13
M-N	13.50	9.50	38
K-N	1.50	1.75	13
N-O	15.00	10.75	38
J-O	1.50	1.75	13
O-P	16.50	11.75	38
I-P	1.50	1.75	13
P-T	18.00	12.50	38
Q-T	5.00	21.00	19
T-V	23.00	15.75	50
R-V	5.00	21.00	19

## Continuación Sanitario Empleados (Hombres).

Tramo	Ramal UM	Demanda qpm	Diámetro mm
V-W	28.00	19.00	50
S-W	5.00	21.00	19
W-8	33.00	21.75	50
1-5	10.00	26.00	32
2-5	10.00	26.00	32
5-6	20.00	35.00	38
3-6	10.00	26.00	32
6-7	30.00	41.00	50
4-7	2.25	2.00	13
7-8	32.25	42.00	50
8-9*	65.25	57.00	50

\*Total de UM acumuladas.

## Sanitario Empleados (Mujeres).

Tramo	Ramal UM	Demanda qpm	Diámetro mm
A-F	3.00	2.00	13
B-F	3.00	2.00	13
F-G	6.00	4.00	19
C-G	3.00	2.00	13
G-H	9.00	5.00	25
D-H	3.00	2.00	13
H-M	12.00	8.00	25
L-M	1.50	1.75	13
M-N	13.50	9.50	32
K-N	1.50	1.75	13
N-O	15.00	11.00	32
J-O	1.50	1.75	13
O-P	16.50	11.75	38
I-P	1.50	1.75	13
P-Q	18.00	12.50	38
R-1	10.00	26.00	32
S-1	10.00	26.00	32
1-2	20.00	35.00	38
T-2	10.00	26.00	32
2-3	30.00	41.00	50
3-4	40.00	47.00	50
Y-4	2.25	2.00	13
4-Q	42.25	47.75	50
Q-5*	60.25	55.00	50

\*Total de UM acumuladas.

P. Mezzanine y P. Baja.  
Agua fría (ramales).

Baño Concesiones.

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-C	1.50	1.75	13
B-C	5.00	3.50	13
C-D*	6.50	4.25	19

\*Total de UM acumuladas.

Sanitario (Hombres) de oficinas del hotel.

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
F-G	5.00	3.50	13
E-G	1.50	1.75	13
G-H*	6.50	4.25	19

\*Total de UM acumuladas.

Sanitario (Mujeres) de oficinas del hotel.

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
I-K	5.00	3.50	13
J-K	1.50	1.75	13
K-L*	6.50	4.25	19

\*Total de UM acumuladas.

Toilet (Hombres y Mujeres) P. Baja y P. Mezzanine, Ejes H-F y 10-11.

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-E	5.00	3.50	13
B-E	1.50	1.75	13
E-G	6.50	4.25	19
C-F	5.00	3.50	13
D-F	1.50	1.75	13
F-G	6.50	4.25	19
G-H*	13.00	9.00	25

\*Total de UM acumuladas.

Toilet P. Baja (Hombres y Mujeres); Ejes H-F y 10-11.

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
I-M	5.00	3.50	13
J-M	1.50	1.75	13
M-O	6.50	4.25	19
K-N	5.00	3.50	13
L-N	1.50	1.75	13
N-O	6.50	4.25	19
O-P*	13.00	9.00	25

\*Total de UM acumuladas.

Toilet P. Baja; Ejes H-P y 10-11.

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-C	5.00	3.50	13
B-C	1.50	1.75	13
C-D*	6.50	4.25	19

\*Total de UM acumuladas.

Toilet P. Baja; Ejes 11-12 y K-K'; J.

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
R-S	5.00	3.50	13
Q-S	1.50	1.75	13
S-T*	6.50	4.25	19

\*Total de UM acumuladas.

Preparaciones en ejes (9-8 y F), para una futura cocina: Criterio idéntico al de la cocina proyectada.

Total=29 UM=10.75 gpm=  $\phi$ 50 mm. ( $\phi$ 2").

Planta Tipo  
Agua fría (columnas)

Ducto "A", "B", "C", "E", "F"; Ejes 10-11 y B-P.

Tramo	Columna UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-B	10.50	7.00	25
B-C	21.00	14.75	32

Ducto "A", "B", "C", "E", "F"; Ejes 10-11 y 8-F (Continuación).

Tramo	Columna UM	Demanda qpm	Diámetro mm
C-D	31.50	21.00	38
D-E	42.00	26.00	50
E-F*	52.50	30.75	50

\*Total de UM acumuladas.

Ducto "D" y "G"; Ejes 10-11 e I-H.

Tramo	Columna UM	Demanda qpm	Diámetro mm
A-B	5.25	3.50	25
B-C	10.50	7.00	32
C-D	15.75	10.75	38
D-E	21.00	14.75	38
E-F*	26.25	18.00	38

\*Total de UM acumuladas.

Columna de agua fría; Ejes 8-9 y H-I (para preparaciones de máquina de hielo y tarja de los niveles tipo).

Tramo	Columna UM	Demanda qpm	Diámetro mm
A-B	4.00	3.00	19
B-C	8.00	5.00	25
C-D	12.00	8.00	32
D-E	16.00	11.00	32
E-F*	20.00	14.00	32

\*Total de UM acumuladas.

Planta tipo (Primer Nivel).  
Agua fría (red).

Tramo	Red UM	Demanda qpm	Diámetro mm
1-2	105.00	46	50
2-3	210.00	68	64
3-5	315.00	96	75
7-6	105.00	46	50
6-5	183.75	63	64
5-8	498.75	132	75
8-10	525.00	135	75

Continuación.

Tramo	Red UM	Demanda gpm	Diámetro mm
10-11	545.00	140	75
11-12	597.50	149	100
12-15*	650.00	158	100

\*Total de UM acumuladas.

Planta Primer Piso.  
Agua fría (red).

Toilet-Alberca (tramo 1-2):

El criterio de cálculo para la determinación del diámetro de la tubería en este tramo en particular, no obedece a la teoría de usos simultáneos, debido a que el llenado de la alberca es eventual, pero para satisfacer las demandas y condiciones de ambas instalaciones en un momento determinado, puede efectuarse de la siguiente manera:

Demanda de alberca: 12.21 gpm.

Demanda de toilet: 3.00 gpm.

Demanda total: 15.21 gpm.

De acuerdo a las gráficas del subcapítulo 2.3, el diámetro de tubería adecuado para cubrir un gasto de 15.21 gpm es de:  $\phi 38$  mm. ( $\phi 1\frac{1}{2}$ ").

Tramo	Red UM	Demanda gpm	Diámetro mm
2-4	32.75	21.75	50
3-4	11.25	7.75	25
4-7	44.00	27.00	64
5-6	48.25	50.00	50
6-7	87.75	65.00	50
7-8	131.75	77.00	75
8-15*	146.75	81.00	75

\*Total de UM acumuladas; suma parcial que se adicionará con su entronque de P. Mezzanine.

Planta Mezzanine.  
Agua fría (red).

Tramo	Red UM	Demanda gpm	Diámetro mm
1-3	6.50	4.25	19
2-3	26.00	18.00	25

## Continuación.

Tramo	Red UM	Demanda gpm	Diámetro mm
3-5	32.50	32.50	38
4-5	29.00	19.75	50
5-6	61.50	33.00	64
7-8	6.50	4.25	19
9-8	6.50	4.25	19
8-10	13.00	9.00	25
10-11	19.50	13.00	38
11-6	26.00	18.00	38
6-7	87.50	41.75	64
7-8	147.75	81.00	75
8-15	213.00	95.00	75
15-16*	359.75	123.00	100

\*Total de UM acumuladas; incluye la suma de las unidades mueble de la red general de la Planta Primer Piso hacia el cuarto de máquinas.

Cuarto de Máquinas.  
Agua fría (red).

Alimentación de agua fría a tanque de agua caliente (servicio a cuartos tipo).

Tramo	Red UM	Demanda gpm	Diámetro mm
15-16*	270.00	90.00	75

\*Total de UM acumuladas; resultado de la demanda total probable de agua caliente.

Alimentación de agua fría de el equipo de bombeo a los cuartos tipo.

Tramo	Red UM	Demanda gpm	Diámetro mm
15-17	740.00	178.00	100
17-18		89.00	64
17-19		178.00	100
18-19		89.00	64
18'-19		89.00	64
20		89.00	75

## Alimentación de agua fría al tanque de agua caliente (servicios)

Tramo	Red UM	Demanda gpm	Diametro mm
22-16*	146.75	55.00	75

\*Total de UM acumuladas; resultado de la demanda total probable de agua caliente.

## Alimentación de agua fría de equipo de bombeo a servicios.

Tramo	Red UM	Demanda gpm	Diametro mm
16-21	359.75	123.00	100
21-22		158.25	100
22-23		158.25	100
23-24		79.13	64
23-25		158.25	100
24-25		79.13	64
24'-25		79.13	64
26		79.13	75

## Alimentación de agua fría para consumo de calderas.

Ce=80CC x 0.069 gal/min CC

Ce=5.52 gal/min (capacidad evaporativa de la caldera).

Tramo	Gasto gpm	Diametro mm
17	5.52	32
18	5.52	32

Red de tubería comprendida entre: Tanque de condensados, equipo suavizador, enfriador de purgas a la red general de alimentación de servicios.

Tramo	Gasto gpm	Diametro mm
18-19	11.04	38
20-19	5.00	19
19-21	16.04	50

## Cebado de bombas

$$V=3.1416r^2h$$

$$V=3.1416 \times 0.039^2 \times 16$$

$$V=0.076 \text{ m}^3$$

$$V=76.0 \text{ lts} = 20.08 \text{ gal.}$$

Tiempo de cebado de las bombas: 10 min.

$$G=20.08 \text{ gal}/10 \text{ min} = 2 \text{ gal}/\text{min.}$$

Por lo que el diámetro de cebado es de: 13 mm. (tramo 22-27).

Purga de calderas.

Tramo	Gasto qpm	Diámetro mm
1-2	15	32
3-2	15	32
4		25
2-5	30	50
5-6	35	50

Planta tipo (cinco niveles).  
Agua caliente (ramales).

Ducto "C".

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
E-K	0.75	1.00	13
D-K	1.50	1.75	13
K-G	2.25	2.00	19
A-F	0.75	1.00	13
B-F	1.50	1.75	13
F-G	2.25	2.00	19
G-L*	4.50	3.00	25

\*Total de UM acumuladas.

Ducto "A".

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-F	0.75	1.00	13
B-F	1.50	1.75	13
F-J	2.25	2.00	19
E-H	0.75	1.00	13
D-H	1.50	1.75	13
H-J	2.25	2.00	19
J-K*	4.50	3.00	25

\*Total de UM acumuladas.

Ducto "B".

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-G	0.75	1.00	13
B-G	1.50	1.75	13
G-I	2.25	2.00	19
F-K	0.75	1.00	13
E-K	1.50	1.75	13
K-I	2.25	2.00	19
I-L*	4.50	3.00	25

\*Total de UM acumuladas.

## Ducto "D".

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
B-D	0.75	1.00	13
A-D	1.50	1.75	13
D-F*	2.25	2.00	19

\*Total de UM acumuladas.

## Ducto "E".

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-J	0.75	1.00	13
F-H	0.75	1.00	13
D-H	1.50	1.75	13
H-I	2.25	2.00	19
C-I	1.50	1.75	13
I-J	3.75	2.25	19
J-L*	4.50	3.00	25

\*Total de UM acumuladas.

## Ducto "G".

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-D	0.75	1.00	13
B-D	1.50	1.75	13
D-F*	2.25	2.00	19

\*Total de UM acumuladas.

## Ducto "F".

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-H	0.75	1.00	13
C-H	1.50	1.75	13
H-I	2.25	2.00	19
D-I	1.50	1.75	13
I-J	3.75	2.25	25
E-J	0.75	1.00	13
J-L*	4.50	3.00	25

\*Total de UM acumuladas.

Planta Primer Nivel.  
Agua caliente (ramales).

Sanitarios Públicos (Mujeres).

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-F	1.50	1.75	13
B-F	1.50	1.75	13
F-G	3.00	2.25	19
C-G	1.50	1.75	13
G-H	4.50	3.00	25
D-H	1.50	1.75	13
H-R	6.00	4.00	25
S-R	2.25	2.00	13
R-T*	8.25	5.75	25

\*Total de UM acumuladas.

Sanitarios Públicos (Hombres).

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
10-14	1.50	1.75	13
11-14	1.50	1.75	13
14-15	3.00	2.25	19
15-16*	4.50	3.00	25

\*Total de UM acumuladas.

Cocina.

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
T-H	2	1.75	13
G-H	3	2.00	13
H-Q	5	3.75	19
O-Q	3	2.00	13
Q-M	8	5.75	25
V-X	10	7.00	19
U-X	10	7.00	19
X-M	20	14.00	25
M-N	28	19.00	38
S-N	3	2.00	13
N-R*	31	21.00	50

\*Total de UM acumuladas.

## Toilet-Alberca.

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
B-D*	0.75	1.0	13

\*Total de UM acumuladas.

## Lobby-Bar

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
Prep.*	2.25	2.0	19

\*Total de UM acumuladas.

Preparación de agua caliente para una futura lavandería, localizada en los ejes (3-4 y H-1).

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
Prep.*	15	11.00	38

\*Total de UM acumuladas.

Planta Mezzanine.  
Agua Caliente (ramales).

## Sanitario Empleados (Hombres).

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-F	3.00	2.00	13
B-F	3.00	2.00	13
F-G	6.00	4.00	19
C-G	3.00	2.00	13
G-H	9.00	6.00	25
D-H	3.00	2.00	13
H-M	12.00	8.00	32
L-M	1.50	1.75	13
N-M	13.50	9.50	38
K-N	1.50	1.75	13
O-N	15.00	10.75	38
J-O	1.50	1.75	13
O-P	16.50	11.75	38
I-P	1.50	1.75	13
P-B	18.00	12.50	38

## Continuación.

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
4-8	2.25	2.00	13
8-9*	20.25	14.00	38

\*Total de UM acumuladas.

## Sanitario Empleados (Mujeres).

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-F	3.00	2.00	13
B-F	3.00	2.00	13
F-G	6.00	4.00	19
C-G	3.00	2.00	13
G-H	9.00	6.00	25
D-H	3.00	2.00	13
M-H	12.00	8.00	25
L-M	1.50	1.75	13
M-N	13.50	9.50	32
K-N	1.50	1.75	13
N-O	15.00	10.75	32
J-O	1.50	1.75	13
O-P	16.50	11.75	38
I-P	1.50	1.75	13
P-Q	18.00	12.50	38
Y-Q	2.25	2.00	13
Q-5*	20.25	14.00	38

\*Total de UM acumuladas.

Planta Mezzanine y Planta Baja.  
Agua caliente (ramales).

## Baño de concesiones; Ejes (11-9 y K-K';J).

Tramo	Ramal UM	Demanda gpm	Diámetro mm
A-D*	1.5	1.75	13

\*Total de UM acumuladas.

## Bano oficinas del hotel (Hombres).

Tramo	Ramal UM	Demanda qpm	Diámetro mm
E-H*	1.5	1.75	13

\*Total de UM acumuladas.

## Bano oficinas del hotel (Mujeres).

Tramo	Ramal UM	Demanda qpm	Diámetro mm
J-L*	1.5	1.75	13

\*Total de UM acumuladas.

## Bano concesiones-público (Hombres y Mujeres); Ejes (H-F y 10-11)

Tramo	Ramal UM	Demanda qpm	Diámetro mm
B-G	1.50	1.75	13
D-G	1.50	1.75	13
G-H*	3.00	2.00	19

\*Total de UM acumuladas.

## Toilet P.B. (Hombres y Mujeres).

Tramo	Ramal UM	Demanda qpm	Diámetro mm
J-O	1.50	1.75	13
L-O	1.50	1.75	13
G-H*	3.00	2.00	19

\*Total de UM acumuladas.

## Toilet P.B. Ejes (H-F y 10-11).

Tramo	Ramal UM	Demanda qpm	Diámetro mm
B-D*	1.50	1.75	13

\*Total de UM acumuladas.

Toilet P.B. Ejes (11-12 y J-K;K').

Tramo	Ramal UM	Demanda qpm	Diámetro mm
Q-T*	1.5	1.75	13

\*Total de UM acumuladas.

Preparación para una futura cocina; Ejes (9-8 y F).

Tramo	Ramal UM	Demanda qpm	Diámetro mm
Prep.*	31	21	50

\*Total de UM acumuladas. Criterio idéntico al de la cocina proyectada.

Planta tipo.

Agua caliente (columnas).

Ductos "A", "B", "C", "E", "F".

Tramo	Columna UM	Demanda qpm	Diámetro mm
A-B	4.50	3	25
B-C	9.00	6	32
C-D	13.50	9	38
D-E	18.00	12	38
E-F*	22.50	15	38

\*Total de UM acumuladas.

Ductos "D" y "G".

Tramo	Columna UM	Demanda qpm	Diámetro mm
A-B	2.25	2.00	25
B-C	4.50	3.00	32
C-D	6.75	5.00	38
D-E	9.00	6.00	38
E-F*	11.25	7.75	38

\*Total de UM acumuladas.

Planta Tipo (Primer Nivel).  
Agua caliente (red).

Tramo	Red UM	Demanda qpm	Diámetro mm
1-2	45.00	28	50
2-3	90.00	42	50
3-5	135.00	53	64
7-6	45.00	28	50
6-5	78.75	39	50
5-8	213.75	69	75
8-11	225.00	71	75
11-12	247.50	82	75
12-15*	270.00	90	75

\*Total de UM acumuladas.

Planta Primer Nivel.  
Agua caliente (red).

Tramo	Red UM	Demanda qpm	Diámetro mm
1-2	0.75	1.00	13
2-4	31.75	21.00	50
3-4	2.25	2.00	19
4-7	34.00	22.00	50
5-6	8.25	5.75	25
6-7	12.75	9.00	32
7-8	46.75	29.00	50
8-15*	61.75	33.75	50

\*Total de UM acumuladas. Suma parcial que se adicionará con su entronque de P. Mezzanine.

Planta Mezzanine.  
Agua caliente (red).

Tramo	Red UM	Demanda qpm	Diámetro mm
1-3	1.50	1.75	13
2-3	6.00	4.00	25
3-5	7.50	5.00	25
4-5	31.00	21.00	50
5-6	38.50	25.00	50
7-8	1.50	1.75	13
9-8	1.50	1.75	13
8-10	3.00	2.00	19
10-11	4.50	3.75	25

## Continuación.

Tramo	Red UM	Demanda gpm	Diámetro mm
11-6	6.00	4.00	25
6-7	44.50	27.75	50
7-8	64.75	35.00	64
8-15	85.00	41.00	64
15-16*	146.75	55.00	75

\*Total de UM acumuladas. Incluye la suma con la red del Primer Piso.

Planta Tipo (Primer Nivel).  
Retorno de agua caliente (Redes y columnas).

Pérdidas de calor					
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Suma	
				Circuito btu/hr	Total anteriores btu/hr
I	2.5	13	72.5		
	3.5	25	140.0		
	3.5	32	161.0		
	11.1	38	566.1		
	20.6	13	597.4	1537	1537

Factor de distribución:  $I/I+II+III=1537/1537+1353+3458=0.2421$   
Gasto del circuito= $0.2421 \times 0.041=0.01$  lps= $0.16$  gpm

Pérdidas de calor					
Circuito	longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Suma	
				Circuito btu/hr	Total anteriores btu/hr
II	2.5	13	72.5		
	3.5	25	140.0		
	3.5	32	161.0		
	8.8	38	448.8		
	18.3	13	530.7	1353	1353

Factor de distribución:  $II/II+I+III=1353/1353+1537+3458=0.2131$   
Gasto del circuito= $0.2131 \times 0.041=0.01$  lps= $0.16$  gpm

Pérdidas de calor					
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Suma	
				Circuito btu/hr	Total anteriores btu/h
III	8	50	336		I+II
	8	13	232	568	2890 3458

Factor de distribución:  $III/III+I+II=3458/3458+1537+1353=0.5447$   
Gasto del circuito= $0.5447 \times 0.0752=0.041$  lps= $0.65$  gpm

Planta Tipo (Primer Nivel).  
Retorno de agua caliente (Redes y columnas).

Pérdidas de calor						
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Suma	Total
					circuitos anteriores	
IV	2.5	13	72.5			
	3.5	25	140.0			
	3.5	32	161.0			
	11.1	38	566.1			
	20.6	13	597.4	1537		1537

Factor de distribución:  $IV/IV+V+VI=1537/1537+1353+6916=0.1567$   
Gasto del circuito= $0.1567 \times 0.0752=0.0118$  lps= $0.19$  gpm

Pérdidas de calor						
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Suma	Total
					circuitos anteriores	
V	2.5	13	72.5			
	3.5	25	140.0			
	3.5	32	161.0			
	8.8	38	448.8			
	18.3	13	530.7	1353		1353

Factor de distribución:  $V/V+IV+VI=1353/1353+1537+6916=0.1379$   
Gasto del circuito= $0.1379 \times 0.0752=0.0104$  lps= $0.16$  gpm

Pérdidas de calor						
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Suma	Total
					circuitos anteriores	
VI	8	50	336		III+IV+V	
	8	13	232	568	6348	6916

Factor de distribución:  $VI/VI+IV+V=6916/6916+1537+1353=0.7053$   
Gasto del circuito= $0.7053 \times 0.1066=0.0752$  lps= $1.19$  gpm

Planta Tipo (Primer Nivel).  
Retorno de agua caliente (Redes y Columnas).

Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Pérdidas de calor	
				Circuito btu/hr	Suma circuitos anteriores Total btu/hr
VII	2.5	13	72.5		
	3.5	25	140.0		
	3.5	32	161.0		
	11.1	38	566.1		
	20.6	13	597.4	1537	1537

Factor de distribución:  $VII/VII+VIII+IX=1537/1537+1353+10669.2=0.1134$

Gasto del circuito= $0.1134 \times 0.1066=0.0121$  lps= $0.19$  gpm

Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Pérdidas de calor	
				Circuito btu/hr	Suma circuitos anteriores Total btu/hr
VIII	2.5	13	72.5		
	3.5	25	140.0		
	3.5	32	161.0		
	8.8	38	448.8		
	18.3	13	530.7	1353	1353

Factor de distribución:  $VIII/VIII+VII+IX=1353/1353+1537+10669.2=0.0998$

Gasto del circuito= $0.0998 \times 0.1066=0.0106$  lps= $0.17$  gpm

Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Pérdidas de calor	
				Circuito btu/hr	Suma circuitos anteriores Total btu/hr
IX	10.4	64	509.6		VI+VII+VIII
	10.4	19	353.6	863.2	9806 10669.2

Factor de distribución:  $IX/IX+VII+VIII=10669.2/10669.2+1537+1353=0.7869$

Gasto del circuito= $0.7869 \times 0.1355=0.1066$  lps= $1.69$  gpm

Planta tipo (Primer Nivel).  
Retorno de agua caliente (Redes y Columnas).

Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Pérdidas de calor	
				Circuito btu/hr	Suma circuitos anteriores Total btu/hr
X	2.5	13	72.5		
	3.5	25	140.0		
	3.5	32	161.0		
	8.9	38	453.9		
	18.4	13	533.6	1361	1361

Factor de distribución:  $X/X+XI+XII=1361/1361+1465+3528.9=0.2142$   
Gasto del circuito= $0.2142 \times 0.053=0.0114$  lps= $0.18$  gpm

Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Pérdidas de calor	
				Circuito btu/hr	Suma circuitos anteriores Total btu/hr
XI	2.5	13	72.5		
	3.5	25	140.0		
	3.5	32	161.0		
	10.2	38	520.2		
	19.7	13	571.3	1465	1465

Factor de distribución:  $XI/XI+X+XII=1465/1465+1361+3528.9=0.2305$   
Gasto del circuito= $0.2305 \times 0.053=0.0122$  lps= $0.19$  gpm

Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Pérdidas de calor	
				Circuito btu/hr	Suma circuitos anteriores Total btu/hr
XII	9.9	50	415.8		X+XI
	9.9	13	287.1	702.9	2826 3528.9

Factor de distribución:  $XII/XII+X+XI=3528.9/3528.9+1361+1465=0.5553$   
Gasto del circuito= $0.5553 \times 0.0954=0.053$  lps= $0.84$  gpm

Planta Tipo (Primer Nivel).  
Retorno de agua caliente (Redes y Columnas).

Pérdidas de calor						
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Suma	Total
					circuitos anteriores	
XIII	2.5	13	72.5			
	3.5	25	140.0			
	3.5	32	161.0			
	8.9	38	453.9			
	18.4	13	533.6	1361		1361

Factor de distribución:  $XIII/XIII+XIV+XV=1361/1361+1465+6727.3$   
=0.1425

Gasto del circuito=0.1425x0.0954=0.0136 lps=0.22 gpm

Pérdidas de calor						
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Suma	Total
					circuitos anteriores	
XIV	2.5	13	72.5			
	3.5	25	140.0			
	3.5	32	161.0			
	10.2	38	520.2			
	19.7	13	571.3	1465		1465

Factor de distribución:  $XIV/XIV+XIII+XV=1465/1465+1361+6727.3$   
=0.1534

Gasto del circuito=0.1534x0.0954=0.0146 lps=0.23 gpm

Pérdidas de calor						
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Suma	Total
					circuitos anteriores	
XV	4.9	50	205.8		XII+XIII+XIV	
	4.9	19	166.6	372.4	6354.9	6727.3

Factor de distribución:  $XV/XV+XIII+XIV=6727.3/6727.3+1361+1465$   
=0.7042

Gasto del circuito=0.7042x0.1355=0.0954 lps=1.51 gpm

Planta Tipo (Primer Nivel).  
Retorno de agua caliente (Redes y Columnas).

