



**Universidad Nacional Autónoma  
De México**

**Facultad de Ingeniería  
División de Ingeniería Civil y Geomática**

**Diseño de la instalación de protección contra incendio de un edificio de oficinas en la Ciudad de México, localizado en la Calle Violetas, Col. Guerrero, Del. Cuauhtémoc, México D. F.**

***Tesina profesional para obtener el grado de  
Especialista en Ingeniería Sanitaria  
Módulo de instalaciones para edificios***

***Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental***



***Presenta:***

***Ing. Pedro Eduardo Reyes Cabañas***

***Director de Tesina:***

***Dr. Enrique César Valdez***





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.

## ÍNDICE

<b>1. Introducción</b> .....	<b>1</b>
1.1. Antecedentes. Grandes siniestros .....	1
1.2. Objetivo.....	2
1.3. Alcances .....	3
<b>2. Descripción general del inmueble</b> .....	<b>3</b>
2.1. Localización y características de la zona de estudio.....	3
<b>3. Reglamentación y normatividad aplicable</b> .....	<b>4</b>
3.1. Reglamento de construcciones del Distrito Federal .....	4
3.1.1. <i>Instalación contra incendios</i> .....	4
3.1.2. <i>Red de rociadores</i> .....	9
3.1.3. <i>Redes de hidrantes</i> .....	10
3.1.4. <i>Grado de riesgo en las edificaciones</i> .....	12
3.1.5. <i>Dispositivos para prevenir y combatir incendios</i> .....	13
3.2. National Fire Protection (NFPA).....	14
3.2.1. <i>Definiciones y recomendaciones NFPA 13 en materia de rociadores</i> .....	14
3.2.2. <i>Clasificación de los sistemas</i> .....	14
3.2.3. <i>Definición de los componentes del sistema</i> .....	15
3.2.4. <i>Requisitos del sistema</i> .....	16
3.2.5. <i>Extintores (NFPA 10)</i> .....	16
<b>4. Riesgo de incendio</b> .....	<b>17</b>
4.1. Clases de fuego.....	17
4.2. Coadyuvantes del fuego .....	18
4.3. Clasificación de riesgos .....	19
<b>5. Diseño de la red de distribución</b> .....	<b>21</b>
5.1. Determinación del flujo de diseño.....	23
5.2. Determinación de diámetro y flujo de la tubería por planta, alimentador, distribuidor y ramal.....	26
5.3. Determinación de la carga dinámica total (CDT).....	31
5.4. Diseño de la cisterna .....	31
<b>6. Selección del equipo de bombeo</b> .....	<b>33</b>
6.1. Revisión por cavitación .....	33
6.2. Arreglo de la bomba y la cisterna .....	33
6.3. Diámetro de la tubería de succión .....	35
6.4. Accesorios en la succión y detalle del retorno a la cisterna .....	36
6.5. Cálculo de la carga CNPS .....	37
6.6. Potencia al freno de la bomba y selección del equipo .....	38
6.7. Bomba Jockey.....	39
<b>7. ANEXOS</b> .....	<b>40</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente los edificios altos han pasado a formar parte de nuestra vida diaria por diversas razones y principalmente por la necesidad de maximizar los espacios en las grandes ciudades.

En estos edificios, la gente puede moverse con facilidad gracias a elevadores, quedando únicamente como rutas de escape en caso de siniestro las escaleras y pasillos que a veces resultan insuficientes para el total de los residentes u ocupantes.

La problemática se acrecienta al momento de detenerse los elevadores automáticamente al detectar la presencia de un incendio, para evitar que la gente pueda quedar atrapada dentro de ellos.

La solución a estos problemas es un sistema adecuado de protección contra incendio, que ayude no solo a salvaguardar las vidas de los ocupantes, sino también los bienes con los que se cuenta dentro del edificio, que la mayoría de las veces resultan ser de gran importancia, costosos y difíciles de reemplazar.

### 1.1. Antecedentes. Grande siniestros

Con frecuencia escuchamos, vemos o leemos en algún medio de comunicación acerca de incendios que destruyen toda clase de edificios. Por lo general no le damos importancia y pasa a ser una noticia como cualquier otra, impactante en su momento pero carente de trascendencia en nuestras vidas, a menos desde luego que se encuentre involucrada la vida de algún pariente o amigo cercano.

Poniendo atención en la noticia nos damos cuenta que el incendio se debió por lo general a un corto circuito, a alguna chispa, inclusive a algún cigarrillo que no alcanzó a terminar de apagarse con la rapidez suficiente.

Entonces las preguntas son: ¿De verdad serán estas las causas de la pérdida de tantas vidas? , ¿Son realmente estas causas el origen del siniestro que costará millones de pesos?

Habrá que buscar la causa por la cual un pequeño incendio sin importancia se convirtió en un incendio de dimensiones catastróficas.

En este apartado se presentan diversos casos, en los que un pequeño corto circuito aunado a factores a los que se dio poca importancia causaron que un conato de fuego sin importancia, llegara a las dimensiones de un gran incendio.

1. Septiembre 23, 1964. San Francisco California.  
Edificio de Oficinas. 7 pisos, 1 muerte  
"el incendio se inició en una oficina del 6° piso, propagándose a las oficinas adyacentes. Huecos en el plafón del corredor y puertas sin cierre automático contribuyeron a esta propagación, dos bomberos quedaron atrapados en el elevador del quinto piso cuando el espeso humo impidió el accionamiento de cierre al obstruir la celda fotoeléctrica. Uno sobrevivió y el segundo murió días después". (*Reporte del Departamento de Bomberos de San Francisco, Octubre de 1964*).
2. Diciembre 20, 1970. Tucson, Arizona  
Hotel. 11 pisos 28 muertes

“...Las investigaciones indicaron que el fuego se inició un poco antes de la media noche, comenzando y propagándose a través de las dos escaleras con cubos abiertos, muy poca gente pudo escapar a tiempo del fuego, debido a que el edificio no contaba con sistema de alarma, las alfombras y cubiertas decorativas de los muros contribuyeron a incrementar la magnitud del incendio que arrojó muchas víctimas y serios daños” (Fire Journal. Mayo 1971).

3. Febrero 1, 1974. Sao Paulo, Brasil

Oficinas y departamentos. 25 piso, 179 muertes.

“La construcción básica del edificio era a prueba de fuego, sin embargo los acabados interiores consistían enteramente de material combustible, lo que contribuyó a la rápida propagación del fuego a través del edificio. Este contaba solamente con una escalera y ésta no estaba confinada en cada piso, no hubo alarma de evacuación local, no había señales indicadoras de las salidas, no indicaciones de procedimientos de emergencia para guiar a los ocupantes.”

“...Conjuntando opiniones, la magnitud del siniestro y su rápida propagación se puede atribuir a las siguientes causas:

1. Ductos verticales sin protección.
2. Excesivo uso de cilindros portátiles de gas licuado de petróleo.
3. Paneles divisorios interiores y plafón sin ninguna restricción de inflamabilidad.
4. Sección de los huecos en paredes inadecuadas, demasiada fibra de vidrio sin barrera de fuego sin barreras de fuego apropiadas.
5. Cableado eléctrico impropio.
6. Resistencia al fuego de la azotea, inadecuado.
7. El edificio no tenía señales iluminadas de salida o iluminación de emergencia.

*(Fire Journal. Julio 1974)*

## **1.2. Objetivo**

Diseñar y seleccionar los componentes del sistema de seguridad contra incendio del Edificio de Oficinas Corporativas ubicado entre las calles Paseo de La Reforma y Violetas, para brindar el mínimo de protección requerida según criterios de la NFPA y del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, garantizando su protección en caso de ocurrencia de un incendio motivado por causas no intencionales.

### 1.3. Alcances

El presente proyecto, se enfocará al diseño de la red de rociadores, disposición estratégica de extinguidores, hidrantes y finalmente cálculo de la carga dinámica total, con la cual se podrá hacer la selección del equipo de bombeo, así como de su disposición en el cuarto de máquinas.

## 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL INMUEBLE

El edificio contará con 8 pisos superiores que serán destinados para uso de oficinas corporativas, y 4 cajones subterráneos de estacionamientos en donde también se encontrará el cuarto de máquinas. Es importante señalar que los cajones subterráneos serán los que contarán con la mayor área de desplante por lo que presumiblemente ubicaremos el punto crítico en esta zona. El punto crítico de protección es aquel sitio más favorable para desarrollar un conato de incendio debido al tipo de uso para el que se destinó esa área.

### 2.1. Localización y características de la zona de estudio

El predio se encuentra limitado al sur por la calle Violetas, al Norte por la calle Galeana, y al este y al oeste por las calles Galeana y Paseo de La Reforma respectivamente.

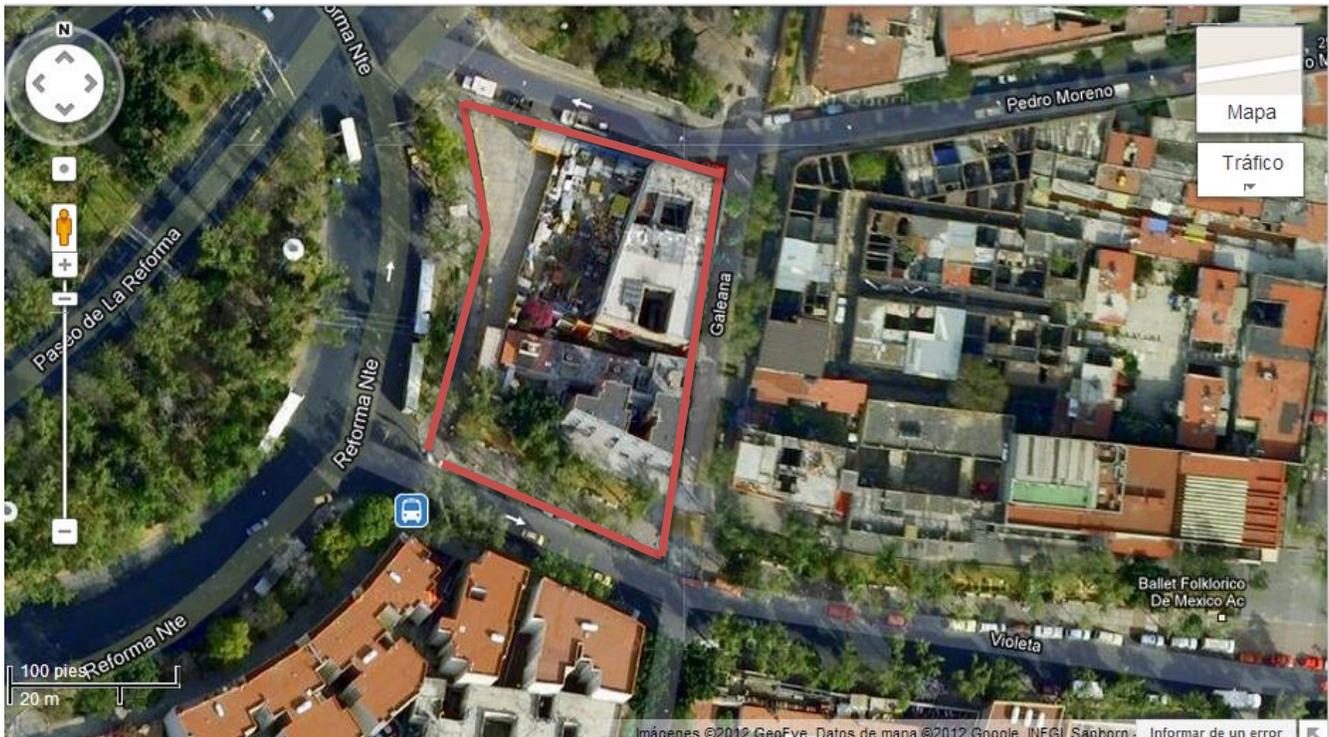


Figura 2.1. Ubicación del predio

### **3. REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVIDAD APLICABLE**

El presente diseño cumple con las Normas vigentes en el Distrito Federal, lugar donde será desplantado el edificio, las especificaciones requeridas en el RCDF se complementan más no se sustituyen por las recomendaciones de la NFPA, en el área de rociadores, hidrantes y extinguidores.

#### **3.1. Reglamento de construcciones del Distrito Federal**

Con la finalidad de contar con parámetros de seguridad y también de optimización de recursos, el diseño se llevó a cabo considerando las recomendaciones y normas técnicas complementarias del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, las cuales deben de aplicarse con obligatoriedad en todas las edificaciones que se realicen dentro de dicha entidad.

Las disposiciones del presente Reglamento y de sus Normas Técnicas Complementarias, son de orden público e interés social, sus disposiciones legales y reglamentarias aplicables en materia de desarrollo urbano, planificación, seguridad, estabilidad e higiene, así como las limitaciones y modalidades que se impongan al uso de los terrenos o de las edificaciones de propiedad pública o privada aplicables (*RCDF, 2004*).

Las obras de construcción, instalación, modificación, ampliación, reparación y demolición, así como el uso de las edificaciones y los usos, destinos y reservas de los predios del territorio del Distrito Federal, se sujetarán a las disposiciones de la Ley del Desarrollo Urbano del Distrito Federal, de este Reglamento y demás disposiciones aplicables (*RCDF, 2004*).

##### **3.1. 1. Instalación contra Incendios**

Cuando se trate de edificaciones clasificadas como de riesgo mayor, deberá proveerse de una capacidad de almacenamiento de agua para cisternas contra incendio, de acuerdo con lo estipulado en el Artículo 124 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal<sup>1</sup> vigente. Para satisfacer esta demanda podrán aprovecharse las aguas pluviales captadas dentro de la edificación (previo filtrado).

El sistema contra incendio debe contar con una estructura de almacenamiento de cuando menos cinco litros de agua por metro cuadrado de construcción tomando en cuenta losas de techo y piso así como muros, pero no menor de 20,000 L siempre y cuando se trate de edificaciones de hasta 4,000 m<sup>2</sup> de construcción; este volumen debe mezclarse con el volumen destinado a servicios con el fin de permitir la renovación del agua potable, ambos volúmenes estarán en la misma cisterna dejando siempre el tirante de agua destinado exclusivamente al sistema contra incendio.

Se deberá diseñar y construir una red hidráulica para alimentar directa y exclusivamente las mangueras contra incendio instaladas en los gabinetes respectivos.

Se deberá colocar una toma siamesa por fachada o bien una por cada 90 m de fachada.

Se deberán colocar gabinetes con salidas y mangueras contra incendio, las cuales deberán cubrir un área de 15 y 30 m radiales, de acuerdo con las necesidades del inmueble.

<sup>1</sup>**Art 124.** *Los conjuntos habitacionales y las edificaciones de cinco niveles o más deben contar con cisternas con capacidad para satisfacer dos veces la demanda diaria de agua potable de la edificación y estar equipadas con sistema de bombeo.*

La ubicación de los gabinetes será tal, que al punto donde se inicie el siniestro, se llegue con cualquiera de los hidrantes ubicados en esa zona.

**A) Gastos de diseño**

Se considerará un gasto de 2.82 L/s por cada hidrante, suponiendo, en función del área construida del edificio, el número de hidrantes en uso simultáneo, de acuerdo con la tabla 3.1.1.

**Tabla 3.1.1. Hidrantes simultáneos en uso**

Área construida (m <sup>2</sup> )	No. Hidrantes
2500-5000	2
5000-7500	3
Más de 7500	4

**B) Diámetros de las tuberías de distribución**

Los diámetros de las tuberías de alimentación a un hidrante serán de 50 mm; a dos hidrantes, de 64 mm; a tres hidrantes, de 75 mm, y a cuatro hidrantes, de 75 mm hasta 1000 m de longitud y de 100 mm para longitudes mayores.

