



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
E.A.P. DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

**Diseño del sistema de extinción de agua contra incendio
de los almacenes AUSA-soluciones logísticas**

MONOGRAFÍA

Para optar el Título de Ingeniero Mecánico de Fluidos

AUTOR

Jimmy Ader Mendoza Contreras

LIMA – PERÚ
2014

A MI FAMILIA, EN ESPECIAL A MI
AMADA MADRE BERTHA, POR SU
LUCHA Y APOYO INCONDICIONAL.

A MI HIJO FACUNDO MOTIVO DE
MI VIDA.

INDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: OBJETIVOS Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivos Generales	2
1.1.2 Objetivos Específicos	2
1.2 Planteamiento del problema	2
CAPITULO II: PRINCIPIOS BASICOS DE LA MECÁNICA DE FLUIDOS	4
2.1 Caudal	4
2.1.1 Ecuación de continuidad	4
2.2 Presión	4
2.2.1 Presión Normal	4
2.2.2 Presión de Velocidad	5
2.2.3 Altura Total	5
2.3 Teorema de Bernoulli	6
2.3.1 Teorema de Bernoulli Generalizado	7
2.4 Perdidas de Energía	8
2.4.1 Pérdidas Primarias	8
2.4.1.1 <i>Ecuación de Darcy – Weisbach</i>	8
2.4.1.2 <i>Régimen laminar.</i>	9
2.4.1.3 <i>Régimen turbulento</i>	10
2.4.1.4 <i>Ecuación de Colebrook – White</i>	12
2.4.1.5 <i>Diagrama de Moody</i>	13
2.4.2 Perdidas Secundarias	14
2.4.3 Longitudes equivalentes	19
2.5 Análisis de Redes	21

2.5.1	Redes abiertas	21
2.5.2	Redes cerradas	21
2.5.2.1	<i>Ecuaciones de continuidad en los nodos que conforman el circuito</i>	22
2.5.2.2	<i>Ecuaciones de conservación de la energía entre dos nodos que conforman el circuito.</i>	22
2.5.2.3	<i>Ecuaciones de altura piezométrica</i>	23
2.5.2.4	<i>Ecuaciones de caudal</i>	24
2.6	Método de Newton – Raphson	26
 CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA A DISEÑAR		30
3.1	Estándares y normas aplicables	30
3.2	Métodos	30
3.2.1	Control de incendios	30
3.2.2	Supresión de incendios	31
3.3	Clasificación de riesgos según NFPA	31
3.3.1	Riesgo Ligero	31
3.3.2	Riesgo Ordinario	31
3.3.2.1	<i>Riesgo Ordinario I</i>	31
3.3.2.2	<i>Riesgo Ordinario II</i>	31
3.3.3	Riesgo Extra	32
3.3.3.1	<i>Riesgo Extra I</i>	32
3.3.3.1	<i>Riesgo Extra II</i>	32
3.3.4	Clasificación de riesgo de almacenes	32
3.4	Sistemas de Rociadores	34
3.4.1	Sistema de rociadores húmedos	35
3.4.2	Sistema de rociadores secos	35
3.4.3	Sistema de diluvio	35
3.4.4	Sistema combinado	35
3.4.5	Sistema de rociadores en rejilla.	35
3.4.6	Definición de los componentes del sistema	36
3.5	Rociadores	37

3.5.1	Característica de los rociadores	38
3.5.2	Orientación de la instalación.	38
3.5.3	Tipos de rociadores.	39
3.5.4	Clasificación de temperatura	41
3.5.5	Características de descarga de los rociadores	41
3.5.6	Distancia entre rociadores	42
3.6	Gabinetes	43
3.6.1	Gabinetes Clase I	43
3.6.2	Gabinetes Clase II	43
3.6.3	Gabinetes Clase III	43
3.6.4	Presión mínima	43
3.6.5	Tasa de flujo	44
3.7	Válvulas	44
3.7.1	Válvula de compuerta (OS&Y)	44
3.7.2	Válvula Check	44
3.7.3	Válvula Angular	45
3.7.4	Válvula Mariposa	45
3.8	Tuberías	45
3.9	Accesorios	46
3.10	Colgadores, Soportes & Protección Contra Sismos	46
3.11	Detector de flujo	47
3.12	Conexión de Inyección por Agua	48
3.13	Bombas Contraincendios	48
3.13.1	Bomba principal	48
3.13.2	Bomba Jockey	51
3.14	Abastecimiento de agua	51

CAPITULO IV: DISEÑO HIDRAULICO DEL SISTEMA

CONTRAINCENDIOS. 52

4.1	Requerimientos de diseño.	52
4.2	Procedimiento de Cálculo	52
4.2.1	Modo de control	52

4.2.2 Modo de supresión	54
4.2.1 Calculo Teórico	56
4.3 Autonomía y Capacidad de Cisterna de Agua Contra incendios	58
4.4 Cálculos hidráulicos con Software PPIPE FLOW EXPERT	59
CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS	71
CAPITULO VI: CONCLUSIONES	73
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFÍA	75
ANEXOS	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Coeficiente f de Darcy en tubería lisas.	11
Figura 2.2 Coeficiente f de Darcy en tubería rugosas.	11
Figura 2.3 Grafico de Nikuradse.	12
Figura 2.4 Abaco de Moody.	14
Figura 2.5 Red cerrada.	21
Figura 3.1 Sistema en Parrilla.	36
Figura 3.2 Partes de un sistema de tuberías de rociadores.	37
Figura 3.3 Curva característica de la bomba.	49
Figura 3.4 Altura total para todos los tipos de bombas con traincendios centrifugas.	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Coeficiente de pérdida de carga	16
Tabla 2.2 Coeficiente de pérdida de carga	17
Tabla 2.3 Tabla de longitudes equivalentes de la tubería de acero cedula 40.	20
Tabla 3.1 Rangos de Temperatura, Clasificación y Códigos de Color.	41
Tabla 3.2 Identificación de las características de descarga de los rociadores.	42
Tabla 3.3 Áreas de protección y espaciamiento máximos para rociadores ESFR.	43
Tabla 3.4 Distancia máxima entre soportes.	47
Tabla 3.5 Capacidades de bombas con traincendios centrifugas listadas.	48

INTRODUCCIÓN

Los almacenes de mercancías de AUSA, al igual que todas las propiedades dedicadas al almacenamiento están expuestos potencialmente a riesgos de incendios. Los incendios son destructores, cuestan vidas humanas, inhabilitan a las personas y destruyen la propiedad. Muchos incendios pueden prevenirse o extinguirse antes de que ocurran daños irreversibles. La tecnología actual nos posibilita a diseñar un sistema de protección contra incendios, seguro, preciso y capaz de operar ante una eventualidad.

En la mayoría de incendios, el agua se utiliza como agente extintor ideal. Así mismo los rociadores automáticos constituyen el medio más confiable y eficaz de protección contra incendios ya que su operación se basa en la detección de calor del fuego para entrar en operación y suprimir el incendio o controlar que no se expanda por ello este trabajo pretende hacer un estudio para determinar la protección contra incendios adecuada en base a los parámetros hidráulicos y dimensionamientos de redes de agua presurizada en la que se determinará el sistema más óptimo y económico para proteger los almacenes.

CAPÍTULO I: OBJETIVOS Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivos Generales

Establecer en base a normas y estándares confiables las especificaciones para un diseño de protección contraincendios en almacenes de mercancías variadas, minimizando el riesgo de incendios y suprimiendo con rapidez si se llegara a presentar un incendio evitando la pérdida completa de las mercancías y protegiendo la vida humana.

1.1.2 Objetivos Específicos

- 1) Aplicar la ingeniería mecánica de fluidos al diseño de un sistema contraincendios confiable para proteger la vida humana y las diversas mercancías que se encuentran en los almacenes de la empresa AUSA Soluciones Logísticas
- 2) Conocer y determinar los métodos de protección contra incendios a base de agua para almacenes de gran altura.
- 3) Realizar el diseño hidráulico de las redes de agua contra incendios para los almacenes de la empresa AUSA Soluciones Logísticas

1.2 Planteamiento del problema

Los conocimientos que el hombre posee respecto del fuego, aunque limitados, han bastado para desarrollar la tecnología hasta un punto relativamente adelantado; nuestra incapacidad para eliminar o reducir sus efectos destructivos radica en la falta de tecnología o de medios disponibles, así como en actitudes sociales, aspectos económicos, comerciales y también políticos.

En el Perú los incendios son una amenaza constante contra la vida, la industria, la propiedad y otros bienes a pesar de que se ha contado con leyes y reglamentos mínimos para la implementación de sistemas contra incendios; por razones diversas esta tecnología contra incendios no se implementan muchas veces adecuadamente ya sea por falta de conocimiento, negligencia,

falta de profesionales dedicados al desarrollo de este tipo de ingeniería y hasta corrupción en las instituciones competentes, así mismo el desinterés a desarrollar adecuadamente un cálculo hidráulico y dimensionamiento de redes contra incendios, son los problemas con mayor frecuencia en el diseño y construcción de sistemas de protección contra incendios en base a agua. Hasta ahora no se ha desarrollado una normativa nacional que regule la protección contra incendios en las propiedades de uso para almacenaje de mercancías, sin embargo la legislación nacional nos refiere a que se utilice el estándar internacional de la NFPA (National Fire Protection Association), muchas veces desconocida y no interpretada adecuadamente, es por ello que nuestro interés es desarrollar un diseño basado en NFPA que sirva como base para el desarrollo de ingeniería contra incendios en este tipo de infraestructura.

CAPÍTULO II: PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA MECÁNICA DE FLUIDOS

2.1 Caudal

Caudal Q es el volumen de fluido por unidad de tiempo que pasa a través de una sección transversal a la corriente siendo:

$$Q = VA$$

2.1.1 Ecuación de continuidad

A través del principio de conservación de la masa se establece que la masa que ingresa en un tubo de corriente es igual a la masa que sale. Por tanto:

$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2 = cte$$

Donde:

: Caudal

: Velocidad media

: Área de la sección transversal del tubo

2.2 Presión

La presión (P) mide la fuerza por unidad de área que causa un fluido por compresión, en la práctica la presión se expresa como altura equivalente de un líquido determinado, por ejemplo en metro de columna de agua.

Al estudiar el flujo de agua en una tubería debemos tener en cuenta que la presión total es la suma de la presión normal (P_n) y la presión de velocidad (P_v).

$$P = P_n + P_v$$

2.2.1 Presión Normal

La Presión normal es la que ejerce el fluido contra la superficie de contacto de una tubería o recipiente que lo contiene ya sea en reposo o circulando. Se

denomina “*presión estática*” cuando el fluido se encuentra en reposo, y cuando se encuentra circulando se denomina “*presión residual*”.

La presión que ejerce el fluido está relacionada con su peso específico de acuerdo a la siguiente expresión:

$$P = \omega x h$$

2.2.2 Presión de Velocidad

La velocidad que adquiere una partícula de fluido al caer libremente desde una altura (H) es igual a la velocidad que adquiere dicha partícula si se le aplicara una presión. Esta relación se expresa por la ecuación de Torricelli:

$$V = \sqrt{2gH}$$

Donde:

V: velocidad alcanzada (m/s)

g: aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

H: altura de presión a la que se alcanza esa velocidad (m)

La presión de velocidad se puede convertir en altura estática equivalente.

Siendo:

$$H_v = \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

H_v: Altura de velocidad

P_v: 9.81 H_v

2.2.3 Altura total

A lo largo de una tubería que contenga agua en movimiento, existe una altura de presión H_p que actúa perpendicularmente a las paredes de la tubería, independientemente de su velocidad; también existe una altura de velocidad

H_v que actúa paralelamente a las paredes, sin ejercer presión sobre las mismas. Siendo la altura total:

$$H = h_p + h_v$$

$$P_t = \left(h_p + \frac{V^2}{2g} \right)$$

Donde:

P_t : Presión total (kPa)

h_p : Altura (m)

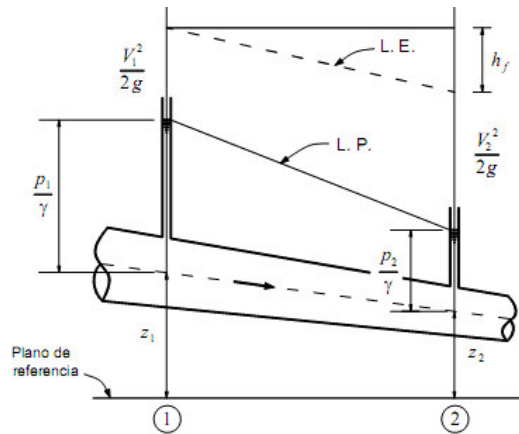
V : Velocidad (m/s)

2.3 Teorema de Bernoulli

En un fluido ideal no hay viscosidad, ni rozamiento, tampoco transformación de energía hidráulica en energía térmica. Si el fluido no cede energía a una maquina ni recibe energía de una maquina en el tránsito desde la sección 1 hasta la sección 2 de un tubo de corriente la energía podrá transformarse pero permanecerá constante de acuerdo al principio de conservación de la energía, quiere decir que la suma de la energía geométrica, la energía de presión y la energía de velocidad debe permanecer constante.