<u>Pérdidas de calor</u>					
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Suma	
				Circuito btu/hr	circuitos anteriores
XVI	3.3	75	184.8		1x+XV
	3.3	25	132.0	316.8	17396.5
					17713.3

Factor de distribución:  $XVI/XVI+XVII=17713.3/17713.3+1457=0.9239$   
Gasto del circuito= $0.9239 \times 0.1467=0.1355$  lps= $2.15$  gpm

<u>Pérdidas de calor</u>					
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Suma	
				Circuito btu/hr	circuitos anteriores
XVII	2.5	13	72.5		
	3.5	25	140.0		
	3.5	32	161.0		
	10.1	38	515.1		
	19.6	13	568.4	1457	1457

Factor de distribución:  $XVII/XVII+XVI=1457/1457+17713.3=0.076$   
Gasto del circuito= $0.076 \times 0.1467=0.011$  lps= $0.17$  gpm

<u>Pérdidas de calor</u>					
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Suma	
				Circuito btu/hr	circuitos anteriores
XVIII	12.2	75	683.2		XVI+XVII
	12.5	25	500.0	1183.2	19170.3
					20353.5

Factor de distribución:  $XVIII/XVIII+XIX=20353.5/20353.5+1385=0.9363$   
Gasto del circuito= $0.9363 \times 0.1567=0.1467$  lps= $2.33$  gpm

<u>Pérdidas de calor</u>					
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Suma	
				Circuito btu/hr	circuitos anteriores
XIX	2.5	13	72.5		
	3.5	25	140.0		

## Continuación.

Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo Circuito btu/hr	Pérdidas de calor	
				Suma circuitos anteriores	Total btu/hr
XIX	3.5	32	161.0		
	9.2	38	469.2		
	18.7	13	542.3	1385	1385

Factor de distribución: XIX/XIX+XVIII=1385/1385+20353.5=0.0637  
 Gasto del circuito=0.0637x0.1567=0.01 lps=0.16 gpm

Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo Circuito btu/hr	Pérdidas de calor	
				Suma circuitos anteriores	Total btu/hr
XX	8	75	448	XVIII+XIX	
	8	25	320	768	21738.5
					22506.5

Factor de distribución: XX/XX+XXI=22506.5/22506.5+1385=0.942  
 Gasto del circuito=0.942x0.1664=0.1567 lps=2.48 gpm

Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo Circuito btu/hr	Pérdidas de calor	
				Suma circuitos anteriores	Total btu/hr
XXI	2.5	13	72.5		
	3.5	25	140.0		
	3.5	32	161.0		
	9.2	38	469.2		
	18.7	13	542.3	1385	1385

Factor de distribución: XXI/XXI+XX=1385/1385+22506.5=0.0579  
 Gasto del circuito=0.0579x0.1664=0.0096 lps=0.15 gpm

Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo Circuito btu/hr	Pérdidas de calor	
				Suma circuitos anteriores	Total btu/hr
XXII	24.4	75	1366.4	XX+XXI	
	28.9	25	1156.0	2522.4	23891.5
					26413.9

Factor de distribución: XXII/XXII=26413.9/26413.9=1.0  
 Gasto del circuito=1.0x(26413.9/15873x10.0)=0.1664 lps=2.64 gpm

Planta Primer Piso y Planta Mezzanine.  
Retorno de agua caliente (Redes y Columnas).

<u>Pérdidas de calor</u>						
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Suma	Total
					Suma circuitos anteriores	
I	36.3	13	1052.7			
	35.7	13	1035.3	2088		2088

Factor de distribución:  $I/I+II=2088/2088+869.65=0.706$   
Gasto del circuito= $0.706 \times 0.031=0.0219$  lps= $0.35$  gpm

<u>Pérdidas de calor</u>						
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Suma	Total
					Suma circuitos anteriores	
II	5.80	13	168.20			
	0.20	19	6.80			
	1.15	25	46.00			
	1.10	38	56.10			
	5.65	50	237.30			
	12.65	13	355.25	869.65		869.65

Factor de distribución:  $II/II+I=869.65/869.65+2088=0.294$   
Gasto del circuito= $0.294 \times 0.031=0.01$  lps= $0.16$  gpm

<u>Pérdidas de calor</u>						
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Suma	Total
					Suma circuitos anteriores	
III	4.50	50	189.0		I+II	
	4.85	19	164.9	353.9	2957.65	3311.55

Factor de distribución:  $III/III+IV=3311.55/3311.55+1216.9=0.7313$   
Gasto del circuito= $0.7313 \times 0.0423=0.031$  lps= $0.49$  gpm

<u>Pérdidas de calor</u>						
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Suma	Total
					Suma circuitos anteriores	
IV	19.5	19	663.0			
	19.1	13	553.9	1216.9		1216.9

Continuación.

Factor de distribución:  $IV/IV+III=1216.9/1216.9+3311.55=0.2687$   
 Gasto del circuito= $0.2687 \times 0.0423=0.0114$  lps= $0.18$  gpm

Pérdidas de calor						
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Suma	Total btu/hr
					circuitos anteriores	
V	2.65	50	111.3		III+IV	
	2.65	19	90.1	201.4	4528.45	4729.85

Factor de distribución:  $V/V+VIII=4729.85/4729.85+1097.15=0.8117$   
 Gasto del circuito= $0.8117 \times 0.0521=0.0423$  lps= $0.67$  gpm

Pérdidas de calor						
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Suma	Total btu/hr
					circuitos anteriores	
VI	0.85	13	24.65			
	0.85	19	28.90			
	8.50	25	340.00			
	10.35	13	300.15	693.7		693.7

Factor de distribución:  $VI/VI+VII=693.7/693.7+262.15=0.7257$   
 Gasto del circuito= $0.7257 \times 0.01=0.01$  lps= $0.16$  gpm

Pérdidas de calor						
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Sumas	Total btu/hr
					circuitos anteriores	
VII	0.75	13	21.75			
	0.75	19	25.50			
	2.40	25	96.00			
	4.10	13	118.90	262.15		262.15

Factor de distribución:  $VII/VII+VI=262.15/262.15+693.7=0.2743$   
 Gasto del circuito= $0.2743 \times 0.01=0.003$  lps= $0.05$  gpm

Planta Primer Piso Y Planta Mezzanine.  
Retorno de agua caliente (Redes y Columnas).

Pérdidas de calor						
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Suma	Total
					Suma circuitos anteriores	
VIII	2.0	32	92.0		VI+VII	
	1.7	13	49.3	141.3	955.85	1097.15

Factor de distribución: VIII/VIII+V=1097.15/1097.15+4729.85  
=0.1883

Gasto del circuito=0.1883x0.0521=0.01 lps=0.16 gpm

Pérdidas de calor						
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Suma	Total
					Suma circuitos anteriores	
IX	18.60	50	781.20		V+VIII	
	18.85	19	640.90	1422.1	5827	7249.1

Factor de distribución: IX/IX+X=7249.1/7249.1+657=0.9169

Gasto del circuito=0.9169x0.0568=0.0521 lps=0.83 gpm

Pérdidas de calor						
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Suma	Total
					Suma circuitos anteriores	
X					SUPUESTO	
					657	657

Factor de distribución: X/X+1A+657/657+7249.1=0.0831

Gasto del circuito=0.0831x0.0568=0.005 lps=0.08 gpm

Pérdidas de calor						
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Suma	Total
					Suma circuitos anteriores	
XI	3.5	50	147		IX+X	
	3.5	19	119	266	7906.1	8172.1

Factor de distribución: XI/XI+XXII=8172.1/8172.1+7831.3=0.5106

Gasto del circuito=0.5106x0.1113=0.0568 lps=0.9 gpm

Planta Primer Piso y Planta Mezzanine.  
Retorno de agua caliente (Redes y Columnas).

Pérdidas de calor					
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Suma	
				Circuito btu/hr	circuitos anteriores
XII	6.8	25	272.0		
	6.5	13	188.5	460.5	460.5

Factor de distribución:  $XII/(XII+XIII)=460.5/460.5+869.65=0.3462$   
Gasto del circuito= $0.3462 \times 0.02=0.007$  lps= $0.11$  gpm

Pérdidas de calor					
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Suma	
				Circuito btu/hr	circuitos anteriores
XIII				SUPUESTO	
				869.65	869.65

Factor de distribución:  $XIII/(XIII+XII)=869.65/869.65+460.5=0.6538$   
Gasto del circuito= $0.6538 \times 0.02=0.0131$  lps= $0.21$  gpm

Pérdidas de calor					
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Suma	
				Circuito btu/hr	circuitos anteriores
XIV	8.85	50	371.70		XII+XIII
	9.25	19	314.50	686.20	1330.15
					2016.35

Factor de distribución:  $XIV/(XIV+XVII)=2016.35/2016.35+1633.8=0.5524$   
gasto del circuito= $0.5524 \times 0.0343=0.02$  lps= $0.32$  gpm

Pérdidas de calor					
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Suma	
				Circuito btu/hr	circuitos anteriores
XV	8.55	13	247.95		
	8.85	13	256.65	504.60	504.60

Factor de distribución:  $XV/(XV+XVI)=504.6/504.6+130.5=0.7945$   
Gasto del circuito= $0.7945 \times 0.0154=0.012$  lps= $0.19$  gpm

Planta Primer Piso y Planta Mezzanine.  
Retorno de agua caliente (Redes y Columnas).

Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Pérdidas de calor	
					Suma circuitos anteriores	Total btu/hr
XVI	2.1	13	60.9			
	2.4	13	69.6	130.50		130.50

Factor de distribución:  $XVI/XVI+XV=130.5/130.5+504.6=0.2055$   
Gasto del circuito= $0.2055 \times 0.0154=0.003$  lps= $0.05$  gpm

Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Pérdidas de calor	
					Suma circuitos anteriores	Total btu/hr
XVII	14.60	25	584.0		XV+XVI	
	14.30	13	414.7	998.70	635.10	1633.8

Factor de distribución:  $XVII/XVII+XIV=1633.8/1633.8+2016.35=0.4476$   
Gasto del circuito= $0.4476 \times 0.0343=0.0154$  lps= $0.24$  gpm

Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Pérdidas de calor	
					Suma circuitos anteriores	Total btu/hr
XVIII	5.60	50	235.20		XIV+XVII	
	6.25	19	212.50	447.70	3650.15	4097.85

Factor de distribución:  $XVIII/XVIII+XIX=4097.85/4097.85+1194.35=0.7743$   
Gasto del circuito= $0.7743 \times 0.0443=0.0343$  lps= $0.54$  gpm

Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Circuito btu/hr	Pérdidas de calor	
					Suma circuitos anteriores	Total btu/hr
XIX	0.95	13	27.55			
	0.85	19	28.90			
	7.20	25	288.00			

Continuación.

<u>Pérdidas de calor</u>					
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Suma	
				Circuito btu/hr	circuitos anteriores
XIX	1.60	32	73.60		
	6.55	38	334.05		
	15.25	13	442.25	1194.35	1194.35

Factor de distribución:  $XIX/XIX+XVIII=1194.35/1194.35+4097.85=0.2257$

Gasto del circuito= $0.2257 \times 0.0443=0.01$  lps= $0.16$  gpm

<u>Pérdidas de calor</u>					
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Suma	
				Circuito btu/hr	circuitos anteriores
XX	4.40	64	215.60		XVIII+XIX
	6.15	25	246.00	461.60	5292.20

Factor de distribución:  $XX/XX+XXI=5753.8/5753.8+1327.1=0.6126$

Gasto del circuito= $0.8126 \times 0.0545=0.0443$  lps= $0.70$  gpm

<u>Pérdidas de calor</u>					
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Suma	
				Circuito btu/hr	circuitos anteriores
XXI	0.90	13	26.10		
	0.85	19	28.90		
	0.60	25	24.00		
	5.70	32	308.20		
	9.90	38	504.90		
	15.00	13	435.00	1327.1	1327.1

Factor de distribución:  $XXI/XXI+XX=1327.1/1327.1+5753.8=0.1874$

Gasto del circuito= $0.1874 \times 0.0545=0.0102$  lps= $0.16$  gpm

<u>Pérdidas de calor</u>					
Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	Suma	
				Circuito btu/hr	circuitos anteriores
XXII	9.6	64	470.40		XX+XXI

Continuación.

Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	P e r d i d a s   d e   c a l o r		
				Circuito btu/hr	Suma circuitos anteriores	Total btu/hr
XXII	7	25	280	750.40	7080.3	7831.3

Factor de distribución:  $XXII/XXII+XI=7831.3/7831.3+8172.1=0.4894$   
 Gasto del circuito= $0.4894 \times 0.1113=0.0545$  lps= $0.86$  gpm

Circuito	Longitud mts	Diámetro mm	Tramo btu/hr	P e r d i d a s   d e   c a l o r		
				Circuito btu/hr	Suma circuitos anteriores	Total btu/hr
XXIII	16.80	75	940.80		XI+XXII	
	17.95	25	718.00	1658.8	16003.4	17662.2

Factor de distribución:  $XXIII/XXIII=17662.2/17662.2=1.0$   
 Gasto del circuito= $1.0 \times (17662.2/15873 \times 10)=0.1113$  lps= $1.76$  gpm

P. Tipo, P. Primer Nivel, P. Mezzanine, P. Baja.  
Sistema de Protección Contra Incendio.

Redes y Columnas generales del S.C.I., a base de hidrantes  
(Chicos).

Sección	Diámetro mm	Sección	Diámetro mm
1	50	21	50
2 a 5	64	22	75 <sup>2</sup>
6	50	23	75 <sup>2</sup>
7	64	24	50
8	50	25	75 <sup>2</sup>
9 a 14	64	26	50
15	50	27	75 <sup>2</sup>
16	64	28	75 <sup>2</sup>
17	50	29	50
18	64	30	75 <sup>2</sup>
19	64	31	75 <sup>2</sup>
20	75 <sup>1</sup>	32	75 <sup>1</sup>

- 1) Para tuberías matrices con más de 100 mts (300 pies) de longitud ó no estando la alimentación en circuito cerrado, diámetro de: 75 mm (Chicos), 100 mm (Medianos), 125 mm (Grandes), de acuerdo a la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros.
- 2) Diámetros mínimos de acuerdo a las Tomas Siamesas.

Rociadores en el Cuarto de Basura (Planta Baja); Ejes (A-B) y (8-9).

Sección	Diámetro mm
33	25*

\*De acuerdo al criterio del subcapítulo 5.5.

Planta Primer Nivel.  
Difusores de agua caliente y succión de alberca.

Succión de alberca (Recirculación).

Tramo	Gasto gpm.	Diámetro mm	Accesorio
M	38.64	50	Desnatador
N	38.64	75	Coladera
O	38.64	75	
P	38.64	38	Aspiradora
W	38.64	50	Descarga

El criterio del gasto de succión de la alberca para la recirculación del agua, está basado en la capacidad del equipo de filtrado. En este caso la capacidad comercial recomendada del equipo de filtrado es de 68,000 lts de agua en un tiempo de 7 hrs, 45 min., que es igual a 38.64 gpm; pero el tiempo real de filtrado puede efectuarse aproximadamente en 5 hrs, 3 min., ya que el volumen de agua de la alberca es de 44,350 lts

Los diámetros de las tuberías de la recirculación del agua en la alberca, comprendidas por los tramos: M,N,O, P y W son sugeridos por el fabricante del equipo, para el mejor funcionamiento del mismo. Por lo que a continuación se efectúa un breve estudio de las características de las velocidades del fluido producidas por dichos diámetros:

$$Q = 2.448 D^2 V \quad (1) \quad (\text{Subcapítulo 1.3.C})$$

Despejando la velocidad de la ecuación (1) se obtiene:

$$V = Q / 2.448 D^2 \quad V = \text{Velocidad del fluido, en pie/seg.}$$

Q = Gasto del fluido, en gpm.

D = Diámetro nominal de la tubería, en pulg.

Para  $\phi 38$  mm (Diámetro nominal=1.61 pulg)

$$V = 38.64 / 2.448 (1.61)^2 = 6.09; \quad V = 6.09 \text{ pie/seg}$$

Para  $\phi 50$  mm (Diámetro nominal=2.067 pulg)

$$V = 38.64 / 2.448 (2.067)^2 = 3.7; \quad V = 3.7 \text{ pie/seg}$$

Para  $\phi 75$  mm (Diámetro nominal=3.068 pulg)

$$V = 38.64 / 2.448 (3.068)^2 = 1.68; \quad V = 1.68 \text{ pie/seg}$$

Observando los resultados de las velocidades anteriormente calculadas, se puede deducir que cumplen con las características mencionadas en el subcapítulo 1.3b, ó sea, que las velocidades no rebasan el límite permisible de 8.0 pie/seg para un  $PH=6.9$  (supuesto), por lo que los diámetros propuestos son aceptables.

Planta Primer Nivel.  
Difusores de agua caliente y succión de alberca.

Difusores de agua caliente.

Tramo	Gasto gpm	Diámetro mm	Accesorio
L	38.64	64	Descarga
K	38.64	50	Difusores

El caudal obtenido (38.64 gpm) para la descarga de agua caliente a través de los difusores en la alberca, obedece al mismo criterio de la instalación de succión, puesto que el equipo de filtrado alimenta directamente al intercambiador de calor y este a su vez a las líneas que alimentan a los difusores. A continuación se efectúa un cálculo de las velocidades producidas por los diámetros supuestos, de acuerdo al criterio utilizado para la instalación de recirculación:

Para  $\phi 50$  mm (Diámetro nominal=2.067 pulg)

$$V = 38.64 / 2.448(2.067)^2 = 3.7; V = 3.7 \text{ pie/seg}$$

Para  $\phi 64$  mm (Diámetro nominal=2.469 pulg)

$$V = 38.64 / 2.448(2.469)^2 = 2.6; V = 2.6 \text{ pie/seg}$$

De los resultados obtenidos anteriormente, se puede deducir que las velocidades resultantes no exceden de la velocidad recomendada (8.0 pie/seg), por lo que los diámetros propuestos son válidos.

Planta Primer Nivel y Mezzanine.  
Red de vapor.

Tramo	Gasto lbs/min	Presión lbs/pulg <sup>2</sup>	Volumen pie <sup>3</sup> /lb	Diámetro mm
1-2	4.61	100	3.90	38
3-4	3.83	30	9.46	19
5-4	2.17	30	9.46	19
4-6	6.00	30	9.46	25
7-6	1.17	30	9.46	13
6-8	7.17	30	9.46	38
9-2	7.17	100	3.90	38
2-10	11.78	100	3.90	50
11-10	7.17	100	3.90	38
10-12	18.95	100	3.90	50

Cuarto de máquinas.  
Red de vapor.

Tramo	Gasto lbs/min	Presión lbs/pulg <sup>2</sup>	Volumen pie <sup>3</sup> /lb	Diámetro mm
1-2	26.39	100	3.90	50
3-2	4.94	100	3.90	38
2-4	31.33	100	3.90	50

Cuarto de máquinas.  
Red de vapor.

Tramo	Gasto lbs/min	Presión lbs/pulg <sup>2</sup>	Volumen pie <sup>3</sup> /lb	Diámetro mm
13*	50.28	100	3.90	64
14*	50.28	100	3.90	64

\*De calderas a cabezal de vapor.

Planta Primer Nivel y Cuarto de Máquinas.  
Pérdida de presión por fricción y altura en el sistema de vapor

Caída de presión por fricción del vapor en el sistema, de acuerdo a la ruta más crítica (Desde el intercambiador de calor de la alberca hasta la caldera más alejada de este punto.

Tramo	Caída de presión por fricción (lbs/pulg <sup>2</sup> )
1-2	0.48

Continuación.

Tramo	Caída de presión por fricción (lbs/pulg <sup>2</sup> )
2-10	0.36
10-12	0.93
12-14*	3.72
	<u>5.49</u>

\*Caída de presión resultante entre el cabezal de vapor y el tramo correspondiente.

Caída de presión estática (Debido a la elevación entre el punto más bajo y el más alto del sistema).

$$P_{ph} = 24.61 \text{ pies} \times 0.023 \text{ lbs/pulg}^2/10 \text{ pies}$$

$$P_{ph} = 0.057 \text{ lbs/pulg}^2$$

Pérdida de presión total.

$$P_{pt} = 5.49 + 0.057$$

$$P_{pt} = 5.547 \text{ lbs/pulg}^2$$

De los resultados anteriormente calculados, se puede observar que la pérdida de presión manométrica en el sistema es sumamente pequeña, por lo que se puede considerar despreciable, ya que la presión teórica a la que debe estar la caldera es de:  $100 + 5.547 = 105.547 \text{ lbs/pulg}^2$  para cumplir estrictamente con los parámetros propuestos de diseño, pero como resulta obvio en el mercado no existen tales tipos de presiones, sino exclusivamente presiones comerciales, por lo que se opta por la presión de  $100 \text{ lbs/pulg}^2$  ( $7.03 \text{ kg/cm}^2$ ), que es la que resulta más conveniente a nuestro sistema.

Continuación.

Tramo	Caída de presión por fricción (lbs/pulg <sup>2</sup> )
2-10	0.36
10-12	0.93
12-14*	3.72
	<u>5.49</u>

\*Caída de presión resultante entre el cabezal de vapor y el tramo correspondiente.

Caída de presión estática (Debido a la elevación entre el punto más bajo y el más alto del sistema).

$$P_{ph} = 24.61 \text{ pies} \times 0.023 \text{ lbs/pulg}^2 / 10 \text{ pies}$$

$$P_{ph} = 0.057 \text{ lbs/pulg}^2$$

Pérdida de presión total.

$$P_{pt} = 5.49 + 0.057$$

$$P_{pt} = 5.547 \text{ lbs/pulg}^2$$

De los resultados anteriormente calculados, se puede observar que la pérdida de presión manométrica en el sistema es sumamente pequeña, por lo que se puede considerar despreciable, ya que la presión teórica a la que debe estar la caldera es de:  $100 + 5.547 = 105.547 \text{ lbs/pulg}^2$  para cumplir estrictamente con los parámetros propuestos de diseño, pero como resulta obvio en el mercado no existen tales tipos de presiones, sino exclusivamente presiones comerciales, por lo que se opta por la presión de  $100 \text{ lbs/pulg}^2$  ( $7.03 \text{ kg/cm}^2$ ), que es la que resulta más conveniente a nuestro sistema.

Continúa.

Sección D-F:

No se utiliza la fórmula debido a que la trampa de vapor es propia del equipo, no de la red de condensado. En este caso en especial se utiliza una trampa termodinámica, ya que la termostática con flotador es muy grande y es válido su uso de acuerdo a las alternativas que ofrecen.

Ct=230 lbs/hr.

Tipo de trampa: Termodinámica.

Dimensiones de los orificios: 13 mm.

Sección G-H:

Ct=3(39.61+9.12)+1.5(9.54+0.67)

Ct=161.51 lbs/hr.

Tipo de trampa: Termodinámica.

Dimensiones de los orificios: 13 mm.

Sección I-J:

Ct= 3(20.51+83.11)+1.5(2.82+5.61)

Ct=323.51 lbs/hr.

Tipo de trampa: Termodinámica.

Dimensiones de los orificios: 13 mm.

Sección K-L:

Ct=3(116.16)+1.5(9.16)

Ct=362.22 lbs/hr.

Tipo de trampa: Termodinámica.

Dimensiones de los orificios: 13 mm.

Cuarto de Máquinas.

Red de condensado.

Tramo	Gasto lbs/hr <sup>1</sup>	Gasto lbs/hr <sup>2</sup>	Gasto lbs/hr <sup>3</sup>	Gasto lbs/hr <sup>4</sup>	Gasto total lbs/hr	Díametro mm
B-1	1583.32				1583.32	32
D-1		137.22	26.28		163.50	13
1-2				1746.82	1746.82	38
F-2	296.35				296.35	25
2-3				2043.17	2043.17	50
H-3		53.53	14.01		67.54	13
3-5				2110.71	2110.71	50
J-5		295.59	60.11		355.70	19
5-6				2466.41	2466.41	50

1) Condensado originado por los propios equipos.

2) Condensado originado por el calentamiento inicial del sistema

3) Condensado originado por la radiación del sistema.

4) Condensado acumulado según la sección.

Cuarto de Máquinas.  
Red de condensado.

Cálculo de la capacidad de las trampas de vapor.

Sección A-B:

No se utiliza la fórmula, debido a que la trampa es propia del equipo y no de la red de condensado.

Ct=1583.32 lbs/hr.

Tipo de trampa: Con flotador y termostática.

Dimensiones de los orificios: 32 mm.

Sección C-D:

Ct=3(137.22)+1.5(26.28)

Ct=451.08 lbs/hr.

Tipo de trampa: Termodinámica.

Dimensiones de los orificios: 13 mm.

Sección E-F:

No se utiliza la fórmula debido a que la trampa es propia del equipo, no de la red de condensado.

Ct=296.35 lbs/hr.

Tipo de trampa: Con flotador y termostática.

Dimensiones de los orificios: 25 mm.

Sección G-H:

Ct=3(53.53)+1.5(14.01)

Ct=181.61 lbs/hr.

Tipo de trampa: Termodinámica.

Dimensiones de los orificios: 13 mm.

Sección I-J:

Ct=3(295.59)+1.5(60.11)

Ct=976.94 lbs/hr.

Tipo de trampa: Termodinámica.

Dimensiones de los orificios: 19 mm.

Cuarto de Máquinas.  
Líneas de alimentación de diesel.

Tramo	Gasto gpm	Diámetro mm
1	0.36	19
2	0.36	19
3	13.40	25
4	13.40	25
5	13.40	50
6	35.00	50

Cuarto de Máquinas.  
Selección de equipo.

Selección del equipo de bombeo de agua fría que alimenta a los cuartos tipo.

Se sugiere un equipo de bombeo triplex, con capacidad del 50% del gasto obtenido en cada bomba, para disminuir las dimensiones del equipo hidroneumático y tener una bomba de reserva en caso de alguna posible falla.

Determinación de la carga:

Pérdida de carga por fricción  $H_f=11.18$  mca.  
Carga estática  $H_e=31.10$  mca.  
Carga disponible  $H_d=10.00$  mca.  
Carga dinámica total  $Cdt=52.28$  mca.

Determinación del gasto de cada bomba:

$Q_{\max} \text{ prob}=178$  gpm= $673.80$  lpm.  
 $Q_{\text{bomba}}=336.90$  lpm.

Potencia de cada bomba:

$HP=336.9 \times 52.28 / 2747 = 6.4$  HP.

Tipo de bomba: Centrífuga.

selección del equipo de bombeo de agua fría que alimenta a los servicios.

Se sugiere un equipo de bombeo triplex, con capacidad del 50% del gasto obtenido en cada bomba, para disminuir las dimensiones del equipo hidroneumático y para poder tener una bomba de reserva en caso de alguna posible falla.