Las tuberías de 50 mm serán de cobre tipo M y las de 64 mm y mayores serán de acero cédula 40, sin costura, con uniones soldadas con soldadura eléctrica de baja temperatura de fusión, 50 % plomo y 50 % estaño, con fundente no corrosivo, o bridadas. Todos los tubos deberán pintarse con pintura de aceite color rojo.

**C) Válvulas**

Para la alimentación a cada hidrante se usará una válvula de compuerta angular roscada si es de 50 mm de diámetro, o bridada si es de 64 mm o mayor, todas ellas clase 8.8 kg/cm<sup>2</sup>.

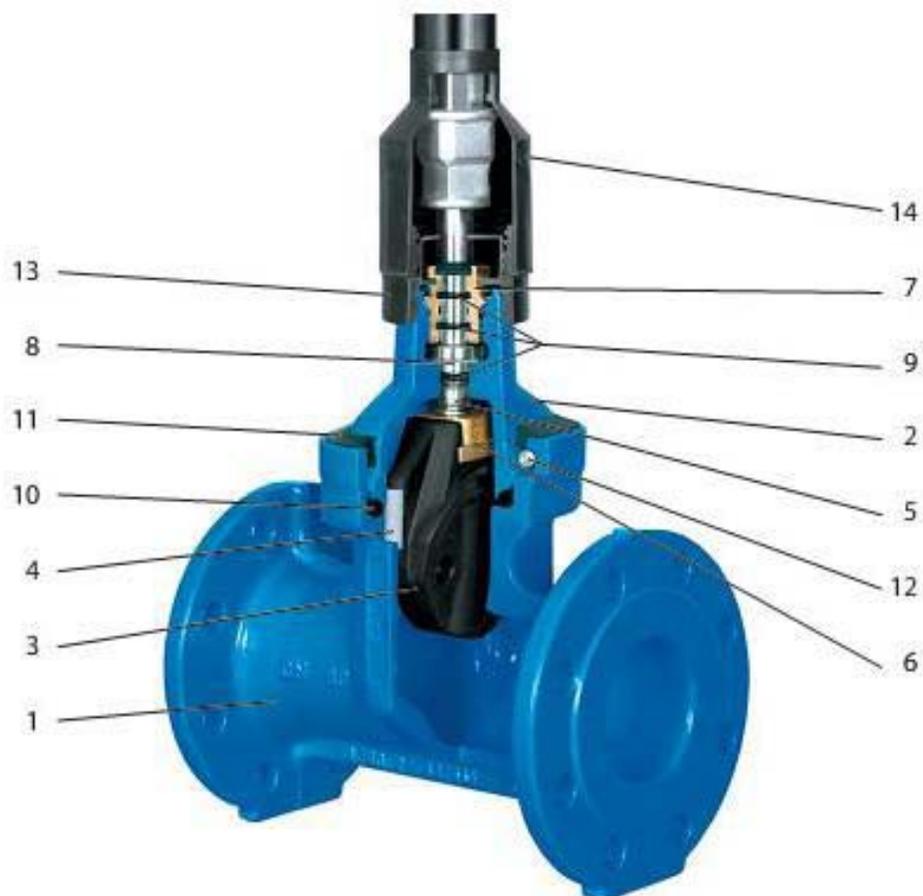
Las válvulas de compuerta son válvulas para maniobrarlas en las posiciones de cerrada («Closed») y/o abierta («completely open»).

No están construidas para ser utilizadas como válvulas de reducción o de regulación. Las compuertas se accionan con el mínimo esfuerzo.

Para cerrarlas, hay que girar hacia la derecha y hacia la izquierda para abrirlas.

Para abrir y cerrar la válvula no se debe hacer uso de llave de palanca o tubo.

En la figura 3.1.1 se muestra la representación de una válvula de compuerta correspondiente al fabricante VonRollhydro.



Pos.	Designación	Material	Características
1	Cuerpo	EN-GJS-500-7 (EN-JS1050)	Revestimiento de protección anticorrosión con espesores de epoxi según directrices GSK, min. 250 µm
2	Tapa	EN-GJS-500-7 (EN-JS1050)	Revestimiento de protección anticorrosión con espesores de epoxi según directrices GSK, min. 250 µm
3	Compuerta (cuña)	EN-GJS-500-7 (EN-JS1050)	EPDM/W270 vulcanizado o recubrimiento conformado NBR
4	Guías del husillo	Hostaform	Forma exacta del cierre a presión: vulcanizado
5	Husillo	X20Cr13 (1.4021)	Otros materiales bajo demanda
6	Tuerca de la cuña	CUZn40Pb2 (2.0402)	Otros materiales bajo demanda
7	Junta de estanqueidad	CUZn40Pb2 (2.0402)	Con juntas y ranura de lubricación Otros materiales bajo demanda
8	Tope de fijación	POM	Otros materiales bajo demanda
9	Juntas tóricas	NBR-DUO	Juntas de estanqueidad
10	Junta de la tapa	EPDM / NBR	
11	Junta de sellado	NBR	
12	Chaveta de bloqueo	1.4301	
13	Base rosca exterior	PE	Para conectar set de maniobra telescópica
14	Set de maniobra telescópica		Alargadera de tubo con enchufe interior roscado

Fig. 3.1.1. Representación de los componentes de una válvula de compuerta

#### D) Reductores de presión

Cuando se tenga una presión del lado de la manguera del hidrante mayor de 4.2 kg/cm<sup>2</sup>, se utilizará un dispositivo de orificio calibrado para reducir la presión y dejar pasar 2.8 L/s; el diámetro del orificio calibrado se calculará con la expresión:

$$d = \frac{36.155}{(c - 42)^{0.25}}$$

Donde:

d= diámetro del orificio

c= carga disponible en la válvula angular del hidrante, en m. c. a.

La presión máxima en la red de distribución de agua contra incendio será de **8 kg/cm<sup>2</sup>**; en caso de que por desnivel topográfico se tenga una mayor presión, se dividirá la red en dos o más zonas de distribución.

En las figuras 3.1.2, 3.1.3 y 3.1.4 se describe el funcionamiento de un reductor de presión.

#### Principio de funcionamiento

El funcionamiento del reductor de presión se basa en el equilibrio de dos fuerzas contrapuestas:

- 1 el empuje del **resorte** hacia la **apertura** del obturador
- 2 el empuje de la **membrana** hacia el **cierre** del obturador.

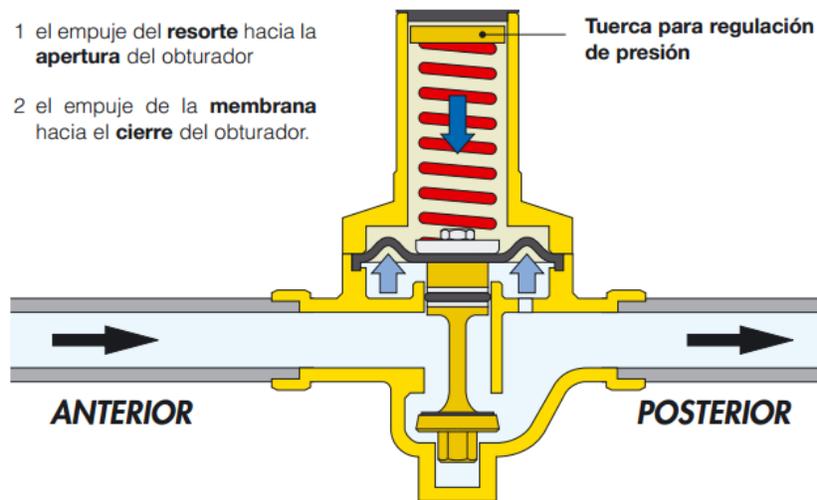


Fig. 3.1.2. Principio de funcionamiento de un reductor de presión

**Funcionamiento durante la salida de agua**

Cuando se abre una salida de agua, la fuerza del resorte se hace superior a la de la membrana, que actúa en sentido contrario; el obturador baja y abre el paso del agua. Cuanto mayor es la demanda de agua, menor es la presión debajo de la membrana, lo que determina un caudal más elevado de líquido a través del obturador.

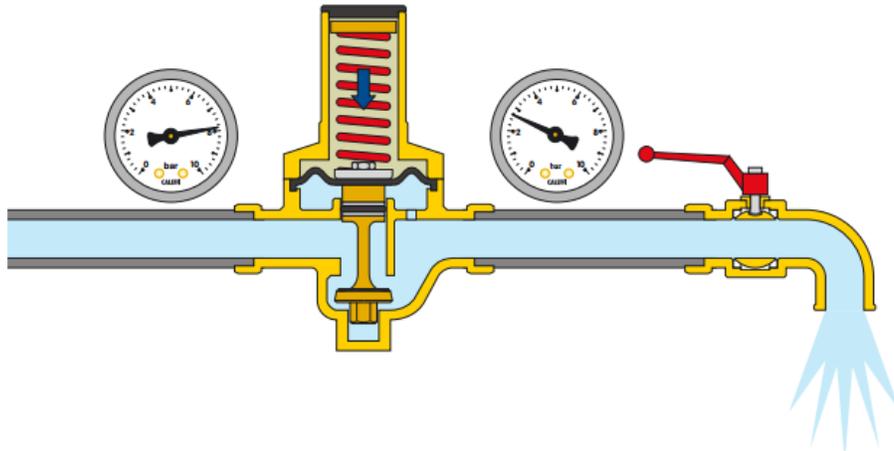


Fig. 3.1.3. Funcionamiento durante la salida de agua.

**Funcionamiento sin salida de agua**

Cuando la salida de agua está completamente cerrada, la presión posterior aumenta y empuja la membrana hacia arriba. Como consecuencia, el obturador se cierra e impide el paso del líquido, manteniendo la presión en el valor calibrado. Si la fuerza ejercida por la membrana supera aun mínimamente la del resorte, el dispositivo se cierra.

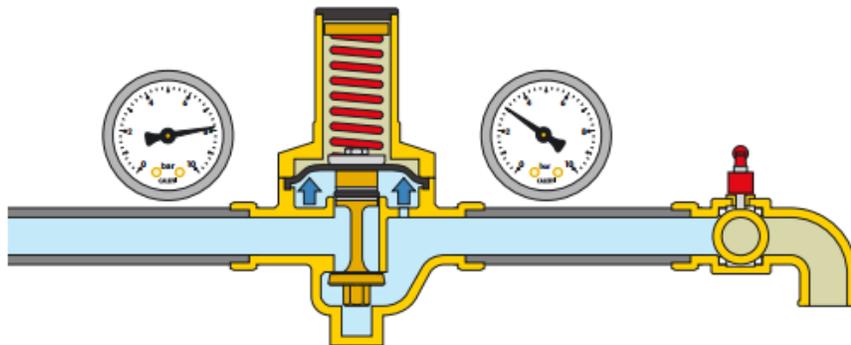


Fig. 3.1.4. Funcionamiento sin salida de agua.

### **3.1.2. Red de rociadores**

En el RCDF 04, se menciona que las redes de rociadores se instalarán únicamente con el objeto de incrementar la seguridad que ofrecen las redes de hidrantes, este diseño contempla la red de rociadores como elemento principal de la instalación, sin embargo, no se resta peso ni valor a las siguientes características:

I. Tanques o cisternas para almacenar agua en un volumen adicional a la reserva para la red de hidrantes en función al gasto nominal del 10% del total de los hidrantes instalados en un nivel, que garantice un periodo de funcionamiento mínimo de una hora.

II. Dos bombas automáticas autocebantes cuando menos, una eléctrica y otra con motor de combustión interna, con succiones independientes para surtir a la red con la presión nominal de los rociadores, en el punto más desfavorable, que pueden ser las mismas del sistema de hidrantes. Se requiere además obligatoriamente de una bomba jockey (de presurización de línea) que mantenga presión continua en la red.

III. Una red hidráulica para alimentar directa y exclusivamente la red de rociadores, la red hidráulica contra incendio debe ser de acero soldable o fierro galvanizado C-40 y estar pintada con pintura de esmalte color rojo.

IV. La red alimentará en cada piso, o zona, líneas de rociadores que se activarán en forma automática e independiente por detectores de temperatura integrados.

V. Deben instalarse los reductores de presión necesarios para evitar que en cualquier rociador se exceda la presión de trabajo de los mismos y válvulas normalmente abiertas que permitan el mantenimiento o reposición de rociadores sin suspender el funcionamiento de la red de hidrantes;

VI. La red de distribución debe ser calculada para permitir la operación simultánea de al menos 5 hidrantes por cada 500 m<sup>2</sup> en cada nivel y garantizar una presión que no podrá ser nunca menor a 2.5 kg/cm<sup>2</sup> en el punto más desfavorable, sin reducir las condiciones de operación de la red de hidrantes. En dicho cálculo se debe incluir además de la presión requerida en el sistema de bombeo, la de los esfuerzos mecánicos que resista la tubería.

VII. Las redes de rociadores automáticos deben estar provistas de sistema de alarma que permita al personal de vigilancia percatarse del evento.

VIII. Los rociadores no deben emplearse en áreas con riesgo de shock eléctrico, como la cercanía a tableros, motores o cables eléctricos, o en la proximidad a material contraindicado para el uso de agua.

El Director Responsable de Obra y el Corresponsable en Instalaciones, en su caso, deben vigilar que el funcionamiento automático de estos sistemas, no pongan en riesgo la seguridad física de las personas. (RCDF, 2004)

### 3.1.3. Redes de hidrantes

Tendrán los siguientes componentes y características:

I. Tanques o cisternas para almacenar agua en proporción a  $5 \text{ L/m}^2$  construido, reservada exclusivamente a surtir a la red interna para combatir incendios. La capacidad mínima para este efecto será de 20,000 L.

II. Dos bombas automáticas auto cebantes cuando menos, una eléctrica y otra con motor de combustión interna, con succiones independientes para surtir a la red con una presión constante entre  $2.5$  y  $4.2 \text{ kg/cm}^2$  en el punto más desfavorable.

III. Una red hidráulica para alimentar directa y exclusivamente las mangueras contra incendios, dotadas de tomas siamesas y equipadas con válvula de no retorno, de manera que el agua que se inyecte por la toma no penetre a la cisterna; la tubería de la red hidráulica contra incendio debe ser de acero soldable o fierro galvanizado C-40, y estar pintada con pintura de esmalte color rojo.

IV. Tomas Siamesas de 64 mm de diámetro, 7.5 cuerdas por cada 25 mm, cople movable y tapón macho, equipadas con válvula de no retorno, de manera que el agua de la red no escape por las tomas siamesas. Se colocará por lo menos una toma de este tipo en cada fachada, y en su caso, una a cada 90 m lineales de fachada y se ubicará al paño del alineamiento a un metro de altura sobre el nivel de la banqueta.

En la fig. 3.1.1.1 se muestra la representación esquemática de una toma siamesa:

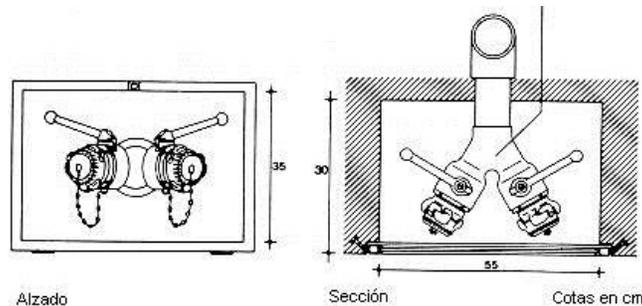


Fig. 3.1.1.1 Toma Siamesa

V. La red alimentará en cada piso, gabinetes o hidrantes con salidas dotadas con conexiones para mangueras contra incendios, las que deben ser en número tal que cada manguera cubra una área de 30 m de radio y su separación no sea mayor de 60 m. Uno de los gabinetes estará lo más cercano posible a los cubos de las escaleras.