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} = C$$

Sin embargo en un fluido real la viscosidad origina rozamiento tanto del fluido con el contorno de la tubería así como entre las partículas de fluido. Por lo que la ecuación de Bernoulli no se cumple, pero sigue cumpliéndose el principio de conservación de la energía, quiere decir que de las tres clases de energía mencionadas aparece la energía de fricción. Esta fricción en la mecánica de fluidos incompresible no es aprovechable por lo que en este sentido la llamaremos energía pérdida, expresada en forma de altura sería h_f .



La ecuación de energía para un fluido real es:

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_{f_{1-2}}$$

El término $\frac{V^2}{2g}$ representa la energía de velocidad o energía cinética; z es la energía geométrica o elevación; $\frac{P}{\rho g}$ es la energía o altura de presión y, $h_{f_{1-2}}$ es la pérdida de energía entre 1 y 2, en realidad no es energía perdida, sino transformada en calor debido a la fricción.

2.3.1 Teorema de Bernoulli Generalizado

Si la corriente atraviesa una o varias máquinas que le suministran energía (bombas) experimenta un incremento de energía que, expresada en forma de altura, la llamaremos h_b . Asimismo si la corriente atraviesa una o varias máquinas a las que cede energía (turbinas) experimenta un decremento de energía que expresada en forma de altura, la llamaremos h_t . Por tanto:

La energía del fluido en el punto 1 menos la energía perdida entre el punto 1 y el punto 2 más la energía suministrada al fluido por las bombas que haya entre el punto 1 y el punto 2 menos la energía cedida por el fluido a las turbinas o motores que haya entre el punto 1 y el punto 2, ha de ser igual a la energía en el punto 2. En hidráulica se prefiere, expresar todas estas energías en forma de alturas equivalentes, expresando lo expuesto se tiene la siguiente ecuación:

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} - \sum h_{f\ 1-2} + \sum H_b - \sum H_t = \frac{P_2}{\rho g} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

Donde:

, : Alturas de presión.

, : Alturas geodésicas.

, : Alturas de velocidad.

: Suma de todas las pérdidas hidráulicas entre 1 y 2.

: Suma de los incrementos de altura proporcionados por las bombas instaladas entre 1 y 2.

: Suma de los incrementos de altura absorbida por los motores (turbinas) instalados entre 1 y 2.

2.4 Pérdidas de energía

El cálculo de pérdidas de energía en tuberías pertenece a la práctica diaria del ingeniero en los sistemas de flujo de fluidos, siendo estas de dos clases: primarias y secundarias.

2.4.1 Pérdidas primarias

Son las pérdidas de superficie en el contacto del fluido con la tubería, rozamiento de unas capas de fluido con otras o de partículas de fluido entre sí. Se presentan en flujo uniforme, principalmente en tramos de tubería de sección constante.

En el cálculo de las pérdidas de carga en tuberías juegan un papel discriminante dos factores: el que la tubería sea lisa o rugosa y el que el régimen de corriente sea laminar o turbulento.

2.4.1.1 Ecuación de Darcy– Weisbach

Utilizando experimentos de flujos en tuberías de agua entre 1849 y 1850, Henry Darcy estableció la ecuación de resistencia fluida más general para el caso de tuberías circulares fluyendo a presión, demostrando que la pérdida

carga era directamente proporcional al cuadrado de la velocidad media en la tubería y a la longitud de la tubería e inversamente proporcional al diámetro de la misma. Es una ecuación basada en la física clásica, utilizando las variables encontradas por Weisbach, relevantes para explicar la altura piezométrica perdida por efecto de la fricción. La fórmula fundamental que expresa lo anterior es:

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

Donde:

- : Pérdida de carga primaria
- : Coeficiente de pérdida de carga primaria
- : Longitud de la tubería
- : Diámetro de la tubería
- : Velocidad media del fluido
- : Aceleración de la gravedad

El factor f es adimensional, en el caso más general el coeficiente de pérdida de carga es función del número de Reynolds y la rugosidad relativa. Los casos en los que se presenta son:

Régimen laminar: con tuberías lisas y con tuberías rugosas

Régimen turbulento: con tuberías lisas y con tuberías rugosas.

2.4.1.2 Régimen laminar.

En lo que respecta al régimen laminar, f es simplemente función del número de Reynolds y se obtiene con la ecuación de Poiseuille:

(2-1)

2.4.1.3 Régimen turbulento

En el flujo turbulento el significado de f es más complejo y es función del número de Reynolds y de la rugosidad relativa.

$$f = f\left(Re, \frac{k}{D}\right) \quad (2-2)$$

La rugosidad relativa es la relación entre la rugosidad absoluta y el diámetro de la tubería. La rugosidad absoluta depende de la calidad de las paredes.

Dada la compleja naturaleza de la rugosidad absoluta y su difícil representación es que Nikuradse usó rugosidad artificial de diámetro uniforme.

En una tubería hidráulicamente lisa se desarrolla una subcapa laminar, cuyo espesor es bastante mayor que la rugosidad. De acá que las irregularidades del contorno quedan dentro de la subcapa laminar y por lo tanto no tienen significado para el cálculo de f , siendo:

$$f = f(Re) \quad (2-3)$$

Para tuberías hidráulicamente lisas Blasius estudió experimentalmente el comportamiento de las tuberías estableciendo que:

$$f = 0,3164 Re^{-0,25} \quad (2-4)$$

Esta ecuación de Blasius es válida para números de Reynolds menores que 10^5 . Para números de Reynolds mayores, que corresponden a turbulencia plenamente desarrollada, el valor de f se obtiene con la primera ecuación Karman-Prandtl.

$$\log(Re\sqrt{f}) = 0,8 \quad (2-5)$$

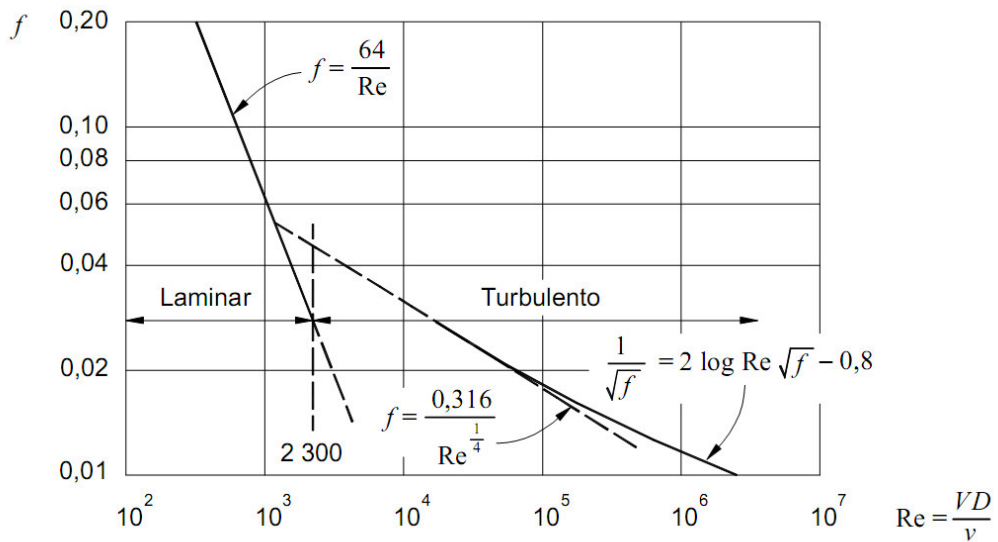


Figura 2.1 Coeficiente f de Darcy en tubería lisas

En tuberías hidráulicamente rugosas no puede desarrollarse una subcapa laminar, por lo que la velocidad y el coeficiente de Darcy dependen exclusivamente de la rugosidad relativa, y de acuerdo a los resultados experimentales de Nikuradse se tiene:

$$f = \frac{3,71D}{k} \tag{2-6}$$

Se observa que f es independiente del Número de Reynolds

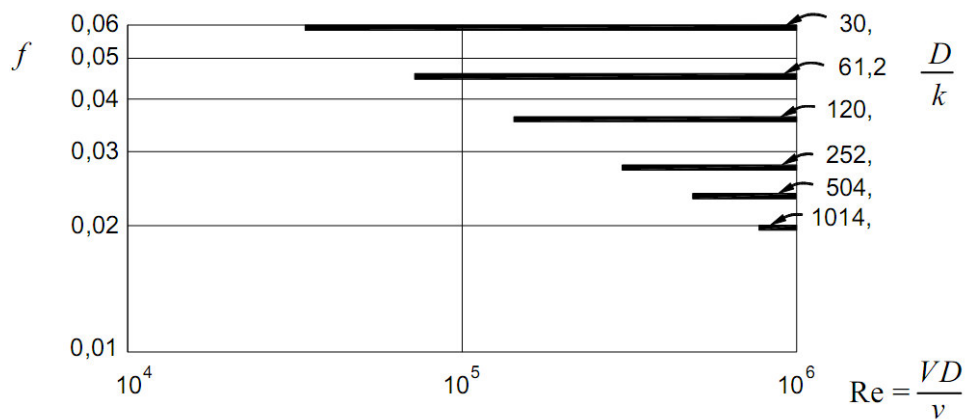


Figura 2.2 Coeficiente f de Darcy en tubería rugosas

Como podemos apreciar, Nikuradse estudió experimentalmente el comportamiento de las tuberías lisas y rugosas, pero también estudió experimentalmente la fase de transición entre contornos lisos y rugosos.

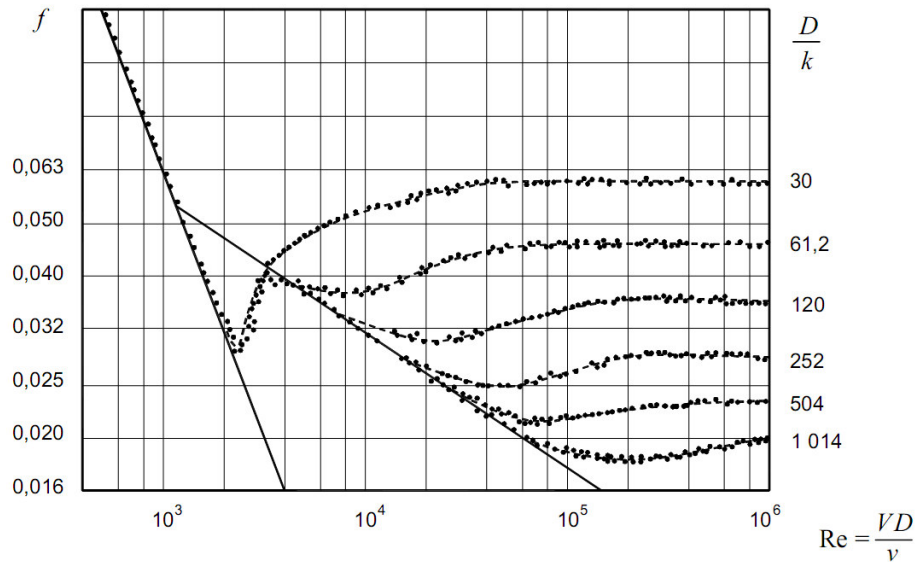


Figura 2.3 Grafico de Nikuradse

Debe tenerse presente que el grafico de Nikuradse corresponde a tuberías de rugosidad artificial.

2.4.1.4 Ecuación de Colebrook – White

En el gráfico de Nikuradse se ve claramente que las tuberías más lisas requieren de un número de Reynolds mayor para apartarse de la ecuación general de las tuberías lisas. En las tuberías de rugosidad natural, como las tuberías comerciales el fenómeno de transición es diferente. Esto se debe a que en una tubería con rugosidad natural las irregularidades del contorno son de diferente tamaño. Basta la presencia de algunas protuberancias mayores que la media para alterar la subcapa laminar. Los valores de f en la zona de transición se obtienen mediante la fórmula de Colebrook y White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \frac{k}{3,71D} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \quad (2-7)$$

Esta ecuación es la fórmula universal de pérdida de carga en los conductos industriales, los problemas prácticos con frecuencia se encuentran en esta zona de transición.