Determinación de la carga:

Pérdida de carga por fricción  $H_f= 8.79$  mca.  
Carga estática  $H_e=11.50$  mca.  
carga disponible  $H_d=10.00$  mca.  
Carga dinámica total  $Cdt=30.29$  mca.

Continúa.

Determinación del gasto de cada bomba:

$Q_{\text{máx prob}}=158.25 \text{ gpm}=599.04 \text{ lpm.}$

$Q_{\text{bomba}}=299.52 \text{ lpm.}$

Potencia de cada bomba:

$HP=299.52 \times 30.29 / 2747 = 3.3 \text{ HP.}$

Tipo de bomba: Centrífuga.

Selección del equipo de bombeo del Sistema Contra Incendio.

Se sugiere una bomba eléctrica y una de combustión interna, ambas con capacidad del 100% del gasto obtenido, el objetivo es de que exista una bomba de reserva en caso de alguna posible falla mecánica en alguna de las dos, ó bien en caso de falla eléctrica ocasionada por un siniestro.

Determinación de la carga:

Pérdida de carga por fricción  $H_f = 7.73 \text{ mca.}$

Carga estática  $H_e = 29.10 \text{ mca.}$

Carga disponible  $H_d = 42.00 \text{ mca.}$

Carga dinámica total  $Cdt = 78.83 \text{ mca.}$

Determinación del gasto de cada bomba:

$Q_{\text{bomba}} = 2 \times 36.98 = 73.96 \text{ gpm.}$

$Q_{\text{bomba}} = 280 \text{ lpm.}$

Potencia de cada bomba:

$HP = 280 \times 78.83 / 2747 = 8 \text{ HP.}$

Tipo de bomba: Centrífuga.

Nota: El tipo y la distribución de extintores en este proyecto, se realizó de acuerdo al criterio mencionado en el capítulo 5.

Selección del equipo de bombeo de alimentación de agua caliente a calderas.

Se sugiere bombas especiales que resistan altas temperaturas, la capacidad de cada bomba es del 100% del gasto obtenido.

Determinación de la carga:

Pérdida de carga por fricción  $H_f = 0.60 \text{ mca.}$

carga estática  $H_e = 20.00 \text{ mca.}$

Carga disponible  $H_d = 85.30 \text{ mca.}$

Carga dinámica total  $Cdt = 105.90 \text{ mca.}$

Determinación del gasto:

$Q_{\text{bomba}} = 5.52 \text{ gpm} = 20.90 \text{ lpm.}$

Continúa.

Potencia de la bomba:  
 $HP=20.9 \times 105.9 / 2747 = 0.81$  HP.

Tipo de bomba: De turbina.

Nota: Estos cálculos exclusivamente corresponden a la bomba que alimenta la caldera en la sección 17.

Determinación de la carga:  
 Pérdida de carga por fricción  $H_f = 0.58$  mca.  
 Carga estática  $H_e = 20.00$  mca.  
 Carga disponible  $H_d = 85.30$  mca.  
 Carga dinámica total  $Cdt = 105.88$  mca.

Determinación del gasto:  
 $Q_{bomba} = 5.52$  gpm = 20.90 lpm.

Potencia de la bomba:  
 $HP = 20.9 \times 105.88 / 2747 = 0.81$  HP.

Tipo de bomba: De turbina.

Nota: Estos cálculos exclusivamente corresponden a la bomba que alimenta la caldera en la sección 18.

Equipo de recirculación de agua caliente de cuartos tipo.

El gasto recomendado para la bomba de recirculación es del 300% del gasto obtenido por diseño, esto se efectúa para que la bomba no trabaje en una forma continua.

Determinación de la carga:  
 Pérdida de carga por fricción  $H_f = 2.95$  mca.  
 Carga dinámica total  $Cdt = 2.95$  mca.

Determinación del gasto:  
 $Q_{bomba} = 2.64 \times 3 = 7.92$  gpm.  
 $Q_{bomba} = 29.98$  lpm.

Potencia de la bomba:  
 $HP = 29.98 \times 2.95 / 2747 = 0.03$  HP.

Tipo de bomba: Centrífuga.

Equipo de recirculación de agua caliente de servicios.

El gasto recomendado para la bomba de recirculación es del 300% del gasto obtenido por diseño, esto se efectúa para que la bomba no trabaje en una forma continua.

Determinación de la carga:  
 Pérdida de carga por fricción  $H_f = 5.88$  mca.  
 Carga dinámica total  $Cdt = 5.88$  mca.

Continúa.

Determinación del gasto:

$Q_{bomba} = 1.79 \times 3 = 5.37$  gpm.

$Q_{bomba} = 20.33$  lpm.

Potencia de la bomba:

$HP = 20.33 \times 5.88 / 2747 = 0.044$  HP.

Tipo de bomba: Centrífuga.

Equipo de bombeo para el traspaso de diesel.

La capacidad sugerida de cada bomba es del 100% del gasto obtenido.

Determinación de la carga:

Pérdida de carga por fricción  $H_f = 0.081$  mca.

Carga estática  $H_e = 20.000$  mca.

Carga disponible  $H_d = 15.000$  mca.

Carga dinámica total  $C_{dt} = 35.081$  mca.

Determinación del gasto:

$Q_{bomba} = 13.4$  gpm.

$Q_{bomba} = 50.72$  lpm.

Potencia de cada bomba:

$HP = 50.72 \times 35.081 / 2747 = 0.65$  HP.

Tipo de bomba: De engranes.

Planta Primer Nivel.

Selección de equipo.

Selección del equipo de bombeo de circulación del agua en la alberca.

Se sugiere una bomba con capacidad del 100% del gasto obtenido, ya que esta bomba funcionará durante todo el lapso de calentamiento.

Determinación de la carga:

Pérdida de carga por fricción  $H_f = 4.06$  mca.

carga estática  $H_e = 3.50$  mca.

Carga disponible  $H_d = 5.00$  mca.

Carga dinámica total  $C_{dt} = 12.56$  mca.

Determinación del gasto de la bomba:

68,000 lts de agua, filtrada en un tiempo de 7 hrs, 45 min.

$Q_{bomba} = 38.64$  gpm.

$Q_{bomba} = 146.25$  lpm.

Potencia de la bomba:

$HP = 146.25 \times 12.56 / 2747 = 0.67$  HP.

Tipo de bomba: Centrífuga.

Planta Primer Nivel.  
Selección de equipo.

Capacidad del intercambiador de calor, en el cuarto de máquinas de la alberca.

$Qv = 3.97 Ca At / Cl$        $Qv =$  Gasto del vapor, en lbs/hr.  
 $At = tf - ti$                $Ca =$  Cantidad de agua por calentar, en lbs/hr  
                                   $Cl =$  Calor latente a la presión considerada,  
                                               en btu/lb.  
                                   $At =$  Diferencial de temperatura, en °C.  
                                   $ti =$  Temperatura del agua antes de calentar,  
                                               en °C.  
                                   $tf =$  Temperatura deseada del agua, en °C.

$Ca = 38.64 \text{ gpm} = 8776.10 \text{ lbs/hr.}$  (De acuerdo al gasto obtenido para los difusores y succión de la alberca).

$Qv = 3.97(8776.1 \times (27 - 20)) / 881.6 = 276.64 \text{ lbs/hr.}$

$Qv = 4.61 \text{ lbs/min}$  a  $100 \text{ lbs/pulg}^2$ .

Cuarto de Máquinas.  
Ventilación de equipos.

El diámetro de las ventilaciones de los equipos, son suministradas por el fabricante de acuerdo a sus características, para el buen funcionamiento de los mismos.

Tanque de condensados:  $\phi 50 \text{ mm.}$   
 Tanque de purgas:  $\phi 50 \text{ mm.}$   
 Tanque de diesel (de día):  $\phi 38 \text{ mm.}$   
 Tanque de diesel (almacenamiento):  $\phi 50 \text{ mm.}$

Cuarto de Máquinas.  
Selección de equipo.

Capacidad del tanque de almacenamiento de agua caliente para los cuartos tipo.

120 Lavabos x 8 = 960 lts/hr.

120 Regaderas x 285 = 34200 lts/hr.

Posible demanda máxima = 35160 lts/hr.

Posible demanda máxima =  $35160 \times 0.25 = 8790 \text{ lts/hr.}$

Capacidad del tanque de almacenamiento =  $8790 \times 0.80 = 7032 \text{ lts.}$

Capacidad del tanque de almacenamiento de agua caliente para los servicios.

25 Lavabos x 30 = 750 lts/hr.

8 Regaderas x 285 = 2280 lts/hr.

Continúa.

1 Baño María x 8 = 8 lts/hr.  
 6 Tarjas x 115 = 690 lts/hr.  
 3 Lavaplatos x 500 = 1500 lts/hr.  
 1 Prep. Cocina x 1353 = 1353 lts/hr.

Posible demanda máxima=6581 lts/hr.

Posible demanda máxima=6581x0.25=1645.25 lts/hr.

Capacidad del tanque de almacenamiento=1645.25x0.8=1316.2 lts.

Capacidad de las calderas.

Demanda de vapor requerida:

Qvapor=50.28 lbs/min.

Qvapor=3016.8 lbs/hr.

1 CC=34.5 lbs/hr (vapor)

1 CC=33500 btu/hr

$3016.8/34.5=87$  CC aproximadamente 80 CC.

$80 \times 33500 = 2'680,000$  btu/hr.

Capacidad de cada caldera:

80 CC ó 2'680,000 btu/hr a 100 lbs/pulg<sup>2</sup> (7.03 kg/cm<sup>2</sup>).

Se recomienda que la capacidad de la caldera sea de 80 CC., ya que es la capacidad comercial que más se acerca a la de diseño. Como se tienen dos calderas al 100% del gasto de diseño, se puede compensar la falta de capacidad en ellas alterandolas entre si.

Capacidad del tanque de condensados.

Ce=80 CC x 0.261 lts/min CC=20.88 lts/min.

Rt=20.88 lts/min x 20 min=417.6 lts.

Vta=417.6 lts/0.7 x 2 calderas=1193 lts.

Volúmen total del tanque de condensados=1193 lts.

Exterior del Hotel.

Selección de equipos.

Capacidad del tanque de almacenamiento de diesel.

Consumo de la caldera:  $8460/10280 \times 0.8 = 1.03$  lts/hr/CC.

Vu=1.03x16x15=247.20 lts/CC.

Vt=1.155x247.2=285.52 lts/CC.

El volúmen total de cada tanque de almacenamiento para abastecer de combustible diesel a una caldera de 80 CC es de:  $Vt=285.52 \times 80 = 22,842$  lts.

Exterior del Hotel.  
Selección de equipo.

Capacidad del tanque de Día de diesel.

Consumo de la caldera=8460/10280x0.8=1.03 lts/hr/CC.  
Vu=1.03x16x1=16.48 lts/CC.  
Vt=1.155x16.48=19.03 lts/CC.

El volúmen total del tanque de Día para abastecer de combustible diesel por un día a dos calderas de 80 CC es de:  $V_t=19.03 \times 80=1522$  lts.

Cuarto de Máquinas.  
Selección de equipo.

Capacidad del equipo de suavización de agua y tanque de purgas de las calderas.

Las capacidades de estos equipos son suministradas por el fabricante de ellos, de acuerdo a las características de los equipos a los que van a servir.

Equipo de suavización: 240,000 granos.  
Tanque de purgas (centrífugo): 260 lts.

Equipo hidroneumático.

Las capacidades del equipo hidroneumático son suministradas por el fabricante del mismo, de acuerdo a las características del equipo de bombeo.

- 1) Capacidad del equipo hidroneumático para alimentar a la zona de cuartos tipo: 1750 lts.
- 2) Capacidad del equipo hidroneumático para alimentar a la zona de servicios: 1200 lts.

Capacidad de la reductora de presión; Sección 22-27.

Presión de entrada:  $5.23 \text{ kg/cm}^2$ .

Presión de salida:  $0.50 \text{ kg/cm}^2$ .

Modelo: ED Spence.

Díámetro: 13 mm.

Planta Primer Nivel Tipo.  
Expansión de la tubería.

Deformación lineal absorbida por compensadores de dilatación (Tipo Mofle), en las líneas de agua caliente.

tramo	Deformación lineal de la tubería, en mm
1-2	12.7
3-4	7.6
5-6	12.7
7-8	5.6
9-10	11.0
11-12	15.0
13-14	8.6

Planta Primer Nivel Tipo, Primer Nivel, Mezzanine.  
Expansión de la tubería.

Deformación lineal absorbida por compensadores de dilatación (Tipo Mofle), en las líneas de retorno de agua caliente.

Tramo	Deformación lineal de la tubería, en mm
1-2	12.7
3-4	6.6
5-6	12.7
7-8	5.6
9-10	11.0
11-12	15.0
13-14	8.6

Planta Primer Nivel, Mezzanine, Cuarto de Máquinas.  
Expansión de la tubería.

Deformación lineal absorbida por compensadores de dilatación (Tipo Mofle), en las líneas de vapor.

Tramo	Deformación lineal de la tubería, en mm
1-2	15.0
3-4	25.0
4-5	16.0
6-7	33.0
8-9	33.0
10-11	17.3
12-11	12.2

Planta Primer Nivel, Mezzanine, Cuarto de Máquinas.  
Expansión de la tubería.

Deformación lineal absorbida por compensadores de dilatación (Tipo Kofle), en las líneas de condensado.

Tramo	Deformación lineal de la tubería, en mm
1-2	8.1
3-4	13.2
4-5	8.4
6-7	17.3
8-9	17.3
10-11	9.1
12-11	6.6

Planta Primer Nivel Tipo, Primer Nivel, Mezzanine, Cuarto de Máquinas.  
Complementarios.

El empleo de las mangueras flexibles en el sistema hidráulico, es con el objeto de absorber asentamientos propios de la construcción, éstas se encuentran localizadas en las juntas constructivas del hotel.

El criterio para la distribución y tipos de soportes especiales utilizados en las líneas hidráulicas afectadas por la temperatura se efectuó de acuerdo a los capítulos 8 y 9.

Planta Tipo.  
Instalación Sanitaria (Ramales).

Ducto "A" (Del nivel 2 al 5).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	1	25
2-5	3	40
3-5	2	50
5-6	5	50
4-6	4	100
6-13	9	100
7-8	1	25
8-11	3	40
10-11	2	50
11-12	5	50
9-12	4	100
12-13	9	100
13-14*	18	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "A" (Exclusivamente el nivel 1).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	1	25
2-5	3	40
3-4	2	50
6-7	1	25
7-9	3	40
8-9	2	50
9-11	5	50
10-11	4	100
11-4	9	100
4-5	11	100
5-13	14	100
12-13	4	100
13-14*	18	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Planta Tipo.  
Instalación Sanitaria (Ramales).

Ducto "B" (Del nivel 2 al 5).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	1	25
2-5	3	40
3-5	2	50
4-5	4	100
5-6	9	100
7-8	1	25
8-11	3	40
9-11	4	100
10-11	2	50
11-6	9	100
6-12*	18	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "B" (Exclusivamente el nivel 1).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	1	25
2-4	3	40
3-4	2	50
4-11	5	50
5-6	1	25
6-9	3	40
7-9	2	50
9-10	5	50
8-10	4	100
10-11	9	100
11-13	14	100
12-13	4	100
13-14*	18	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "C" (Del nivel 2 al 5; Ejes 4-I).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	1	25
2-4	3	40

Continúa.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
3-4	2	50
4-6	5	50
5-6	4	100
7-8	1	25
8-10	3	40
9-10	2	50
10-12	5	50
11-12	4	100
12-6	9	100
6-13*	18	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "C" (Exclusivamente nivel 1; Ejes 4-I).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	1	25
2-4	3	40
3-4	2	50
4-6	5	50
5-6	4	100
6-8	9	100
7-8	4	100
8-10	13	100
9-10	2	50
10-13	15	100
11-12	1	25
12-13	3	40
13-14*	18	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "C" (Del nivel 2 al 5; Ejes 8-I).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	1	25
2-4	3	40
3-4	2	50
4-6	5	50
5-6	4	100

Continúa.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
7-8	1	25
8-10	3	40
9-10	2	50
10-12	5	50
11-12	4	100
12-6	9	100
6-13*	18	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "C" (exclusivamente nivel 1; Ejes 8-I).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	1	25
2-4	3	40
3-4	2	50
4-6	5	50
5-6	4	100
6-8	9	100
7-8	4	100
8-10	13	100
9-10	2	50
10-13	15	100
11-12	1	25
12-13	3	40
13-14*	18	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "F" (Del nivel 1 al 5; Ejes H-14).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	1	25
2-3	3	40
4-5	1	25
5-7	3	40
6-7	4	100
7-9	7	100
8-9	2	50
9-3	9	100

Continúa.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
3-11	12	100
10-11	2	50
11-13	14	100
12-13	4	100
13-14*	18	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "F" (Del nivel 2 al 5; Ejes I-14).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	1	25
2-3	3	40
4-5	1	25
5-7	3	40
6-7	4	100
7-9	7	100
8-9	2	50
9-3	9	100
3-11	12	100
10-11	2	50
11-13	14	100
12-13	4	100
13-14*	18	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "F" (Exclusivamente nivel 1; Ejes I-14).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	1	25
2-3	3	40
4-5	1	25
5-7	3	40
6-7	4	100
7-9	7	100
8-9	2	50
9-3	9	100
3-11	12	100
10-11	2	50

Continúa.

Tramo	Unidades mueble	Díametro mm
11-13	14	100
12-13	4	100
13-14*	18	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "G" (Del nivel 1 al 5).

Tramo	Unidades mueble	Díametro mm
1-2	1	25
2-3	3	40
4-3	4	100
3-6	7	100
5-6	2	50
6-7*	9	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "E" (Del nivel 2 al 5).

Tramo	Unidades mueble	Díametro mm
1-2	1	25
2-3	3	40
4-5	1	25
5-7	3	40
6-7	4	100
7-9	7	100
8-9	2	50
9-3	9	100
3-11	12	100
10-11	2	50
11-13	14	100
12-13	4	100
13-14*	18	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Planta Tipo.  
Instalación Sanitaria (Ramales).

Ducto "E" (Exclusivamente el nivel 1).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	1	25
2-6	3	40
3-5	4	100
4-5	2	50
5-6	6	100
6-8	9	100
7-8	2	50
8-9	11	100
10-11	1	25
11-9	3	40
9-13	14	100
12-13	4	100
13-14*	18	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "D" (Del nivel 1 al 5).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	1	25
2-4	3	40
3-4	4	100
4-6	7	100
5-4	2	50
6-7*	9	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Planta Primer Piso.  
Instalación Sanitaria (Ramales).

Toilet de alberca.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-3	2	40
2-3	4	100
3-4*	6	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Planta Primer Piso.  
Instalación Sanitaria (Ramales).

Baños públicos (Hombres y Mujeres).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-7	4	50
2-7	4	50
7-8	8	50
3-8	4	50
8-10	12	50
9-10	1	50
10-11	13	75
4-11	2	40
11-12	15	75
5-12	2	40
12-13	17	75
6-13	2	40
13-14	19	100
22-27	2	40
23-27	1	50
27-28	3	50
24-28	2	40
28-29	5	75
25-29	2	40
29-30	7	75
26-30	2	40
30-31	9	100
20-31	8	100
21-31	3	50
31-36	20	100
17-32	8	100
15-32	8	100
32-33	16	100
18-33	8	100
33-34	24	100
16-33	8	100
34-35	32	100
19-35	8	100
35-36	40	100
36-14	60	100
14-37*	79	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Planta Primer Piso.  
Instalación Sanitaria (Ramales).

Cocina.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	2	50
2-4	2	100
3-4	3	50
4-6	5	100
5-6	1	50
6-8	6	100
7-8	1	50
8-10	7	100
9-10	2	50
10-12	9	100
11-12	2	50
12-14	11	100
13-14	1	50
14-26	12	100
15-16	2	50
16-17	3	50
17-19	3	100
18-19	2	50
19-21	5	100
20-21	1	50
21-23	6	100
22-23	1	50
23-25	7	100
24-25	3	50
25-26	10	100
26-28	22	100
27-28	1	50
28-31	23	100
29-30	3	50
30-31	3	100
31-35	26	100
32-33	3	50
34-35	3	75
35-37	29	100
36-37	4	50
37-38*	33	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Planta Primer Piso.  
Instalación Sanitaria (Ramales).

Preparación de lobby bar.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
s/n*	10	75

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Planta Mezzanine.  
Instalación Sanitaria (Ramales).

Toilet; Ejes C'-10.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-3	1	50
2-3	1	50
3-5	2	50
4-5	4	50
5-6	6	50
7-8	4	100
8-6	8	100
6-9*	14	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Baño de empleados (Mujeres y parte de hombres).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-9	2	50
2-9	2	50
9-10	4	50
3-10	2	50
10-11	6	75
4-11	2	50
11-15	8	75
8-12	2	50
7-12	2	50
12-13	4	50
6-13	2	50
13-14	6	75
5-14	2	50

## Continuación.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
14-15	8	75
15-20	16	100
16-20	8	100
20-21	24	100
17-21	8	100
21-22	32	100
18-22	8	100
22-23	40	100
19-23	8	100
23-33	48	100
24-29	1	50
25-29	2	40
29-30	3	50
26-30	2	40
30-31	5	50
27-31	2	40
31-32	7	50
28-32	2	40
32-33	9	75
33-35	57	100
34-35	3	50
35-36*	60	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

## Bano de empleados (Hombres).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-5	2	40
2-5	2	40
5-6	4	50
3-6	2	40
6-7	6	50
4-7	2	40
7-15	8	75
9-10	1	50
8-10	4	50
10-12	5	50
11-12	4	50
12-14	9	75
13-14	4	50
14-15	13	75
15-23	21	100

Continúa.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
16-20	8	100
17-20	8	100
20-21	16	100
18-21	8	100
21-22	24	100
19-22	3	50
22-23	27	100
23-24*	48	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Baño oficinas y concesiones.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-3	4	100
2-3	1	50
3-5	5	100
4-5	2	40
5-7	7	100
6-7	2	40
7-9	9	100
8-9	4	100
9-11	13	100
10-11	1	50
11-13	14	100
12-13	4	100
13-15	18	100
14-15	2	40
15-17	20	100
16-17	1	50
17-18*	21	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Planta Baja.  
Instalación Sanitaria (Ramales).

Toilet; Ejes G-10.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-3	4	100

Continúa.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
2-3	2	40
3-4	6	100
5-7	4	100
6-7	4	100
7-9	8	100
8-9	4	50
9-4	12	100
4-10*	18	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Toilet; Ejes 11-12 y K-L.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-3	2	40
2-3	1	50
3-5	3	50
4-5	4	100
5-6*	7	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Cuarto de Basura.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	3	50
2-3*	4	50

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Desagüe de la subestación y almacén de alimentos y bebidas;  
Ejes 9-10 y A-C.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-3	1	100
2-3	1	100
3-4*	2	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Cuarto de Máquinas.  
Instalación Sanitaria (Ramales).

Desagüe de equipos; Ejes 1-2 y K.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-3	15	100
2-3	30	100
3-4*	45	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Desagüe de equipos; Ejes 2-3 y J.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2*	25	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Planta Tipo, Primer Piso, Mezzanine, Baja.  
Instalación Sanitaria (Bajadas de Aguas Negras).

Ducto "A".

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	18	100
2-3	36	100
3-4	54	100
4-5*	72	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "B".

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	18	100
2-3	36	100
3-4	54	100
4-6	72	100
6-5	90	100
5-7	162	100
7-8*	180	150

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "C"; Ejes 4-I.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	18	100
2-3	36	100
3-4	54	100
4-5	72	100
5-6*	90	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "C"; Ejes 8-I.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	18	100

Continúa.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
2-3	36	100
3-4	54	100
4-5	72	100
5-6	90	100
6-7*	169	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "D".

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	9	100
2-3	18	100
3-4	27	100
4-5	36	100
5-6*	45	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "G".

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	9	100
2-3	18	100
3-4	27	100
4-5	36	100
5-6*	45	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "E".

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	18	100
2-3	36	100
3-4	54	100
4-7	72	100

Continúa.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
7-6	90	100
6-8	135	150
8-9*	145	150

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "F"; Ejes H-14.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	18	100
2-3	36	100
3-4	54	100
4-5	72	100
5-6*	90	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "F"; Ejes I-14.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	18	100
2-3	36	100
3-4	54	100
4-7	72	100
7-6	90	100
6-8*	180	150

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Planta Primer Nivel, Mezzanine, Baja.  
Instalación Sanitaria (Bajadas de Aguas Negras).

Cocina-Toilet Mezzanine.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	33	100
2-3*	47	100

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Planta Mezzanine y Planta Baja.  
Instalación Sanitaria (Bajadas de Aguas Negras).

Baños empleados.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	48	100
2-3*	108	150

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Baños oficinas y concesiones.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2*	21	100

Planta Baja.  
Instalación Sanitaria (Colectores).

Colector que comprende: Coladeras del cuarto de máquinas, Ductos "C", Baño de empleados, Baño de concesiones; Ejes I-L y 1-10.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
2-7	21	100
7-3	190	150
3-6	298	150
6-2	388	150
2-4	413	150
4-5*	458	150

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Colector que comprende: Toilet de alberca, Cuarto de basura, Ductos "A" y "B", Toilet Mezzanine, Cocina; Ejes A-G y 10-11.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
3-10	47	100
10-7	65	100
7-8	245	150
8-9	425	150
9-3	605	150
3-4	609	150
4-5*	615	150

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Colector que comprende: Ductos "D", "G", "E", "F", Toilet planta baja; Ejes H-I y 10-15.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
6-6	45	100
6-9	52	100
9-8	197	150
8-10*	377	150

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Planta Tipo.  
Red de Ventilación.

Ducto "C" (Del nivel 2 al 5; Ejes 8-I).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
2-14	2	40
8-14	2	40
5-15	4	40
11-15	4	40
15-14	8	40
14-16*	12	40

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "C" (Exclusivamente nivel 1).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
15-16	2	50
12-16	2	40
16-17	4	50
2-55	2	40
55-17	92	50
17-18	96	50
7-17	4	40
5-17	4	40
17-18	8	40
18-19*	104	50

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "C" (Del nivel 2 al 5; Ejes 4-I).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
2-15	2	40
8-15	2	40
5-14	4	40
11-14	4	40
14-15	8	40
15-16*	12	50

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Planta Tipo.  
Red de Ventilación.