VI. Las mangueras deben ser de 38 mm de diámetro, de material sintético, conectadas permanentemente y adecuadamente a la toma y colocarse plegadas o en dispositivos especiales para facilitar su uso. Estarán provistas de Pitones de paso variables de tal manera que se pueda usar como chiflones de neblina, cortina o en forma de chorro directo.



**Fig. 3.1.1.2. Pitón con rosca AQUASTREAM y de pistola TURBOJET**

VII. Deben instalarse los reductores de presión necesarios para evitar que en cualquier toma de salida para manguera de 38 mm se exceda la presión de 4.2 kg/cm<sup>2</sup>.

VIII. La red de distribución debe ser calculada para permitir la operación simultánea de al menos 2 hidrantes por cada 3,000 m<sup>2</sup> en cada nivel o zona, y garantizar una presión que no podrá ser nunca menor 2.5 kg/cm<sup>2</sup> en el punto más desfavorable. En dicho cálculo se debe incluir además de la presión requerida en el sistema de bombeo, la de los esfuerzos mecánicos que resista la tubería, tales como golpe de ariete y carga estática.

IX. El troncal principal no debe ser menor de 3" (75 mm). Los ramales secundarios tendrán un diámetro mínimo de 2" (51 mm), excepto las derivaciones para salidas de hidrante que deben ser de 1½" (38 mm) de diámetro y rematar con una llave de globo, a 1.85 M S.N.P.T., cople para manguera de 1½" (38 mm) de diámetro y reductor de presiones, en su caso.



**Fig. 3.1.1.3. Válvula de globo reductora de presión marca WILKINS**

### 3.1.4. Grado de riesgo de incendio en las edificaciones

Con base en el artículo 90 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, las edificaciones se clasifican en función al grado de riesgo de incendio, de acuerdo a sus dimensiones, uso y ocupación conforme lo que establecen las Tablas 4.5-A y 4.5-B.

**TABLA No. 4.5-A**

CONCEPTO	GRADO DE RIESGO PARA EDIFICACIONES NO HABITACIONALES		
	BAJO	MEDIO	ALTO
Altura de la edificación (en metros)	Hasta 25	No aplica	Mayor a 25
Número total de personas que ocupan el local incluyendo trabajadores y visitantes	Menor de 15	Entre 15 y 250	Mayor de 250
Superficie construida (en metros cuadrados)	Menor de 300	Entre 300 y 3000	Mayor de 3,000
Inventario de gases inflamables (en litros)	Menor de 500	Entre 500 y 3,000	Mayor de 3,000
Inventario de líquidos inflamables (en litros)	Menor de 250	Entre 250 y 1,000	Mayor de 1,000
Inventario de líquidos combustibles (en litros)	Menor de 500	Entre 500 y 2,000	Mayor de 2,000
Inventario de sólidos combustibles (en kilogramos)	Menor de 1,000	Entre 1,000 y 5,000	Mayor de 5,000
Inventario de materiales pirofóricos y explosivos	No existen	No existen	Cualquier cantidad

**TABLA No. 4.5-B**

CONCEPTO	GRADO DE RIESGO PARA EDIFICACIONES CON VIVIENDA		
	BAJO	MEDIO	ALTO
Edificaciones con uso exclusivo de vivienda	Hasta seis niveles	Mas de seis y hasta diez niveles	Mas de diez niveles
Usos mixtos	De acuerdo al riesgo del uso no habitacional		

*Fig. 3.1.2. Tablas No. 4.5-B y 4.5-A (RCDF, 04).*

### 3.1.5. Dispositivos para prevenir y combatir incendios

Las edificaciones en función del grado de riesgo, contarán como mínimo con los dispositivos para prevenir y combatir incendios que se establecen en la tabla 3. 1. 3:

DISPOSITIVOS	GRADO DE RIESGO		
	BAJO	MEDIO	ALTO
<b>EXTINTORES *</b>	Un extintor, en cada nivel, excepto en vivienda unifamiliar	Un extintor por cada 300.00 m <sup>2</sup> en cada nivel o zona de riesgo	Un extintor por cada 200 m <sup>2</sup> en cada nivel o zona de riesgo
<b>DETECTORES</b>	Un detector de incendio en cada nivel -del tipo detector de humo- Excepto en vivienda.	Un detector de humo por cada 80.00 m <sup>2</sup> ó fracción o uno por cada vivienda.	Un sistema de detección de incendios en la zona de riesgo (un detector de humo por cada 80.00 m <sup>2</sup> ó fracción con control central) y detectores de fuego en caso que se manejen gases combustibles. En vivienda plurifamiliar, uno por cada vivienda y no se requiere control central.
<b>ALARMAS</b>	Alarma sonora asociada o integrada al detector. Excepto en vivienda.	Sistema de alarma sonora con activación automática. Excepto en vivienda.	Dos sistemas independientes de alarma, uno sonoro y uno visual, activación automática y manual (un dispositivo cada 200.00 m <sup>2</sup> ) y repetición en control central. Excepto en vivienda.
<b>EQUIPOS FIJOS</b>			Red de Hidrantes, tomas siamesas y depósito de agua
<b>SEÑALIZACIÓN DE EQUIPOS</b>		El equipo y la red contra incendio se identificarán con color rojo	Señalizar áreas peligrosas, el equipo y la red contra incendio se identificarán con color rojo; código de color en todas las redes de instalaciones

Fig.3.1.5. Tabla 4.7 NTC dispositivos para prevenir y combatir incendios (RCDF, 04)

### 3.2. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA)

La NFPA es reconocida alrededor del mundo como la fuente autoritativa principal de conocimientos técnicos, datos, y consejos para el consumidor sobre la problemática del fuego y la protección y prevención.

#### 3.2.1. Definiciones y recomendaciones NFPA 13 en materia de rociadores

Esta norma proporciona los requisitos mínimos para el diseño e instalación de sistemas de rociadores automáticos contra incendio y sistemas de rociadores para protección contra la exposición al fuego; incluyendo el carácter y adecuación de las fuentes de abastecimiento de agua y la selección de los rociadores, tuberías, válvulas y todos los materiales y accesorios, aunque sin incluir la instalación de redes de abastecimiento y fuentes de abastecimiento de agua para servicios de agua de lucha contra incendio.

Un sistema de rociadores consiste en un sistema de tubería enterrada y elevada, diseñada de acuerdo con las normas de ingeniería y de protección contra incendio. Esta instalación incluirá:

1. Abastecimiento de agua
2. Bomba contra Incendio
3. Tubería de abastecimiento a la red municipal
4. Instalación de la red hidráulica para los rociadores

**NOTA:** El diseño e instalación de las instalaciones de abastecimiento de agua, tales como tanques por gravedad, bombas contra incendio, están cubiertos por las normas *NFPA*: NFPA 20. Norma para la instalación de bombas centrífugas de incendio, *NFPA*. Norma para tanques de agua para protección contra incendios.

#### 3.2.2. Clasificación de sistemas

1. **De tubo húmedo.** Sistema de rociadores que emplea rociadores automáticos conectados a un sistema de tuberías que contiene agua y que, a su vez, se conecta a un suministro de agua, de tal forma que el agua se descargue inmediatamente, desde los rociadores abiertos por el calor del incendio.
2. **Sistema anticongelante.** Sistema de rociadores de tubería húmeda que emplea rociadores automáticos conectados a un sistema de tuberías que contiene una solución anticongelante y está conectado a un suministro de agua. La solución anticongelante se descarga, seguida de agua, inmediatamente después que se inicia la operación de los rociadores, abiertos por el efecto del calor del incendio.
3. **Sistema de tubo seco.** Sistema de rociadores que emplea rociadores automáticos conectados a un sistema de tuberías que contiene aire o nitrógeno bajo presión y, cuya liberación, permite que la presión de agua abra una válvula que se conoce como válvula de tubería seca. El agua fluye entonces hacia el sistema de tuberías y sale por los rociadores abiertos.

4. **Sistemas de Pre-acción.** Sistema de rociadores que emplea rociadores automáticos conectados a un sistema de tuberías que contiene aire, que puede estar o no bajo presión, con un sistema de detección suplementario instalado en las mismas áreas que los rociadores. El accionamiento del sistema abre una válvula que permite que el agua fluya dentro de las tuberías del sistema de rociadores y se descargue cualquier rociador que esté abierto.
5. **Sistema de diluvio.** Sistema que emplea rociadores abiertos, conectados a un sistema que se encuentra conectado a un suministro de agua a través de una válvula que se abre por la operación de un sistema de detección instalado en las mismas áreas que los rociadores.
6. **Sistema combinado de tubo seco y de pre-acción.** Sistema de rociadores que emplea rociadores automáticos conectados a un sistema de tuberías que contiene aire bajo presión, con un sistema suplementario de detección, instalado en las mismas áreas que los rociadores. La operación del sistema de detección, acciona dispositivos de disparo que abren las válvulas de tubería seca simultáneamente y sin pérdida de la presión del aire del sistema. La operación del sistema de detección abre también válvula de escape de aire listadas, ubicadas en el extremo de la tubería principal de alimentación, lo que generalmente antecede a la apertura de los rociadores. El sistema de detección sirve también como sistema automático de alarma contra incendio.

### 3.2.3. Definición de los componentes del sistema

- ◆ **Ramales.** Tuberías en las cuales se colocan los rociadores
- ◆ **Tuberías principales transversales.** Tuberías que alimentan a los ramales.
- ◆ **Tuberías principales de alimentación.** Tuberías que alimentan a las tuberías principales transversales.
- ◆ **Acople flexible para tuberías.** Acople de accesorio listado, que permite el desplazamiento axial, rotación y, por lo menos 1° de movimiento angular en la tubería sin provocar daños en la misma.
- ◆ **Tubería vertical de alimentación.** Tuberías verticales de alimentación al sistema de rociadores.
- ◆ **Montante.** Una línea que sube verticalmente y alimenta un rociador único.
- ◆ **Dispositivo de supervisión.** Dispositivos dispuestos para supervisar la condición operativa del sistema de rociadores automáticos.

Esta instalación contará con sistema de **tubo húmedo**, el cual se define como un sistema de protección contra incendio, que emplea rociadores automáticos instalados en una red de tubería que contiene agua, conectada a un sistema automático de abastecimiento de agua, lo que permite que el agua pueda descargar en forma instantánea, a aquellos rociadores que abren debido a la acción del fuego.

La distancia máxima entre rociadores será de 4.572 m o 15 pies, y la distancia mínima es de 1.80 m; en este caso particular **el área máxima de protección por rociador no excederá de los 12.08 m<sup>2</sup>.**

### 3.2.4. Requisitos del Sistema

- ◆ El nivel del agua de un pozo sumidero deberá estar determinado a bombear no menos del 150% de la capacidad de la bomba.
- ◆ Las bombas centrífugas utilizadas deberán estar certificadas para su uso en el servicio de protección contra incendio.
- ◆ Solo se aceptarán; motores eléctricos, diesel, turbinas de vapor o una combinación de ellos.
- ◆ Las bombas deberán suministrar no menos del 150% de la capacidad nominal a no menos del 65% de la carga total nominal para cualquier tipo de bomba.

### 3.3. Extinguidores (NFPA 10)

Los extinguidores portátiles de incendio se clasifican de acuerdo con el material para el cual se utilizan como se muestra en la tabla 3.2.

	Agua	Espuma Sintética AFFF	Polvo Seco	Anhídrido Carbonico	Haloclean	Acetato de Potasio
<b>A</b> Sólidos	SI	SI	SI	NO	SI	NO
<b>B</b> Líquidos	NO	SI	SI	SI	SI	NO
<b>C</b> Eléctricos	NO	NO	SI	SI	SI	NO
<b>D</b> Metales	NO	NO	SI	NO	NO	NO
<b>K</b> Grasas	NO	NO	NO	NO	NO	SI

Tabla 3.2. Clasificación del fuego para extinguidores.

**Extinguidores para fuego clase "A":** Con los que podemos apagar todo fuego de combustible común, enfriando el material por debajo de su temperatura de ignición y remojando las fibras para evitar la reignición. Use agua presurizada, espuma o extinguidores de químico seco de uso múltiple. NO UTILICE dióxido de Carbono o extinguidores comunes de químicos secos con los fuegos de clase "A".

**Extinguidores para fuego clase "B":** Con los que podemos apagar todo fuego de líquidos inflamables, grasas o gases, removiendo el oxígeno, evitando que los vapores alcancen la fuente de ignición o impidiendo

la reacción química en cadena. La espuma, el Dióxido de Carbono, el químico seco común y los extinguidores de uso múltiple de químico seco, se pueden utilizar para combatir fuegos clase "B".

**Extinguidores para fuego clase "C":** Con los que podemos apagar todo fuego relacionado con equipos eléctricos energizados, utilizando un agente extinguidor que no conduzca la corriente eléctrica. El Dióxido de Carbono, el químico seco común, los extinguidores de fuego de químico seco de uso múltiple, pueden ser utilizados para combatir fuegos clase "C". No utilizar, los extinguidores de agua para combatir fuegos en los equipos energizados.

**Extinguidores para fuegos clase "D":** Con los que podemos apagar todo tipo de fuego con metales, como el Magnesio, el Titanio, el Potasio y el Sodio, con agentes extinguidores de polvo seco, especialmente diseñados para estos materiales. En la mayoría de los casos, estos absorben el calor del material enfriándolo por debajo de su temperatura de ignición.

Los extinguidores con peso menor de 20 kg (40 lbs) deberán estar situados, en forma tal que su parte superior no se encuentre a una altura mayor a 1.5 m. (5 pies) del suelo.

Los extinguidores con peso mayor a 20 kg serán instalados en forma tal que su parte superior no exceda de 1.05 m (3 ½ pies) del piso. En ningún caso se instalará el extinguidor a menos de 0.10 m (4") del piso.

La operación del extinguidor deberá estar descrita en forma clara en frente del mismo, y cada extinguidor deberá tener un folleto, dando instrucciones en forma condensada, de su instalación, operación, inspección y mantenimiento.

#### **4. RIESGO DE INCENDIO**

El fuego es una reacción química de oxidación violenta de una materia combustible, con desprendimiento de llamas, calor y gases (o humos). Es un proceso exotérmico. Desde este punto de vista, el fuego es la manifestación visual de la combustión.

Se señala también como una reacción química de oxidación rápida que es producida por la evolución de la energía en forma de luz y calor (*Protección contra incendio, Farías de La Garza, 1982*).

##### **4.1. Clases de fuego**

Según la NFPA 10, los fuegos se clasifican en:

- **Fuegos Clase A.** Son los fuegos en materiales combustibles comunes como maderas, tela, papel, caucho y muchos plásticos.
- **Fuegos Clase B.** Son los fuegos de líquidos inflamables y combustibles, grasa de petróleo, alquitrán, bases de aceite para pintura, solventes, lacas, alcoholes y gases inflamables.
- **Fuegos Clase C.** Son incendios en sitios donde están presentes equipos eléctricos y energizados y donde la no conductividad eléctrica del medio de extinción es importante. (Cuando el equipo eléctrico está desenergizado pueden ser usados sin riesgo extintores para Clase A o B).

- **Fuegos Clase D.** Son aquellos fuegos en metales combustibles como magnesio, titanio, circonio, sodio, litio y potasio.
- **Fuegos de Clase K.** Fuegos en aparatos de cocina que involucren un medio combustible para cocina (aceites minerales, animales y grasas).

#### 4.2. Coadyuvantes del fuego

Las causas coadyuvantes del fuego en orden y frecuencia son:

- **Ductos verticales abiertos:** Esta es la causa principal que ayuda a la propagación de un incendio debido a que se convierten en *tiros naturales*; el cual es un diseño que favorece la convección y el desalojo de los gases de la combustión en una instalación en donde está ocurriendo un incendio. En caso de incendios en pisos inferiores, los humos y gases de combustión subirán por estos ductos y, si están abiertos a la atmósfera, formarán *tiro vertical*, con dos graves consecuencias inmediatas:
  1. Los humos tóxicos para los ocupantes.
  2. el paulatino incremento de la temperatura (por los gases de combustión) de todos los cuerpos en contacto con ellos.