2.4.1.5 *Diagrama de Moody*

Para tuberías comerciales que tienen rugosidad natural, el ingeniero Lewis Moody a principios de la década de 1940 desarrollo un estudio experimental basándose en los resultados de Nikuradse y de Colebrook con el fin de investigar las pérdidas por fricción en tuberías con rugosidades reales. Llego a encontrar a pesar que la rugosidad real de las tuberías comerciales era muy diferente a la rugosidad artificial obtenida pegando arena en el perímetro de tuberías, que se podía obtener una rugosidad equivalente a la rugosidad de arena para cada material. Es decir, encontró que independientemente del diámetro, cada material siempre se comportaba como una arena de diámetro constante. Estableciendo un gráfico similar al de Nikuradse, que relaciona el coeficiente f de Darcy, el número de Reynolds y los valores de la rugosidad relativa, el cual se conoce hoy en día como el diagrama de Moody.

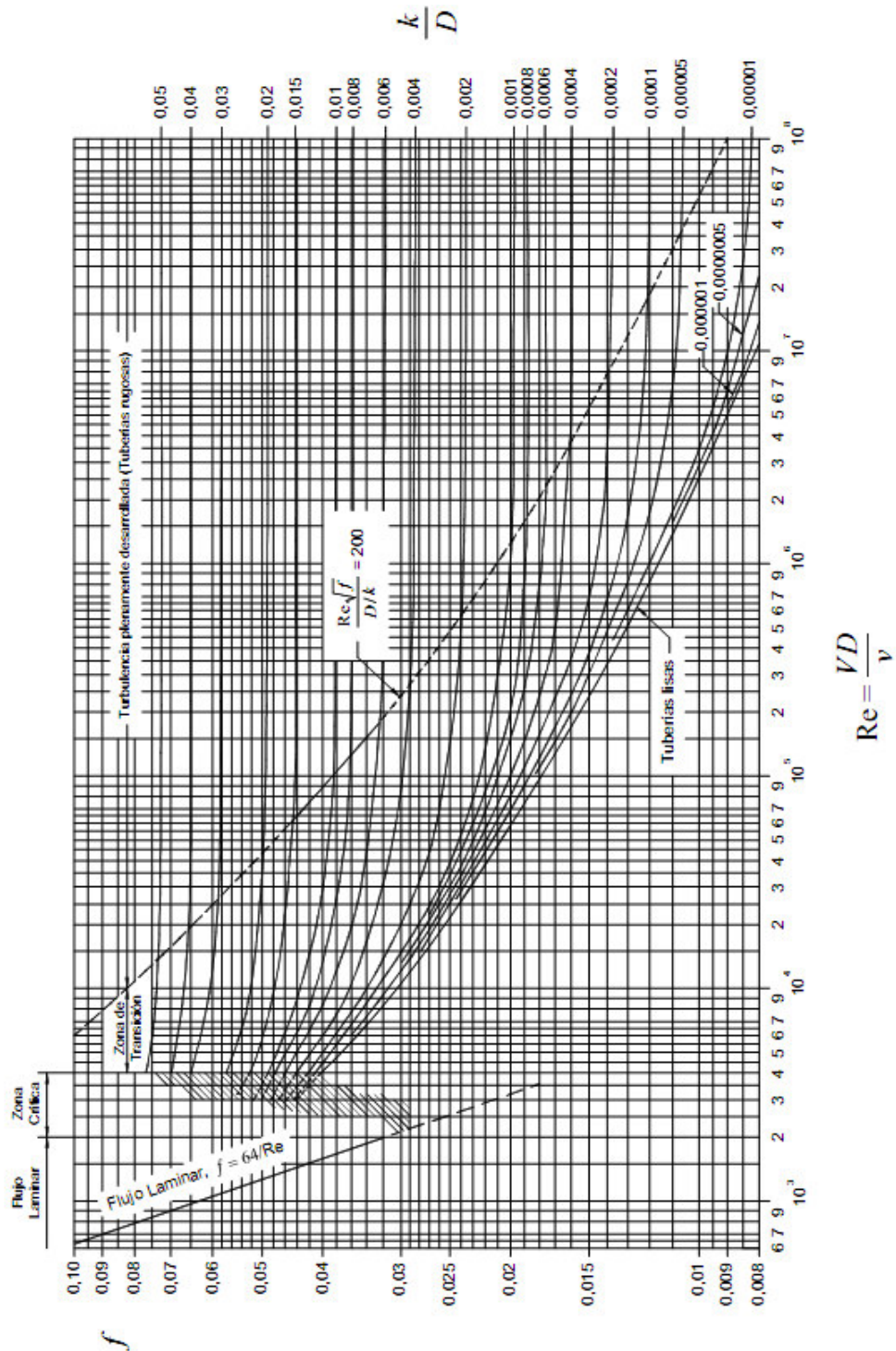


Figura 2.4 Abaco de Moody

2.4.2 Pérdidas secundarias

Las pérdidas secundarias son las pérdidas de forma que tienen lugar en los cambios de sección y dirección de la corriente, contracciones, ensanchamientos, codos, válvulas, y en toda clase de accesorios de tubería.

Estos elementos producen una perturbación de la corriente que origina remolinos y desprendimientos, que intensifican las pérdidas.

Las pérdidas secundarias en flujo turbulento se expresan generalmente en función de la altura de velocidad y se calculan con la fórmula siguiente:

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} \quad (2-8)$$

Donde:

h_s : Pérdida de carga secundaria

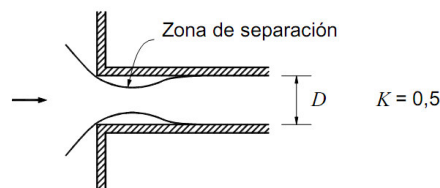
k : Coeficiente adimensional de pérdida de carga secundaria

V : Velocidad media en la tubería

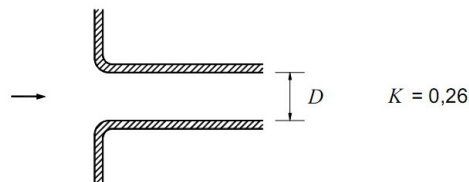
El coeficiente k depende del tipo de accesorio, del número de Reynolds, de la rugosidad. A las pérdidas secundarias también se les denomina pérdidas locales o menores. Veamos las principales pérdidas locales en flujo turbulento:

A. Salida

a) Bordes agudos



b) Bordes ligeramente redondeados (r es el radio de curvatura)

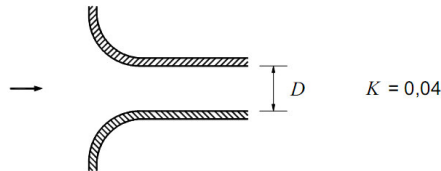


En este caso el valor de k depende de la relación r/D . Los valores se toman de la tabla 2.1

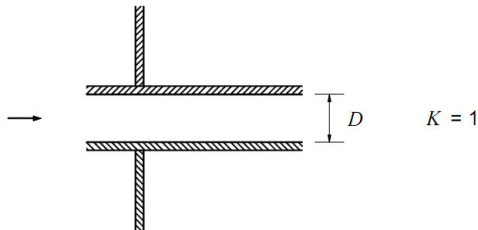
Tabla 2.1 Coeficiente de pérdida de carga

r/D	0	0,02	0,04	0,08	0,12	0,16	> 0,2
k	0,5	0,37	0,26	0,15	0,09	0,06	< 0,03

c) Bordes acampanados. Significa que el contorno tiene una curvatura suave a la que se adaptan las líneas de corriente, sin producirse separación.

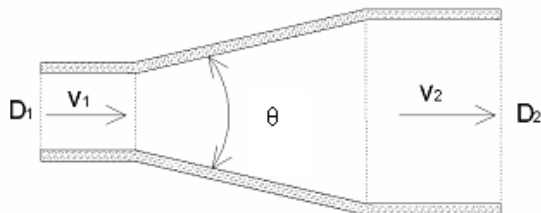


d) Bordes entrantes (tipo Borda)



B. Ensanchamiento del conducto

En ciertas conducciones es necesario cambiar de sección de la tubería y pasar a un diámetro mayor. Este ensanchamiento puede ser brusco o gradual y puede representarse mediante un difusor cónico de ángulo θ .



La pérdida de carga se calcula en este caso por la fórmula:

$$\frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} \quad (2-9)$$

El coeficiente k se toma de la siguiente tabla:

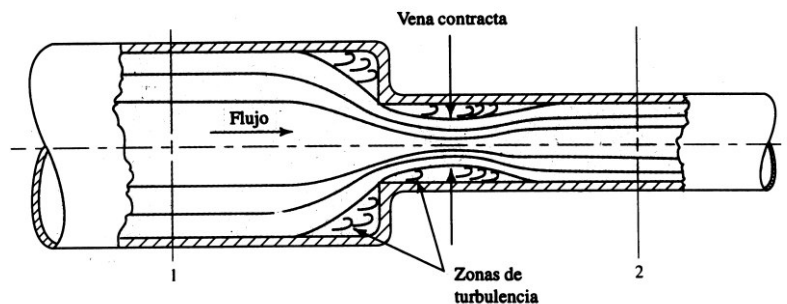
Tabla 2.2 Coeficiente de pérdida de carga

θ	2,5	5	7,5	10	15	20	25	30
k	0,18	0,13	0,14	0,16	0,27	0,43	0,62	0,81

Si el ensanchamiento es brusco ($\theta = 180^\circ$) k es aproximadamente igual a la unidad.

C. Contracción del conducto

La contracción puede ser también brusca o gradual. En general la contracción brusca produce una pérdida de carga menor que el ensanchamiento brusco.



La pérdida de energía entre 1 y 2 se calcula con la siguiente expresión:

$$- 1) \frac{V_2^2}{2g} \quad (2-10)$$

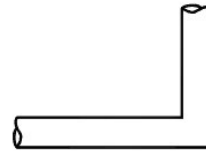
En la que es el área de la sección transversal en la zona de máxima contracción y es el área de la tubería menor (aguas abajo). V_2 es la velocidad media en la tubería de menor diámetro (aguas abajo).

D. Cambio de dirección

Un cambio de dirección significa una alteración en la distribución de velocidades. Se producen zonas de separación del escurrimiento y de sobrepresión en el lado exterior. Algunos casos la pérdida de carga.

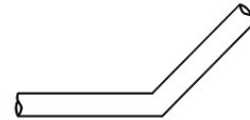
Para codo de 90°

$$\frac{V^2}{2g}$$



(2-11)

Para codo de 45°



(2-12)

E. Válvula y Boquillas

Una válvula produce una pérdida de carga y su coeficiente k depende del tipo de la válvula (compuerta, mariposa, etc.), del diseño particular dentro de cada tipo y del grado de apertura dentro de cada válvula. Los principales valores de k son:

Válvula globo (completamente abierta)	10
Válvula de compuerta (completamente abierta)	0,19
Válvula check (completamente abierta)	2,5

Estos valores son referenciales pues varían con el diámetro de la tubería y el grado de apertura. En una boquilla la pérdida de carga es:

$$h_l = \left(\frac{1}{C_v^2} - 1 \right) \frac{V_s^2}{2g}$$

Donde:

: Coeficiente de velocidad

: Velocidad de salida

Pérdidas secundarias en flujo laminar

Por lo general en el flujo laminar las pérdidas de carga locales son muy pequeñas comparándose con las pérdidas de carga continuas. En el caso más

general una pérdida de carga local está formada por dos componentes: la pérdida de energía por rozamiento con el contorno y la pérdida de energía por disipación en formación de vórtices.

$$h_l = h_{roz} + h_{vort}$$

Para el flujo laminar (de acuerdo a las ecuaciones de Darcy)

$$\frac{64 L V^2}{Re D 2g} \quad (2-13)$$

Que para longitud y diámetro constante equivale a:

$$h_{roz} = \frac{A V^2}{Re 2g}$$

La pérdida de carga por formación de vórtices se considera que es :

$$h_{vort} = B \frac{V^2}{2g}$$

Se tiene que:

$$k = \frac{A}{Re} + B$$

Naturalmente que si el flujo es turbulento

$$k = B$$

Siendo A y B dos constantes.

2.4.3 Longitudes equivalentes

Este método consiste en considerar las pérdidas secundarias como longitudes equivalentes, es decir longitudes en metros de un trozo de tubería del mismo diámetro que produciría las mismas pérdidas de carga que los accesorios en

cuestión. Así cada codo, reducción u otro accesorio se sustituirían por su longitud equivalente L_e . Se aplicaría la ecuación fundamental de las pérdidas primarias en la siguiente fórmula:

$$\frac{K + \sum L_e}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (2-14)$$

Donde:

- : Suma total de pérdidas primarias y secundarias
- : Coeficiente de pérdidas del diagrama de Moody
- : Longitud total de los tramos rectos de tuberías
- : Suma de todas las longitudes equivalentes a los accesorios diversos
- : Velocidad media en la tubería.