Ducto "C" (Exclusivamente el nivel 1; Ejes 4-I).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
2-15	2	40
12-15	2	40
5-14	4	40
7-14	4	40
14-15	8	40
15-16*	12	50

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "A" (Del nivel 2 al 5).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
2-15	2	40
8-15	2	40
4-16	4	40
9-16	4	40
16-15	8	40
15-17*	12	50

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "A" (Exclusivamente el nivel 1).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
2-15	2	40
7-15	2	40
10-16	4	40
12-16	4	40
16-15	8	40
15-17*	12	50

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Planta Tipo.  
Red de Ventilación.

Ducto "B" (Del nivel 2 al 5).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
8-15	2	40
9-15	4	40
15-17	6	40
2-16	2	40
4-16	4	40
16-17	6	40
17-18*	12	50

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "B" (Exclusivamente el nivel 1).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
2-15	2	40
6-16	2	40
8-16	4	40
16-15	6	40
15-17*	8	40

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "B" (Exclusivamente el nivel 1; Complemento del ducto anterior).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
12-18*	4	40

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "F" (Del nivel 1 al 5; Ejes H-14).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
5-15	2	40
6-15	4	40

Continúa.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
15-16	6	40
2-16	2	40
16-17	8	40
12-17	4	40
17-18*	12	40

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "F" (Del nivel 2 al 5; Ejes I-14).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
5-15	2	40
6-15	4	40
15-16	6	40
2-16	2	40
16-17*	8	40

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "F" (Del nivel 2 al 5; Ejes I-14; Complemento del ducto anterior).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
12-18*	4	40

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "F" (Exclusivamente el nivel 1; Ejes I-14).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
5-15	2	40
6-15	4	40
15-16	6	40
2-16	2	40
16-17	8	40
12-17	4	40
17-18*	12	40

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Planta Tipo.  
Red de Ventilación.

Ducto "G" (Del nivel 1 al 5).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
2-8	2	40
4-8	4	40
8-9*	6	40

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "E" (Del nivel 2 al 5).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
5-15	2	40
6-15	4	40
15-16	6	40
2-16	2	40
16-17	8	40
12-17	4	40
17-18*	12	50

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Ducto "E" (Exclusivamente el nivel 1).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
11-15	2	40
12-15	4	40
15-16	6	40
2-16	2	40
16-17	8	40
3-17	4	40
17-18*	12	40

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Planta Tipo.  
Red de Ventilación.

Ducto "D" (Del nivel 1 al 5).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
2-8	2	40
3-8	4	40
8-9*	6	40

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Planta Mezzanine.  
Red de Ventilación.

Baños empleados (Hombres y Mujeres).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-37	2	40
2-37	2	40
37-38	4	40
3-38	2	40
38-39	6	50
4-39	2	40
39-41	8	40
8-40	4	40
11-40	4	40
13-40	4	40
40-41	12	50
41-52	20	50
16-46	8	50
16-46	8	50
46-47	16	50
17-47	8	50
47-48	24	50
17-48	8	50
48-49	32	50
18-49	8	50
49-50	40	50
18-50	8	50
50-51	48	50
19-51	8	50
19-51	3	50
51-52	59	50
52-53	79	50
25-42	2	40

continúa.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
26-42	2	40
42-43	4	40
27-43	2	40
43-44	6	50
28-44	2	40
44-45	8	50
34-45	3	40
45-53	11	50
53-54*	90	50
24-54*	90	50
54-55*	90	50

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Baño de oficinas y concesiones.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-19	4	40
4-19	2	40
19-20	6	40
6-20	2	40
20-21	8	50
8-21	4	40
21-22	12	50
12-22	4	40
22-23	16	50
14-23	2	40
23-24*	18	50

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Toilet; Ejes C'-10.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
4-11	4	40
8-10	4	40
7-10	4	40
10-11	8	40
11-12*	12	40

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Planta Primer Piso.  
Red de Ventilación.

Baños públicos (Hombres).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-38	4	40
2-38	4	40
38-39	8	40
3-39	4	40
39-40	12	50
4-40	2	40
40-41	14	50
5-41	2	40
41-42	16	50
6-42	2	40
42-43*	18	50

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Baños públicos (Mujeres y parte de hombres).

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
22-38	2	40
24-38	2	40
38-39	4	40
25-39	2	40
39-40	6	40
26-40	2	40
40-41	8	50
17-42	8	50
15-42	8	50
42-43	16	50
18-43	8	50
43-44	24	50
16-44	8	50
44-45	32	50
19-45	8	50
45-46	40	50
20-46	8	50
46-41	48	50
21-41	3	40
41-47*	59	50

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Planta Primer Piso.  
Red de Ventilación.

Toilet de alberca.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-5	2	40
2-5	4	40
5-6*	6	40

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Cocina.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
3-40	3	40
24-40	3	40
40-43	6	50
34-31	3	40
33-41	3	40
41-42	3	40
32-42	3	40
42-43	6	40
43-44	12	50
29-44	3	40
44-46	15	50
36-45	3	40
36-45	3	40
45-46	3	40
46-47	18	50
49-47	18	50
47-48	18	50
38-48	18	50
48-50*	18	50

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Planta Baja.  
Red de Ventilación.

Toilet; Ejes K-L y 11-12.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
4-7	4	40

Continúa.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-7	2	40
7-8*	6	40

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Toilet; Ejes G-10.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-11	4	40
2-11	2	40
11-12	6	40
8-12	4	40
12-14	10	40
5-13	4	40
6-13	4	40
13-14	8	40
14-15*	18	40

\*Total de unidades mueble acumuladas.

Cuarto de Máquinas.  
Red de Ventilación.

Ventilación del Tanque de diesel, Separador Centrífugo y del  
Tanque de condensados.

Tramo	Diámetro mm
29-31	50
30-31	50
31-32	50
28	38

Diámetros recomendados por los fabricantes de los equipos.

Planta Tipo.  
Columna Doble Ventilación.

Ducto "B"; Ejes 11-B.

Tramo	Unidades	Diámetro
1-2	6	50
2-3	6	50
3-4	18	50
4-5	30	50
5-6	42	75
6-7	54	75
7-8	66	75
1-8	90	100
8-9	90	100

Ducto "B"; Ejes 11-D y 11-F.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	12	50
2-3	12	50
3-4	24	50
4-5	36	75
5-6	48	75
6-7	60	75
1-7	90	100
7-8	90	100

Ducto "A"; Ejes 10-B y 10-D.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	12	50
2-3	12	50
3-4	24	50
4-5	36	75
5-6	48	75
6-7	60	75
1-7	90	100
7-8	90	100

Ducto "A": Ejes 10-P.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	47	50
2-3	47	50
3-4	59	50
4-5	71	50
5-6	83	75
6-7	95	75
7-8	107	75
1-8	90	100
8-9	107	100

Ducto "G".

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	6	50
2-3	6	50
3-4	12	75
4-5	18	75
5-6	24	75
6-7	30	75
1-7	45	100
7-8	45	100

Ducto "F": Ejes H-14.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	12	50
2-3	12	50
3-4	24	75
4-5	36	75
5-6	48	75
6-7	60	75
1-7	90	100
7-8	90	100

Planta Tipo.  
Columna Doble Ventilación.

Ducto "F"; Ejes 1-14.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	12	50
2-3	12	50
3-4	24	75
4-5	36	75
5-6	48	75
6-7	60	75
1-7	90	100
7-8	90	100

Ducto "C"; Ejes 4-I.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	12	50
2-3	12	50
3-4	24	75
4-5	36	75
5-6	48	75
6-7	60	75
1-7	90	100
7-8	90	100

Ducto "C"; Ejes 8-I.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	104	50
2-3	104	50
3-4	116	75
4-5	128	75
5-6	140	75
6-7	152	75
1-7	169	100
7-8	169	100

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Planta Tipo.  
Columna Doble Ventilación.

Ducto "D".

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	6	50
2-3	6	50
3-4	12	75
4-5	18	75
5-6	24	75
6-7	30	75
1-7	45	100
7-8	45	100

Ducto "E".

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	12	50
2-3	12	50
3-4	24	75
4-5	36	75
5-6	48	75
6-7	60	75
1-7	90	100
7-8	90	100

Planta Mezzanine.  
Columna Doble Ventilación.

Baño oficinas y concesiones.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
8-4	6	40
1-2	21	50
2-3	24	50
3-4	24	50

Planta Mezzanine Y Primer Piso.  
Columna Doble Ventilación.

Cocina Y Toilet Mezzanine.

Tramo	Unidades mueble	Diámetro mm
1-2	12	50
2-3	30	50
1-3	47	50
3-4	47	50

Planta Azotea, Tipo, Primer Nivel, Mezzanine y Baja.  
Bajadas Pluviales. .

Tramo	Area	Diámetro
	pies <sup>2</sup>	mm
1-B	231.64	100
A-B	3.90	50
B-C	235.54	100
2-D	403.86	100
3-E	412.47	100
4-F	1111.48	100
5-G	1033.77	100
6-H	910.84	100
7-J	465.86	100
I-J	3.90	100
J-K	469.76	100
8-L	939.69	100
L-LL	939.69	150
9-N	462.74	100
M-N	35.10	100
N-O	497.84	100
O-K	497.84	150
K-P	967.60	150
10-Q	963.91	100
Q-R	963.91	150
11-S	1369.17	100
12-T	1411.15	100
13-U	1221.27	100
V-X	3.90	100
W-X	3.90	100
X-Y	7.80	100
14-Y	1287.15	100
Y-Z	1294.95	100
15-1	1109.11	150
16-2	1417.82	100
17-2	1085.65	100
2-3	2503.47	150
18-4	779.41	100
19-5	1112.56	100
20-6	662.95	100

Planta Baja.  
Colectores Pluviales.

Colector que comprende las bajadas pluviales: 1 a 9.

Tramo	Area	Diámetro
	pies <sup>2</sup>	mm
1-2	412.47	100
2-3	1323.31	100
3-4	2263.00	150
4-5	3296.77	150
5-6	3700.63	200
6-7	4812.11	200
7-8	5047.65	200
8-9	6015.25	200

Colector que comprende las bajadas pluviales: 14 y 16 a 20.

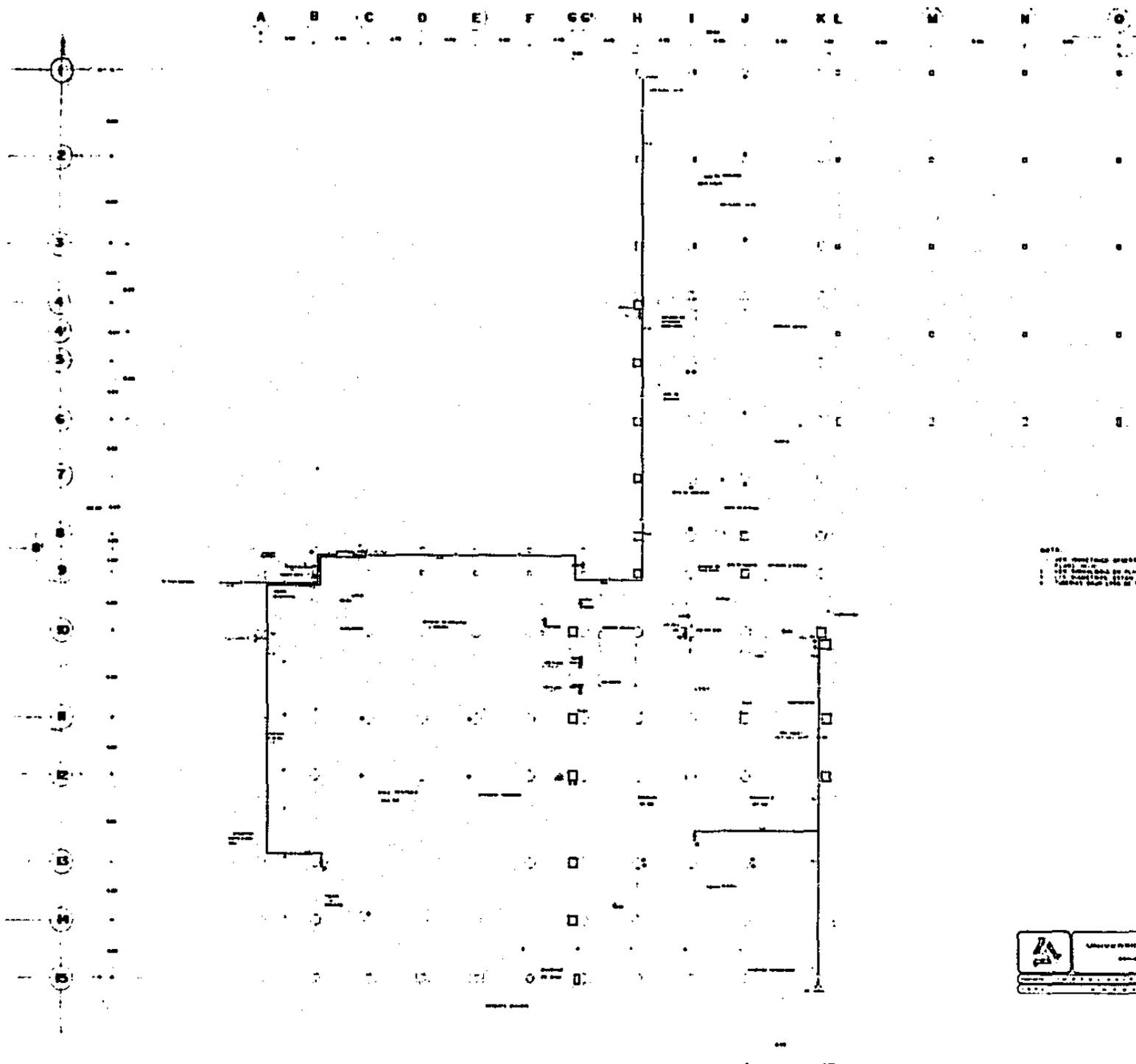
Tramo	Area	Diámetro
	pies <sup>2</sup>	mm
1-2	1294.95	150
2-3	2407.51	150
3-4	3070.46	200
4-5	3849.87	200
5-6	6353.34	200

Colector que comprende las bajadas pluviales: 10 a 13 y 15.

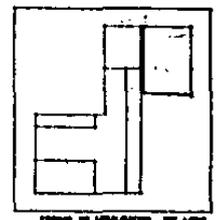
Tramo	Area	Diámetro
	pies <sup>2</sup>	mm
1-2	1369.17	150
2-3	2780.32	150
3-4	3889.43	200
4-5	5110.70	200
5-6	6074.61	200

## LISTA DE PLANOS

- 1) IH-01 Planta Baja esc. 1:100
- 2) IH-02 Planta Mezzanine esc. 1:100
- 3) IH-03 Planta Primer Nivel esc. 1:100
- 4) IH-04 Planta Tipo esc. 1:100
- 5) IH-05 Planta Baja esc. 1:50 (sección acceso del hotel)
- 6) IH-06 Planta Baja esc. 1:50 (sección sala de máquinas) y Planta Mezzanine (sección baños de empleados)
- 7) IH-07 Planta Mezzanine esc. 1:50 (sección área rentable)
- 8) IH-08 Planta Primer Nivel esc. 1:50 (sección alberca y cocina)
- 9) IH-09 Planta Primer Nivel esc. 1:50 (sección baños hombres y mujeres) y Planta Tipo esc. 1:50 (ejes: 1-8;H-K)
- 10) IH-10 Planta Tipo esc. 1:50 (ejes: 8-15;A-J)
- 11) IH-11 Isométrico de la red general de alimentaciones (s/e)
- 12) IH-12 Isométricos de cuartos tipo y baños (s/e)
- 13) IH-13 Isométrico de la sala de máquinas (s/e)
- 14) IH-14 Isométricos de alberca, toilets, cisterna y combustible (s/e)
- 15) IHS-01 Cocina, instalaciones hidráulica y sanitaria esc. 1:50 e Isométricos (s/e)
- 16) IS-01 Planta Baja esc. 1:100
- 17) IS-02 Planta Mezzanine esc. 1:100
- 18) IS-03 Planta Primer Nivel esc. 1:100
- 19) IS-04 Planta Tipo esc. 1:100
- 20) IS-05 Planta Baja esc. 1:50 (sección acceso del hotel)
- 21) IS-06 Planta Baja esc. 1:50 (sección sala de máquinas) y Planta Mezzanine (sección baños de empleados)
- 22) IS-07 Planta Mezzanine esc. 1:50 (sección área rentable)
- 23) IS-08 Planta Primer Nivel esc. 1:50 (sección alberca y cocina)
- 24) IS-09 Planta Primer Nivel esc. 1:50 (sección baños hombres y mujeres) y Planta Tipo No. 1 esc. 1:50 (ejes: 1-8;H-K)
- 25) IS-10 Planta Primer Nivel esc. 1:50 (sección baños hombres y mujeres) y Plantas tipo Nos. 2,3,4 y 5
- 26) IS-11 Planta Tipo No. 1 esc. 1:50 (ejes: 8-15;A-J)
- 27) IS-12 Plantas Tipo Nos. 2,3,4 y 5 esc. 1:50 (ejes: 8-15;A-J)
- 28) IS-13 Isométricos de desagües cuartos tipo y baños (s/e)
- 29) IS-14 Isométricos de desagües cuartos tipo y baños (s/e)
- 30) IS-15 Isométrico general de desagües (s/e)
- 31) IS-16 Planta Azotea esc. 1:100



DATA:  
 1. SER. PROYECTO: 0000000000  
 2. SER. PLANOS: 0000000000  
 3. SER. SECCIONES: 0000000000  
 4. SER. DETALLES: 0000000000

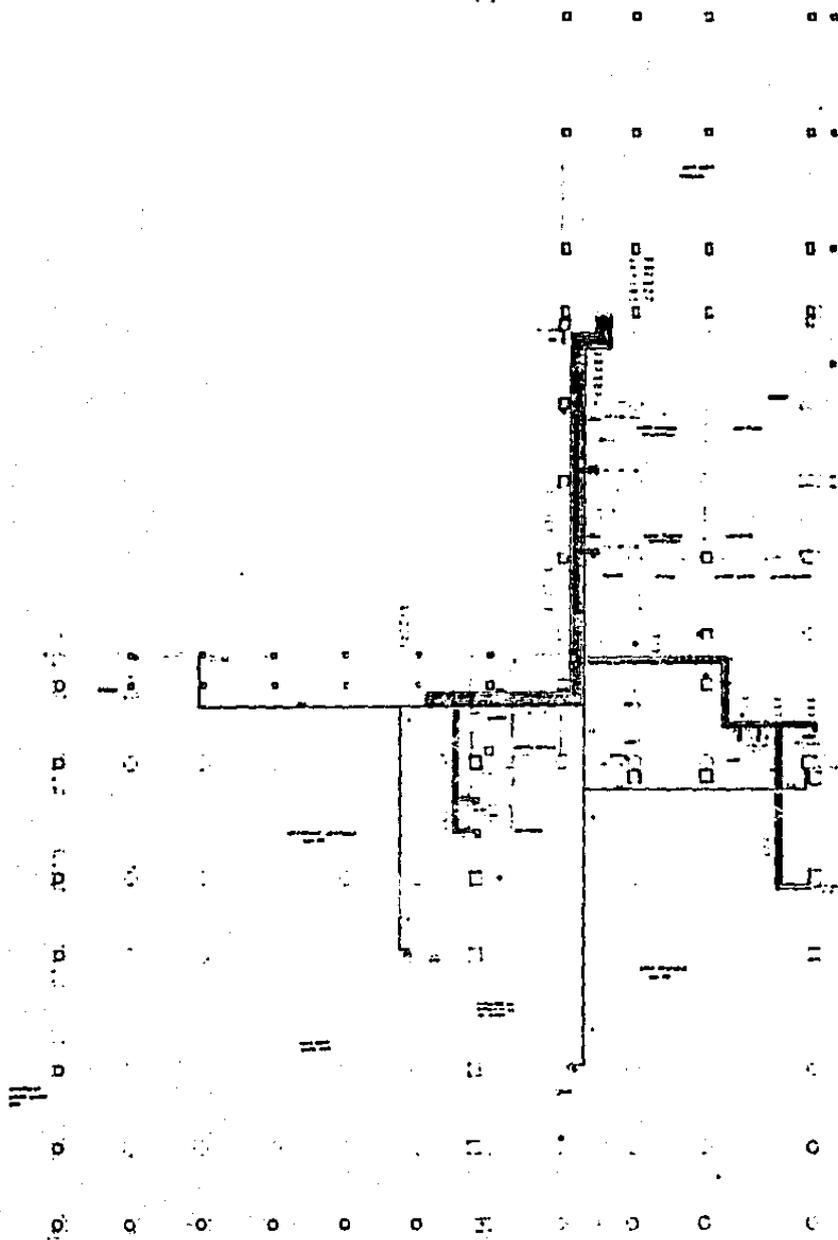


FORMA DE UBICACION DEL LUGAR

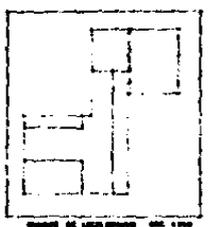
	<b>UNIVERSIDAD LA SALLE</b> <small>GRUPO DE ESCUELAS</small>	
	<b>PLANO</b> <b>PLANTA BAJA</b>	

A (B) (C) (D) (E) (F) (GG) (H) (I) J (KL) M (N) O

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15



NOTA:  
1. Le scale sono in scala 1:50.  
2. Le porte sono in scala 1:50.  
3. Le finestre sono in scala 1:50.  
4. Le pareti sono in scala 1:50.

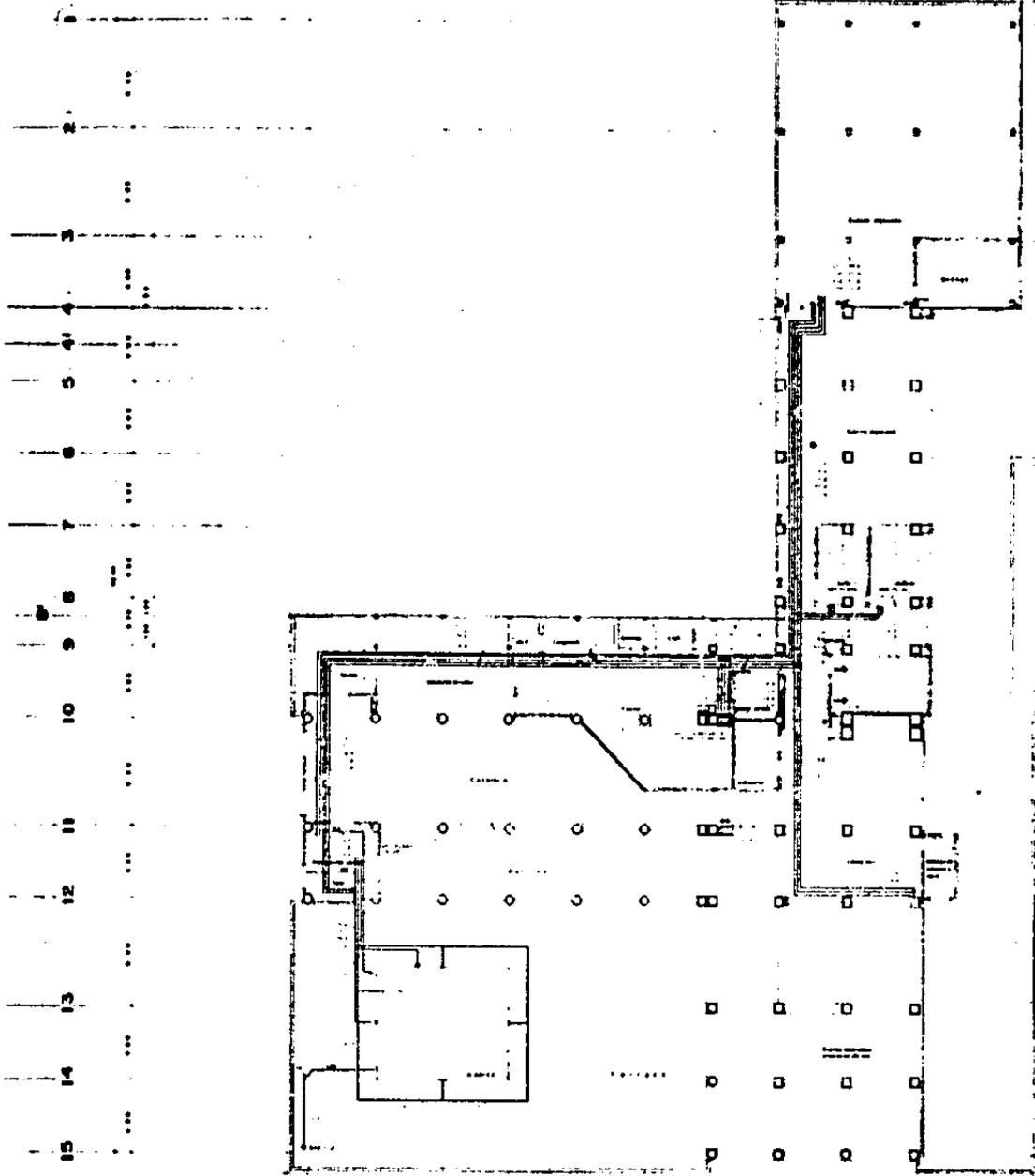


PIANTA DI RIFERIMENTO DEL 1990

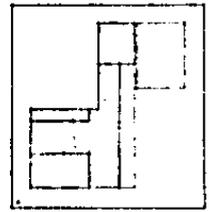
 UNIVERSITÀ LA SALLE  
Facoltà di Architettura