Es así como se juntan los tres factores que integran el “triángulo del fuego”:

1. Combustible (puertas, muebles, alfombras, etc.)
  2. Comburente (oxígeno en el aire)
  3. Alta temperatura
- **Cubos en escaleras y pasillos:** Aunque no son un tiro natural pueden alimentar aire fresco a la base del fuego en pisos intermedios.
  - **Huecos en pasillos:** Son los principales comunicadores de humo y calor a las rutas de evacuación favoreciendo la propagación del fuego.
  - **Materiales inflamables:** El grado de combustibilidad de los materiales dentro de las instalaciones o edificaciones es un factor determinante del riesgo al que va estar sujeto el inmueble, asociado con la temperatura que alcanzará si entra en combustión.
  - **Puertas no automáticas:** Generalmente estos dispositivos comunican áreas dentro del edificio, al mantenerse abiertas transfieren calor y fuego si es que existe a otras áreas favoreciendo la propagación; es decir deben contar con un sistema tal que una vez accionada vuelva a su posición de cerrado sin necesidad de que la persona que la utilizó tenga que hacerlo.
  - **Elevadores:** Los sistemas de elevadores deben de tener un llamado automático a planta baja en caso de incendio o alarma, debiendo existir adecuada señalización para que los usuarios usen las escaleras como ruta de evacuación.
  - **Fallas en alarmas de incendio:** Son de suma importancia debido a que la detección temprana de un posible conato de incendio, puede ser la diferencia entre un incendio de grandes proporciones y

un fuego fácil de sofocar. Es importante que los sistemas sean *autosupervisados*, esto se logra por medio de una conexión en paralelo con una resistencia al final de la línea, para indicar si en alguno de ellos hay una falla en las conexiones, robo o daño al detector, etc.

- **Ductos de aire acondicionado:** Es de suma importancia la observancia de sistemas de seguridad en el diseño del sistema de aire acondicionado y calefacción. Recordar siempre, que a la más mínima señal de alarma, se deben de parar los motores de este sistema y de ser posible, utilizar compuertas en los ductos que puedan confinar el aire dentro de los ductos.
- **Acciones inapropiadas.** Estas son provocadas por los ocupantes del inmueble y están directamente relacionadas con la capacitación que se brinda al personal de servicio del edificio, las reacciones de los ocupantes del hotel o inmueble y las reacciones una vez que suena la alarma de incendio.
- **Acabados inflamables.** El grado de combustibilidad de los materiales dentro de las instalaciones o edificaciones es un factor determinante del riesgo al que va estar sujeto el inmueble asociado a la temperatura que alcanzará si entra en combustión.
- **Escapes inadecuados.** Este aspecto se debe considerar desde el diseño arquitectónico preliminar del edificio. Las escaleras de escape, deberán ser de concreto o material incombustible teniendo un recorrido libre directo desde la planta baja hasta la azotea.

#### **4.3. Clasificación de riesgos**

La NFPA clasifica el riesgo de incendio de acuerdo al tipo de ocupación del predio de la forma siguiente:

##### **A) Predios de riesgos ligeros**

Son aquellos en los que la combustibilidad de su contenido es bajo y en que se espera tener incendios con rangos bajos de elevación de temperatura.

- a) Bajo techos de construcciones planas y/o techos planos soportados por vigas, el área máxima de protección por rociador no debe exceder 18.58 m<sup>2</sup> (200 pies<sup>2</sup>), salvo en el caso que el sistema sea diseñado hidráulicamente en cuyo caso el área máxima podrá ser de 20.9 m<sup>2</sup>.
- b) Bajo techos construidos de madera soportados en vigas de madera, el área a cubrir por cada rociador no será mayor de 12.08 m<sup>2</sup>.
- c) Para otros tipos de construcciones el área máxima será de 15.60 m<sup>2</sup>.

##### **B) Predios de riesgos ordinarios (Grupo I)**

Aquellos en donde la combustibilidad es baja, la cantidad de combustible, moderada; el almacenamiento vertical es no mayor de 2.40 m y que se supone habrá incendios con moderada radiación de calor.

**C) Predio de riesgos ordinarios (Grupo II)**

En los que la cantidad y combustibilidad del contenido es moderada. El almacenamiento vertical es no mayor de 3.70 m y que esperan tener fuegos con moderada radiación de calor.

**D) Predio de riesgos ordinarios (grupo III)**

Aquellos en que la cantidad y la combustibilidad de sus contenidos es alta y en los que se espera tener incendios con alta radiación de calor.

*“Para todos los tipos de construcciones, el área máxima de protección por rociador no excederá de 12.08 m<sup>2</sup>. Con excepción de los casos en que se almacenan materiales en pilas, en cuyo caso el área no excederá de 9.29 m<sup>2</sup>.”*

**E) Predio de riesgos extraordinarios**

En los que la cantidad y combustibilidad del contenido es muy alta y en los que se encuentran combustibles y líquidos inflamables así como polvos, pelusa y otros materiales que pueden provocar rápido desarrollo de incendios con alta radiación de calor.

El área de protección por cada rociador no deberá exceder de 8.36 m<sup>2</sup>. Para todo tipo de edificios. En el caso de sistemas hidráulicos balanceados, esta área puede elevarse 9.29 m<sup>2</sup>.

## 5. DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

De acuerdo a la clasificación de riesgos descrita con anterioridad el inmueble de estudio será diseñado como un predio de **riesgos ordinarios clase I**, debido a la presencia de estacionamientos en sus sótanos.

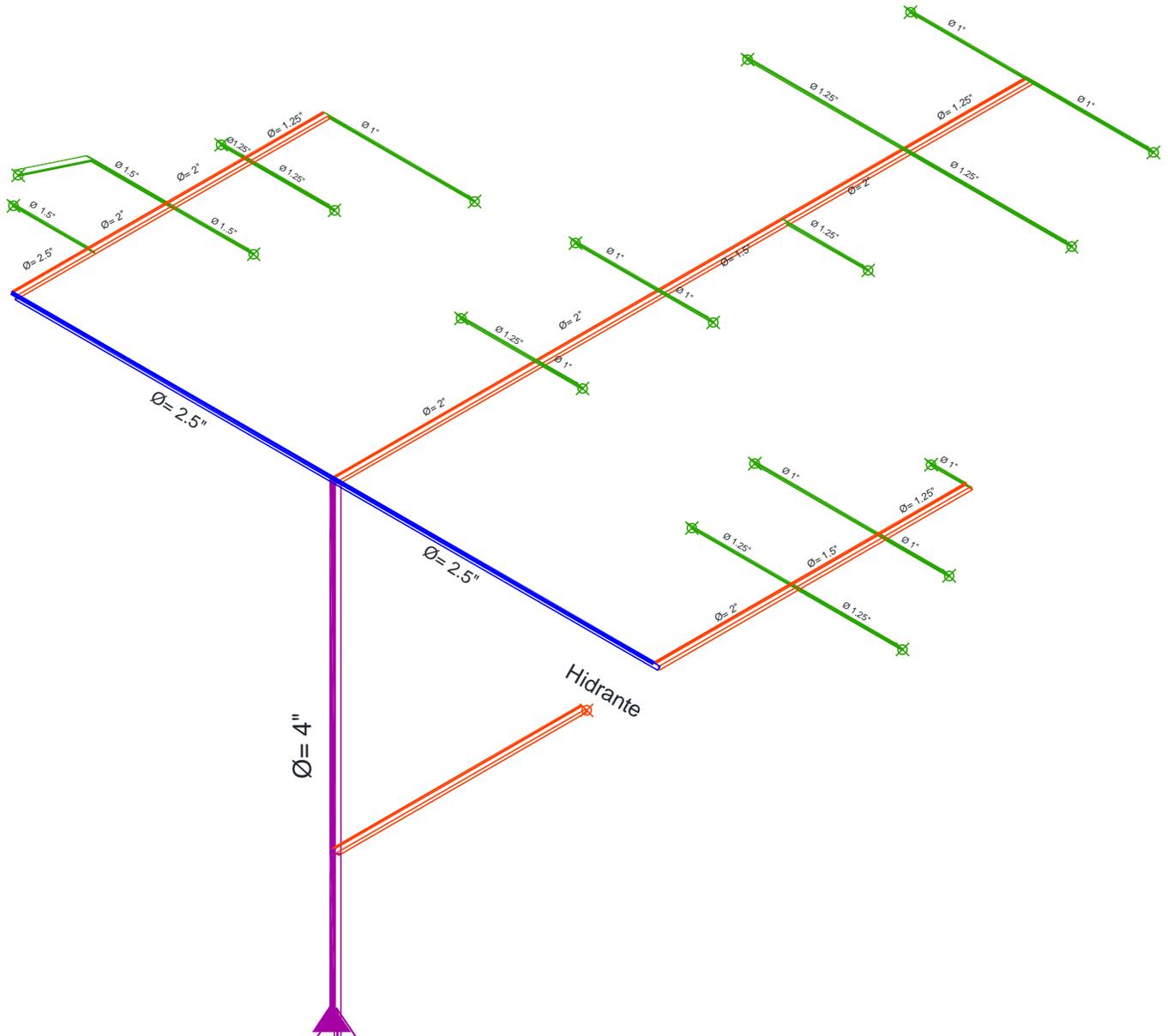


Figura 5. 1. Representación isométrica del arreglo propuesto para la tubería de rociadores en los pisos superiores 1, 2, 3 y 4.

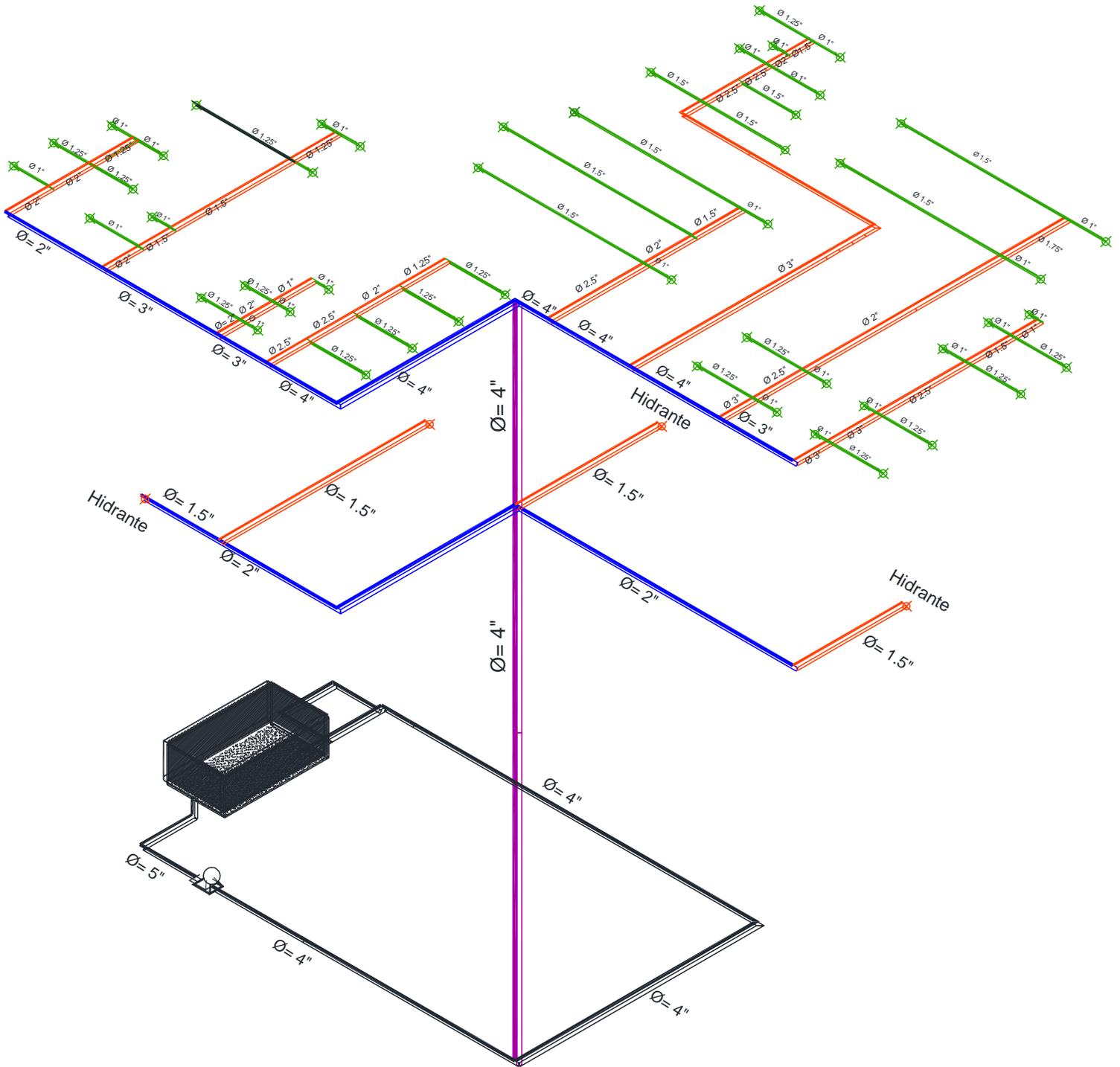


Figura 5. 1-1. Representación isométrica del arreglo propuesto para la tubería de rociadores en los sótanos y la disposición de la cisterna

### 5.1. Determinación del flujo de diseño

El área total de desplante de los sótanos es de 1377 m<sup>2</sup>, el flujo de diseño se calculará sobre esta área por ser la más desfavorable. Garantizando así que el sistema será suficiente para los pisos superiores.

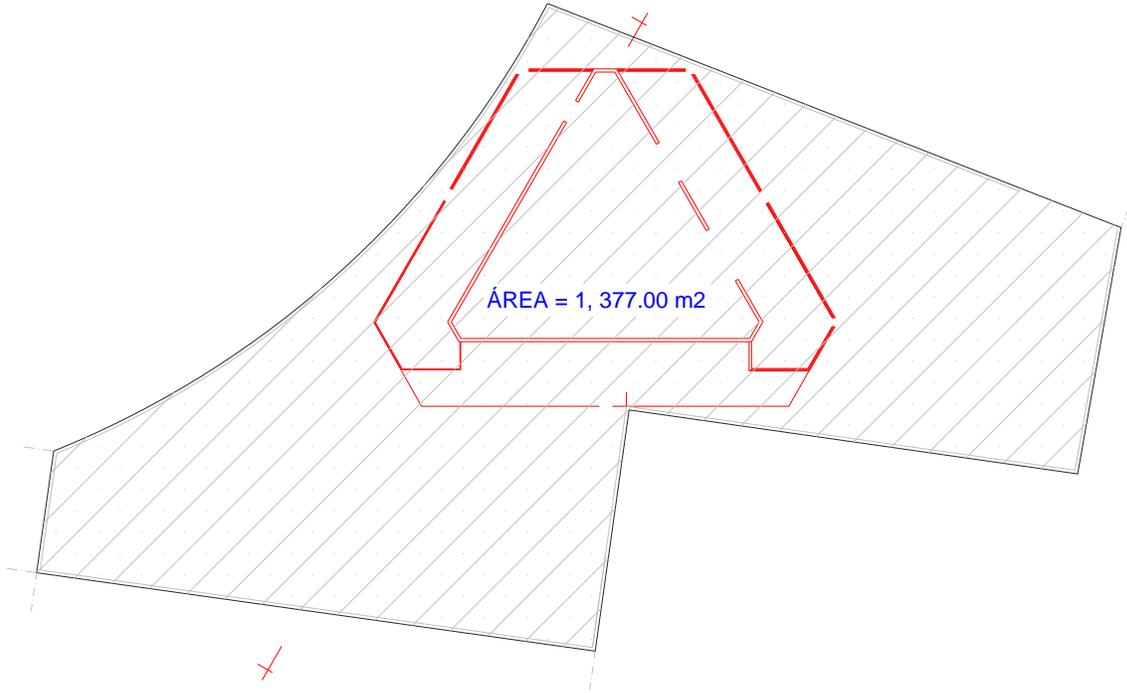


Fig. 5.1. Área de Diseño (Sótanos y estacionamientos)

$$\text{Área total (planta tipo)} = 1377 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de protección} = (20\%) \text{ Área total} = (0.20 \times 1377 \text{ m}^2)$$

$$\text{Área de protección (sótanos)} = \mathbf{277.4 \text{ m}^2}$$

$$\text{N}^\circ \text{ Rociadores} = \frac{277.4 \text{ m}^2}{12 \text{ m}^2/\text{rociador}} = 23.12 \rightarrow 24 \text{ rociadores}$$

$$\mathbf{Q_D = 24 \text{ rociadores} \times 13 \text{ GPM} + 2 \text{ hidrantes} \times 40 \text{ GPM} = 392 \text{ GPM} = 400 \text{ GPM}}$$

## Proyecto de Tesina

La tubería de descarga no deberá tener más del 10% de pérdida y su rango de velocidad tiene que estar entre 1.5 – 3 m/s.