Si la tubería cambia de sección se aplicara la ecuación de continuidad

Tabla 2.3 Tabla de longitudes equivalentes de la tubería de acero cedula 40

Accesorios y válvulas	Accesorios y válvulas expresados en pies equivalentes de tubería														
	½ pulg (15 mm)	¾ pulg (20 mm)	1 pulg (25 mm)	1¼ pulg (32 mm)	1½ pulg (40 mm)	2 pulg (50 mm)	2½ pulg (65 mm)	3 pulg (80 mm)	3½ pulg (90 mm)	4 pulg (100 mm)	5 pulg (125 mm)	6 pulg (150 mm)	8 pulg (200 mm)	10 pulg (250 mm)	12 pulg (300 mm)
Codo a 45°	—	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.4)	13 (4)
Codo estándar a 90°	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	7 (2.1)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	14 (4.3)	18 (5.5)	22 (6.7)	27 (8.2)
Codo de giro largo a 90°	0.5 (0.2)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	9 (2.7)	13 (4)	16 (4.9)	18 (5.5)
Té o cruz (giro de flujo de 90°)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	15 (4.6)	17 (5.2)	20 (6.1)	25 (7.6)	30 (9.1)	35 (10.7)	50 (15.2)	60 (18.3)
Válvula mariposa	—	—	—	—	—	6 (1.8)	7 (2.1)	10 (3)	—	12 (3.7)	9 (2.7)	10 (3)	12 (3.7)	19 (5.8)	21 (6.4)
Válvula de compuerta	—	—	—	—	—	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)
Retención tipo charnela*	—	—	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.4)	14 (4.3)	16 (4.9)	19 (5.8)	22 (6.7)	27 (8.2)	32 (9.3)	45 (13.7)	55 (16.8)	65 (20)

Para unidades SI: 1 pulg = 25,4 mm; 1 pie = 0.3048 m

Nota: La información sobre tubería de ½ pulg se incluye en la tabla sólo porque se permite bajo 8.22.19.3 y 8.22.19.4.

*Debido a las variaciones en el diseño de las válvulas de retención, los equivalentes de los tubos indicados en esta tabla, se consideran un promedio.

2.5 Análisis de Redes

El estudio de las redes de distribución está basado en las ecuaciones de conservación del momento lineal y de la conservación de la masa que gobiernan el flujo en estos sistemas.

Los dos tipos de redes que estudiaremos son redes abiertas y redes cerradas.

2.5.1 Redes abiertas

Se caracterizan por no tener ningún circuito cerrado en el sistema, un ejemplo tipo es un sistema de distribución de agua potable.

2.5.2 Redes cerradas

Conocidas también como sistemas con circuitos cerrados o ciclos. Su característica principal es tener algún tipo de circuito cerrado en el sistema, cualquier zona dentro del área cubierta por el sistema puede ser alcanzada simultáneamente por más de una tubería, aumentando así la confiabilidad del abastecimiento.

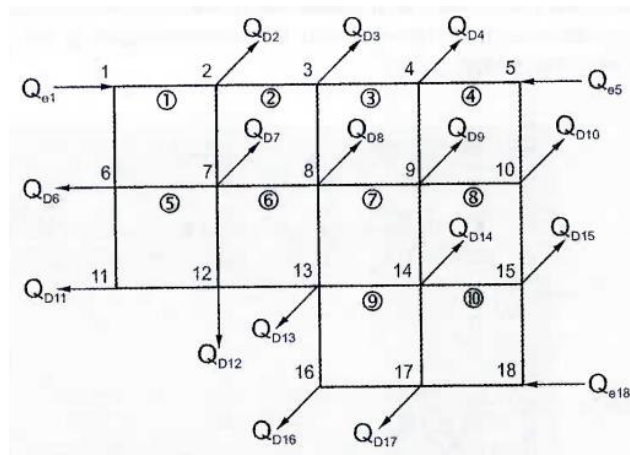


Figura 2.5 Red cerrada

Si se considera una red cerrada como el de la figura 2.5 y se tiene en cuenta que $Q_{D2}, Q_{D3}, Q_{D4}, \dots$ son los caudales consumidos en cada uno de los nodos, algunos de los cuales podrían tener un valor nulo en un momento dado, y que $Q_{e1}, Q_{e5}, Q_{e18}, \dots$ son los caudales que alimentan la red de distribución, se puede establecer la siguiente ecuación de conservación de la masa:

$$\sum_{i=1}^m Q_e = \sum_{i=1}^{Nu} Q_d \quad (2 - 15)$$

Donde:

: es el numero de uniones (nodos) existentes en la red.

2.5.2.1 Ecuaciones de continuidad en los nodos que conforman el circuito

Para cada nodo se puede establecer una ecuación similar donde se debe cumplir que la sumatoria de caudales que fluyen en un nodo es igual a cero.

Dicha ecuación es:

$$\sum_{j=1}^{NT_i} Q_{ij} - Q_{Di} = 0 \quad (2 - 16)$$

Donde:

: es el numero de tubos que llegan al nodo i , y

: es el caudal que pasa por la tubería ij hacia el nudo i desde el nudo j .

2.5.2.2 Ecuaciones de conservación de la energía entre dos nodos que conforman el circuito.

La pérdida de carga acumulada en una malla cerrada es nula, si la malla es abierta, entonces la suma de las pérdidas de carga entre dos nodos extremos será igual a la diferencia de presión de los mismos. Tenemos como ecuación general

$$\sum_{j=1}^{NT_i} h_{f_{ij}} + \sum_{j=1}^{NT_j} h_{m_{ij}} = \Delta P_{ij} \quad (2 - 17)$$

Donde:

: Pérdidas menores entre los nudos i y j

: Pérdidas por fricción entre los nudos i y j

: Pérdidas de presión entre los nudos i y j

0, en el caso de una red cerrada y

, en el caso de una red abierta.

: Número de tubos del circuito j .

2.5.2.3 Ecuaciones de altura piezométrica

Para cada uno de los caudales de la ecuación 2-16 se puede plantear la siguiente ecuación de conservación de la energía entre los nodos i y j , incluyendo las pérdidas por fricción y las pérdidas menores, en términos de las alturas piezométricas.

$$H_j - H_i = \sum k_{m_{ij}} \frac{V_{ij}^2}{2g} + h_f$$

$$H_j - H_i = \frac{V_{ij}^2}{2g} \left(\sum k_{m_{ij}} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right)$$

$$H_j - H_i = \frac{Q_{ij}^2}{2gA_{ij}^2} \left(\sum k_{m_{ij}} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right)$$

Si se despeja de esta última ecuación se obtiene la siguiente expresión, la cual relaciona el caudal que pasa por la tubería ij con las alturas piezométricas en los nodos i y j .

$$Q_{ij} = \left(\frac{H_j - H_i}{\sum k_{m_{ij}} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}}} \right)^{\frac{1}{2}} \sqrt{2gA_{ij}} \quad (2-18)$$

Reemplazando en la ecuación 2-16 se tiene:

$$\sum_{j=1}^{NT_i} \left(\frac{H_j - H_i}{\sum k_{m_{ij}} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}}} \right)^{1/2} \sqrt{2gA_{ij}} - Q_{D_i} = 0 \quad (2-19)$$

Donde N_i representa el número de tuberías que llegan al nodo i . A fin de tener en cuenta en forma automática el signo del caudal ij la ecuación 2-18 se puede cambiar por la siguiente expresión:

$$Q_{ij} = \sqrt{2g} A_{ij} \frac{H_j - H_i}{\left(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right)^{1/2}} \left(|H_j - H_i| \right)^{1/2} \quad (2-20)$$

Este tipo de ecuaciones para el diseño y análisis de redes cerradas de tuberías se conocen como las ecuaciones de altura piezométrica. Para este caso, se tienen en total N ecuaciones de este tipo, debiéndose conocer $N-1$ o cualquier otra altura piezométrica en la red para poder solucionar dichas ecuaciones. En caso contrario se puede suponer alguna de las alturas piezométricas, ya que los valores absolutos de estas no afectan la distribución de caudales. Y además debe tenerse en cuenta que las ecuaciones de altura piezométrica son ecuaciones no lineales.

2.5.2.4 Ecuaciones de caudal

Por otro lado, a partir de los circuitos de tubos que conforman la red, los caudales pueden ser adyacentes o superpuestos, se pueden plantear las siguientes ecuaciones:

a) Ecuación de continuidad en las uniones que conforman el circuito:

$$\sum_{j=1}^{N_i} Q_{ij} - Q_{Di} = 0 \quad (2-21)$$

b) Ecuación de conservación de la energía alrededor del circuito:

$$\sum_{j=1}^{N_i'} h_{f_{ij}} + \sum_{j=1}^{N_i'} h_{m_{ij}} = 0 \quad (2-22)$$

Donde N_i es el número de tubos del circuito i . Luego, si se utiliza la ecuación de Darcy – Weisbach en esta última ecuación en conjunto con la expresión de las pérdidas menores como función de altura de velocidad, se obtiene la siguiente expresión:

$$\sum_{j=1}^{N_i'} \frac{V_{ij}^2}{2g} \left(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right) = 0$$

$$\sum_{j=1}^{N_i'} \frac{Q_{ij}^2}{2gA_{ij}^2} \left(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right) = 0 \quad (2-23)$$

Las ecuaciones de tipo 2-23 se conocen como ecuaciones de caudal de la red. En total se tienen NC ecuaciones de caudal, donde NC es el número de circuitos que conforman la red. Nuevamente se puede observar que son ecuaciones no lineales. Lo anterior implica que para el cálculo de una red cerrada se tiene un número total de ecuaciones igual a $NC+(UN-1)$. Este número de ecuaciones corresponde, para cualquier red, al número de tubos que la conforman (NT). Por tanto se pueden resolver NT incógnitas, usualmente el caudal en cada tubería; conocidos estos se pueden utilizar las $UN-1$ ecuaciones de altura piezométrica para calcular las alturas piezométrica en cada nodo.

Debe establecerse una convención de signos para las ecuaciones de caudal 2-23. Los caudales en el circuito se consideran positivos si giran en el sentido horario y negativos si lo hacen en el sentido antihorario. Para asegurar una correcta asignación del signo, estas ecuaciones se pueden transformar en la siguiente expresión:

$$\sum_{j=1}^{N_i'} \frac{\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}}}{2gA_{ij}^2} Q_{ij} (|Q_{ij}|) = 0 \quad (2-24)$$

Los métodos de análisis de redes que se describen están diseñados para llevar a cabo esos cálculos de caudales en cada tubería y altura piezométrica en cada nodo. Deben conocerse las variables relacionados con las tuberías como los diámetros, rugosidades, coeficientes de pérdidas menores, accesorios y bombas; y las variables relacionados con los nodos como caudal y altura topográfica. El cálculo de redes es en realidad una comprobación de diseño y no un diseño en sí. Para programas de diseño los métodos de comprobación deben conformar algunas subrutinas del programa.

2.6 Método de Newton – Raphson

El método de Newton-Raphson fue empleado por primera vez en 1962 en los cálculos de distribución de redes. Este método numérico permite la solución de ecuaciones no lineales en forma rápida y segura. Las ecuaciones se resuelven mediante iteraciones sucesivas siguiendo la regla de Newton. Donde se debe resolver las siguientes N ecuaciones lineales simultaneas de la forma:

$$-f_i(X_{01}, X_{02}, \dots, X_{0N}) = \sum_{j=1}^N \frac{\partial f_i}{\partial x_j} \partial X_{0j} \quad (2 - 25)$$

Donde $i=1, N$

En forma matricial es:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial x_N} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_N}{\partial x_1} & \frac{\partial f_N}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_N}{\partial x_N} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \partial X_{01} \\ \partial X_{02} \\ \vdots \\ \partial X_{0N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -f_1 \\ -f_2 \\ \vdots \\ -f_N \end{bmatrix} \quad (2 - 26)$$

Esta ecuación puede resolverse por eliminación gaussiana siendo más compacta esta ecuación:

$$\left[\frac{Df}{Dx} \right] [Dx] = [-F] \quad (2 - 27)$$

Para el caso de redes cerradas se tiene:

$$\sum_{j=1}^{Nu} Q_{ij} - Q_{Di} = 0 \quad (2-28)$$

Donde:

: Número de uniones (nodos)

: Caudal demandado en la unión i

Reemplazando la ecuación 2-20 en 2-28 se tiene:

$$\begin{aligned} f(H_1, \dots, H_{Nu}) &= \sum_{j=1}^{Nu} \sqrt{2g} A_{ij} \frac{H_j - H_i}{\left(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right)^{\frac{1}{2}}} (|H_j - H_i|)^{\frac{1}{2}} - Q_{Di} \\ &= 0 \end{aligned} \quad (2-29)$$

$$i = 1, \dots, Nu$$

Para aplicar el método se debe calcular la matriz en este caso:

$$\frac{\delta f_i}{\delta X_j} = \frac{\delta f_i}{\delta H_j} = \frac{1}{2} \frac{\sqrt{2g} A_{ij}}{\left(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right)} (H_j - H_i)^{1/2} \quad (2-30)$$

$$\frac{\delta f_i}{\delta X_i} = \frac{\delta f_i}{\delta H_i} = -\frac{1}{2} \sum_{j=1}^{Nu} \frac{\sqrt{2g} A_{ij}}{\left(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right)} (H_j - H_i)^{1/2} \quad (2-31)$$

Finalmente:

$$\frac{\delta f_i}{\delta H_i} = -\sum_{j=1}^{Nu} \frac{\delta f_i}{\delta H_j} \quad (2-32)$$

En la aplicación del método de Newton-Raphson se debe seguir los siguientes pasos:

1) Se supone las alturas piezométricas en todos los nodos de la red. Las alturas piezométricas fijadas por tanques o embalses deben permanecer constante a lo largo del proceso.