PLANO  
PLANTA MEZZANNE

A B C D E F G G' H I J K L M N O



ESCALA: 1/50  
 1:10 PLANO DE PLANTA  
 1:20 PLANO DE PLANTA  
 1:40 PLANO DE PLANTA



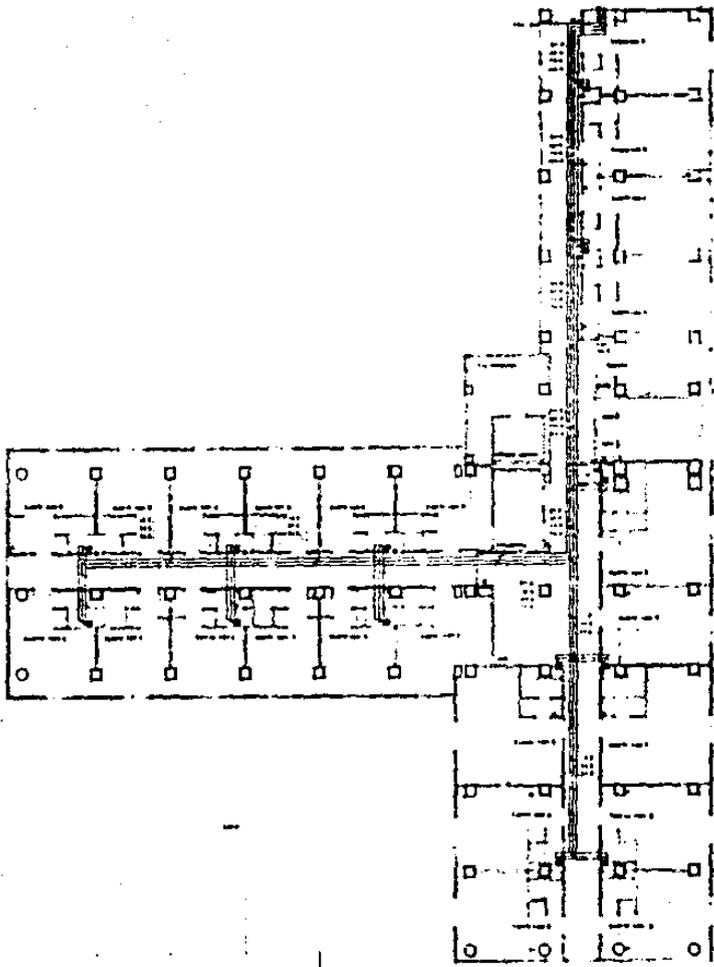
GRANDE DE L'EDIFICIO (SC. 1/50)

	UNIVERSIDAD LA SALLE ESCUELA DE ARQUITECTURA	11-03
--	---	-------

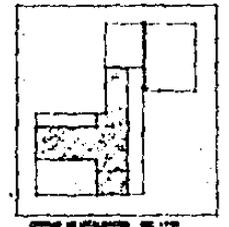
PLANO  
**PLANTA 1er NIVEL**

A B C D E F G H I J

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15

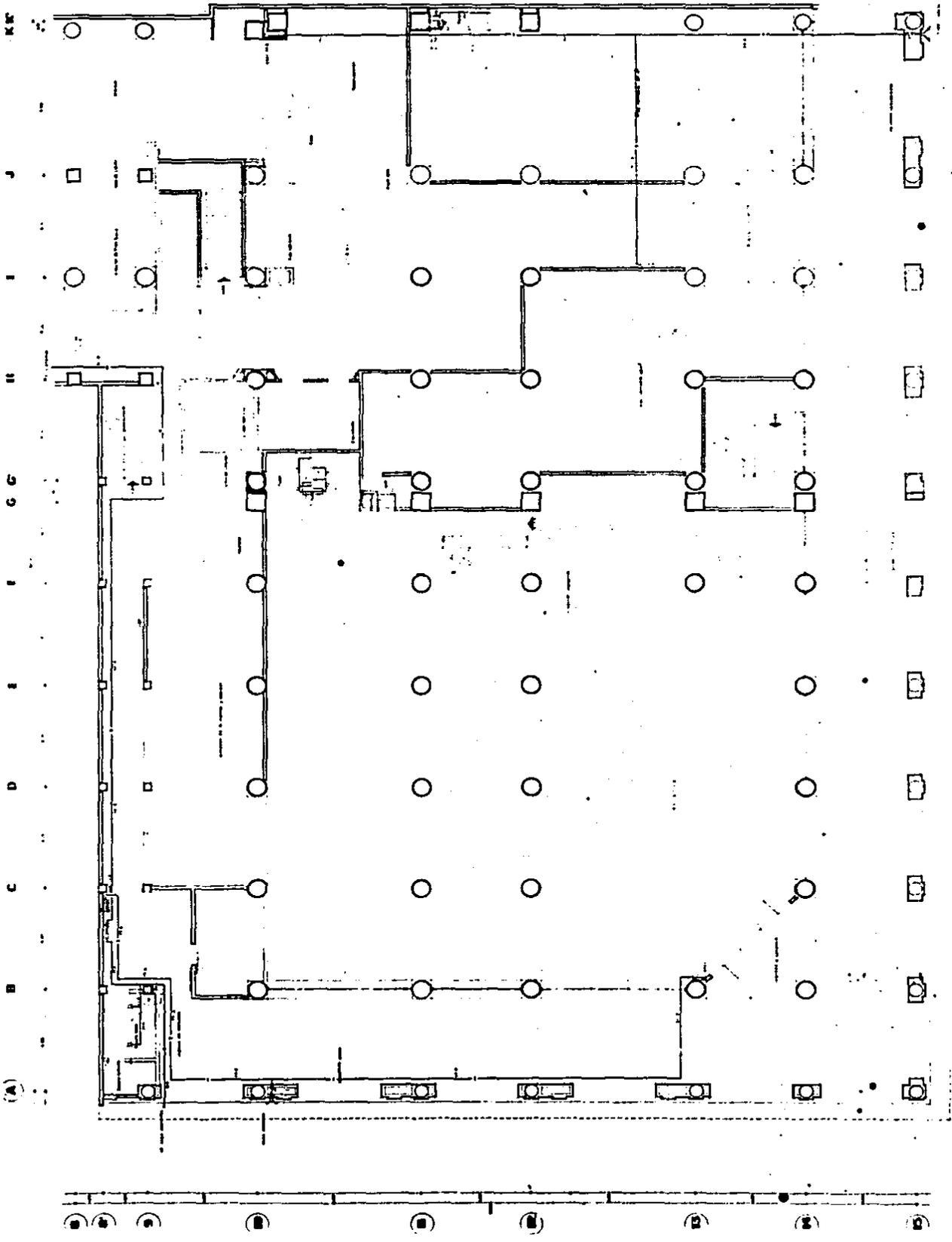


- NOTA:
1. PIANO REALIZZATO IN CONFORMITÀ CON L'USO IN 2000-10-00 E 10-10
  2. USO PEDIDESTRE GENERALI
  3. USO PEDIDESTRE DI CANTIERE 1000
  4. USO PEDIDESTRE DI 10
  5. USO PEDIDESTRE DI 10
  6. USO PEDIDESTRE CANTIERE 20-00
  7. PIANO REALIZZATO CON USO DI 1000-10
  8. USO REALIZZATO CON PEDIDESTRE 10
  9. PIANO IN 10

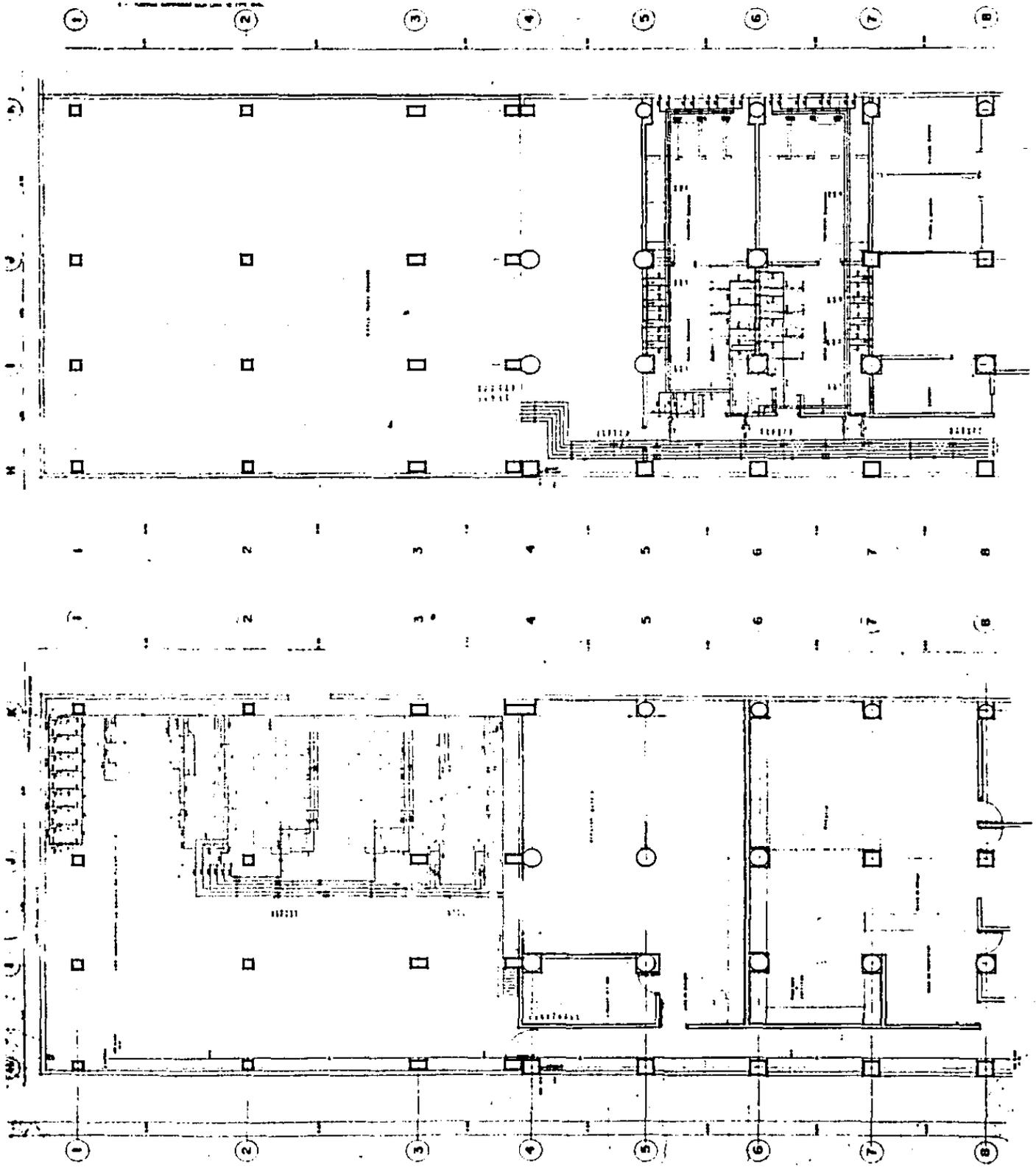


	UNIVERSITÀ LA SAPIENZA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA	P-104
	PIANO <b>PLANTA TPO</b>	

NOTA:  
 1. LAS DIMENSIONES DE LA PLANTA  
 2. SE DEBE DE CONSERVAR  
 3. LAS DIMENSIONES DE LA PLANTA  
 4. LAS DIMENSIONES DE LA PLANTA  
 5. LAS DIMENSIONES DE LA PLANTA



- 1. MUR DE CONCRETO
- 2. MUR DE CONCRETO
- 3. MUR DE CONCRETO
- 4. MUR DE CONCRETO
- 5. MUR DE CONCRETO
- 6. MUR DE CONCRETO
- 7. MUR DE CONCRETO
- 8. MUR DE CONCRETO
- 9. MUR DE CONCRETO
- 10. MUR DE CONCRETO

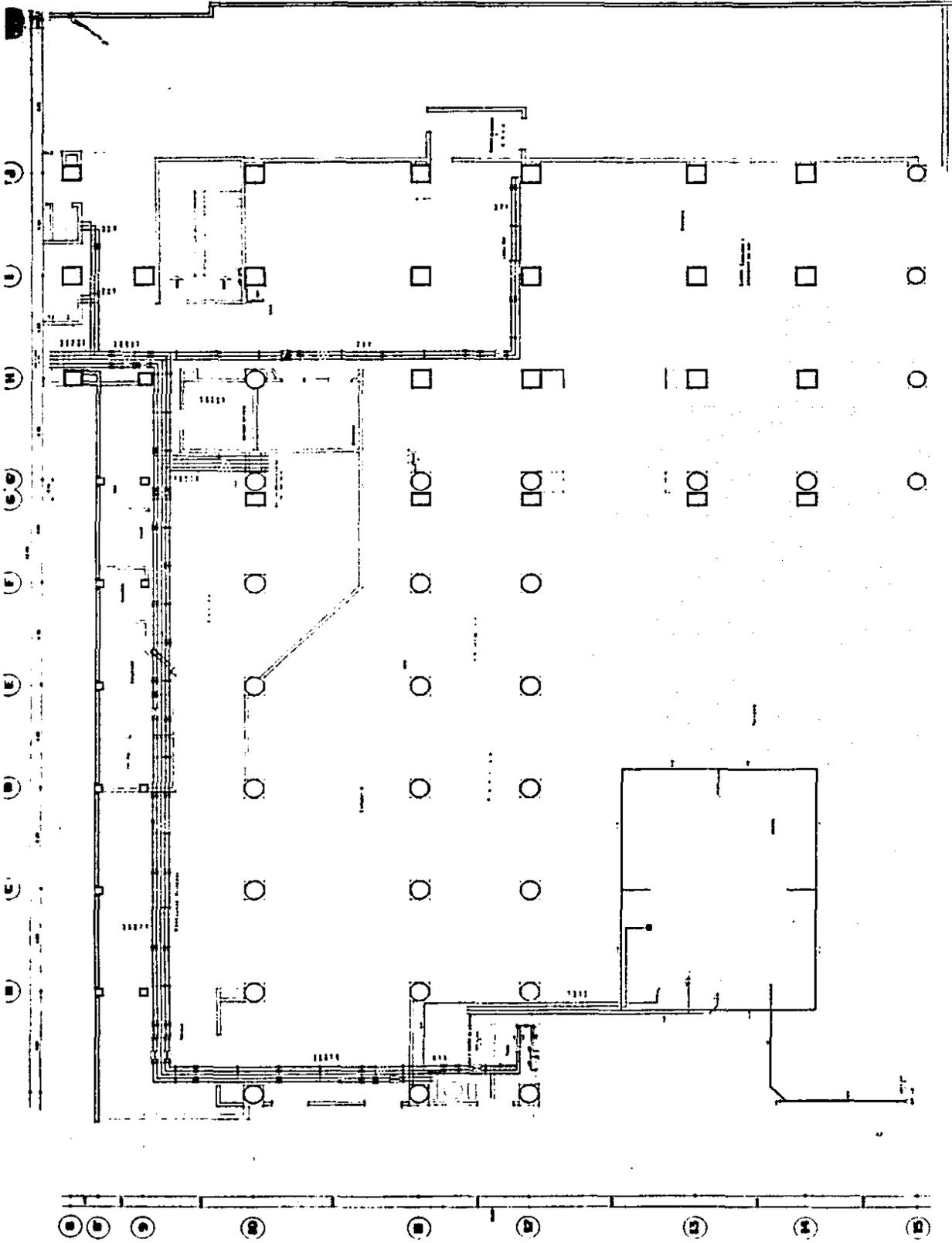


NOTA:  
 1. VER DISEÑO DE PLANTA DE 1º Y 2º NIVELES  
 2. VER DISEÑO DE PLANTA DE 3º NIVEL  
 3. VER DISEÑO DE PLANTA DE 4º NIVEL  
 4. VER DISEÑO DE PLANTA DE 5º NIVEL

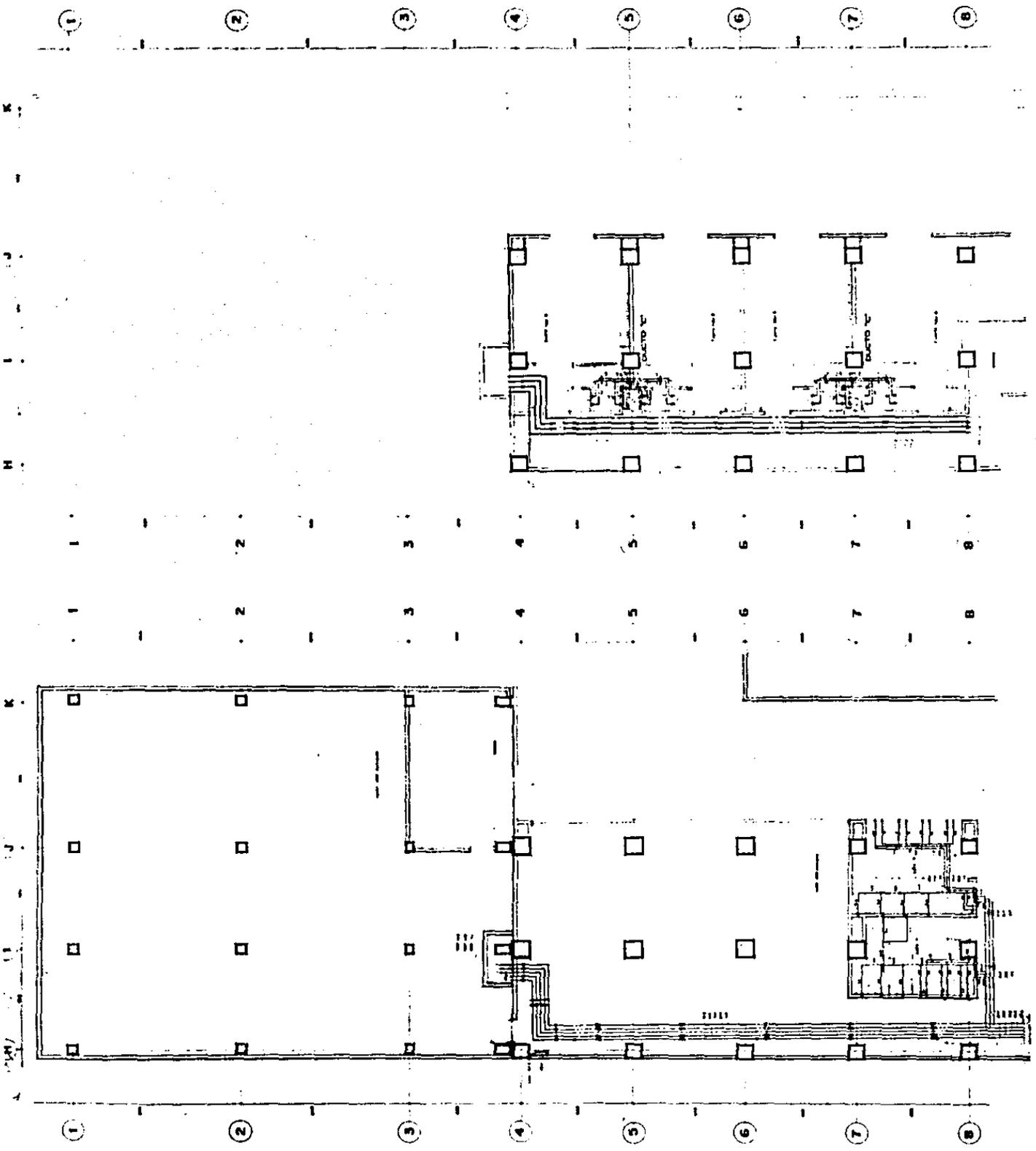




- NOTA
- 1. VER ANEXOS GENERAL Y
- 2. PLAN DE O.C.
- 3. VER DIMENSIONES EN PLANO DE O.C.
- 4. VER DIMENSIONES EN PLANO DE O.C.
- 5. VER DIMENSIONES EN PLANO DE O.C.

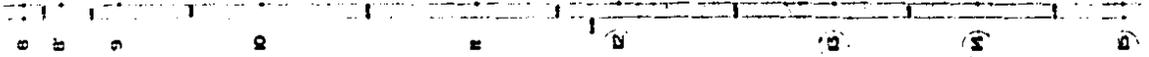
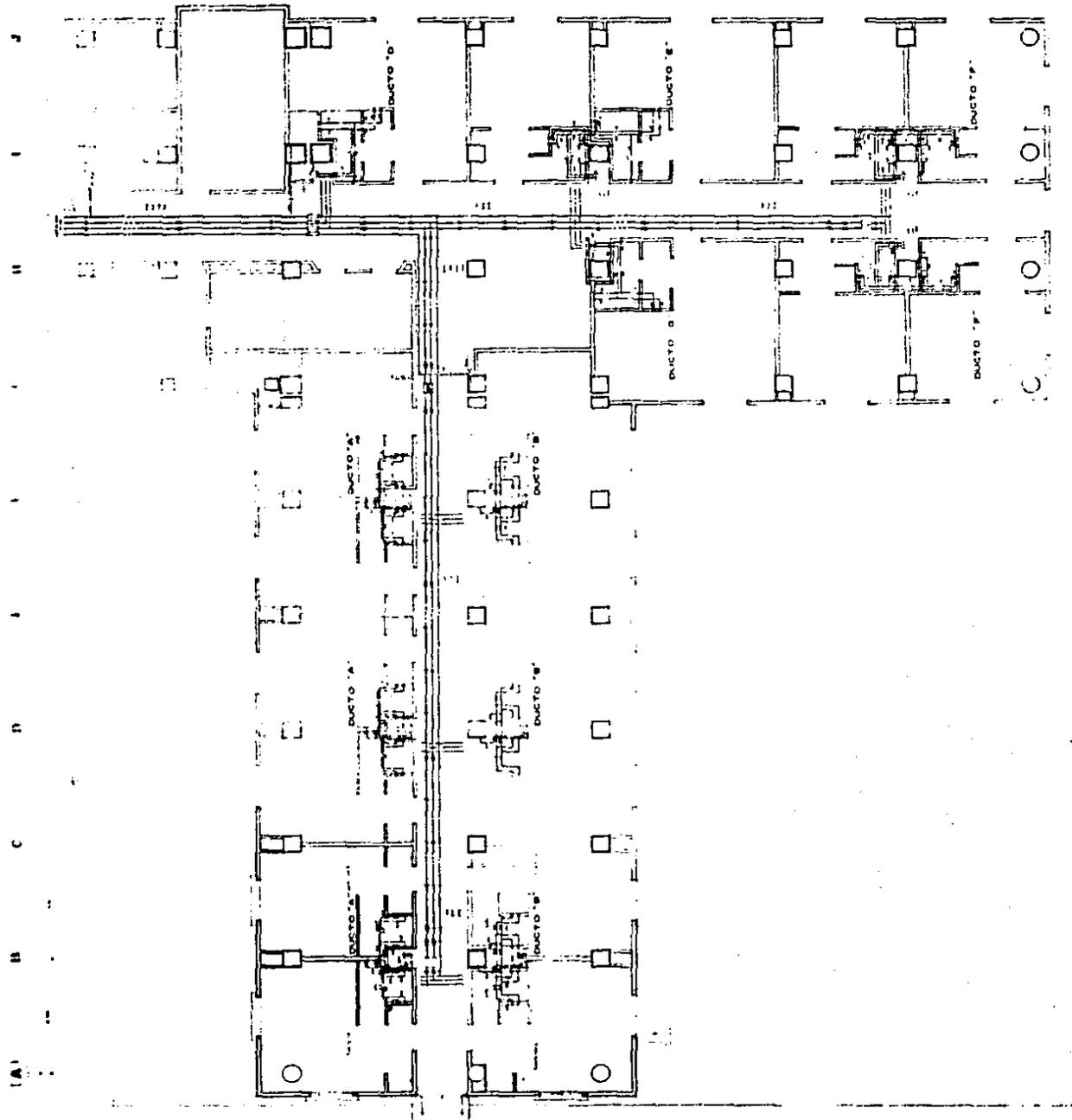


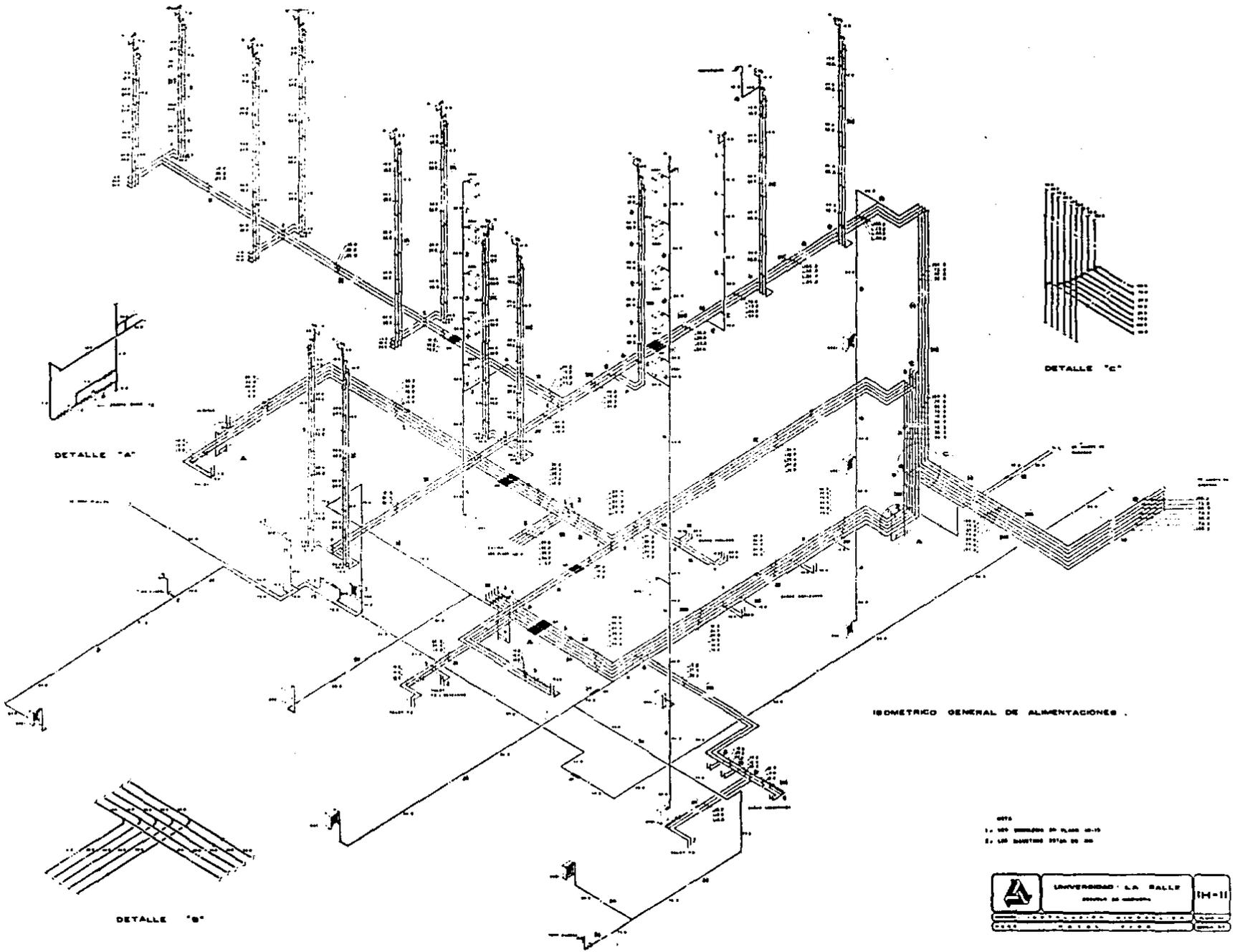
1. ...  
 2. ...  
 3. ...  
 4. ...  
 5. ...  
 6. ...  
 7. ...  
 8. ...