De acuerdo a las tablas proporcionadas por el Instituto de Hidráulica de los Estados Unidos de América (Ver Anexo 1), para diferentes diámetros de tubería y acero cédula 40:

$$\varphi_D = 4", \quad v = 11 \text{ ft/s} = 3.34 \text{ m/s}, \quad h_f = 8.47\% \quad v^2/2g = 1.58 \text{ ft} = 0.48$$

El área de desplante de los pisos superiores es de 450 m<sup>2</sup>, el diámetro de alimentación principal cambiará para adaptarse a las nuevas necesidades y cumplir con los requerimientos de optimización y economía

$$\text{Área total (planta tipo)} = 450 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de protección} = (20\%) \text{ área total} = (0.20 \times 450 \text{ m}^2)$$

$$\text{Área de protección (pisos superiores)} = 90 \text{ m}^2$$

$$\text{N}^\circ \text{ Rociadores} = \frac{90 \text{ m}^2}{12 \text{ m}^2/\text{rociador}} = 7.5 \rightarrow 8 \text{ rociadores}$$

$$Q_D = 8 \text{ rociadores} \times 13 \text{ GPM} + 2 \text{ hidrantes} \times 40 \text{ GPM} = 184 \text{ GPM} = 200 \text{ GPM}$$

Diámetro óptimo teniendo en cuenta el área de los pisos superiores.

$$\varphi_D = 3", \quad v = 8.68 \text{ ft/s} = 2.64 \text{ m/s}, \quad h_f = 8.9\% \quad v^2/2g = 1.17 \text{ ft} = 0.36 \text{ m}$$

**Nota:** Se trabajará con el diámetro anterior para acercarnos más al dimensionamiento que corresponde a un inmueble de Riesgos Ordinarios Tipo I, sin embargo, el cliente tiene libre elección de pedir la modificación del proyecto para su corrección a un diámetro inferior, con las desventajas y bondades que esto implica, dejando en claro que el diámetro superior implica un factor de seguridad más elevado.

$$\varphi_D = 4", \quad v = 11 \text{ ft/s} = 3.34 \text{ m/s}, \quad h_f = 8.47\% \quad v^2/2g = 1.58 \text{ ft} = 0.48 \text{ m}$$

De acuerdo al proyecto se utilizarán rociadores tipo **Pendent** con un área de alcance de 12 m<sup>2</sup> y un consumo de 13 gpm (50 L/s) por rociador, el cual cumple con las especificaciones necesarias para la instalación en Predios De Riesgos Ordinarios Tipo I.

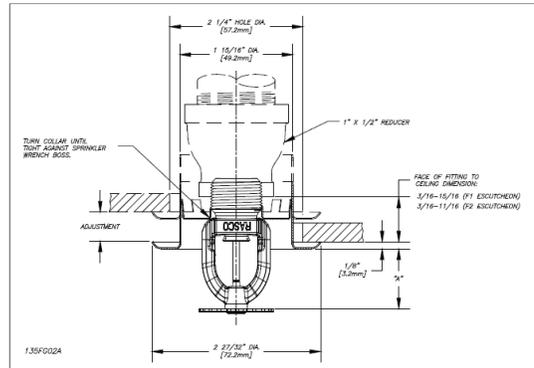
Se hace la aclaración de que será un sistema de tipo híbrido debido a que las especificaciones en el proyecto así lo requieren; es decir, se contará con un gasto de diseño para un sistema de Riesgos Ligeros debido a que se cuenta con un área pequeña, llevar el gasto a un rango superior haría sobrado el sistema y poco

**Proyecto de Tesina**

rentable; es decir se contará con la confiabilidad de un Sistema de Riesgos Ligeros, con la cobertura de un Sistema de Riesgo Ordinario Tipo I.

\*Para el área de protección se considerará, además del 20% equivalente del área total, se considerará el gasto correspondiente a 2 hidrantes (NFPA).

**Reliable®** Model F1 Residential Sprinklers for Design Density of .05 gpm/ft



**Technical Data: F1Res 49 Pendant and Recessed Pendant.**

Thread Size	Nominal Orifice Inch (mm)	Sprinkler Temp. Rating		Max. Pressure psi (bar)	Max. Ambient Temp.		Actual K Factor	Sprinkler Length Inch (mm)
		°F	°C		°F	°C		
1/2" NPT (R1/2)	7/16" (11)	155 175	68 79	175 (12)	100 150	38 66	4.9	2.25 (57)

**Deflector - to - ceiling  
Maximum 1" (25mm) to 4" (100mm)**

Max. Sprinkler Spacing ft (m)	Flow gpm (Lpm)	Pressure psi (bar)	Sprinkler Identification Number (SIN)
12 x 12 (3,6 x 3,6)	13 (49)	7.0 (0,48)	R3516
14 x 14 (4,3 x 4,3)	13 (49)	7.0 (0,48)	
16 x 16 (4,9 x 4,9)	13 (49)	7.0 (0,48)	
18 x 18 (5,5 x 5,5)	17 (64,3)	12.0 (0,83)	
20 x 20 (6,1 x 6,1)	20 (75,7)	16.7 (1,14)	

**Deflector - to - ceiling  
Maximum 4" (100mm) to 8" (203mm)**

Max. Sprinkler Spacing ft (m)	Flow gpm (Lpm)	Pressure psi (bar)	Sprinkler Identification Number (SIN)
12 x 12 (3,6 x 3,6)	15 (57)	9.4 (0,65)	R3516
14 x 14 (4,3 x 4,3)	16 (60,5)	10.6 (0,73)	
16 x 16 (4,9 x 4,9)	17 (64,3)	12.0 (0,83)	
18 x 18 (5,5 x 5,5)	19 (72)	15.0 (1,0)	
20 x 20 (6,1 x 6,1)	22 (83,2)	20.2 (1,4)	

Figura 5.1.1. Modelo de rociador elegido para el proyecto



**Proyecto de Tesina**

I - R	I - R	15.00	340	4"	8.6	6.5	0.975	
K - J	4 - 1	8.30	39	1.5	6.14	10.31	0.85573	
	1 - 5	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363	
	2' - 2	4.00	39	1.5	6.14	10.31	0.4124	
	6 - 3	8.00	39	1.5	6.14	10.31	0.8248	
	7 - 3	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363	
	3 - J	6.00	104	2.5	6.97	7.69	0.4614	
M - L	6 - 1	6.00	26	1.25	5.58	10.4	0.624	
	7 - 1	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363	
	1 - 2	8.00	39	1.5	6.14	10.31	0.8248	
	8 - 2	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363	
	2 - 3	2.50	52	2	4.97	5	0.125	
	9 - 3	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363	
	10 - 3	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363	
	3 - 4	2.50	78	2.5	5.23	4.45	0.11125	
	11 - 4	4.00	40	1.5	6.3	10.79	0.4316	
	12 - 5	6.00	26	1.25	5.58	10.4	0.624	
	13 - 5	6.00	26	1.25	5.58	10.4	0.624	
	<b>5 - L</b>	<b>23.50</b>	<b>160</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>1.175</b>	
	O - N	5 - 1	8.50	39	1.5	6.14	10.31	0.87635
6 - 1		3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363	
7 - 2		8.00	39	1.5	6.14	10.31	0.8248	
2 - 8		3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363	
9 - 3		6.00	26	1.25	5.58	10.4	0.624	
3 - 10		3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363	
11 - 4		6.00	26	1.25	5.58	10.4	0.624	
4 - 12		3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363	
4 - N		2.00	182	3	7.9	7.44	0.1488	
Q - P		6 - 1	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363
		1 - 2	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363
	7 - 2	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363	
	2 - 8	6.00	26	1.25	5.58	10.4	0.624	
	9 - 3	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363	
	3 - 10	6.00	26	1.25	5.58	10.4	0.624	
	3 - 4	6.30	91	2.5	6.1	5.95	0.37485	
	11 - 4	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363	
	4 - 12	6.00	26	1.25	5.58	10.4	0.624	
	4 - 5	3.00	130	3	5.65	3.94	0.1182	
	13 - 5	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363	
	5 - 14	6.00	26	1.25	5.58	10.4	0.624	
	5 - P	2.00	169	3	7.33	6.47	0.1294	
<b>ACUMULADOS</b>								
	S - P	11.00	40	1.5	6.3	10.79	1.1869	
	P - N	6.50	209	3	9.1	9.73	0.63245	
	N - L	6.50	391	4	10.6	8.6	0.559	
	L - J	7.00	400	4	11	8.47	0.5929	
	J - R	11.00	400	4	11	8.47	0.9317	

**Proyecto de Tesina**

**Tabla 5.2-1. Tabla de diámetros de los sótanos 1, 2, 3 y 4.**

Gasto Unitario = 13                      13              gpm

TRAMO	RAMAL	Longitud	GASTO	DIÁMETRO (pulgadas)	VELOCIDAD (ft/s)	PORCENTAJE DE PÉRDIDA x 100 ft	PÉRDIDA POR FRICCIÓN ( m )
A - B	1' - 1	6.00	13	1	4.83	11.21	0.6726
	1 - 2	3.50	26	1.25	5.58	10.4	0.364
	2' - 2	4.00	26	1.25	5.58	10.4	0.416
	2 - 2"	0.50	26	1.25	5.58	10.4	0.052
	2 - 3	4.00	65	2	6.21	7.7	0.308
	3' - 3	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363
	3 - 3"	4.00	65	2	6.21	7.7	0.308
	3 - 4	4.00	65	2	6.21	7.7	0.308
	4' - 4	4.00	65	2	6.21	7.7	0.308
	4 - B	6.00	26	1.25	5.58	10.4	0.624
B - C		9.00	104	2.5	6.97	7.69	0.6921
C - D	1' - 1	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363
	1 - 1"	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363
	1 - 2	4.00	26	1.25	5.58	10.4	0.416
	2' - 2	6.00	26	1.25	5.58	10.4	0.624
	2 - 2"	6.00	26	1.25	5.58	10.4	0.624
	2 - 3	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363
	3' - 3	8.00	65	2	6.21	7.7	0.616
	3 - 4	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363
	4 - 4'	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363
	4 - 4"	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363
	4 - 5	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363
	5' - 5	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363
	5 - 5"	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363
	5 - C	2.00	104	2.5	6.97	7.69	0.1538
	C - R*	C -. R*	1.30	313	4	7.61	4.98
F - E	1 - 1'	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363
	1 - 2	6.00	26	1.25	5.58	10.4	0.624
	2' - 2	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363
	2 - 2"	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363
	2 - 3	4.00	52	2	4.97	5	0.2
	3' - 3	6.00	26	1.25	5.58	10.4	0.624
	3 - 3"	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363
	3 - 4	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363
	4 - 4'	3.00	13	1	4.83	11.21	0.3363
	4 - E	2.00	65	2	6.21	7.7	0.154
E - R*		6.80	104	2.5	6.97	7.69	0.52292

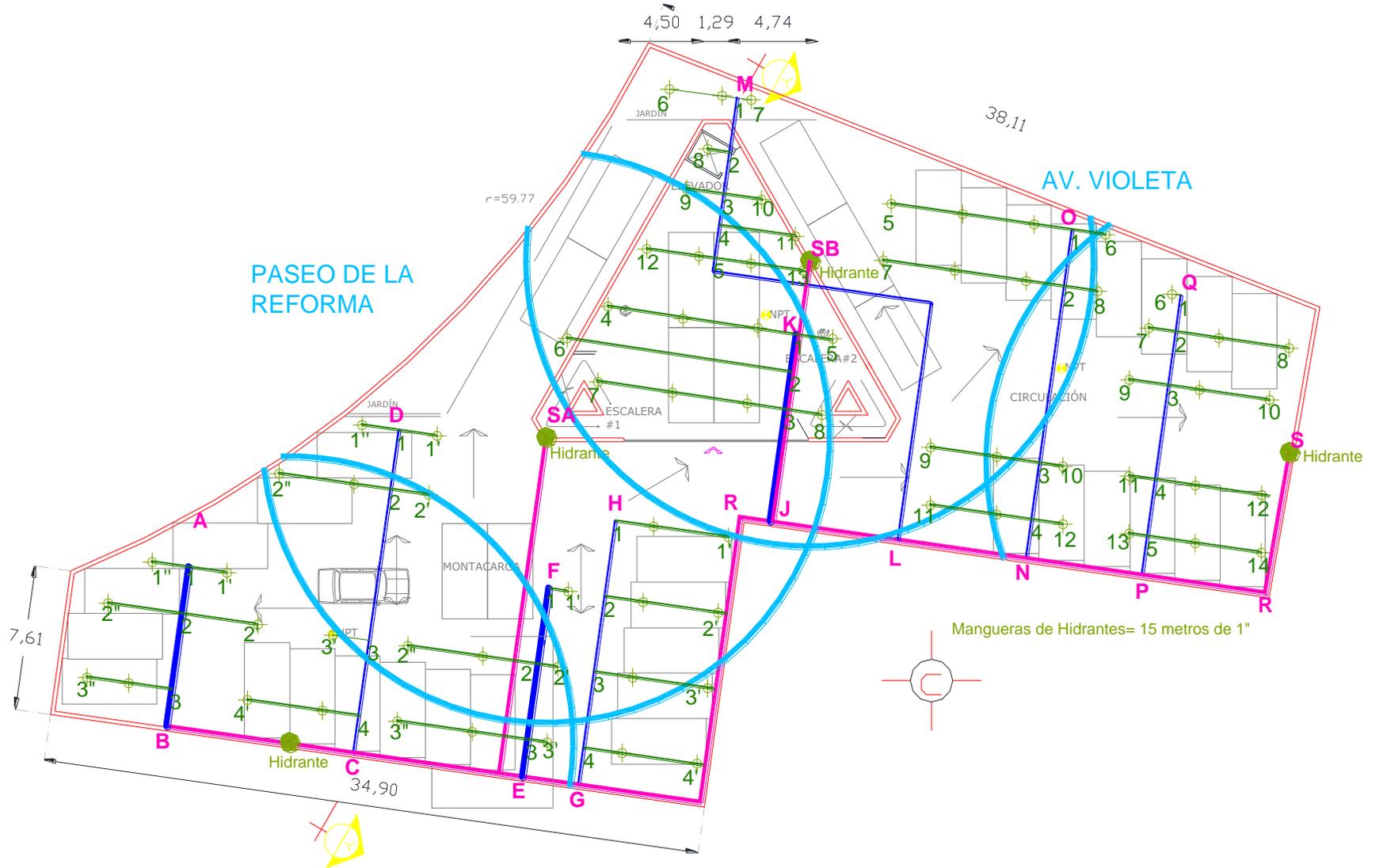


Figura 5.2-2. Planta esquemática de los sótanos.