2) Se supone en cada tubo de la red que h_f es cero, luego se calcula el caudal mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{ij} = -2A_{ij} \frac{\sqrt{2gd_{ij}}}{\sqrt{l_{ij}}} \sqrt{h_f} \log_{10} \left(\frac{k_{ij}}{3.7d_{ij}} + \frac{2.51v\sqrt{l_{ij}}}{\sqrt{2gd_{ij}^3 h_f}} \right) \quad (2-33)$$

3) Con el caudal calculado se estiman la velocidad v_{ij} y las pérdidas menores:

$$\sum h_{mij} = (k_{mij}) \frac{v_{ij}^2}{2g} \quad (2-34)$$

4) Se calcula un nuevo valor de h_f :

$$h_{fij} = H_j - H_i - \sum h_{mij}$$

y se determina un nuevo valor de h_f en la ecuación 2-25. El proceso sigue hasta que los valores sucesivos de cada caudal Q_{ij} sean suficientemente parecidos.

5) Con los valores de caudal calculados y mediante la ecuación 2-18:

$$Q_{ij} = \left(\frac{H_j - H_i}{\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}}} \right)^{1/2} \sqrt{2gA_{ij}} \quad (2-18)$$

Se calcula:

$$\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} = \frac{H_j - H_i}{Q_{ij}^2} 2gA_{ij}^2 \quad (2-35)$$

6) Con los valores de $f_{ij} \frac{L_{ij}}{d_{ij}}$ calculados se estiman los valores de $\frac{L}{d}$ en las ecuaciones 2-30 y 2-32 respectivamente. También se determinan los valores de $\frac{L}{d}$ en la ecuación 2-29

7) Se plantea la ecuación matricial:

$$\left[\frac{Df}{DH} \right] [DH] = [-F]$$

y se resuelve para encontrar la matriz columna DH :

$$[DH] = \begin{bmatrix} \delta H_1 \\ \vdots \\ \delta H_{Nu} \end{bmatrix}$$

8) Se corrigen los valores de H y $\frac{L}{d}$ para todos los nodos:

$$H_{in} = H_{in-1} + \delta H_i$$

9) Con los nuevos valores de H y $\frac{L}{d}$ se vuelve al paso 2. Los valores de la altura piezométrica en nodos de altura piezométrica constante no se corrigen.

10) El proceso termina cuando valores sucesivos de los H son razonablemente iguales en iteraciones sucesivas. El proceso converge de manera rápida. Para suposiciones de altura piezométrica iniciales lógicas no se requiere más de cinco iteraciones.

Los nodos de altura piezométrica constante pueden dejarse por fuera del análisis, reduciendo así el número de elementos de las matrices y vectores de la ecuación 2-26.

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA A DISEÑAR

3.1 Estándares y normas aplicables

El diseño del sistema contra incendio propuesto se realizará siguiendo los requisitos establecidos en las siguientes normas nacionales:

- Decreto Supremo -42F: Reglamento de Seguridad e Higiene Industrial.
- RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones.

Así mismo las normas nacionales antes indicadas establecen requerimientos de estándares internacionales de la National Fire Protection Association (NFPA) que se indican a continuación:

- NFPA 13: Standard for the Installation of Sprinkler Systems. Norma para la instalación de sistemas de rociadores.
- NFPA 14: Standard for the Installation of Standpipes and Hose Systems. Norma para la instalación de sistemas de tubería vertical y de mangueras
- NFPA 20: Standard for the Installation of stationary pumps for Fire Protection. Norma para la instalación de bombas estacionarias de protección contra incendios.
- NFPA 24: Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances. Norma para la instalación de tuberías para servicio privado de Incendios y sus accesorios.

3.2 Métodos

3.2.1 Control de incendios

El modo de control de incendios consiste en limitar el tamaño de un incendio mediante la distribución de agua para disminuir la tasa de liberación de calor y pre-humedecer los combustibles adyacentes, mientras se controla la temperatura de los gases en el cielo raso para evitar daños estructurales.

3.2.2 Supresión de incendios

El modo de supresión de incendios consiste en la reducción drástica de la tasa de liberación de calor de un incendio y evitar que vuelva a crecer, mediante la aplicación de agua en forma directa y suficiente, a través de la pluma del incendio hasta la superficie en combustión.

3.3 Clasificación de riesgos según NFPA

3.3.1 Riesgo ligero

Se considera riesgo ligero a las ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la cantidad y/o combustibilidad de los contenidos es baja y se espera incendios con bajos índices de liberación de calor. Pertenecen a esta categoría las iglesias, centros educativos, hospitales, centros penitenciarios, bibliotecas, oficinas, viviendas, teatros, museos y comedores de restaurantes.

3.3.2 Riesgo ordinario

3.3.2.1 *Riesgo ordinario I*

Se considera a las ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la combustibilidad es baja, la cantidad de combustible es moderada, pilas de almacenamiento de combustible no superan los 2.4m y se esperan incendios con un índice de liberación de calor moderado. Pertenecen a esta categoría los estacionamientos vehiculares, fábricas de bebidas, enlatadoras, fábrica de productos lácteos, plantas electrónicas, fábricas de vidrio, lavanderías y servicios de restaurantes.

3.3.2.2 *Riesgo ordinario II*

Se considera a las ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la combustibilidad es baja, la cantidad de combustible es moderada a alta, pilas de almacenamiento de combustible no superan los 3.66m y se esperan incendios con un índice de liberación de calor elevado. Pertenecen a esta categoría las instalaciones agropecuarias, establos, molinos cerealeros, plantas

de productos químicos, tintorerías, destilerías, productos de confitería, dársenas de carga, talleres de maquinaria, fábricas de productos de cuero, centros mercantiles, muelles y embarcaderos, imprentas y talleres de artes gráficas, talleres de reparación, fábricas de productos textiles, fábricas de neumáticos, maquinado de maderas, plantas procesadoras de papel y oficinas de correo.

3.3.3 Riesgo extra

3.3.3.1 *Riesgo extra I*

Se considera a las ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la combustibilidad son muy alta, y hay presente en polvos, u otros materiales que introducen la probabilidad de incendios, pero con poco o ningún líquido inflamable o combustible. Pertenecen a esta categoría los hangares para aeronaves, fundiciones, fabricación de madera laminada, aserraderos, planta textiles de mezcla y tratamiento de algodón, fibras sintéticas, lana y tapizados con espuma plástica.

3.3.3.1 *Riesgo extra II*

Se considera a las ocupaciones o partes de otras ocupaciones con cantidades desde moderadas hasta considerables de líquidos inflamables o combustibles. Pertenecen a esta clasificación las actividades de saturación de asfaltos, pulverización de líquidos inflamables, procesamiento de plásticos, limpieza con disolventes, barnizado y pintado por inmersión.

3.3.4 Clasificación de riesgo de almacenes

Se subdividen de acuerdo a los siguientes riesgos:

Clase I: Deberá definirse como un producto no combustible ubicado directamente en *palets* (parihuela) de madera, dentro de cajas de cartón corrugado, envueltos en papel.

Clase II: Deberá definirse como un producto no combustible que está en canasta de listones de madera, cajas de cartón o en material de embalaje combustible equivalente, con o sin palets (parihuela).

Clase III: Deberá definirse como un producto formado de madera, papel, fibras, plásticos grupo C, y con cantidades limitadas de 5% en peso o volumen de plásticos grupo A o grupo B.

Clase IV: Deberá definirse como un producto construidos parcial o totalmente de plásticos Grupo B, materiales plásticos Grupo A que fluyen libremente, contiene dentro de sí o en su embalaje tiene una cantidad apreciable de 5% a 15% en peso o 5% a 25% en volumen de plásticos Grupo A.

Plásticos: Son materiales de plásticos, elastómeros o cauchos que se subdividen en Grupo A, Grupo B y Grupo C.

Grupo A:

ABS (copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno)

Acetal (poliformaldehído)

Acrílico (polimetil metacrilato)

Caucho butílico

EPDM (caucho de etilen-propileno)

FRP (poliéster reforzado con fibra de vidrio)

Caucho natural (si está expandido)

Caucho nitrilo (caucho acrilonitrilo-butadieno)

PET (poliéster termoplástico)

Polibutadieno

Policarbonato

Poliéster elastómero

Polietileno

Polipropileno

Poliestireno

Poliuretano

PVC (cloruro de polivinilo – altamente plastificado, con contenido de plastificador mayor que el 20 %) (raramente hallado)

SAN (Acrilonitrilo estireno)

SBR (Caucho de estireno-butadieno)

Grupo B:

Celulósicos (acetato de celulosa, butirato-acetato de celulosa, etil celulosa)

Caucho de cloropreno

Fluoroplásticos (ECTFE – copolímero etileno-clorotri-fluoro-etileno; ETFE – copolímero de etileno-tetrafluoroetileno; FEP – copolímero de etileno propileno fluorado)

Caucho natural (no expandido)

Nylon (nylon 6, nylon 6/6)

Caucho siliconado

Grupo C:

Fluoroplásticos (PCTFE – policlorotri-fluoro-etileno; PTFE-politetrafluoroetileno)

Melamina (melamina formaldehído)

Fenólico

PVC (cloruro de polivinilo – flexible – PVC con contenido de plastificador hasta el 20%)

PVDC (cloruro de polivinilideno)

PVDF (fluoruro de polivinilideno)

PVF (fluoruro de polivinilo)

Urea (urea formaldehído)

3.4 Sistemas de rociadores

Para los propósitos de la protección contra incendios, es un sistema integrado por tuberías, diseñado hidráulicamente, e instalada en una estructura generalmente elevada, a la cual se sujetan los rociadores en un patrón

sistemático. Cada sistema tiene una válvula de control y un dispositivo que acciona una alarma cuando el sistema está en funcionamiento.

3.4.1 Sistema de rociadores húmedos

Sistema de rociadores que emplea rociadores automáticos conectados a un sistema de tuberías que contiene agua y conectado a un abastecimiento de agua, de tal forma que el agua se descarga inmediatamente desde los rociadores abiertos por el calor de un incendio.

3.4.2 Sistema de rociadores secos

Sistema de rociadores que emplea rociadores automáticos que están conectados a un sistema de tuberías que contiene aire o nitrógeno bajo presión, cuya liberación (tal como ocurre en la apertura de un rociador), permite que la presión de agua abra una válvula conocida como válvula de tubería seca, y el agua fluye entonces dentro del sistema de tuberías y sale por los rociadores abiertos.

3.4.3 Sistema de diluvio

Sistema de rociadores que emplea rociadores abiertos, que están conectados a un sistema de tuberías que está conectado a un abastecimiento 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. Cuando esta válvula se abre, el agua fluye dentro del sistema de tuberías y se descarga desde todos los rociadores conectados al mismo.

3.4.4 Sistema combinado

Un sistema combinado consiste en un sistema de rociadores automáticos y un sistema de gabinetes alimentado por una misma red de tubería.

3.4.5 Sistema de rociadores en rejilla.

Es un sistema en el cual las tuberías principales transversales paralelas se conectan por medio de múltiples ramales. Un rociador en funcionamiento

recibirá agua desde ambos extremos de su ramal, mientras que otros ramales ayudaran a transferir agua entre las tuberías principales transversales.