- 1. SERVIDORES
- 2. EQUIPO DE ALMACENAMIENTO
- 3. EQUIPO DE REDES
- 4. EQUIPO DE SEGURIDAD
- 5. EQUIPO DE MONITOREO
- 6. EQUIPO DE RESPALDO
- 7. EQUIPO DE TRANSFERENCIA
- 8. EQUIPO DE CONEXIÓN

EEK

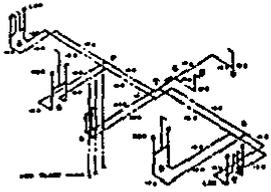




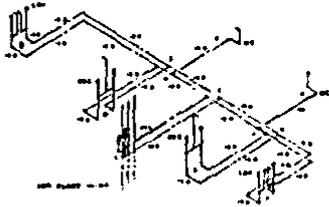
ISOMETRICO GENERAL DE ALIMENTACIONES .

- NOTA
1. VER DIMENSIONES DE PLANO 02-10
  2. LOS DIAMETROS ESTAN EN MM

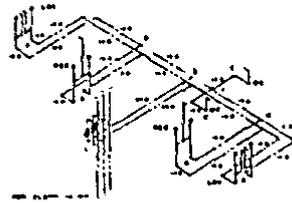
	UNIVERSIDAD LA SALLE	
	FACULTAD DE INGENIERIA	



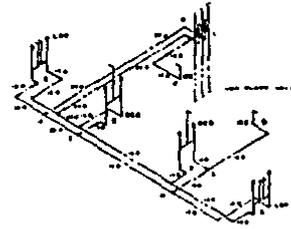
BAÑO DUCTO "A"



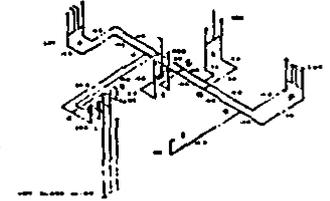
BAÑO DUCTO "B"



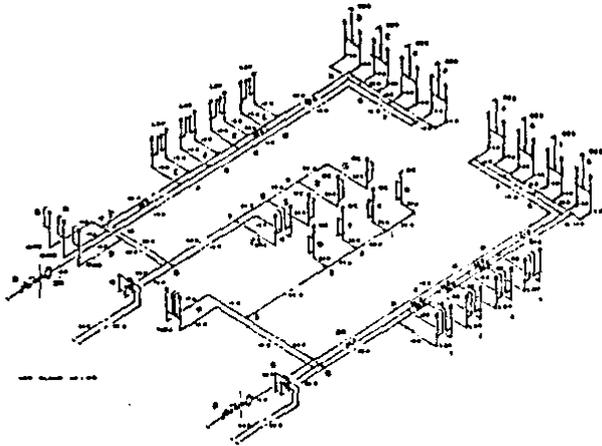
BAÑO DUCTO "C"



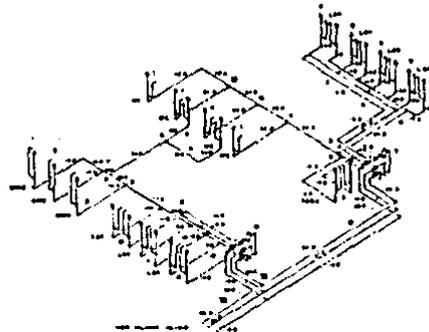
BAÑO DUCTO "D"



BAÑO DUCTO "E"



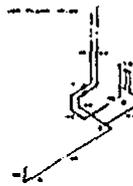
SANITARIOS EMPLEADOS



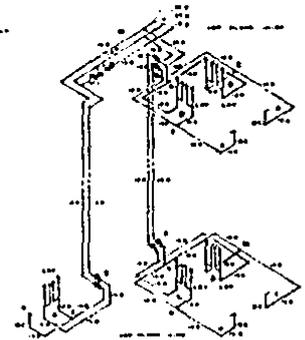
SANITARIOS PUBLICOS



TOILET P. MEZANINE



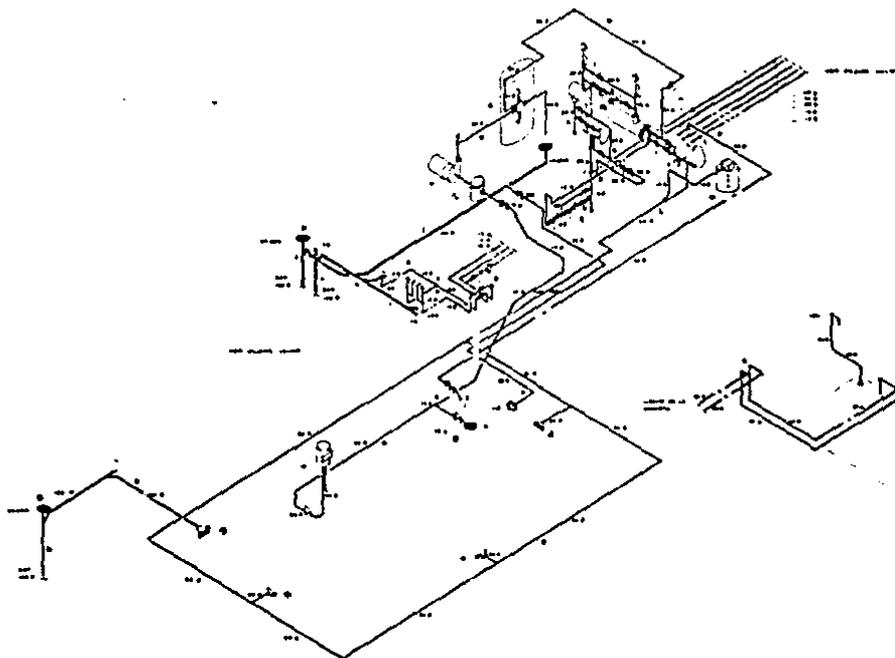
TOILET P. BAJA



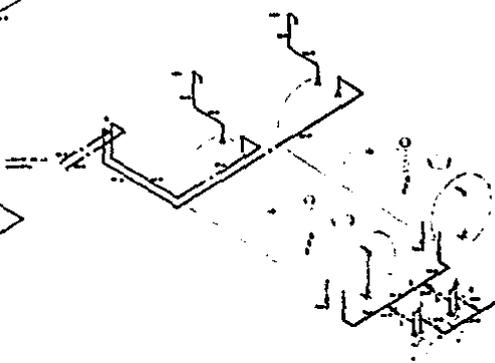
TOILET P. BAJA Y MEZANINE

- 1. UN GRUPO DE UNIDADES DE PLANT. 04
- 2. UN GRUPO DE UNIDADES DE PLANT. 05
- 3. UN GRUPO DE UNIDADES DE PLANT. 06

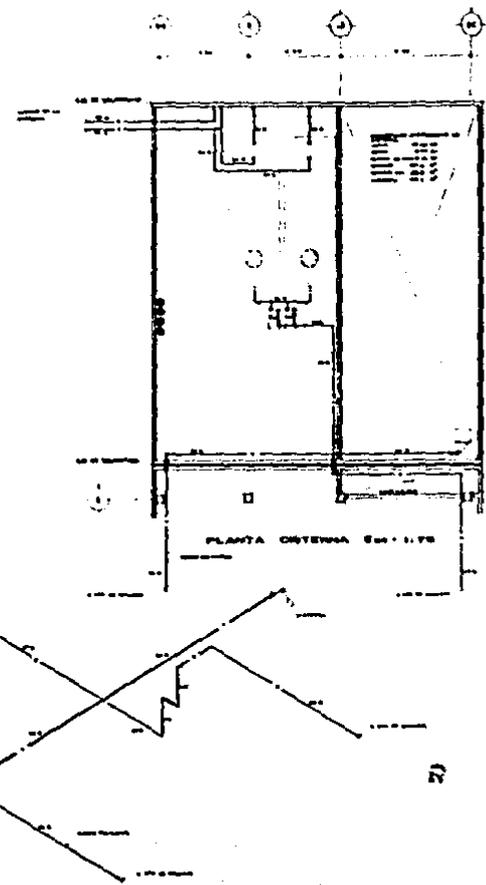




QUARTO DE MAQUINAS PARA ALBERCA

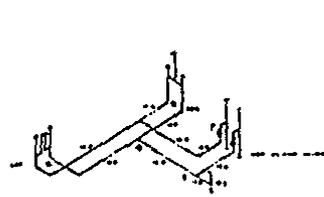


SIMETRICO TANQUES DE COMBUSTIBLE

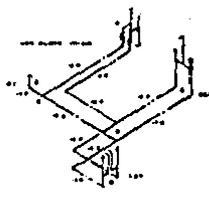


PLANTA EXTERNA Edif. 178

20



BAÑO DUCTO "G"

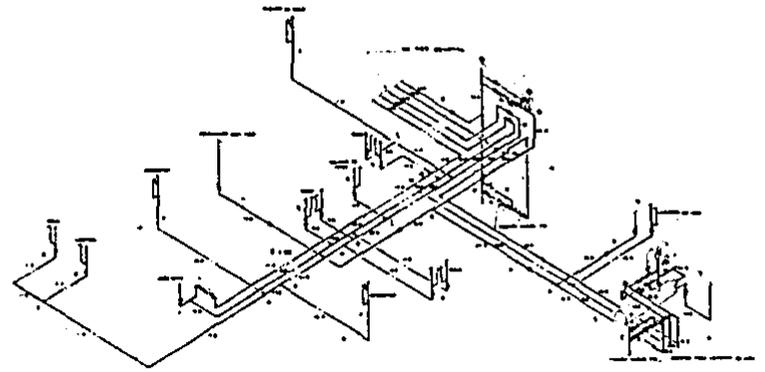
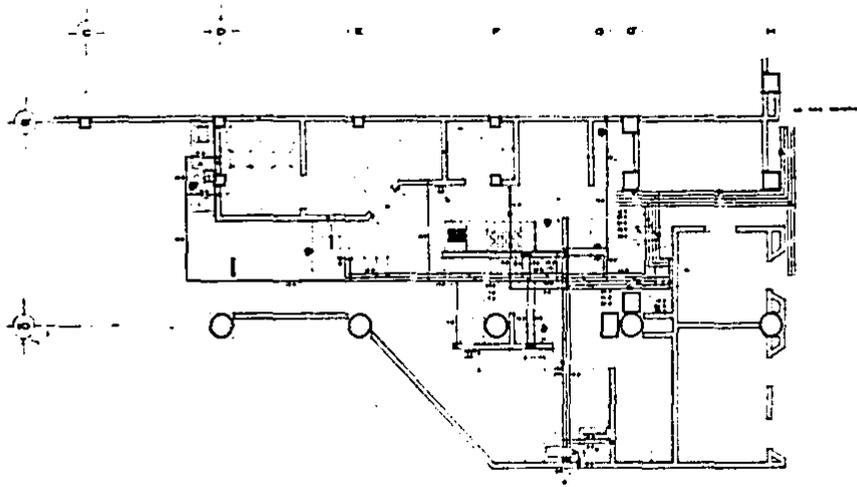


BAÑO DUCTO "D"

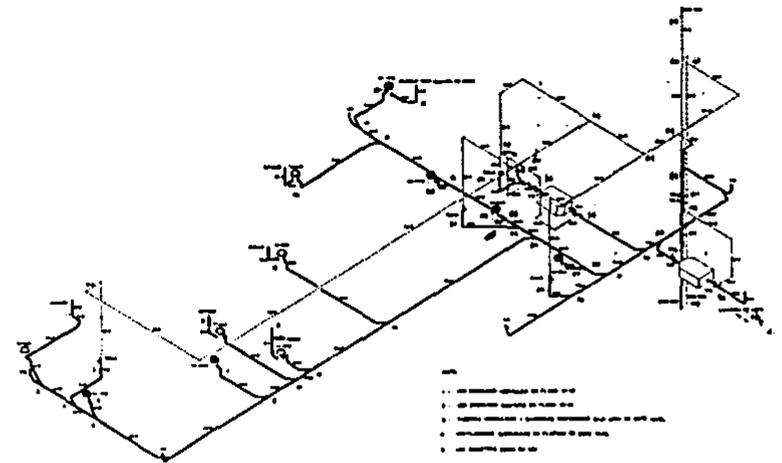
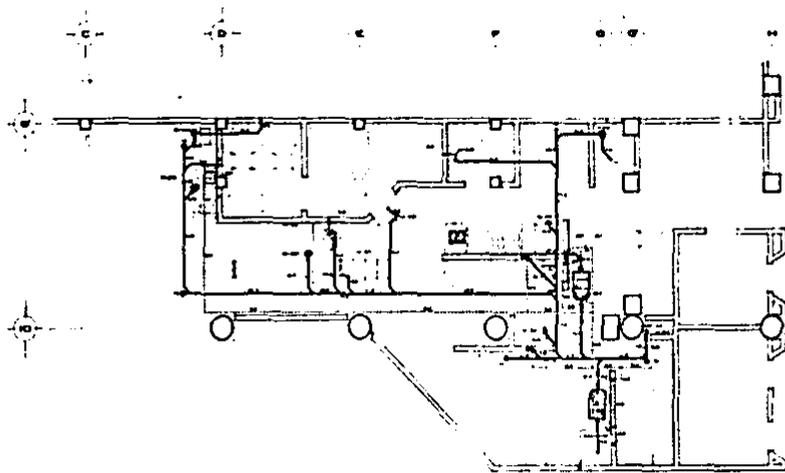
LEGENDA DE SIMBROS

- 1. TUBERIA DE AGUA
- 2. TUBERIA DE VAPOR
- 3. TUBERIA DE GAS
- 4. TUBERIA DE OXIGENO
- 5. TUBERIA DE NITROGENO
- 6. TUBERIA DE AIRE
- 7. TUBERIA DE VACIO
- 8. TUBERIA DE OLEO
- 9. TUBERIA DE ACEITE
- 10. TUBERIA DE GASES

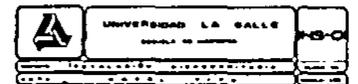
NOTA:  
 1. SE ADOPTA EL SISTEMA  
 2. SE ADOPTA EL SISTEMA  
 3. SE ADOPTA EL SISTEMA

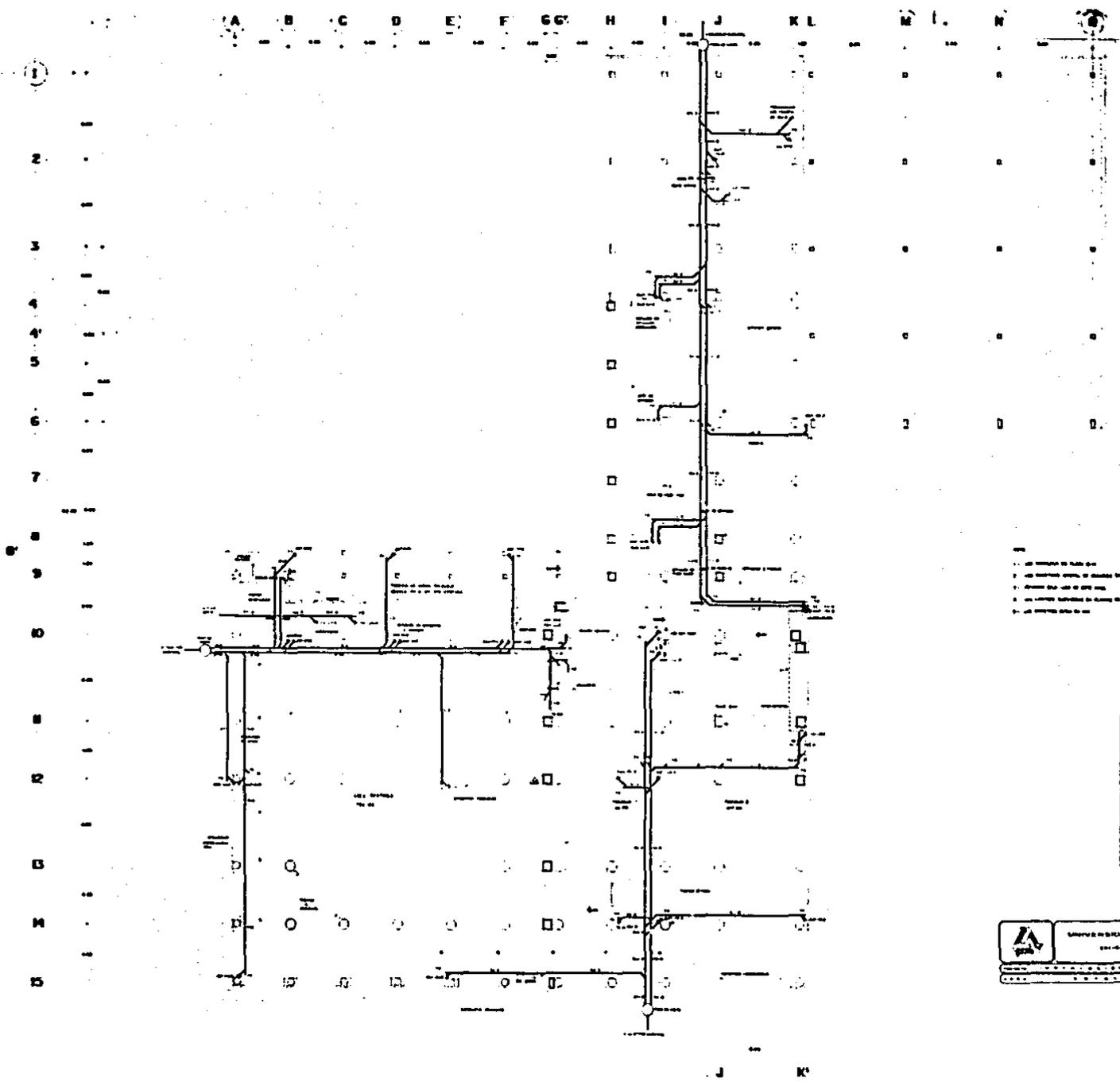


ISOMETRICO NORMALIZADO DE COCINA

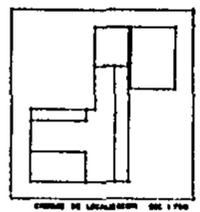


ISOMETRICO BASTARDO DE COCINA





- 1. LA LINEA DE PUNTO DUE
- 2. LA LINEA DE PUNTO DE CORTA DE PUNTO DUE
- 3. LA LINEA DE PUNTO DE CORTA DE PUNTO DUE
- 4. LA LINEA DE PUNTO DE CORTA DE PUNTO DUE
- 5. LA LINEA DE PUNTO DE CORTA DE PUNTO DUE

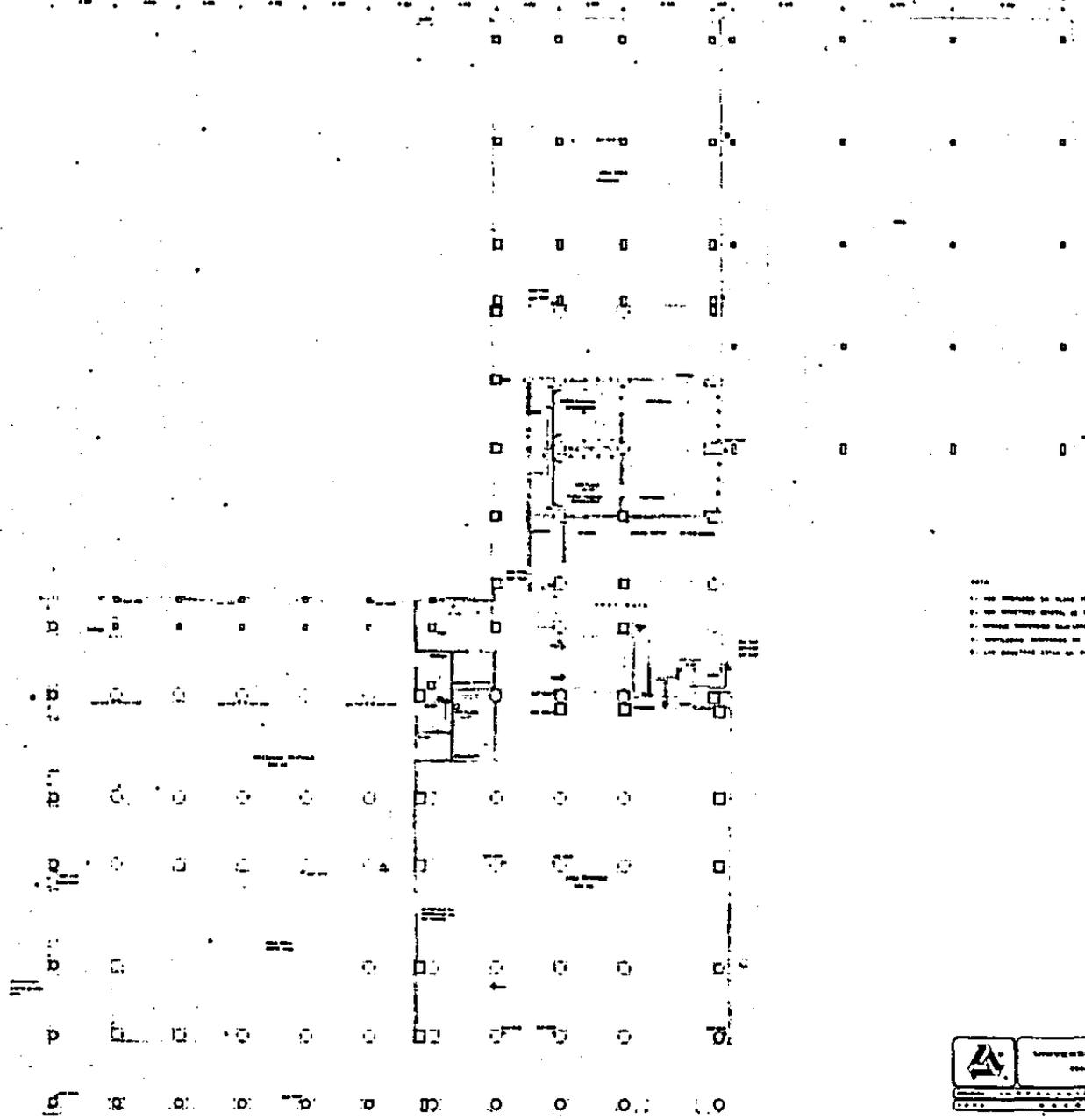


FORMA DE UBICACION DEL PLANO

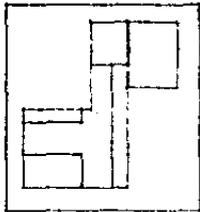
	UNIVERSIDAD LA SALLE	IS-01
	FACULTAD DE INGENIERIA	
PLANO		
PLANTA BAJA		

(A) (B) (C) (D) (E) (F) (GG) (H) (I) (J) (KL) (M) (N) (O)

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15



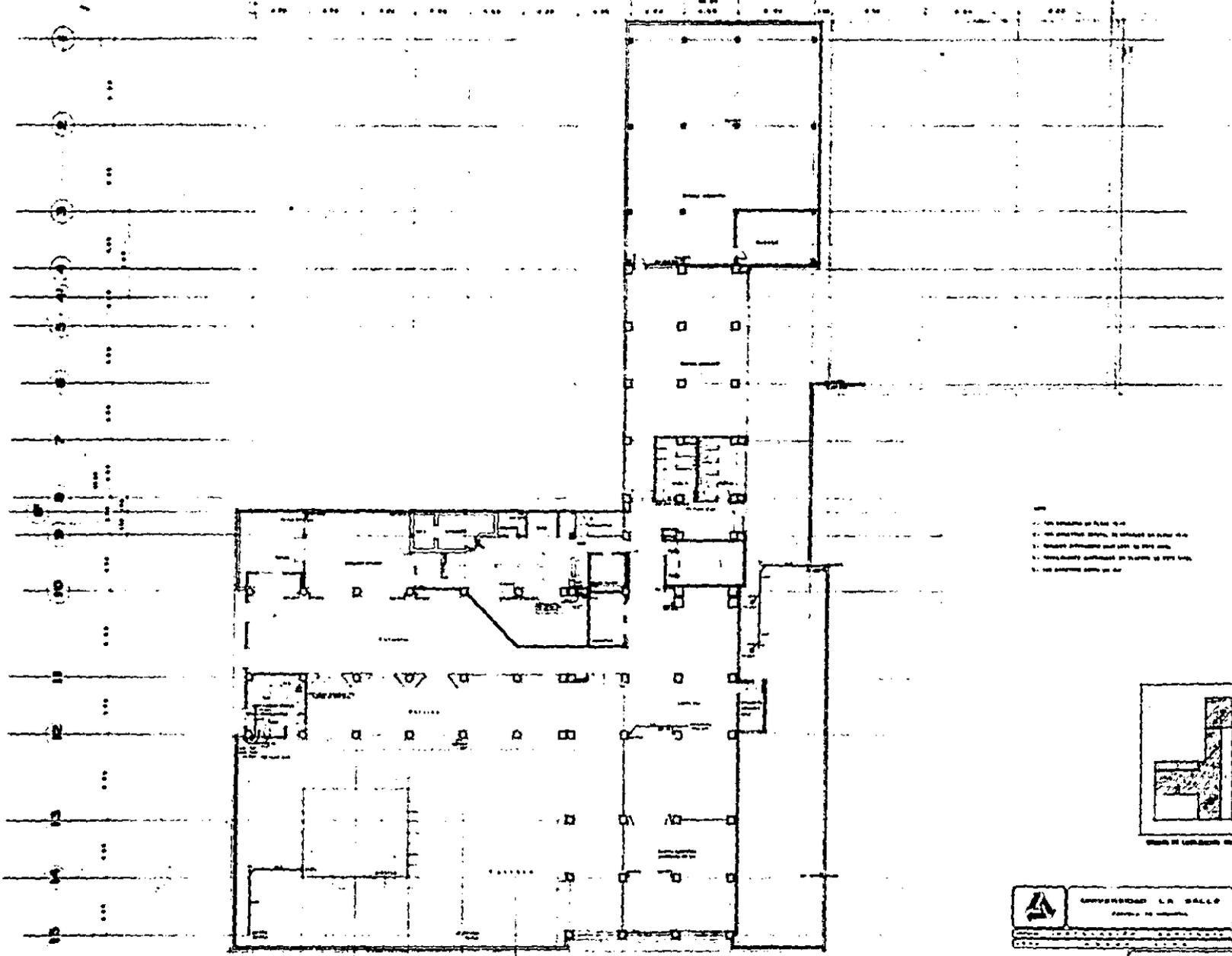
- NOTA
- LAS LINEAS DE PUNTO Y TRAZO SON LAS LINEAS DE ALINEACION DE LOS EJE
  - LAS LINEAS DE PUNTO Y TRAZO SON LAS LINEAS DE ALINEACION DE LOS EJE
  - LAS LINEAS DE PUNTO Y TRAZO SON LAS LINEAS DE ALINEACION DE LOS EJE
  - LAS LINEAS DE PUNTO Y TRAZO SON LAS LINEAS DE ALINEACION DE LOS EJE



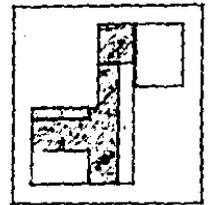
	UNIVERSIDAD LA SALLE	18-02
	FACULTAD DE INGENIERIA	CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE COMPUTACION
PLANO		
PLANTA MEZZANINE		

(S) (R)

A B C D E F G H I J K L M N O



- 1. Las paredes de Plant. 0-0.
- 2. Las paredes de Planta, se refieren al nivel 0-0.
- 3. Escalera principal y sus accesos.
- 4. Muebles y equipamiento en la planta de 0-00 cm.
- 5. Las paredes de planta.