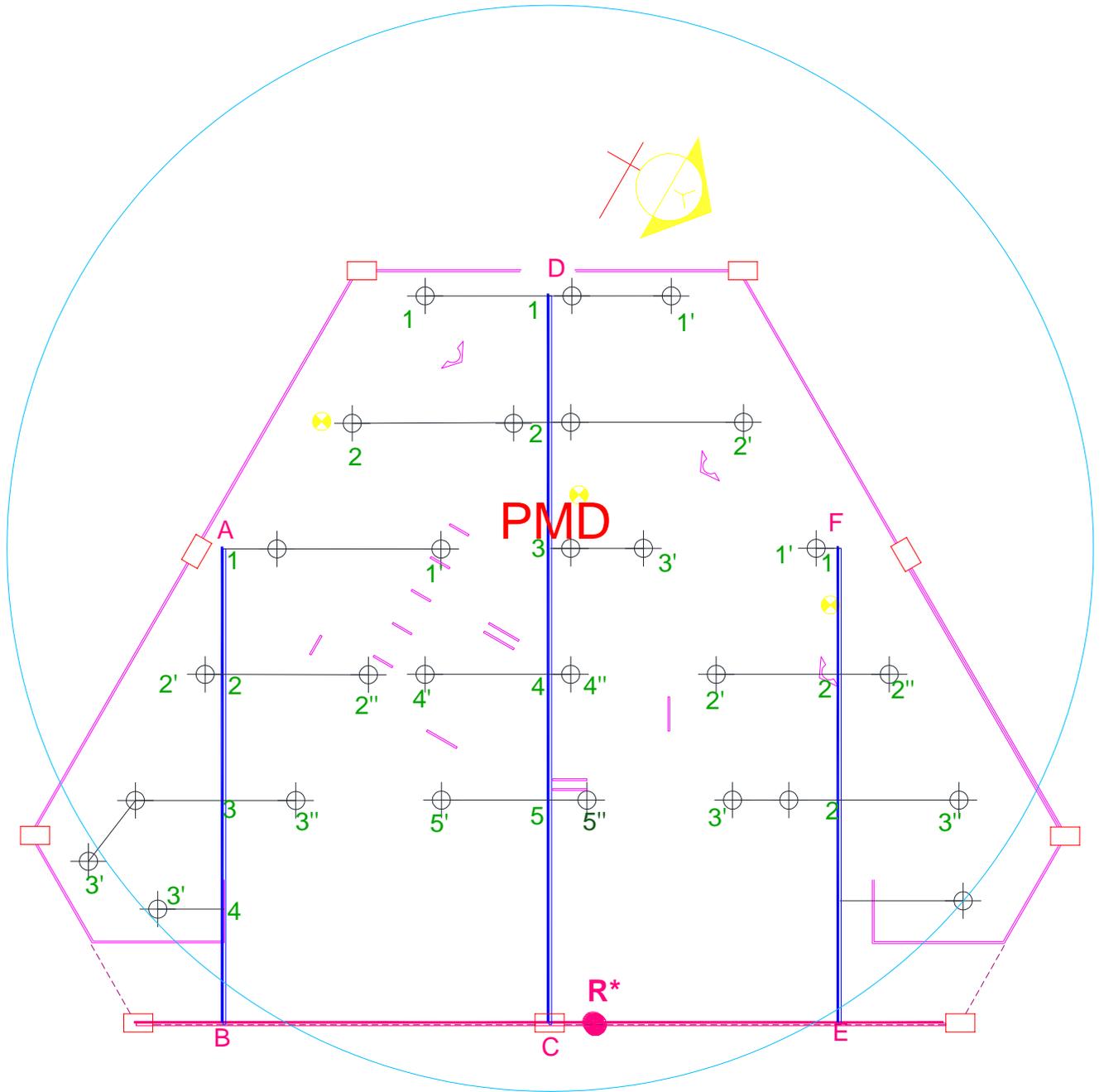


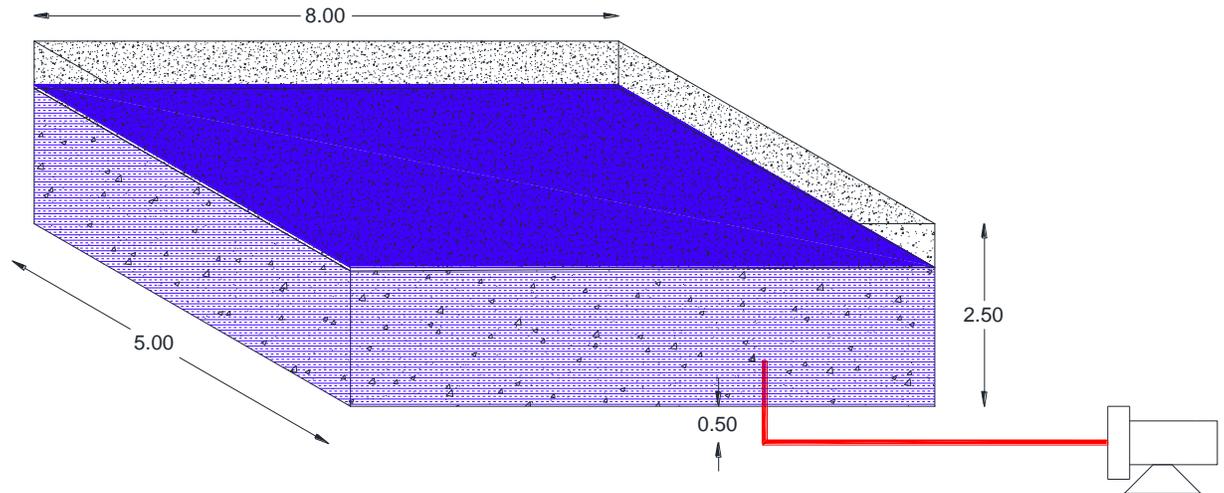
Figura 5.2-3. Planta esquemática de los pisos superiores



**Proyecto de Tesina**

La cisterna se localizará en el cuarto de máquinas destinado a la instalación contra incendio, el cual tiene una superficie de  $60 \text{ m}^2$  y se localiza en el sótano 1.

Las dimensiones propuestas se muestran en la fig. 5.3:



**Fig. 5.3. Dimensiones y configuración de la cisterna**

La cisterna se localizará en el Sótano 1, y será configurada de forma que la bomba pueda tener una succión positiva, como se muestra en la Fig. 5.3.

## 6. SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO

La bomba deberá suministrar un caudal no menor del 150% de la capacidad de diseño y una presión mínima no menor que el 65% de la presión de diseño.

### 6.1. Revisión por Cavitación

La cavitación es un fenómeno que se produce cuando el agua o cualquier otro fluido en estado líquido pasa a gran velocidad por una arista afilada, produciendo una descompresión del fluido debido a la conservación de la constante de Bernoulli. Puede ocurrir que se alcance la presión de vapor del líquido de tal forma que las moléculas que lo componen cambian inmediatamente a estado de vapor, formándose burbujas o, más correctamente, cavidades. Las burbujas formadas viajan a zonas de mayor presión e implosionan (el vapor regresa al estado líquido de manera súbita, «aplastándose» bruscamente las burbujas) produciendo una estela de gas y un arranque de metal de la superficie en la que origina este fenómeno.

El parámetro a considerar para prevenir este fenómeno es la CNPS (Carga Neta Positiva de Succión), la  $CNPS_R$  es un parámetro definido por el fabricante de la bomba, mientras que la  $CNPS_D$  será un parámetro a calcular, garantizando que se cumpla siempre la siguiente desigualdad:

$$CNPS_D > CNPS_R$$

Para el cálculo de la  $CNPS_D$  se utilizará la siguiente ecuación:

$$CNPS_D = \frac{P_{atm} - P_v}{\rho g} + h_{Es} - h_{fs}$$

### 6.2. Arreglo de la bomba y la cisterna

En la figura 6.2 se muestra el diseño propuesto para la ubicación de la cisterna y la instalación de la bomba, mismo que se propuso considerando una succión positiva, con el propósito de mantener la tubería de succión siempre llena de agua, evitando así la necesidad de “cebar” la bomba, evitando que queden bolsas de aire en el interior, incrementando también la protección contra la cavitación al tener mayor carga estática.

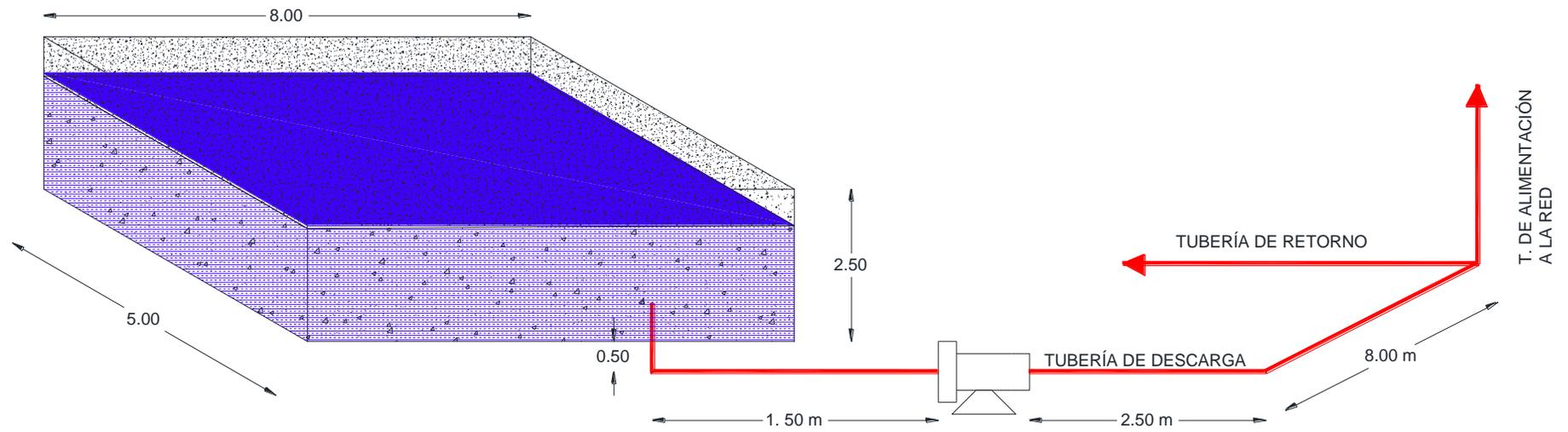


Fig. 6.2. Configuración de la bomba y la cisterna

### **6.3. Diámetro de la tubería de succión**

Se utilizará una tubería de 130 mm (5" pulgadas), debido a que la succión debe ser de un diámetro mayor a la descarga, para un gasto de 25 L/s (400 GPM) se tendrán las siguientes propiedades:

$$v = 6.41 \text{ ft/s} \quad hf = 2.72\% = 0.0272 (11.48 \text{ ft}) = 0.31 \text{ ft} = 0.1 \text{ m} \quad v^2/2g = 0.64 \text{ ft} = 0.2 \text{ m}$$

En el anexo número 4, se muestra el procedimiento correcto para la conexión de la tubería de succión a la bomba, de manera que se evita la aparición de burbujas y fenómenos de turbulencia.

### 6.4. Accesorios en la succión y detalle del retorno a la cisterna

En la fig. 6.4 se hace muestra la configuración propuesta para la cisterna y el sistema de alimentación de la red destinada a proteger el edificio contra incendio.

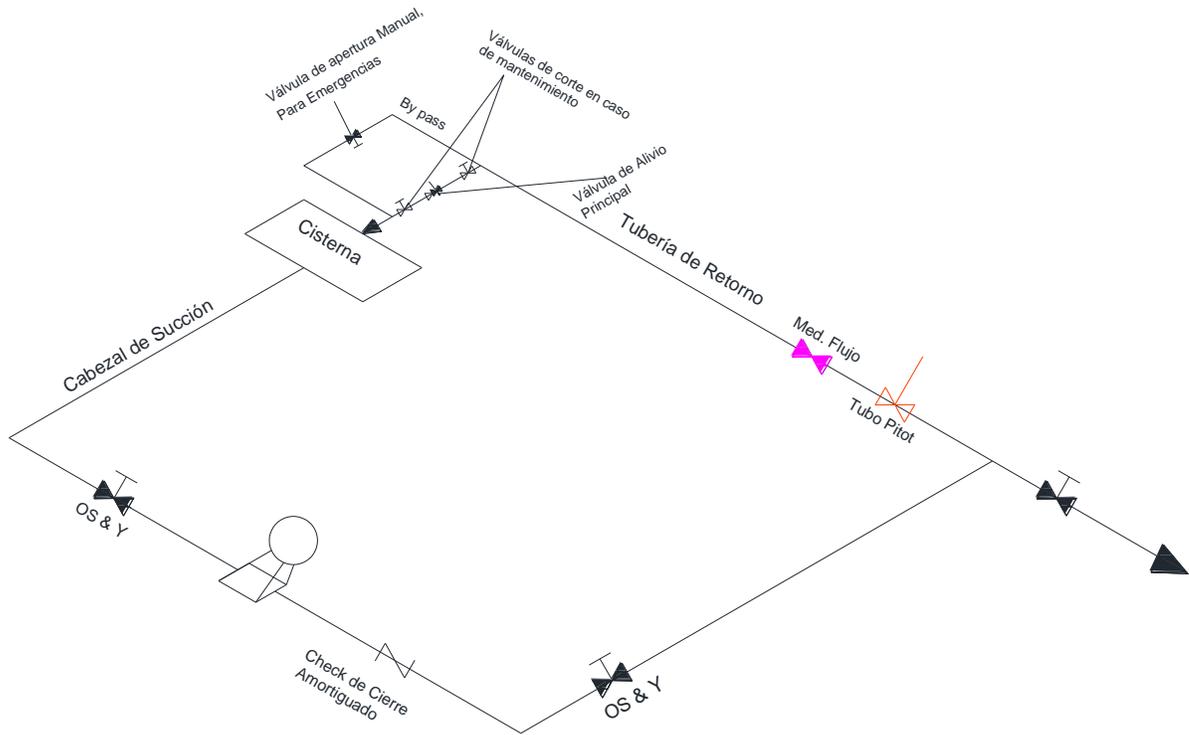


Fig. 6.4. Instalación de la cisterna y accesorios

### 6.5. Cálculo de la carga CNPS

La presión atmosférica de la Ciudad de México es de 586 mmHg de Hg, debido a que para fines prácticos consideramos que en promedio se encuentra situada a una altura de 2, 250 msnm.

$$CNPS_D = \frac{P_{atm} - P_v}{\rho g} + h_{Es} - h_{fs} \quad (1)$$

<sup>1</sup>Para la presión de vapor se tomará de las tablas del Anexo 2, considerando la temperatura máxima media anual del DF, en el 2011; que fue de 24. 2 °C.

$$P_v = 22.38 \text{ mm Hg}$$

El tanque proyectado será de suministro abierto y con una instalación de succión positiva, se utilizará la Ecuación (1) para determinar la CNPS<sub>D</sub>.

$$P_{atm} = 586 \text{ mm Hg} = 78.1 \text{ KPa}$$

$$P_v = 22.38 \text{ mm Hg} = 2.98 \text{ KPa}$$

$$h_{Es} = 0.5 \text{ m}$$

$$h_{fs} = 0.1 \text{ m}$$

$$CNPS_D = \frac{78.1 \text{ KPa} - 2.98 \text{ KPa}}{990.2 \text{ kg/m}^3 * 9.78 \text{ m/s}^2} + 0.5 - 0.1 \text{ m}$$

$$CNPS_D = 8.15 \text{ m}$$

<sup>1</sup>Fuente: Servicio Meteorológico Nacional en colaboración de CONAGUA (Ver Anexo 3)

### 6.6. Potencia al freno de la bomba y selección del equipo

Se propone una bomba Marca Aurora de carcasa bipartida: tamaño: 3-481-10/ MODELO: 480, Impulsor cerrado; velocidad de rotación de 3560 RPM, a 60 Hertz.