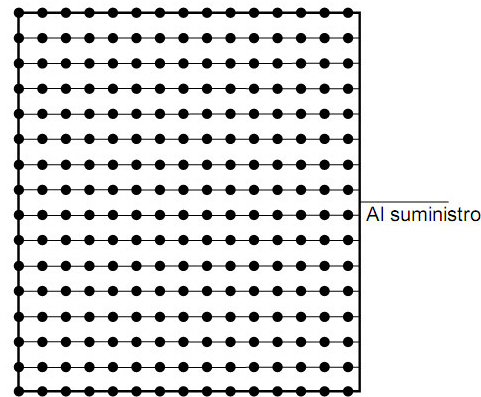


Figura 3.1 Sistema en Parrilla

3.4.6 Definición de los componentes del sistema

3.4.6.1 *Brazo horizontal*

Tubería horizontal que se extiende desde la línea ramal hasta un rociador único o hasta un rociador ubicado encima o debajo de un cielo raso.

3.4.6.2 *Líneas ramales*

Las tuberías que suplen a los rociadores, ya sea directamente o a través de montantes, tuberías descendentes, curvas de retorno o brazos horizontales.

3.4.6.3 *Tuberías principales transversales*

Las tuberías que alimentan a las líneas ramales, ya sea directamente o a través de tuberías de subida.

3.4.6.4 *Tuberías principales de alimentación*

Las tuberías que alimentan a las tuberías principales transversales, ya sea directamente o a través de tuberías de subida.

3.4.6.5 *Acople flexible listado para tuberías*

Acople o accesorio listado que permite el desplazamiento axial, la rotación y por lo menos 1 grado de movimiento angular de la tubería sin inducir daños

en la tubería. Para tuberías de 8 pulgadas (203.2 mm) de diámetro y más, se debe permitir un movimiento angular menor que 1 grado pero no menor que 0,5 grado.

3.4.6.6 *Niple montante*

Pieza vertical de tubería entre la línea principal y la línea ramal.

3.4.6.7 *Tuberías verticales o ascendentes*

Las tuberías verticales de alimentación en un sistema de rociadores.

3.4.6.8 *Montante*

Un caño que sube verticalmente y alimenta a un único rociador.

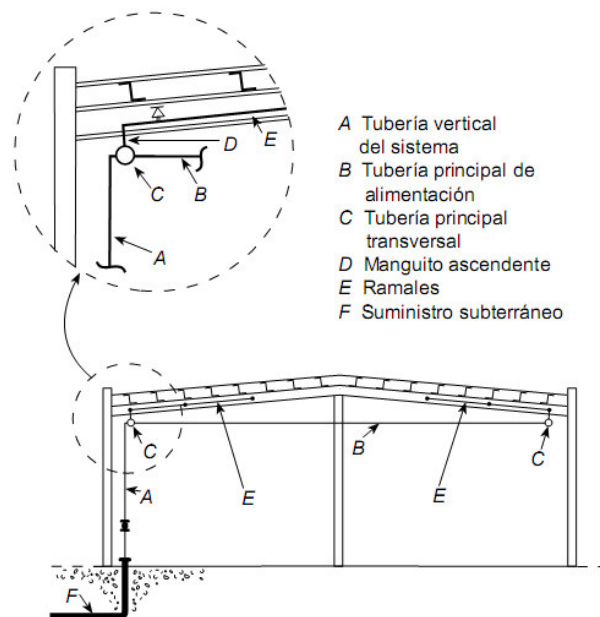


Figura3.2 Partes de un sistema de tuberías de rociadores

3.5 Rociadores

Un rociador es un dispositivo de supresión o control de incendios que opera automáticamente cuando su elemento termo-activado es calentado hasta o por encima de su clasificación térmica, permitiendo al agua descargarse sobre un área especificada.

3.5.1 Característica de los rociadores

Las siguientes son las características de un rociador que definen su capacidad para controlar o extinguir un incendio.

a) Sensibilidad térmica. Una medida de la rapidez con la que el elemento térmico opera cuando está instalado en un rociador o conjunto de rociador específico. Una medida de la sensibilidad térmica es el índice de tiempo de respuesta (RTI) medido bajo condiciones de pruebas estandarizadas.

(1) Los rociadores definidos como de respuesta rápida tienen un elemento térmico con un RTI de 50 (metros-segundos)^{1/2} o menor.

(2) Los rociadores definidos como de respuesta estándar poseen un elemento térmico con un RTI de 80 (metros-segundos)^{1/2} o mayor.

b) Temperatura de Activación.

c) Diámetro del orificio

d) Orientación de la instalación

e) Características de la distribución de agua (por ej.: tasa de aplicación, humedecimiento de la pared).

f) Condiciones de servicio especiales

3.5.2 Orientación de la instalación.

Los rociadores siguientes se definen de acuerdo con su orientación.

3.5.2.1 *Rociador oculto (Concealed Sprinkler).*

Rociador empotrado con placa de cubierta.

3.5.2.2 *Rociador para empotrar (Flush Sprinkler).*

Rociador en el que todo el cuerpo o una parte, incluyendo el extremo roscado, está montado por encima del plano inferior del cielo raso.

3.5.2.3 *Rociador colgante (Pendent Sprinkler).*

Rociador diseñado para ser instalados de tal manera que la corriente de agua se dirija hacia abajo contra el deflector.

3.5.2.4 *Rociador empotrado (Recessed Sprinkler).*

Rociador en el que todo el cuerpo o una parte, excluyendo el extremo roscado, está montado dentro de una caja empotrada.

3.5.2.5 *Rociador de pared (Sidewall Sprinkler).*

Rociador que tiene deflectores especiales que están diseñados para descargar la mayor parte del agua lejos de la pared adyacente, en un patrón similar a un cuarto de esfera, con una pequeña porción de la descarga dirigida hacia la pared detrás del rociador.

3.5.2.6 *Rociador montante (Up right Sprinkler).*

Rociador diseñado para ser instalado de tal forma que la descarga de agua se dirija hacia arriba contra el deflector.

3.5.3 Tipos de rociadores.

Los rociadores se definen de acuerdo con sus características de diseño y funcionamiento.

3.5.3.1 *Rociador de Supresión Temprana – Respuesta Rápida (ESFR).*

Tipo de rociador de respuesta rápida que cumple con los criterios del punto 3.5.1(a)(1) y que está listado por su capacidad de brindar supresión de incendios frente a riesgos de incendio específicos de alto desafío.

3.5.3.2 *Rociador de cobertura extendida (Extended Coverage Sprinkler).*

Tipo de rociador pulverizador con áreas de cobertura máxima, según lo especificado en las Secciones 8.8 y 8.9 de la NFPA 13.

3.5.3.3 *Boquillas (Nozzles).*

Dispositivo para uso en aplicaciones que requieren patrones de descarga de agua especiales, pulverización direccional u otras características de descarga inusuales.

3.5.3.4 *Rociador convencional/de estilo antiguo (OldStyle/Conventional Sprinkler).*

Rociador que dirige del 40 por ciento al 60 por ciento de la totalidad del agua inicialmente en dirección descendente y que está diseñado para ser instalado con el deflector ya sea en posición vertical o colgante.

3.5.3.5 *Rociador abierto (Open Sprinkler).*

Rociador que no cuenta con activadores ni elementos que respondan al calor.

3.5.3.6 *QR, Rociador de respuesta rápida (QR, Quick Response (QR) Sprinkler).*

Tipo de rociador pulverizador que cumple con los criterios de respuesta rápida del punto 3.5.1(a)(1) y que está listado como un rociador de respuesta rápida para su uso previsto.

3.5.3.7 *QRES, Rociador de respuesta rápida y supresión temprana (QRES, Quick Response Early Suppression (QRES) Sprinkler).*

Tipo de rociador de respuesta rápida que cumple con los criterios del punto 3.5.1(a)(1) y que está listado por su capacidad de brindar supresión de incendios frente a riesgos de incendio específicos.

3.5.3.8 *Rociador de respuesta rápida y cobertura extendida (Quick-Response Extended Coverage Sprinkler).*

Tipo de rociador de respuesta rápida que cumple con los criterios del punto 3.5.1(a)(1) y que cubre las áreas de protección extendida definidas en el Capítulo 8 de la NFPA 13.

3.5.3.9 *Rociador residencial (Residential Sprinkler).*

Tipo de rociador de respuesta rápida que cuenta con un elemento térmico con un índice de tiempo de respuesta (RTI, por sus siglas en inglés) de 50 (metros-segundos)^{1/2} o menos, que ha sido específicamente investigado por su

capacidad para incrementar la supervivencia en la sala donde se origina el incendio y que está listado para uso en la protección de unidades de vivienda.

3.5.3.10 Rociador pulverizador (*Spray Sprinkler*).

Tipo de rociador listado por su capacidad para brindar un control de incendios para una amplia gama de riesgos de incendio.

3.5.4 Clasificación de temperatura

Temperatura máxima en el cielo raso		Rango de temperatura		Clasificación de temperatura	Código de color	Colores de la ampolla de vidrio
°F	°C	°F	°C			
100	38	135–170	57–77	Ordinaria	Sin color o negro	Naranja o rojo
150	66	175–225	79–107	Intermedia	Blanco	Amarillo o verde
225	107	250–300	121–149	Alta	Azul	Azul
300	149	325–375	163–191	Extra alta	Rojo	Violeta
375	191	400–475	204–246	Extra muy alta	Verde	Negro
475	246	500–575	260–302	Ultra alta	Naranja	Negro
625	329	650	343	Ultra alta	Naranja	Negro

Tabla 3.1 Rangos de Temperatura, Clasificación y Códigos de Color

3.5.5 Características de descarga de los rociadores

El caudal de un rociador está definido a través de un factor desarrollado para ramales o partes de los sistemas por la siguiente fórmula:

$$Q = K\sqrt{P}$$

Donde:

: caudal del rociador (gpm)

: coeficiente de descarga del rociador (gpm/psi^{1/2})

: presión (psi)

Factor K nominal [gpm/(psi) ^{1/2}]	Factor K nominal [L/min/(bar) ^{1/2}]	Rango del factor K [gpm/(psi) ^{1/2}]	Rango del factor K [L/min/(bar) ^{1/2}]	Porcentaje de descarga del factor K-5.6 nominal	Tipo de rosca
1.4	20	1.3–1.5	19–22	25	NPT de ½ pulg.
1.9	27	1.8–2.0	26–29	33.3	NPT de ½ pulg.
2.8	40	2.6–2.9	38–42	50	NPT de ½ pulg.
4.2	57	4.0–4.4	59–64	75	NPT de ½ pulg.
5.6	80	5.3–5.8	76–84	100	NPT de ½ pulg.
8.0	115	7.4–8.2	107–118	140	NPT de ¾ pulg. o NPT de ½ pulg.
11.2	160	10.7–11.7	159–166	200	NPT de ½ pulg. o NPT de ¾ pulg.
14.0	200	13.5–14.5	195–209	250	NPT de ¾ pulg.
16.8	240	16.0–17.6	231–254	300	NPT de ¾ pulg.
19.6	280	18.6–20.6	272–301	350	NPT de 1 pulg.
22.4	320	21.3–23.5	311–343	400	NPT de 1 pulg.
25.2	360	23.9–26.5	349–387	450	NPT de 1 pulg.
28.0	400	26.6–29.4	389–430	500	NPT de 1 pulg.

Tabla3.2 Identificación de las características de descarga de los rociadores

3.5.6 Distancia entre rociadores

Para rociadores estándar colgante y montante deberán espaciarse no menos de 1.80m y no más de 4.6 m medidos desde el centro del rociador para riesgo ligero y riesgo ordinario; para riego extra los rociadores deberán espaciarse no menos de 1.80m y no más de 3.7 m medidos desde el centro del rociador.

Para rociadores pared de rociado estándar deberán espaciarse no menos de 1.80m y no más de 4.2 m medidos desde el centro del rociador para riesgo ligero y no menos de 1.80m y no más de 3.0 m para riesgo ordinario.

Para rociadores de pared de cobertura extendida deberán espaciarse no menos de 3.45 m y no más de 8.5 m medidos desde el centro del rociador para riesgo ligero y no menos de 3.45m y no más de 7.3m para riesgo ordinario

Para rociadores ESFR deberán espaciarse no menos de 2.4m y no más de 3.7m medidos desde el centro del rociador y deben cumplir con la siguiente tabla:

Tipo de construcción	Alturas de cielo raso/ techo hasta 30 pies				Alturas de cielo raso/techo por encima de 30 pies			
	Área de protección		Espaciamiento		Área de protección		Espaciamiento	
	pies ²	m ²	pies	m	pies ²	m ²	pies	m
Incombustible, sin obstrucciones	100	9.3	12	3.7	100	9.3	10	3.1
Incombustible, con obstrucciones	100	9.3	12	3.7	100	9.3	10	3.1
Combustible, sin obstrucciones	100	9.3	12	3.7	100	9.3	10	3.1
Combustible, con obstrucciones	N/A		N/A		N/A		N/A	

Tabla 3.3 Áreas de protección y espaciamiento máximos para rociadores ESFR

3.6 Gabinetes

3.6.1 Gabinetes Clase I

Un sistema Clase I debe proveer conexiones de manguera de 2½ pulgadas (65 mm) para suministrar agua para uso por cuerpos de bomberos y aquellos entrenados en el manejo de chorros de incendio pesados.