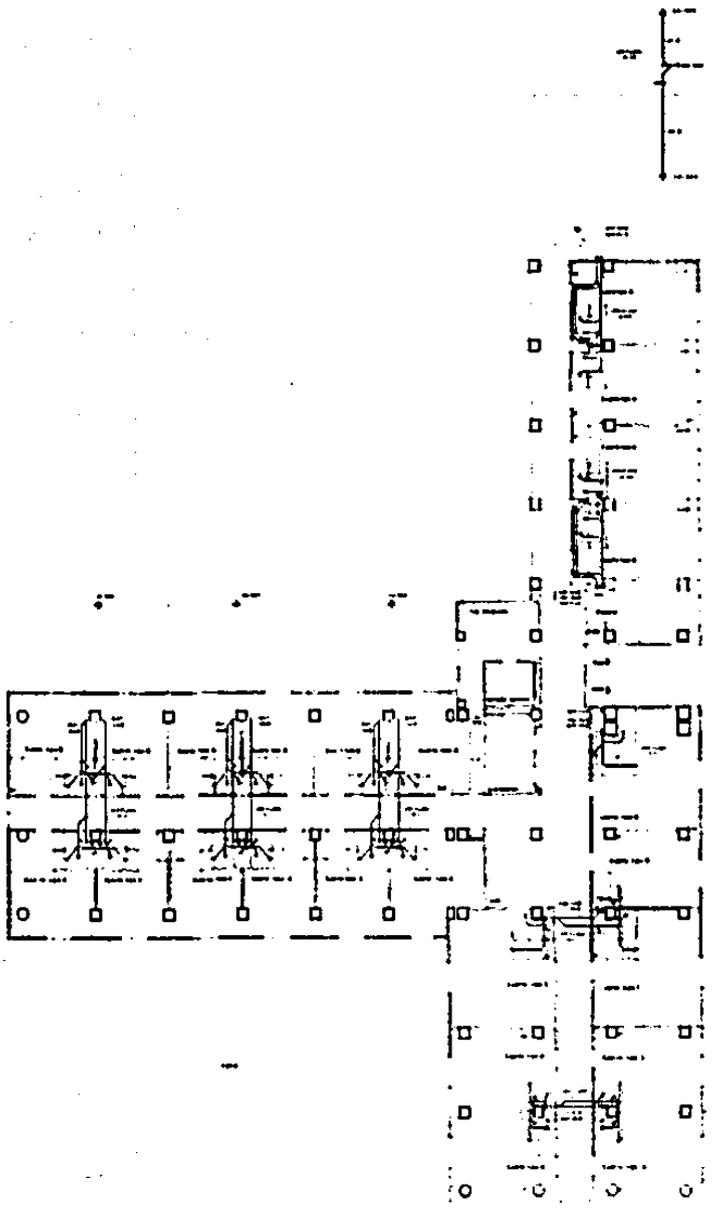


Detalle de la planta de 0-00 cm.

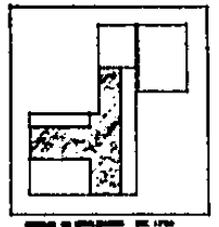
	<b>UNIVERSIDAD LA SALLE</b> Facultad de Ingeniería	IS-03
	PLANTA <b>PLANTA 0-01/02</b>	

(A) (B) (C) (D) (E) (F) (G) (H) (I) (J) (K,L) (M) (N)

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15



- 1. ...
- 2. ...
- 3. ...
- 4. ...
- 5. ...



...

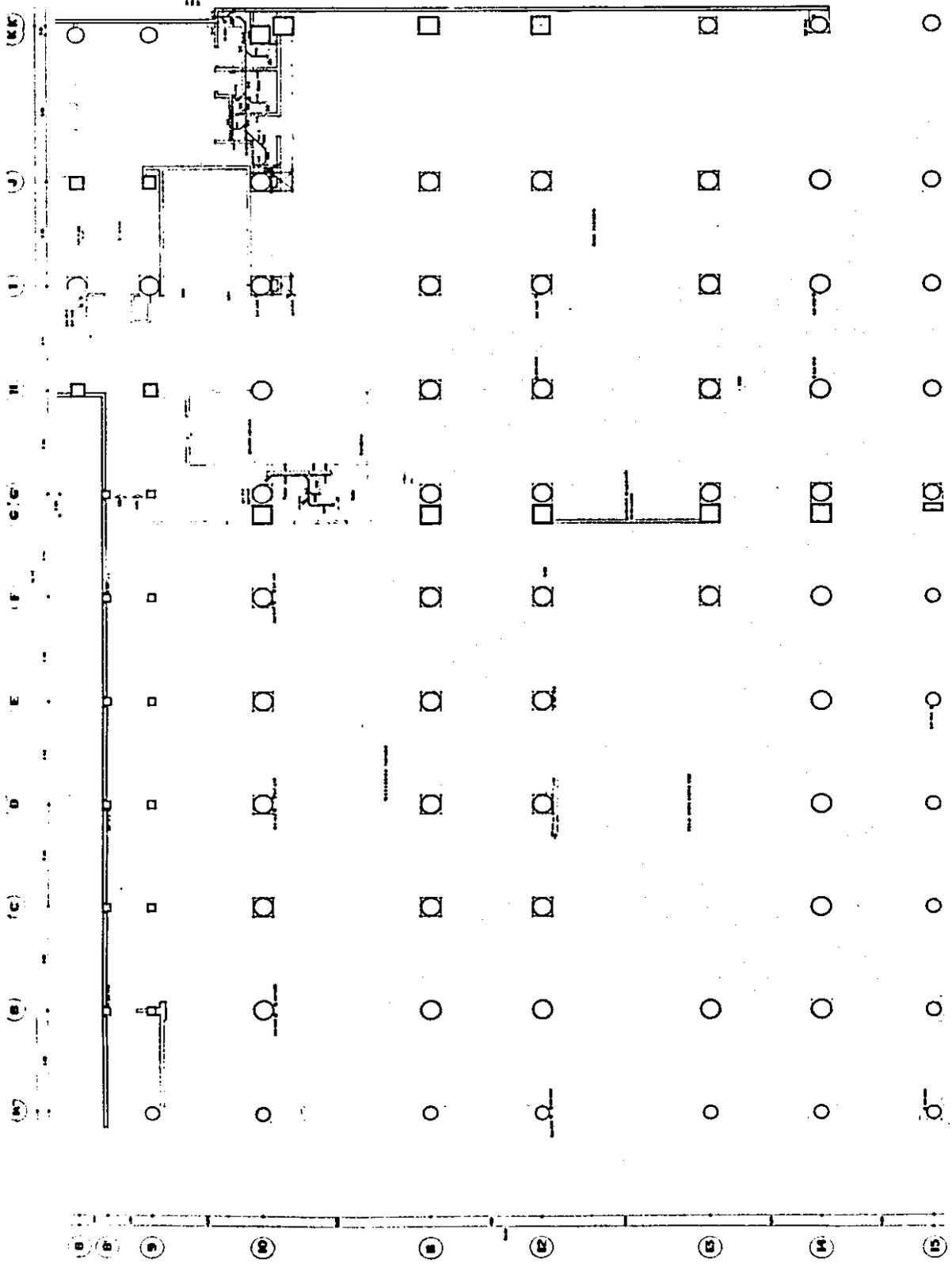
	UNIVERSIDAD LA SALLE	13-04
	FACULTAD DE INGENIERIA	
PLAN		
PLANTA TIPO		



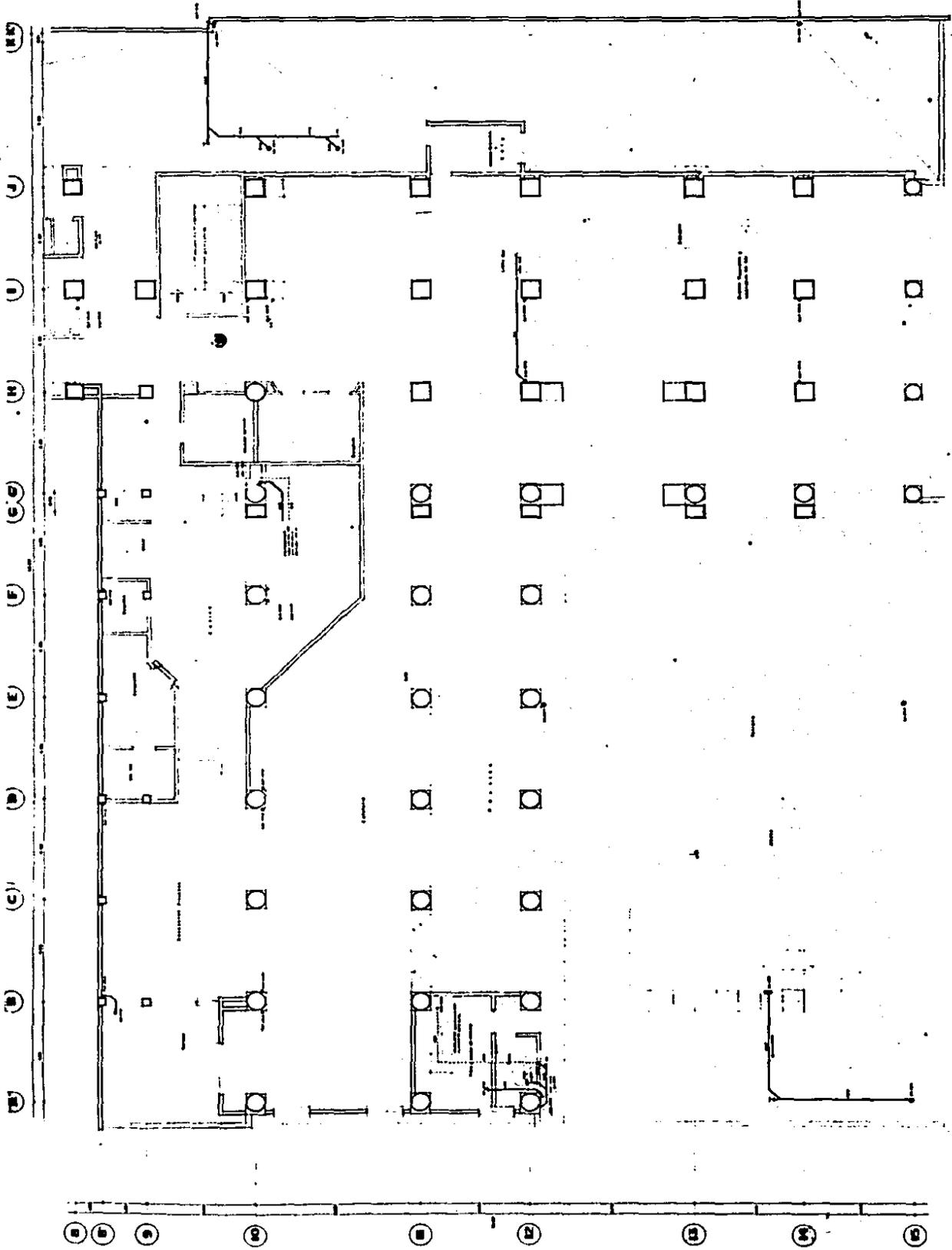




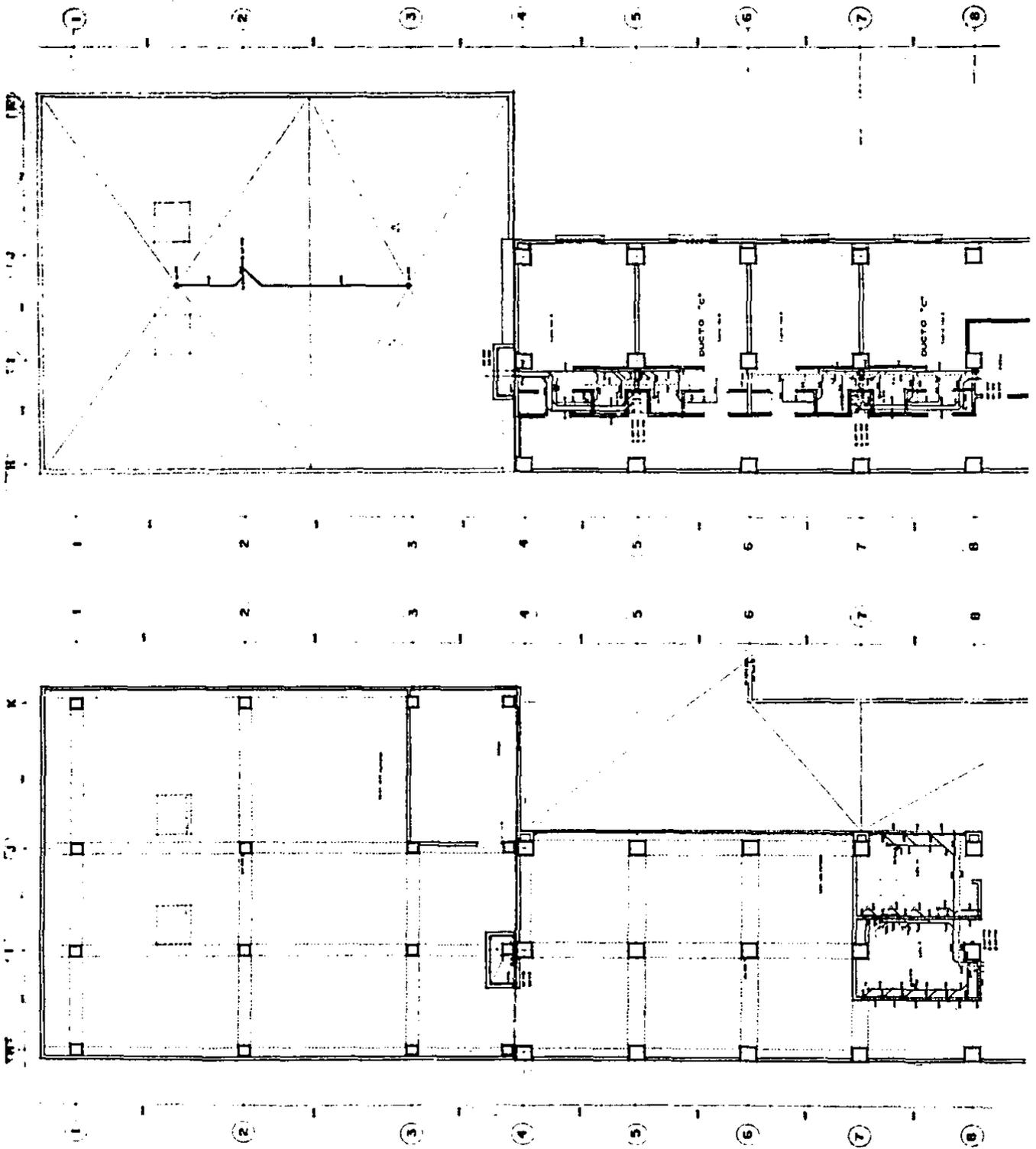
NOTA:  
 1. LAS DIMENSIONES DE PLANTA SE LEEN EN LOS EJECS.  
 2. LOS CANTONAMIENTOS SE LEEN EN EL PLANO DE PLANTA.  
 3. LOS CANTONAMIENTOS SE LEEN EN EL PLANO DE PLANTA.  
 4. LOS CANTONAMIENTOS SE LEEN EN EL PLANO DE PLANTA.  
 5. LOS CANTONAMIENTOS SE LEEN EN EL PLANO DE PLANTA.



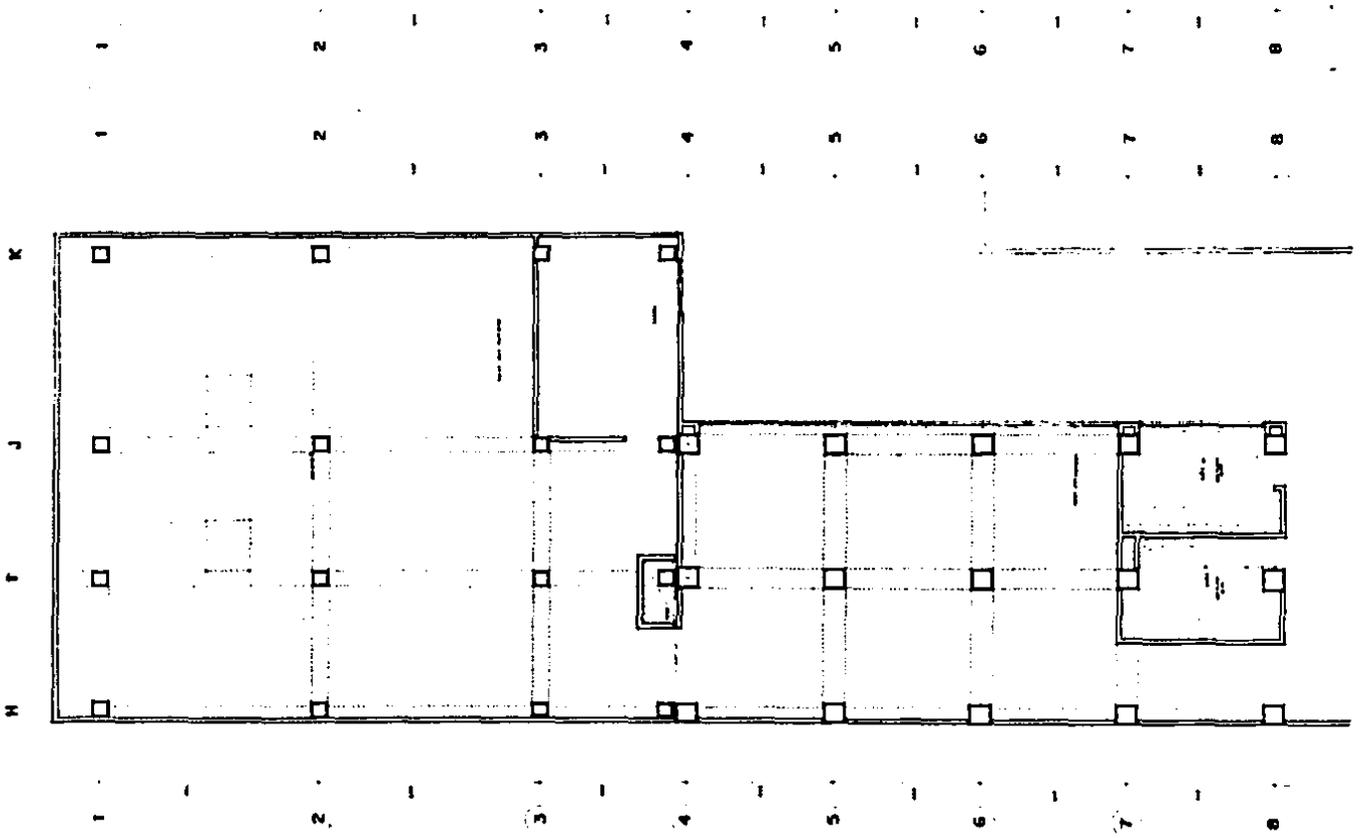
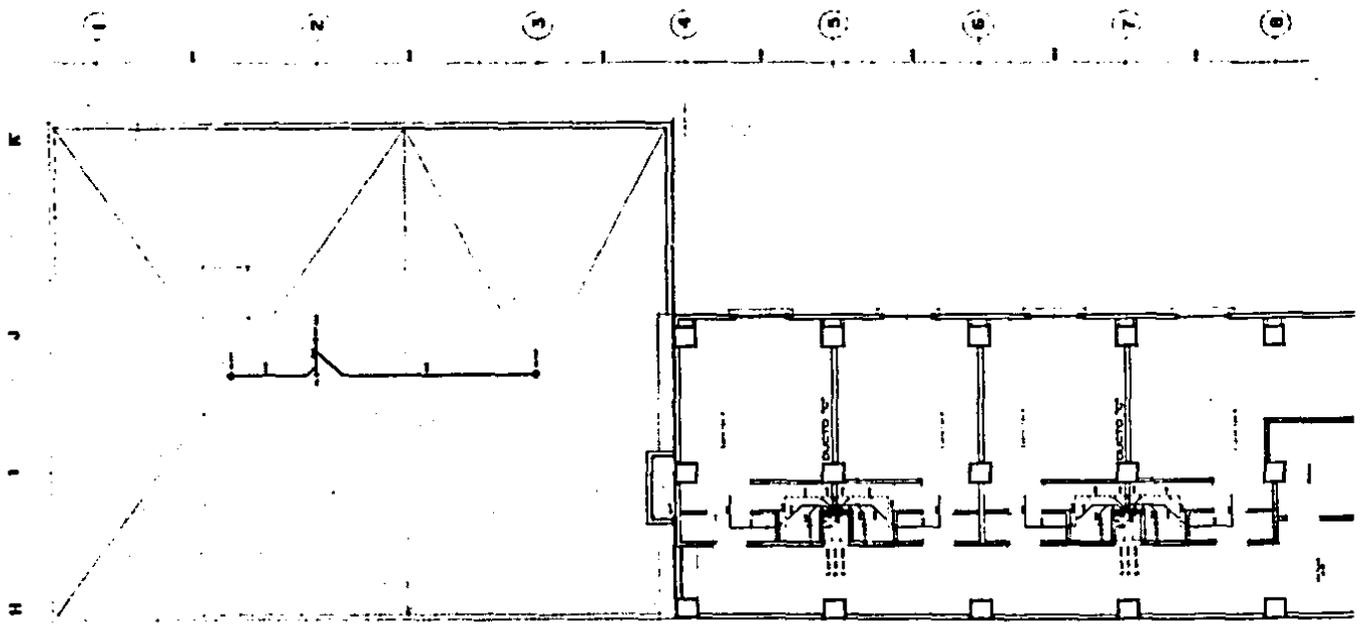
1. SERVICIOS DE OFICINA  
 2. SERVICIOS DE ALMACEN  
 3. SERVICIOS DE LABORATORIO  
 4. SERVICIOS DE ALMACEN DE MATERIALES



- 1. 1.00 m. de anchura de Puerta de Aire.
- 2. 1.00 m. de anchura de Puerta de Aire.
- 3. 1.00 m. de anchura de Puerta de Aire.
- 4. 1.00 m. de anchura de Puerta de Aire.
- 5. 1.00 m. de anchura de Puerta de Aire.
- 6. 1.00 m. de anchura de Puerta de Aire.
- 7. 1.00 m. de anchura de Puerta de Aire.
- 8. 1.00 m. de anchura de Puerta de Aire.