Tomando en cuenta una eficiencia de la bomba del 76%, y una carga de 75 metros (106.65 psi) para el segundo punto de operación, las curvas características de la bomba se muestran en la fig. 6.6.

$$BHP = \frac{Q(GPM) * h(PSI) * g_{esp}}{F.C.* \eta}$$

$$BHP = \frac{600GPM * 106.65 PSI * 2.3}{3960 * .76}$$

$$BHP = 49.5 HP \approx 50 HP$$

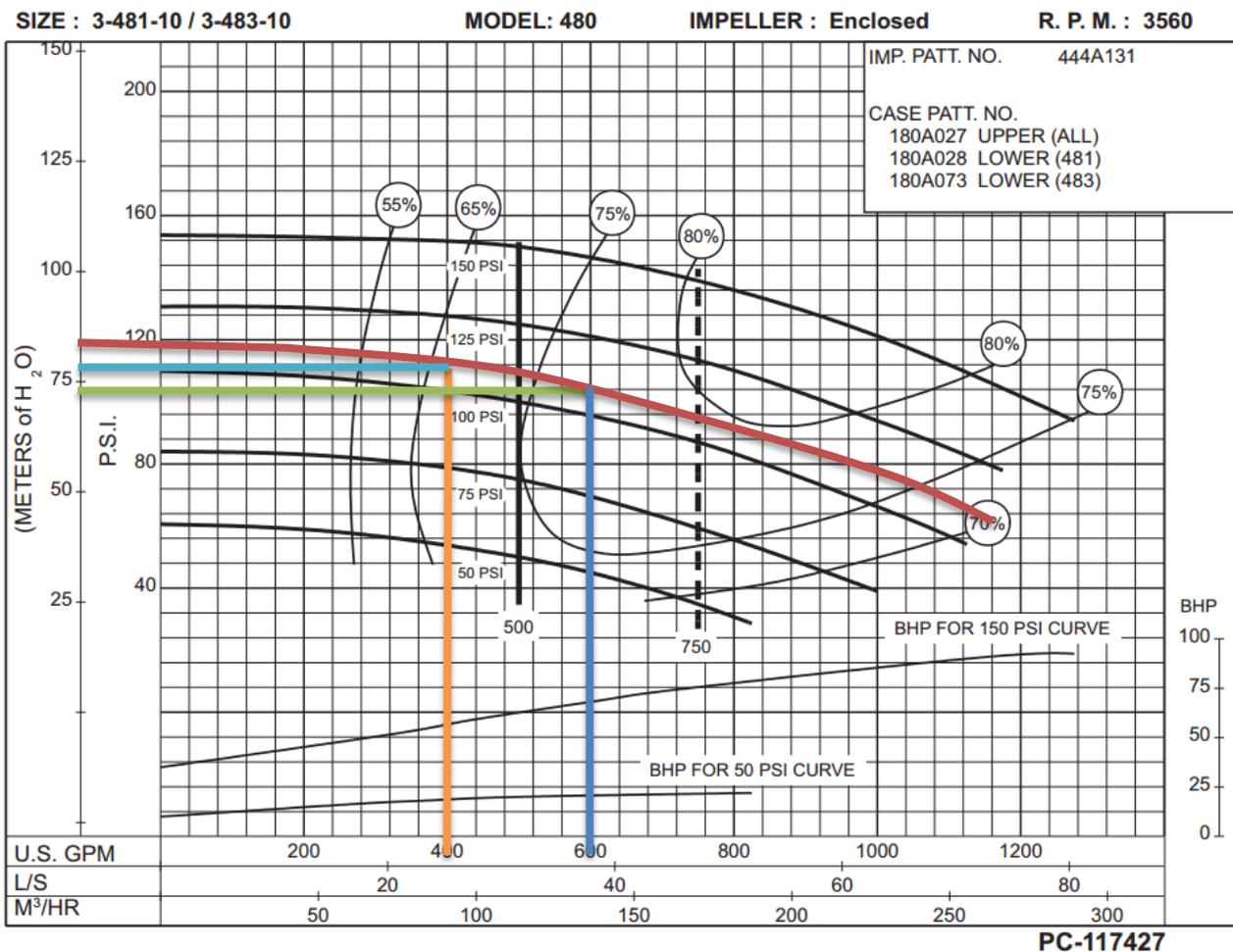


Fig. 6.6. Curvas Características de la bomba contra incendio propuesta

La bomba cumple con las especificaciones de gasto y carga, además de cumplir con las recomendaciones de la NFPA de suministrar no menos del 150% de la capacidad nominal a no menos del 65%, y factor de servicio de 1.15.

### **6.7. BOMBA JOCKEY**

La bomba jockey es una bomba auxiliar de pequeño caudal diseñada para mantener la presión en la red contraincendios y evitar la puesta en marcha de las bombas principales en caso de pequeñas demandas generadas en la red. A diferencia de las bombas principales de contraincendios, la bomba jockey sí tiene parada de funcionamiento automático una vez se haya obtenido la presión de trabajo máxima tarada mediante los presostatos de arranque/paro. De ahí la importancia de esta bomba, ya que absorbe las pequeñas pérdidas de carga de forma automática.

La bomba Jockey, debe ser capaz de brindar de 1 al 5% del gasto requerido por el edificio, y por lo 5 psi arriba de la carga crítica.

$$Q_{jockey} = 600 \text{ GPM} * 0.02 = 12 \text{ GPM}$$

$$H_{jockey} = 106.65 \text{ psi} + 5 \text{ psi} = 111.65 \text{ psi}$$

$$BHP = \frac{12 \text{ GPM} * 111.65 \text{ psi} * 2.3}{3960 * 0.55} = 1.41 \text{ HP}$$

$$\mathbf{BHP}_{jockey} = 1.5 \text{ HP}$$

## 7. Anexos

### Anexo 1. Tablas de Instituto de Hidráulica

Pérdidas por fricción para agua en 100 pies de longitud para tubería nueva de fierro forjado y de acero cédula 40.\* <http://pumps.org/>

<b>1/4"</b> <b>0.364" Diám. Interior</b>				<b>3/8"</b> <b>0.493" Diám. Interior</b>			
<b>U.S. G.P.M.</b>	<b>Vel. v Pies/s</b>	<b>Carga vel. v<sup>2</sup>/2g pies</b>	<b>Pérdidas por fricción h<sub>r</sub> pies</b>	<b>U.S. G.P.M.</b>	<b>Vel. v Pies/s</b>	<b>Carga vel. v<sup>2</sup>/2g pies</b>	<b>Pérdidas por fricción h<sub>r</sub> pies</b>
0.8	2.47	0.09	12.7	1.4	2.35	0.09	7.85
1.0	3.08	0.15	19.1	1.6	2.68	0.11	10.1
1.2	3.70	0.21	26.7	1.8	3.02	0.14	12.4
1.4	4.32	0.29	35.3	2.0	3.36	0.18	15.0
1.6	4.93	0.38	45.2	2.5	4.20	0.27	22.6
1.8	5.55	0.48	56.4	3.0	5.04	0.39	31.8
2.0	6.17	0.59	69.0	3.5	5.88	0.54	42.6
2.5	7.71	0.92	105.0	4.0	6.72	0.70	54.9
3.0	9.25	1.33	148.0	5.0	8.40	1.10	83.5
3.5	10.79	1.81	200.0	6.0	10.08	1.58	118.0
4.0	12.33	2.36	259.0	7.0	11.80	2.15	158.0
5.0	15.42	3.69	398.0	8.0	13.40	2.81	205.0
				9.0	15.10	3.56	258.0
				10.0	16.80	4.39	316.0

<b>1/2"</b> <b>0.622" Diám. Interior</b>				<b>3/4"</b> <b>0.824" Diám. Interior</b>			
<b>U.S. G.P.M.</b>	<b>Vel. v Pies/s</b>	<b>Carga vel. v<sup>2</sup>/2g pies</b>	<b>Pérdidas por fricción h<sub>r</sub> pies</b>	<b>U.S. G.P.M.</b>	<b>Vel. v Pies/s</b>	<b>Carga vel. v<sup>2</sup>/2g pies</b>	<b>Pérdidas por fricción h<sub>r</sub> pies</b>
2.0	2.11	0.07	4.78	3.0	1.81	0.05	2.50
2.5	2.64	0.11	7.16	3.5	2.11	0.07	3.30
3.0	3.17	0.16	10.0	4.0	2.41	0.09	4.21
3.5	3.70	0.21	13.3	5.0	3.01	0.14	6.32
4.0	4.22	0.28	17.1	6.0	3.61	0.20	8.87
5.0	5.28	0.43	25.8	7.0	4.21	0.28	11.8
6.0	6.34	0.62	36.5	8.0	4.81	0.36	15.0
7.0	7.39	0.85	48.7	9.0	5.42	0.46	18.8
8.0	8.45	1.11	62.7	10.0	6.02	0.56	23.0
9.0	9.50	1.40	78.3	12.0	7.22	0.81	32.6
10.0	10.56	1.73	95.9	14.0	8.42	1.10	43.5
12.0	12.70	2.49	136.0	16.0	9.63	1.44	56.3
14.0	14.80	3.40	183.0	18.0	10.80	1.82	70.3
16.0	16.90	4.43	235.0	20.0	12.00	2.25	86.1

Precaución. No se incluye ninguna tolerancia por el envejecimiento, diferencias en el diámetro como resultado de las tolerancias de manufactura, ni de cualquier condición anormal en la superficie interior del tubo. Es recomendable que para las aplicaciones comerciales, se reserve un margen de seguridad que cubra éstos efectos y que debe ser agregado a los valores mostrados en las tablas. Donde no sea necesario hacer un análisis cuidadoso de éstos efectos, se recomienda que la reserva mencionada sea de un 15%.

\* Cortesía del Instituto de Hidráulica.

<b>1"</b> <b>1.049" Diám. Interior</b>				<b>1 ¼"</b> <b>1.380" Diám. Interior</b>			
<b>U.S. G.P.M.</b>	<b>Vel. v Pies/s</b>	<b>Carga vel. v<sup>2</sup>/2g pies</b>	<b>Pérdidas por fricción h<sub>f</sub> pies</b>	<b>U.S. G.P.M</b>	<b>Vel. v Pies/s</b>	<b>Carga vel. v<sup>2</sup>/2g pies</b>	<b>Pérdidas por fricción h<sub>f</sub> pies</b>
6	2.23	0.08	2.68	10	2.15	0.72	1.77
8	2.97	0.14	4.54	12	2.57	0.10	2.48
10	3.71	0.21	6.86	14	3.00	0.14	3.28
12	4.45	0.31	9.62	16	3.43	0.18	4.20
14	5.20	0.42	12.8	18	3.86	0.23	5.22
16	5.94	0.55	16.5	20	4.29	0.29	6.34
18	6.68	0.69	20.6	22	4.72	0.35	7.58
20	7.42	0.86	25.1	24	5.15	0.41	8.92
22	8.17	1.04	30.2	25	5.36	0.45	9.6
24	8.91	1.23	35.6	30	6.44	0.64	13.6
25	9.27	1.34	38.7	35	7.51	0.87	18.2
30	11.1	1.93	54.6	40	8.58	1.14	23.5
35	13.0	2.63	73.3	45	9.65	1.44	29.4
40	14.8	3.43	95.0	50	10.7	1.79	36.0
45	16.7	4.34	119.0	55	11.8	2.16	43.2
50	18.6	5.35	146.0	60	12.9	2.57	51.0
55	20.4	6.46	176.0	65	13.9	3.02	59.6
60	22.3	7.71	209.0	70	15.0	3.50	68.8
65	24.2	9.10	245.0	75	16.1	4.03	78.7
70	26.0	10.49	283.0	80	17.2	4.58	89.2
75	27.9	12.10	324.0	85	18.2	5.15	100.0
80	29.7	13.7	367.0	90	19.3	5.79	112.0
				95	20.4	6.45	125.0
				100	21.5	7.15	138.0
				120	25.7	10.3	197.0
				140	30.0	14.0	267.0

<b>1 ½"</b> <b>1.610" Diám. Interior</b>							
14	2.21	0.08	1.53	65	10.24	1.63	27.1
16	2.52	0.10	1.96	70	11.03	1.89	31.3
18	2.84	0.12	2.42	75	11.8	2.16	35.8
20	3.15	0.15	2.94	80	12.6	2.47	40.5
22	3.47	0.19	3.52	85	13.4	2.79	45.6
24	3.78	0.22	4.14	90	14.2	3.13	51.0
25	3.94	0.24	4.48	95	15.0	3.49	56.5
30	4.73	0.38	6.26	100	15.8	3.86	62.2
35	5.51	0.47	8.37	120	18.9	5.56	88.3
40	6.30	0.62	10.79	140	22.1	7.56	119.0
45	7.04	0.78	13.45	160	25.2	9.88	156.0
50	7.88	0.97	16.4	180	28.4	12.50	196.0
55	8.67	1.17	19.7	200	31.5	15.40	241.0
60	9.46	1.39	23.2				

2"				2 1/2"			
U.S.	Vel.	Carga	Pérdidas por	U.S.	Vel.	Carga	Pérdidas por
G.P.M.	v	v <sup>2</sup> /2g	fricción	G.P.M.	v	v <sup>2</sup> /2g	fricción
	Pies/s	Pies	hr		Pies/s	Pies	hr
24	2.29	0.08	1.20	25	1.68	0.04	0.54
25	2.39	0.09	1.29	30	2.01	0.06	0.75
30	2.87	0.13	1.82	35	2.35	0.09	1.00
35	3.35	0.17	2.42	40	2.68	0.11	1.28
40	3.82	0.23	3.10	45	3.02	0.14	1.60
45	4.30	0.29	3.85	50	3.35	0.17	1.94
50	4.78	0.36	4.67	60	4.02	0.25	2.72
55	5.25	0.43	5.51	70	4.69	0.34	3.63
60	5.74	0.51	6.59	80	5.36	0.45	4.66
65	6.21	0.60	7.70	90	6.03	0.57	5.82
70	6.69	0.70	8.86	100	6.70	0.70	7.11
75	7.16	0.80	10.15	120	8.04	1.00	10.0
80	7.65	0.91	11.40	140	9.38	1.37	13.5
85	8.11	1.03	12.6	160	10.7	1.79	17.4
90	8.60	1.15	14.2	180	12.1	2.26	21.9
95	9.09	1.29	15.8	200	13.4	2.79	26.7
100	9.56	1.42	17.4	220	14.7	3.38	32.2
120	11.5	2.05	24.7	240	16.1	4.02	38.1
140	13.4	2.78	33.2	260	17.4	4.72	44.5
160	15.3	3.64	43.0	280	18.8	5.47	51.3
180	17.2	4.60	54.1	300	20.1	6.28	58.5
200	19.1	5.68	66.3	350	23.5	8.55	79.2
220	21.0	6.88	80.0	400	26.8	11.2	103.0
240	22.9	8.18	95.0				
260	24.9	9.60	111.0				
280	26.8	11.14	128.0				
300	28.7	12.8	146.0				

Precaución. No se incluye ninguna tolerancia por el envejecimiento, diferencias en el diámetro como resultado de las tolerancias de manufactura, ni de cualquier condición anormal en la superficie interior del tubo. Es recomendable que para las aplicaciones comerciales, se reserve un margen de seguridad que cubra estos efectos y que debe ser agregado a los valores mostrados en las tablas. Donde no sea necesario hacer un análisis cuidadoso de estos efectos, se recomienda que la reserva mencionada sea de un 15%.