3.6.2 Gabinetes Clase II

Un sistema Clase II debe proveer estaciones de manguera de suministro de agua para uso por personal entrenado de 1½ pulgadas (40 mm) o una conexión de manguera para bomberos durante la respuesta inicial.

3.6.3 Gabinetes Clase III

Un sistema Clase III debe estar provisto de estaciones de manguera de 1½ pulgadas (40 mm) para suministrar agua para uso por personal entrenado y conexiones de manguera de 2½ pulgadas (65 mm) para suministrar un gran volumen de agua para uso por cuerpos de bomberos y aquellos entrenados en el manejo de chorros de incendio pesados.

3.6.4 Presión mínima

Los sistemas de gabinetes diseñados hidráulicamente deben estar proyectados para proveer la tasa de flujo de agua requerida por la Sección 3.6.5 a una presión residual mínima de 100 psi (6.9 bares) en la salida de la conexión de

manguera de 2½ pulgadas (65 mm) hidráulicamente más remota y 65 psi (4.5 bares) en la salida de la estación de manguera de 1½ pulgadas (40 mm) hidráulicamente más remota.

3.6.5 Tasa de flujo

Para sistemas Clase I y Clase III, la tasa de flujo mínimo para la tubería vertical hidráulicamente más remota debe ser de 500 gpm (1893 L/min), a través de dos salidas de 2 ½ pulgadas (65 mm). Para sistemas Clase II, la tasa de flujo mínima para la conexión de manguera hidráulicamente más remota debe ser 100 gpm (379 L/min).

3.7 Válvulas

Todas las válvulas que controlan conexiones a suministros de agua y a tuberías de suministro para rociadores deben ser válvulas indicadoras listadas UL (Underwriters Laboratory), no deben cerrar en menos de 5 segundos cuando son operadas a la máxima velocidad posible desde la posición completamente abierta.

3.7.1 Válvula de compuerta (OS&Y)

La válvula de compuerta es de vástago ascendente y se utilizan cuando se requiere un cierre seguro y una indicación visual de la posición de apertura y cierre, deben ser listadas UL para uso en sistemas contraincendios y se las conoce como válvulas os&y por las iniciales del inglés outside screw and yoke (de tornillo y yugo exterior).

3.7.2 Válvula Check

Es una válvula antiretorno llamada también válvula de retención, es un tipo de válvula que permite al fluido fluir en una dirección pero cierra automáticamente para prevenir flujo en la dirección opuesta y permite mantener la red contraincendios presurizada. Debe ser listada UL para uso en sistemas contraincendios.

3.7.3 Válvula Angular

Es una válvula con entrada hembra NPT y salida macho NST en 90° se utiliza en la apertura del flujo de agua para mangueras contraincendios ubicadas en gabinetes de despliegue rápido, también se utilizan como conexión para toma de agua por bomberos, deben ser listado UL y aprobado FM para uso en sistemas contraincendios.

3.7.4 Válvula Mariposa

Es un tipo de válvula que posee una lámina movable conocida como mariposa que abre, cierra u obstruye en forma parcial los conductos, para sistemas contraincendios deben ser listadas UL y supervisadas.

3.8 Tuberías

Las tuberías para uso en sistemas contraincendios deben ser de acero cedula 40 y deben de cumplir con cualquiera de las normas de fabricación de acuerdo a la siguiente tabla.

DESCRIPCIÓN	ESTÁNDAR
Tubería de acero soldado o sin costura, negro o galvanizado por inmersión en baño caliente, para uso en sistemas contra incendio.	ASTM A795
Tubería de acero soldado o sin costura	ANSI / ASTM A53
Tubería de acero forjado (wrought steel pipe)	ANSI B36.10M
Tubería de acero electro soldada	ASTM A135
Tubería de cobre sin costura	ASTM B75
Tubería de cobre sin costura para agua	ASTM B88
Tubería de cobre forjado sin costura y tubería de aleación de cobre	ASTM B251
Fundentes para soldadura de tubería de cobre y de aleación de cobre	ASTM B813
Material de aporte para soldadura de cobre	AWS A5.8

3.9 Accesorios

Los accesorios para sistemas contraincendios pueden ser de hierro dúctil para 6" y menores o hierro colado para 2" y menores cuando las presiones no superen los 300psi (20.7Bar). Para otros accesorios que no cumplan con estos requisitos deberán ser extra pesados cuando las presiones sean mayores a 175psi (12.1Bar). Los accesorios utilizados en sistema de rociadores deberán cumplir o superar las normas indicadas en la siguiente tabla:

MATERIAL	ACCESORIOS	ESTÁNDAR
Hierro fundido (ASTM A126)	Accesorios roscados clase 125 y 250	ASME B16.4
	Bridas y accesorios bridados	ASME B16.1
Hierro maleable (ASTM A197)	Accesorios roscados clase 150 y 300	ASME B16.3
Acero (ASTM A234)	Accesorios soldables a tope de acero forjado en fábrica	ASME B16.9
	Accesorios soldables de extremos para tubos, válvulas, bridas y accesorios	ASME B16.25
	Accesorios forjados de acero al carbono y aleaciones para temperaturas medias y altas	ASTM A234
	Bridas de acero y accesorios bridados	ASME B16.5
	Accesorios de acero forjado, salidas soldables y roscadas	ASME B16.11
Bronce y cobre	Accesorios de cobre forjado de embone a presión y estañados	ASME B16.22
	Accesorios de bronce fundido y estañados	ASME B16.18

3.10 Colgadores, soportes & protección contra sismos

Por colgador se entiende un elemento cuya función es soportar el peso de la tubería llena de agua, sin restricciones contra movimientos laterales, por lo tanto la tubería colgada puede oscilar. Un soporte es un elemento que restringe los movimientos horizontales de la tubería colgada y transmite las fuerzas generadas a elementos estructurales del edificio, capaces de resistirlas. Un soporte de ramal es un elemento menos exigente que un

soporte y cuya finalidad es restringir los movimientos laterales de los ramales.

Todos los colgadores, soportes y formas de instalación están especificados con bastante detalle en el Capítulo 9 del estándar NFPA 13. Todos los colgadores y soportes empleados están certificados por UL y se instalan según las restricciones de dicha certificación. Se permite fabricar colgadores y soportes de acero siempre y cuando estos colgadores y soportes cuenten con la certificación de un profesional colegiado, soporten 5 veces el peso de la tubería llena de agua más 114 Kg estén instalados en puntos de la estructura que puedan soportar esta carga, no se exceda la máxima distancia permitida entre colgadores especificada en la tabla 3.4, que sean metálicos y, con protección anticorrosiva.

	Diámetro nominal del tubo (mm)											
	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150	200
Tubo de acero, excepto de pared delgada roscado	N/A	3.66	3.66	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57
Tubo de acero de pared delgada roscado	N/A	3.66	3.66	3.66	3.66	3.66	3.66	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tubo de cobre	2.44	2.44	3.05	3.05	3.66	3.66	3.66	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57
Polibutileno (IPS)	1.68	1.83	1.98	2.13	2.44	2.74	3.05	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tubo de hierro dúctil	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4.57	N/A	4.57	N/A	4.57	4.57

Nota: IPS hierro – diámetro del tubo; CTS – diámetro de la tubería de cobre.

Tabla 3.4 Distancia máxima entre soportes

La protección contra sismos está dada por la combinación de soportes en 2 y 4 sentidos con acoplamientos flexibles, permitiendo que en un sismo la tubería siga el desplazamiento del edificio sin forzarse. La disposición de soportes y acoplamientos flexibles debe respetarse estrictamente y no deben ser modificadas sin la autorización del proyectista.

3.11 Detector de flujo

Es un dispositivo que se instala en la tubería capaz de detectar un flujo sostenido de 37,85 lpm (10 gpm) e inicialmente es regulado a un tiempo de retardo de 10 segundos antes que reporten la alarma. Debe ser listado para sistemas contraincendios.

3.12 Conexión de inyección de agua

Es un dispositivo de conexión, mediante el cual las unidades del cuerpo de bomberos suministran agua al interior de las tuberías de las redes de agua contraincendios, sistemas de rociadores o cualquier otro sistema de extinción de incendios en base a agua, de forma de suministrar un caudal adicional de agua para la extinción de un incendio, deberá tener al menos 2 conexiones de 65mm (2½”) de rosca continua NHS, entre la conexión de bomberos y el sistema contraincendios se instala una válvula check listada UL en sentido contrario al flujo del sistema privado contraincendios.

3.13 Bombas contra incendios

Las bombas contra incendios son del tipo centrifugas verticales y horizontales, también se emplean las bombas de tipo turbina vertical y para sistemas de espuma están permitidas las bombas de desplazamiento positivo, las bombas contraincendios deben estar listadas por un laboratorio de pruebas. Las bombas centrifugas contra incendios deberán tener una capacidad nominal en gpm identificadas en la tabla 3.5 y deberán estar clasificadas para presiones netas de 40 psi (2.7 Bar) o más.

gpm	L/min.	gpm	L/min.
25	95	1,000	3,785
50	189	1,250	4,731
100	379	1,500	5,677
150	568	2,000	7,570
200	757	2,500	9,462
250	946	3,000	11,355
300	1,136	3,500	13,247
400	1,514	4,000	15,140
450	1,703	4,500	17,032
500	1,892	5,000	18,925
750	2,839		

Tabla 3.5 Capacidades de bombas contra incendios centrifugas listadas

3.13.1 Bomba principal

La bomba contra incendios deberá proporcionar no menos del 150% de capacidad nominal a no menos de 65% de la presión total clasificada, la

presión de cierre no deberá exceder el 140% de la presión clasificada para cualquier clase de bomba. Las bombas contra incendios deben ser de succión positiva.

3.13.1.1 Curva característica de la bomba

Las bombas listadas pueden tener diferentes formas de la curva de capacidad del cabezal para una determinada clasificación. La Figura 3.3 ilustra los extremos de las probables formas de la curva. El cabezal de cierre estará en un rango comprendido entre un mínimo de 101 por ciento y un máximo de 140 por ciento de la cabeza nominal. Al 150 por ciento de la capacidad nominal, el cabezal podrá variar de un mínimo del 65 por ciento a un máximo apenas inferior a la cabeza nominal. Los fabricantes de bombas podrán proveer las curvas esperadas para sus bombas listadas.