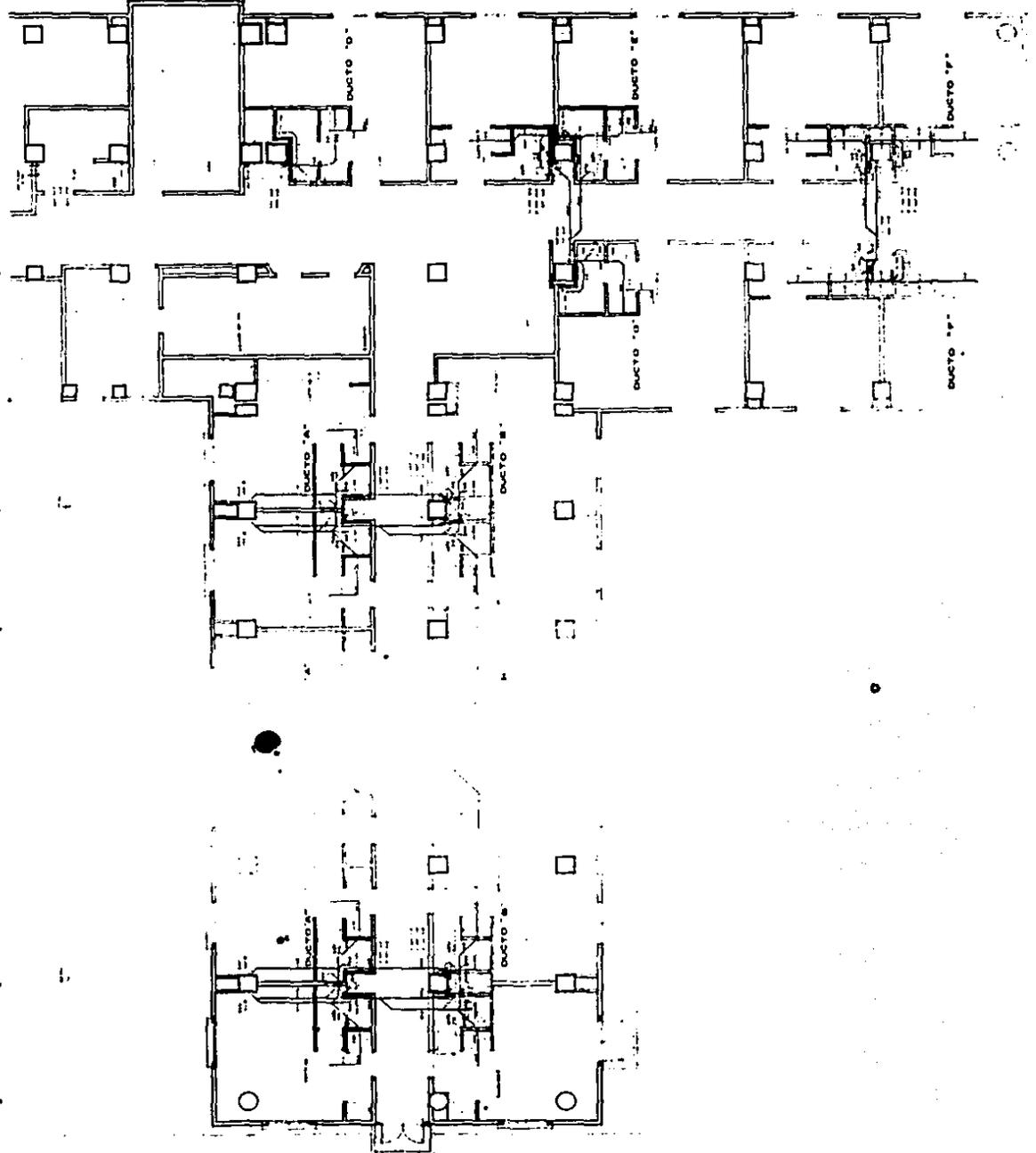


- 1. SERVIDOR DE AGUA FRÍA
- 2. SERVIDOR DE AGUA CALIENTE
- 3. SERVIDOR DE AGUA CALIENTE
- 4. SERVIDOR DE AGUA CALIENTE
- 5. SERVIDOR DE AGUA CALIENTE
- 6. SERVIDOR DE AGUA CALIENTE
- 7. SERVIDOR DE AGUA CALIENTE
- 8. SERVIDOR DE AGUA CALIENTE



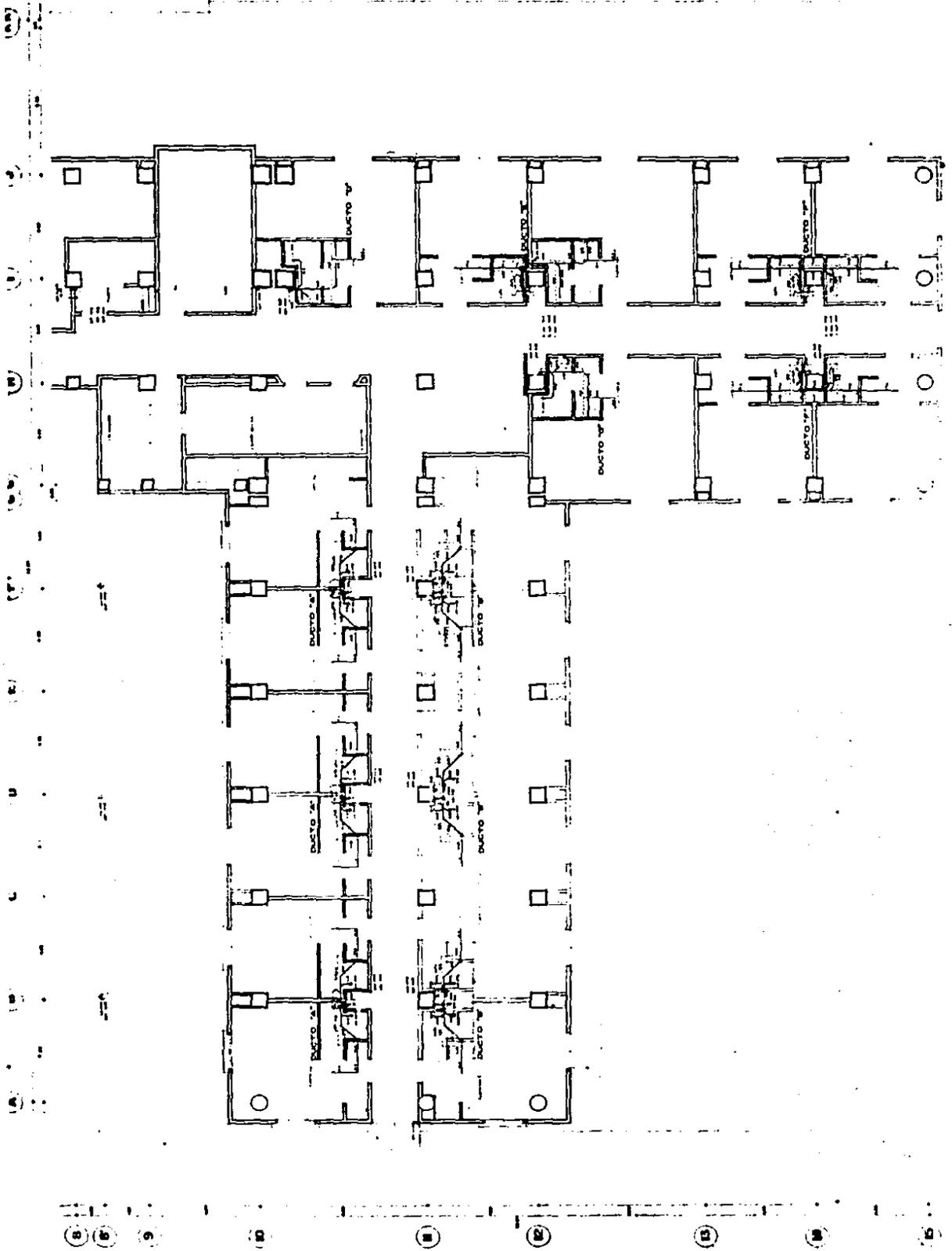
- 1. LINEA EXISTENTE DE PLANTA 0-10
- 2. LINEA EXISTENTE DE PLANTA 10-20
- 3. LINEA EXISTENTE DE PLANTA 20-30
- 4. LINEA EXISTENTE DE PLANTA 30-40
- 5. LINEA EXISTENTE DE PLANTA 40-50

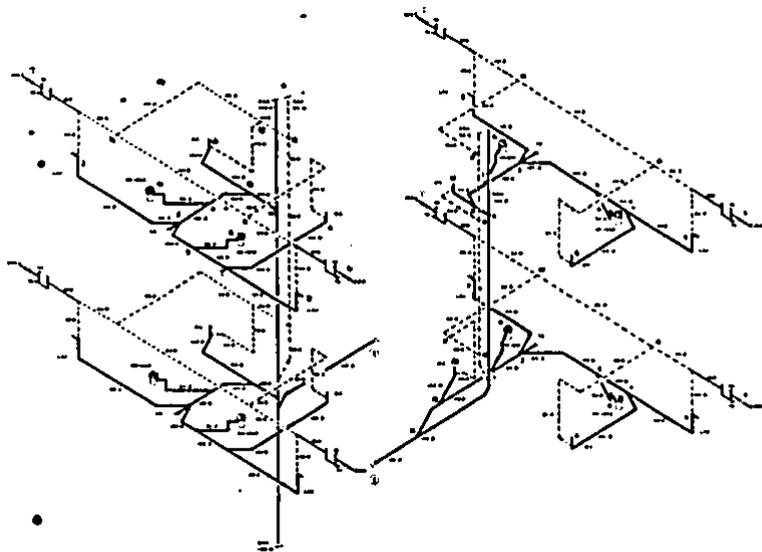
A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z



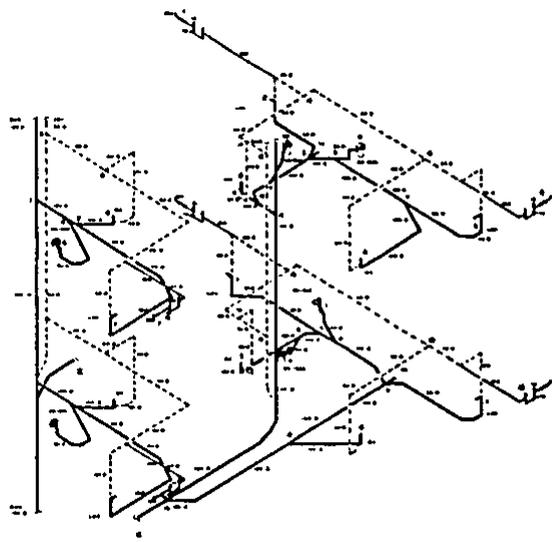
A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

- 1. SERVICIOS DE AGUA FRÍA
- 2. SERVICIOS DE AGUA CALIENTE
- 3. SERVICIOS DE VENTILACIÓN
- 4. SERVICIOS DE ELÉCTRICIDAD
- 5. SERVICIOS DE GAS

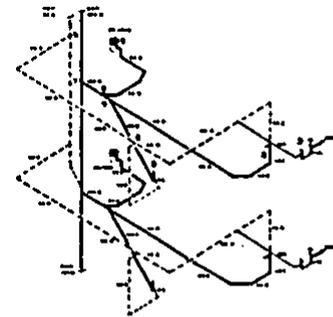




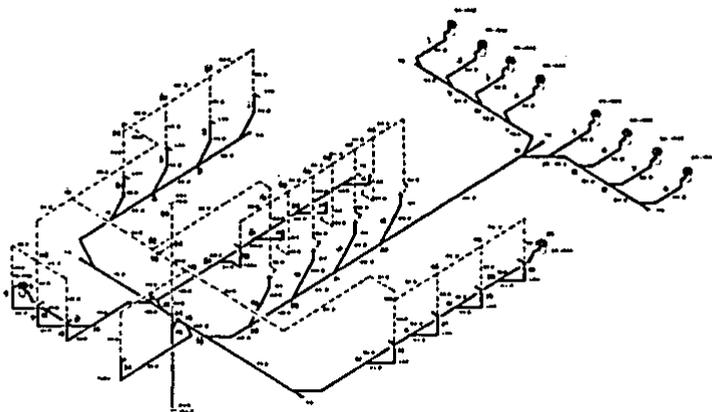
BAÑOS DUCTO "P"



BAÑOS DUCTOS "E" y "G"



BAÑOS DUCTO "V"



BAÑOS EMPLEADOS

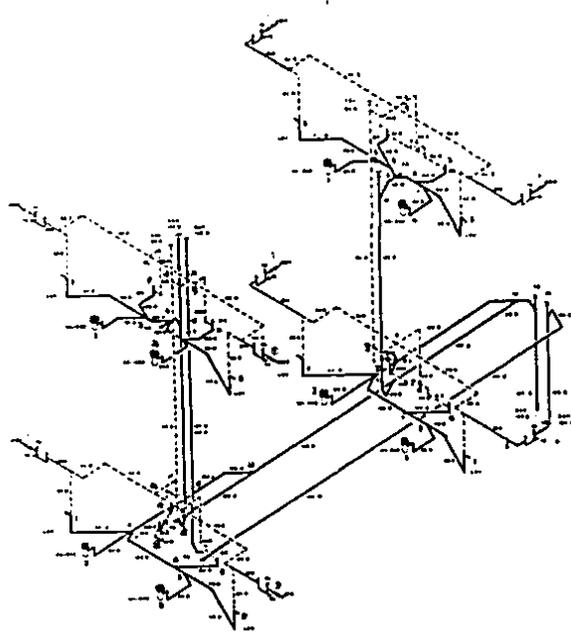


BAÑOS PUBLICOS

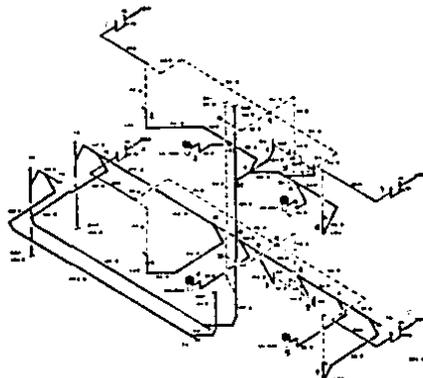


BAÑO OFICINAS y CONCESIONES

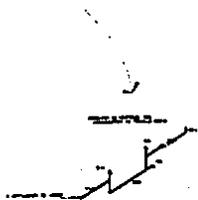
1975  
 1:00 ESCALA DE PLAN 1:1  
 2:00 ESCALA 1/200 DE 1:1



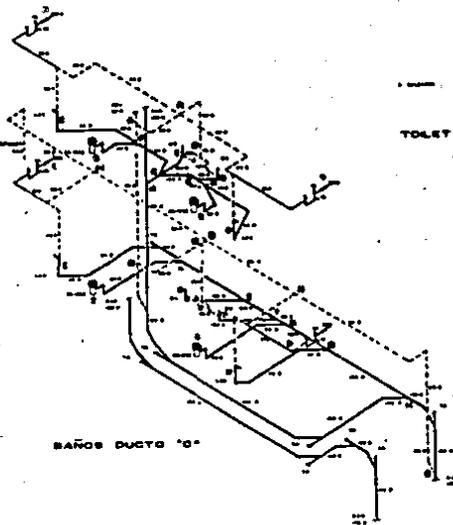
BAÑOS DUCTOS "A" Y "B"



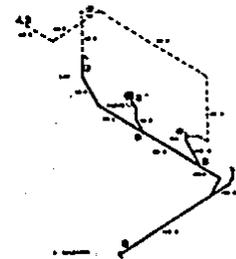
BAÑOS DUCTO "C"



DETALLE DE FAN & COL



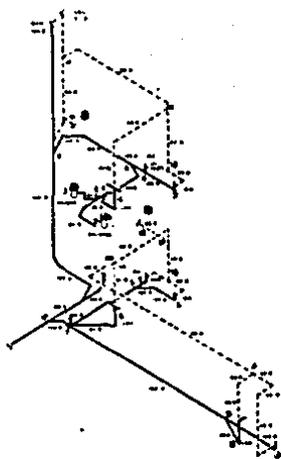
BAÑOS DUCTO "D"



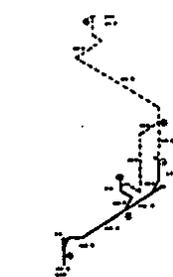
TOILET P. BAJA

SIMBOLOGIA

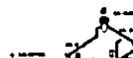
	Tubo de abastecimiento
	Tubo de evacuación
	Fregadero
	W.C.
	Chalaca
	Bañera
	Placa de ducha
	Receptor de piso
	Receptor de piso con tapa
	Receptor de piso con tapa y rejilla
	Receptor de piso con tapa y rejilla y sifón
	Receptor de piso con tapa y rejilla y sifón y ventilación
	Receptor de piso con tapa y rejilla y sifón y ventilación y limpia
	Receptor de piso con tapa y rejilla y sifón y ventilación y limpia y sifón



TOILET P. y MEZZANINE

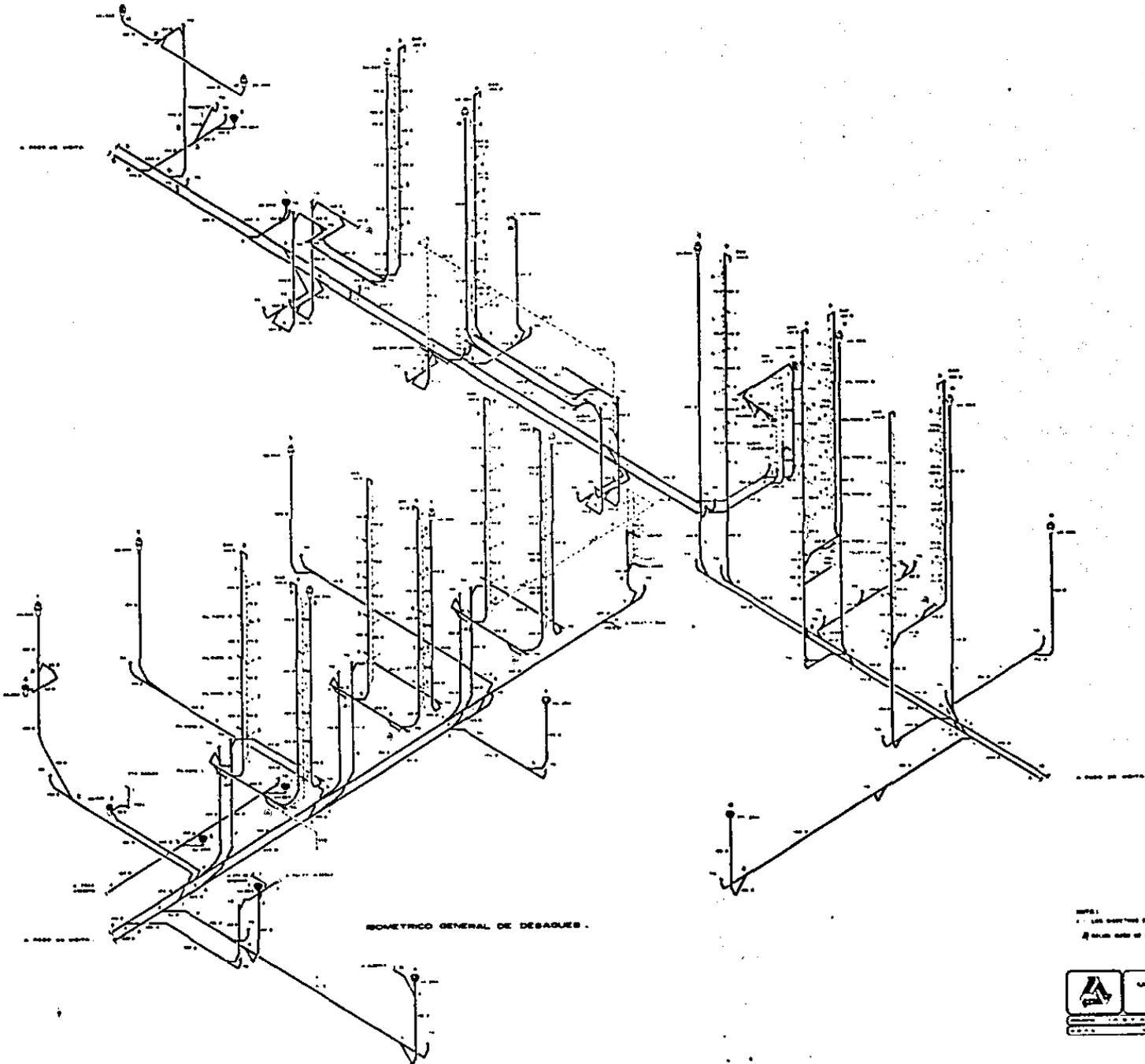


TOILET ALBERCA

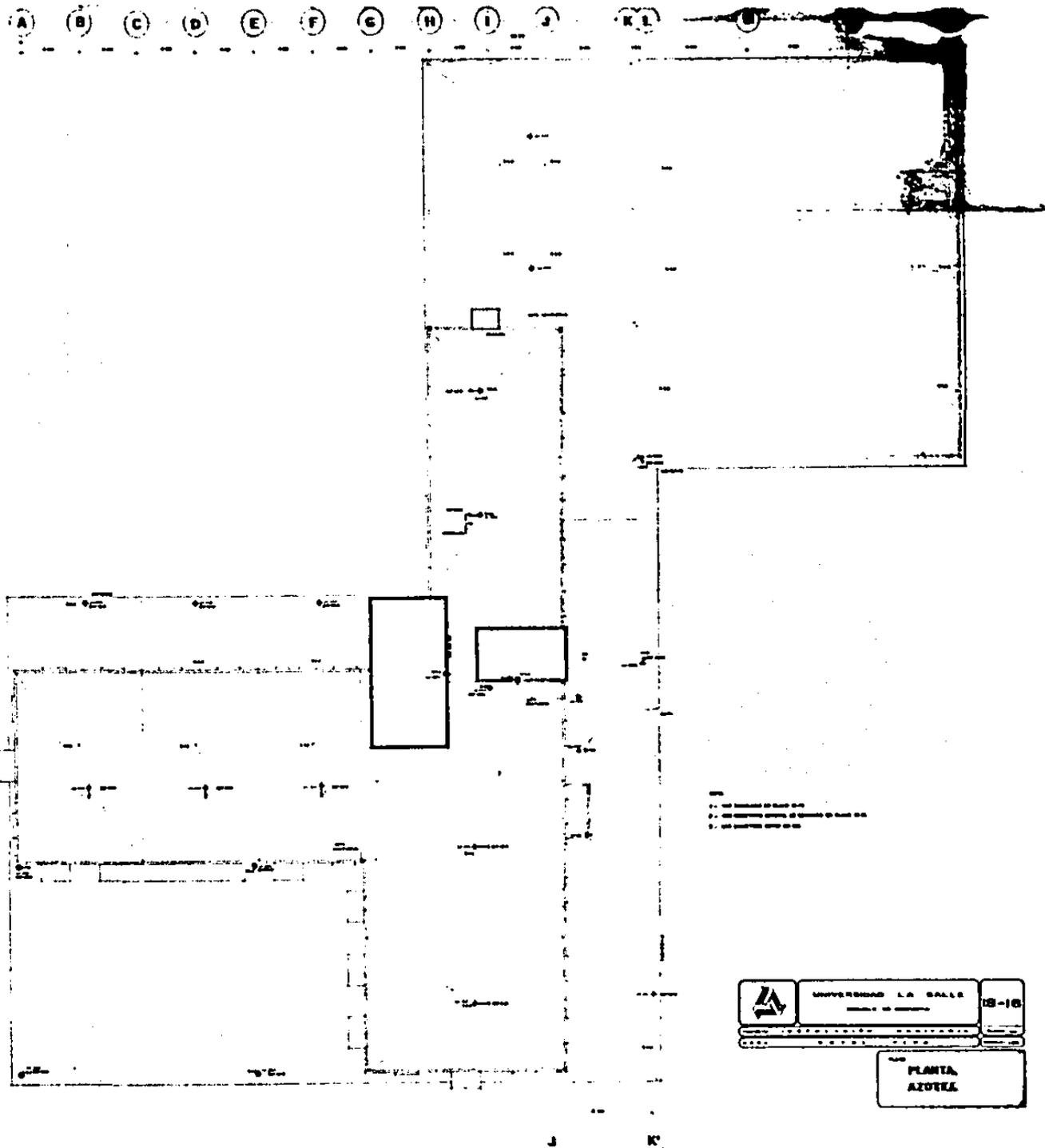


Cto. BASURA

NOTA:  
 - - - - - LINEA DE DUCTO DE AGUA  
 - - - - - LINEA DE DUCTO DE RESIDUOS



NOTA:  
 1. LAS MEDIDAS SE TOMAN EN MM.  
 2. SALVO CADA UNO DE LOS PLATOS Y DE LOS...



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15

	UNIVERSIDAD LA SALLE	13-16
	<b>PLANTA AZOTE</b>	

## BIBLIOGRAFIA

### PLUMBING

Harold E. Babbitt  
Segunda edición  
Ed. McGraw-Hill

PIPING HAND BOOK  
Sabin Crocker, M.E  
Cuarta edición  
Ed. McGraw-Hill

NATIONAL PLUMBING CODE HAND BOOK  
Vincent T. Manas, P.E  
Primera edición  
Ed. McGraw-Hill

INDUSTRIAL PIPING  
Charles T. Littleton  
Ed. McGraw-Hill

HYDRAULICS  
Horace W. King, Chester O. Wisler, James G. Woodburn  
Quinta edición  
Ed. John Wiley and Sons, Inc

INSTALACION HIDRAULICA  
Normas de Ingeniería de Diseño  
Instituto Mexicano del Seguro Social

ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO  
Ernest W. Steel  
Segunda edición  
Ed. Gustavo Gill, S.A

HIDRAULICA  
Samuel Trueba Coronel  
Décima séptima edición  
Ed. C.E.C.S.A

HIDRAULICA GENERAL (VOL. I)  
Gilberto Sotelo Avila  
Cuarta edición  
Ed. LIMUSA

MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRAULICAS  
Claudio Mataix  
Ed. HARLA

**PUMPS**

Frank A. Kristal and F.A. Annett  
Segunda edición  
Ed. McGraw-Hill

**HAND BOOK OF FIRE PROTECTION**

Crosby, Fiske, Forster  
Onceava edición  
National Fire Protection Association

**INSTALLATION OF SPRINKLER SYSTEMS**

NFPA NO. 13  
National Fire Protection Association

**NATIONAL FIRE CODES**

Décima cuarta edición  
National Fire Protection Association

**CHEMETRON**

Fire Systems  
Division of Chemetron Corporation

**REGLAMENTO Y TARIFA**

Sección de incendio  
Décima quinta edición  
Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros

**THE EFFICIENT USE OF STEAM**

Oliver Lyle  
Her Majesty's Stationery Office

**HAND BOOK OF AIR CONDITIONING HEATING AND VENTILATING**

Eugene Stamper and Richard L. Koral  
Tercera edición  
Industrial Press Incorporation

**HEATING, VENTILATING, AIR CONDITIONING GUIDE**

Volumen 35  
American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers, Inc

**MANUAL HELVEX PARA INSTALACIONES**

Ing. Sergio Zepeda C.

**CRANE**

Catálogo 53

**CATALOGO VALCO S.A. DE C.V.**

**CATALOGO DE ESPECIALIDADES PARA VAPOR S.A.**

**CATALOGO TUBE-TURN**

ADSCO  
Packless Expansion Joints  
Boletín No. 59-50A

PIPE HANGERS  
ITT Grinnell  
Catálogo PH81

MANUAL DE CALDERAS  
Notholt Industrial, S.A.

MANUAL DE CALDERAS SELMEC  
Sociedad Electro Mecánica, S.A. de C.V.

MANUALES DE INGENIERIA  
Culligan

FIBERGLASS DE MEXICO, S.A. DE C.V.  
Aislamientos térmicos

DICCIONARIO PARA INGENIEROS  
Louis A. Robb  
Décima quinta edición  
Ed. Continental, S.A.

ARTE DE PROYECTAR EN ARQUITECTURA  
Ernst Neufert  
Duodécima edición  
Ed. Gustavo Gili, S.A.