\*Corresia del Instituto de Hidráulica.

3" 3.068" Diám. Interior							
U.S. G.P.M.	Vel. v Pies/s	Carga vel. $v^2/2g$ pies	Pérdidas por fricción $h_f$ pies	U.S. G.P.M.	Vel. v Pies/s	Carga vel. $v^2/2g$ pies	Pérdidas por fricción $h_f$ pies
50	2.17	0.07	0.66	220	9.55	1.42	10.7

60	2.60	0.11	0.92	240	10.4	1.69	12.6
70	3.04	0.14	1.22	260	11.3	1.98	14.7
80	3.47	0.19	1.57	280	12.2	2.29	16.9
90	3.91	0.24	1.96	300	13.0	2.63	19.2
100	4.34	0.29	2.39	350	15.2	3.58	26.1
120	5.21	0.42	3.37	400	17.4	4.68	33.9
140	6.08	0.57	4.51	500	21.7	7.32	52.5
160	6.94	0.75	5.81	550	23.8	8.85	63.2
180	7.81	0.95	7.28	600	26.0	10.5	71.8
200	8.68	1.17	8.90	700	30.4	14.3	101.0

4" 4.026" Diám. Interior				5" 5.047" Diám. Interior			
U.S. G.P.M.	Vel. v Pies/s	Carga vel. $v^2/2g$ pies	Pérdidas por fricción $h_f$ pies	U.S. G.P.M.	Vel. v Pies/s	Carga vel. $v^2/2g$ pies	Pérdidas por fricción $h_f$ pies
90	2.27	0.08	0.52	140	2.25	0.08	0.380
100	2.52	0.10	0.62	160	2.57	0.10	0.487
120	3.02	0.14	0.88	180	2.89	0.13	0.606
140	3.53	0.19	1.17	200	3.21	0.16	0.736
160	4.03	0.25	1.49	220	3.53	0.19	0.879
180	4.54	0.32	1.86	240	3.85	0.23	1.035
200	5.04	0.40	2.27	260	4.17	0.27	1.200
220	5.54	0.48	2.72	280	4.49	0.31	1.38
240	6.05	0.57	3.21	300	4.81	0.36	1.58
260	6.55	0.67	3.74	350	5.61	0.49	2.11
280	7.06	0.77	4.30	400	6.41	0.64	2.72
300	7.56	0.89	4.89	450	7.22	0.81	3.41
350	8.82	1.21	6.55	500	8.02	1.00	4.16
400	11.0	1.58	8.47	550	8.81	1.21	4.94
450	11.4	2.00	10.65	600	9.62	1.44	5.88
500	12.6	2.47	13.0	700	11.20	1.96	7.93
550	13.9	3.00	15.7	800	12.80	2.56	10.22
600	15.1	3.55	18.6	900	14.40	3.24	12.90
700	17.6	4.84	25.0	1000	16.00	4.00	15.80
800	20.2	6.32	32.4	1200	19.20	5.76	22.50
900	22.7	8.00	40.8	1400	22.50	7.83	30.40
1000	25.2	9.87	50.2	1600	25.7	10.2	39.5
				1800	28.80	12.90	49.70

Precaución: No se incluye ninguna tolerancia por el envejecimiento, diferencias en el diámetro como resultado de las tolerancias de manufactura, ni de cualquier condición anormal en la superficie interior del tubo. Es recomendable que para las aplicaciones comerciales, se reserve un margen de seguridad que cubra estos efectos y que debe ser agregado a los valores mostrados en las tablas. Donde no sea necesario hacer un análisis cuidadoso de estos efectos, se recomienda que la reserva mencionada sea de un 15%. \*Cortesía del Instituto de Hidráulica.

## Anexo 2. Presión de Vapor a diferentes temperaturas

T °C	P mmHg	T °C	P mmHg	T °C	P mmHg
-15	1,436	38	49,692	91	546,05
-14	1,560	39	52,442	92	566,99
-13	1,691	40	55,324	93	588,60
-12	1,834	41	58,345	94	610,90
-11	1,987	42	61,504	95	633,90
-10	2,149	43	64,80	96	657,62
-9	2,326	44	68,26	97	682,07
-8	2,514	45	71,882	98	707,27
-7	2,715	46	75,65	99	733,24
-6	2,931	47	79,60	100	760,00
-5	3,163	48	83,71	101	787,57
-4	3,410	49	88,02	102	815,86
-3	3,673	50	92,511	103	845,12
-2	3,956	51	97,20	104	875,06
-1	4,258	52	102,09	105	906,07
0	4,579	53	107,20	106	937,92
1	4,926	54	112,51	107	970,60
2	5,294	55	118,04	108	1 004,42
3	5,685	56	123,80	109	1 038,92
4	6,101	57	129,82	110	1074,56
5	6,543	58	136,08	111	1111,20
6	7,013	59	142,60	112	1148,74
7	7,513	60	149,38	113	1187,42
8	8,045	61	156,43	114	1227,25
9	8,609	62	163,77	115	1267,98
10	9,209	63	171,38	120	1 489,14
11	9,844	64	179,31	125	1 740,93
12	10,518	65	187,54	130	2 026,10
13	11,231	66	196,09	135	2 347,26
14	11,987	67	204,96	140	2 710,92
15	12,788	68	214,17	145	3 116,76
16	13,634	69	223,73	150	3 570,48
17	14,530	70	233,71	175	6 694,08
18	15,477	71	243,9	200	11 659,16
19	16,477	72	254,6	225	19 123,12
20	17,535	73	265,7	250	29 817,84
21	18,650	74	277,2	275	44 580,84
22	19,827	75	289,10	300	64 432,8
23	21,068	76	301,4	325	90 447,6
24	22,377	77	314,1	350	124 001,6
25	23,756	78	327,3	360	139 893,2
26	25,209	79	341,0	365	148 519,2
27	26,739	80	355,11	366	150 320,4
28	28,349	81	369,7	367	152 129,2
29	30,043	82	384,9	368	153 960,8
30	31,824	83	400,6	369	155 815,2
31	33,695	84	416,8	370	157 692,4
32	35,663	85	433,62	371	159 584,8
33	37,729	86	450,9	372	161 507,6
34	39,898	87	468,7	373	163 468,4
35	42,175	88	487,1	374	165 467,2
36	44,563	89	506,1	374,11	165 808,0
37	47,067	90	525,76		

Anexo 3



Servicio Meteorológico Nacional

Temperaturas °C  
Máxima Promedio (Año 2011)

Estado	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Aguascalientes	23.6	26.3	29.0	31.6	33.3	30.4	28.3	28.9	27.0	26.1	25.1	23.9	27.8
Baja California	20.6	17.2	23.6	25.1	26.9	31.3	32.1	33.6	32.1	28.1	20.9	17.4	25.7
Baja California Sur	24.2	24.5	28.0	29.2	30.6	32.0	34.9	35.0	35.5	33.3	27.3	23.1	29.8
Campeche	29.7	31.2	33.5	36.5	37.6	33.7	33.8	33.8	32.7	30.6	29.8	28.8	32.6
Chiapas	29.0	29.9	31.3	32.9	34.2	30.7	30.4	30.4	29.7	27.8	28.9	27.2	30.2
Chihuahua	20.2	23.1	28.6	31.2	33.3	35.6	32.6	32.7	31.6	28.7	22.6	17.8	28.2
Coahuila	21.2	25.1	30.7	35.3	35.9	35.7	35.9	36.8	34.8	30.6	26.1	19.6	30.6
Colima	31.1	31.3	30.8	31.5	33.5	32.0	31.3	31.6	32.0	31.8	31.5	30.8	31.6
Distrito Federal	22.5	24.3	25.3	27.9	28.7	24.8	23.3	24.5	23.2	22.5	22.0	21.7	24.2
Durango	22.0	24.8	29.0	31.6	32.7	33.5	30.8	31.0	29.3	28.3	24.2	21.4	28.2
Estado de México	20.6	22.1	23.7	25.2	26.6	22.4	20.9	21.2	20.5	20.0	20.3	20.1	22.0
Guanajuato	24.2	26.4	28.6	31.5	33.2	29.0	27.3	27.5	26.9	26.1	25.4	25.2	27.6
Guerrero	30.7	32.1	32.5	33.7	34.9	31.6	29.8	29.8	30.4	30.7	31.2	30.0	31.5
Hidalgo	23.7	25.5	27.3	29.8	30.4	26.1	24.3	25.4	24.3	23.1	23.0	22.8	25.5
Jalisco	26.4	28.6	31.0	32.6	34.4	31.1	28.8	28.8	28.8	27.8	26.7	26.3	29.3
Michoacán	25.3	26.7	28.9	34.2	32.7	28.6	26.9	27.2	27.4	27.2	26.6	26.7	28.2
Morelos	28.2	29.5	32.0	33.7	33.1	29.4	28.1	27.8	27.8	27.6	28.3	27.4	29.4
Nayarit	30.1	31.3	32.7	33.7	35.6	34.1	32.8	32.8	33.2	33.1	32.1	29.0	32.5
Nuevo León	21.5	25.9	30.7	33.0	35.7	35.0	34.3	36.7	35.2	29.8	26.5	20.4	30.4
Oaxaca	28.4	30.4	32.4	34.6	35.2	31.4	30.5	30.7	29.8	29.1	29.3	28.5	30.8
Puebla	23.0	24.4	26.3	28.8	28.5	25.7	24.6	25.5	24.9	24.1	23.5	23.4	25.2
Querétaro	24.3	25.9	26.7	29.5	30.8	25.9	26.2	26.7	26.0	25.3	24.6	25.5	26.5
Quintana Roo	30.0	30.2	31.2	33.1	34.4	31.7	32.9	33.6	33.8	30.7	30.4	29.2	31.8
San Luis Potosí	24.9	26.7	32.4	35.9	36.5	33.6	31.4	32.8	32.1	29.7	27.2	25.0	30.7
Sinaloa	28.3	29.1	33.0	33.4	35.6	35.3	35.5	34.5	35.9	35.7	30.8	26.0	32.8
Sonora	23.3	24.0	30.2	31.7	34.0	38.0	37.3	36.7	37.1	33.9	25.2	19.6	30.9
Tabasco	27.1	28.5	31.4	34.6	35.6	32.5	32.1	32.4	30.8	28.8	28.3	26.9	30.7
Tamaulipas	23.4	25.4	30.9	34.5	34.9	34.6	34.0	35.2	35.0	31.0	28.0	23.0	30.8
Tlaxcala	21.4	23.6	25.0	27.0	26.8	24.1	22.1	23.9	22.8	22.6	22.5	22.8	23.7
Veracruz	24.8	26.1	29.7	33.5	33.6	31.0	29.5	30.5	29.5	27.7	26.0	24.0	28.8
Yucatán	29.4	31.2	33.6	36.9	37.4	33.3	33.0	33.5	33.0	29.7	29.3	28.5	32.4
Zacatecas	22.7	25.3	28.6	31.0	32.6	30.2	27.3	27.8	26.1	25.5	24.2	23.3	27.0
<b>Nacional</b>	24.3	26.1	30.0	32.5	33.5	33.1	32.0	32.4	31.7	29.5	26.2	24.6	29.7

Anexo 4

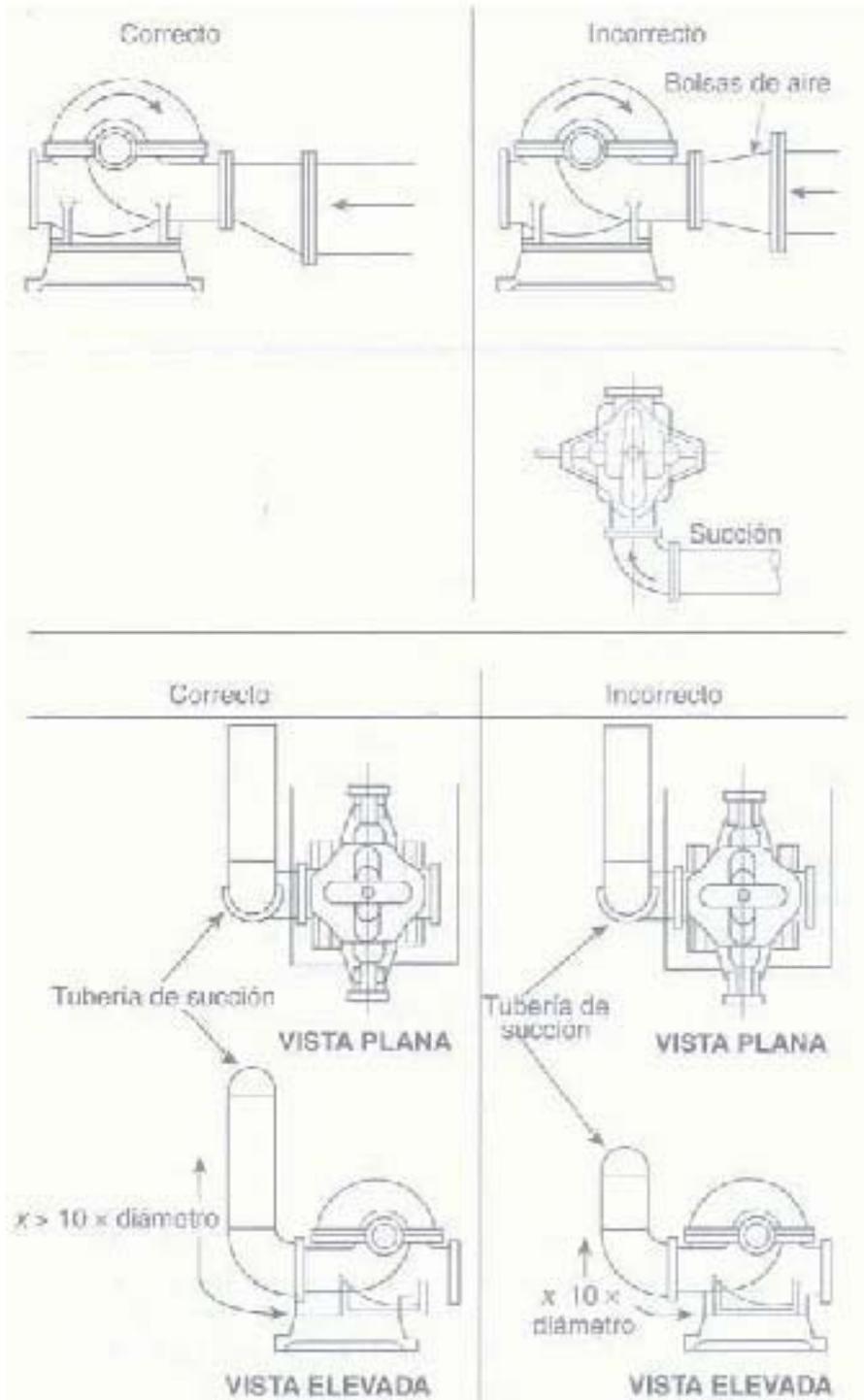


FIGURA A.5.14.6 Succiones de bomba correctas e incorrectas.

***Proyecto de Tesina***

Referencias

[PROTECCION CONTRA INCENDIO, CARLOS FARIAS DE LA GARZA, 1982](#)

<http://www.emagister.com/curso-extintor-fuego/clasificacion-extinguidores>

[Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, 2004](#)

[Normas Técnicas Complementarias, RCDF, 2004](#)

[NFPA 20, Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección contra Incendios, Ed. 2007](#)

[NFPA 13, Norma para la Instalación de sistemas de rociadores, Ed, 1996](#)

[www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx)

<http://pumps.org/>