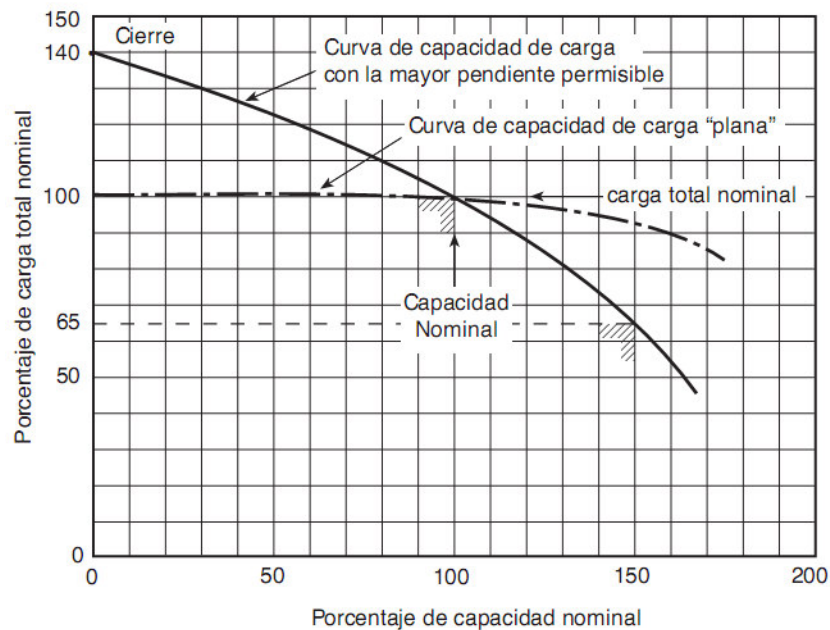


Figura 3.3 Curva característica de la bomba

3.13.1.2 Altura de elevación total

La presión total se calcula restando la energía del líquido al entrar de la energía del líquido que sale. Por lo tanto, la altura de elevación total (H) de la bomba se calcula por esta fórmula:

$$H = h_d + h_{Vd} - h_s - h_{Vs}$$

Donde:

- : Altura total (m)
- : Altura de impulsión (m)
- : Altura de velocidad de descarga, altura cinética (m)
- : Altura de aspiración (m)
- : Altura cinética de aspiración (m)

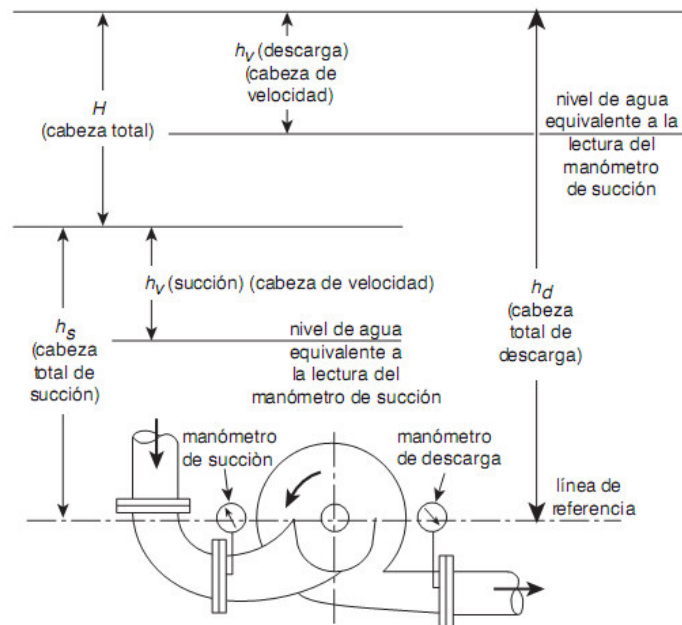
Los valores de las presiones se leen en los manómetros acoplados a las bridas o aletas de entrada y salida. La altura cinética (presión debida a la velocidad) debe calcularse en base al volumen de líquido que pasa por las secciones de las bridas.

$$h_V = \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

V: Velocidad media

g: Aceleración de la gravedad



Nota: instalación con cabeza de succión sobre la presión atmosférica de muestra

Figura 3.4 Altura total para todos los tipos de bombas contra incendios centrífugas

3.13.2 Bomba Jockey

La bomba jockey es una bomba que se utiliza para mantener la presión del sistema contra incendios cuando se presenta pérdida de presión, no requiere ser listada, y su funcionamiento compensa los decrementos de presión impidiendo que la bomba principal se encienda ante fugas o pérdidas de presión mínimos.

3.14 Abastecimiento de agua

Las instalaciones de almacenamiento de agua y abastecimiento por aspiración, en su sentido más amplio, abarcan cualquier masa de agua disponible como fuente de suministro, tanto si está contenida por una barrera artificial como natural. Los depósitos de almacenamiento de agua elevados o a ras de tierra son los más usuales en sistemas contra incendios.

El agua a utilizar en las instalaciones contra incendios es por lo general agua dulce y limpia. Cuando el sistema contra incendios entra en operación, el funcionamiento del abastecimiento de agua debe ser automático y autónomo de otros sistemas, las válvulas de corte existen en un abastecimiento de agua permanecen en posición abierta y deben ser supervisadas con un sistema de detección o con cadena y candado. El abastecimiento de agua no puede ser afectado por bajas temperaturas, deberá garantizarse que la temperatura sea superior a 4°C en cualquier parte de los componentes del sistema (tuberías, tanque de almacenamiento, cuarto de bombas, etc.).

CAPÍTULO IV: DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS.

4.1 Requerimientos de diseño.

Los almacenes de AUSA Operadores Logísticos S.A. está ubicado en la Av. Oquendo Mz. B lote 1, 2 y 3 fondo Oquendo del distrito de Ventanilla – Callao. La estructura es de acero y su uso principal es el de almacenar productos de diversa clase que sirven para albergar mercadería como depósito aduanero con las características siguientes:

Altura del cielo raso de la edificación = 14.5 m

Altura de almacenamiento en racks = 12.6 m

Productos a almacenar de todo tipo, entonces se puede considerar que se tendrán materiales no combustibles a altamente combustibles.

La clasificación de almacenaje corresponde a una mercancía clase IV Según norma NFPA 13 capítulo 16, Protección de Mercancías de Clase I a clase IV que están almacenados en estanterías.

Requiere una protección con rociadores automáticos y mangueras contra incendios.

4.2 Procedimiento de cálculo

Podemos aplicar los dos métodos especificados, el modo de control y el modo de supresión.

4.2.1 Modo de control

Sistema de rociadores diseñado para controlar el fuego, es decir evitar que el mismo se propague y que el fuego inicial existente se apague ya sea por consumo de los materiales inicialmente comprometidos, o por la ayuda manual de los bomberos. El modo de control implica que el fuego no se podrá propagar a otros racks o a través de pasillos, el sistema no necesariamente debe apagar el fuego pero si controlarlo.

De la NFPA 13 Capítulo 16 “Protección de Mercancías de Clase I a Clase IV que están Almacenadas en Estanterías” numeral 16.3.1 “Criterios de protección con rociadores de modo de control densidad – área para el almacenamiento en estanterías de mercancías clase I a clase IV almacenadas por encima de 25pies (7.6m) de altura”. Y del numeral 16.3.1.1 “Para las estanterías de una y doble fila, la demanda de agua para el almacenamiento no encapsulado sin estantes macizos separado por pasillos de por lo menos 4 pies (1.2m) de ancho y con no más de 10pies (3.1m) entre la parte superior del almacenamiento y los rociadores, deberá basarse en rociadores en una área de operación de 2000pies² (186m²), que descargan un mínimo de 0.25gpm/pie² (10.2mm/min) para mercancías clase I, 0.3gpm/pie² (12.2mm/min) para mercancías clases II y III, y 0.35gpm (14.3mm/min) para mercancías clase IV para rociadores con clasificación de temperatura ordinaria o un mínimo de 0.35gpm/pie² (14.3 mm/min) para mercancías clase I, 0.4gpm/pie² (16.3mm/min) para mercancías clases II y III, y 0.45gpm/pie² (18.3 mm/min) para mercancías clase IV para rociadores con clasificación de temperatura alta. (Ver la tabla 16.3.1.1)”.

Entonces la densidad de diseño será 0.35gpm/pie², sobre un área de 2000pie², adicionalmente se debe considerar la instalación de dos niveles de rociadores por cada rack con una descarga de 30gpm por cada rociador de acuerdo a la tabla 16.3.3.1 de la NFPA 13.

Según NFPA 13 Capítulo 12, numeral 12.6.3 Para densidades de diseño requeridas mayores que 0.34gpm/pie² (13.9mm/min), deberán utilizarse rociadores de respuesta normalizada con un factor K nominal de 11.2 (161) o más que estén listados para aplicaciones de almacenamiento.

De acuerdo al numeral 16.2.4.3.1 (4) la demanda de agua para rociadores en estanterías debe basarse en la operación simultánea de 14 rociadores hidráulicamente más remotos cuando más de un nivel está instalado en estanterías con mercancía Clase IV.

Tabla 16.3.1.1 Estanterías de doble fila sin estantes macizos, de mercancías Clase I a Clase IV almacenadas por encima de 25 pies (7.6 m) de altura, pasillos de 4 pies (1.2 m) de ancho o más

Clase de mercancía	Espaciado vertical aproximado de los rociadores en estanterías en la hilera más cercana a la distancia vertical y el espaciado horizontal máximo ^{a,b,c}		Figura	Altura máxima de almacenamiento	Escalonado	Área de operación del rociador de techo		Densidad de los rociadores de techo para espacio libre hasta 10 pies (3.1 m) ^{e,h,i}			
	Espacio de flujo longitudinal ^d	Cara ^{e,f}				pies ²	m ²	Temperatura ordinaria		Temperatura alta	
								gpm/pie ²	mm/min	gpm/pie ²	mm/min
I	Vertical 20 pies (6.1 m) horizontal 10 pies (3.1 m) bajo barreras horizontales	Ninguna	16.3.4.1.1(a)	30 pies (9.1 m)	No	2000	186	0.25	10.2	0.35	14.3
	Vertical 20 pies (6.1 m) horizontal 10 pies (3.1 m)	Vertical 20 pies (6.1 m) horizontal 10 pies (3.1 m)	16.3.4.1.1(b)	Mayor que 25 pies (7.6 m)	Sí			0.25	10.2	0.35	14.3
I. II. III	Vertical 10 pies (3.1 m) o a 15 pies (4.6 m) y 25 pies (7.6 m)	Ninguna	16.3.4.1.1(c)	30 pies (9.1 m)	Sí	2000	186	0.3	12.2	0.4	16.3
	Vertical 10 pies (3.1 m) horizontal 10 pies (3.1 m)	Vertical 30 pies (9.1 m) horizontal 10 pies (3.1 m)	16.3.4.1.1(d)	Mayor que 25 pies (7.6 m)	Sí			0.3	12.2	0.4	16.3
	Vertical 20 pies (6.1 m) horizontal 10 pies (3.1 m)	Vertical 20 pies (6.1 m) horizontal 5 pies (1.5 m)	16.3.4.1.1(e)		Sí			0.3	12.2	0.4	16.3
	Vertical 25 pies (7.6 m) horizontal 5 pies (1.5 m)	Vertical 25 pies (7.6 m) horizontal 5 pies (1.5 m)	16.3.4.1.1(f)		No			0.3	12.2	0.4	16.3
	Barreras horizontales a 20 pies (6.1 m) Intervalos verticales – 2 líneas de rociadores debajo de las barreras – espaciado horizontal máximo 10 pies (3.1 m), escalonados		16.3.4.1.1(g)		No			0.3	12.2	0.4	16.3
I. II. III. IV	Vertical 15 pies (4.6 m) horizontal 10 pies (3.1 m)	Vertical 20 pies (6.1 m) horizontal 10 pies (3.1 m)	16.3.4.1.1(h)	Mayor que 25 pies (7.6 m)	Sí	2000	186	0.35	14.3	0.45	18.3
	Vertical 20 pies (6.1 m) horizontal 5 pies (1.5 m)	Vertical 20 pies (6.1 m) horizontal 5 pies (1.5 m)	16.3.4.1.1(i)		No			0.35	14.3	0.45	18.3
	Barreras horizontales a 15 pies (4.6 m) Intervalos verticales – 2 líneas de rociadores debajo de las barreras – espaciado horizontal máximo 10 pies (3.1 m), escalonados		16.3.4.1.1(j)		No			0.35	14.3	0.45	18.3

^a Descarga mínima de rociadores en estanterías, 30 gpm (114 L/min).

^b Se requieren escudos de agua.

^c Todas las dimensiones de los espaciados de los rociadores en estanterías comienzan desde el piso.

^d Instale los rociadores por lo menos a 3 pul (76.2 mm) de los montantes.

^e No deben requerirse rociadores frontales para una mercancía Clase I consistente en productos incombustibles sobre palés de madera (sin contenedores combustibles), excepto para los ordenamientos mostrados en la Figura 16.3.4.1.1(g) y la Figura 16.3.4.1.1(j).

^f En la Figura 16.3.4.1.1(a) a la Figura 16.3.4.1.1(j), cada cuadrado representa un cubo de almacenamiento que mide entre 4 pies y 5 pies (1.2 m y 1.5 m) de lado. Las alturas reales de carga pueden variar desde aproximadamente 18 pulg. hasta 10 pies (0.46 m a 3.1 m). Por lo tanto, podría haber desde sólo una carga o hasta seis o siete cargas entre los rociadores en estanterías que están espaciados verticalmente 10 pies (3.1 m).

^g Para la mercancía encapsulada, incremente la densidad en un 25 por ciento.

^h El espacio libre es la distancia entre la parte superior del almacenamiento y el techo.

ⁱ Ver A.16.1.9 para las recomendaciones sobre protección cuando el espacio libre es mayor que 10 pies (3.1 m).

4.2.2 Modo de supresión

El concepto de supresión fue introducido con los rociadores (ESFR) Early Suppression Fast Response Sprinkler; que fueron desarrollados para lograr la

extinción de fuego en almacenes, este método implica que el sistema tiene la capacidad de extinguir el fuego, no solamente controlarlo.

De la NFPA 13 numeral 16.3.3.1 " *La protección del almacenamiento en estanterías de una, doble y múltiple fila clase I a clase IV deberá estar de acuerdo con la tabla 16.3.3.1* "

Tabla 16.3.3.1 Protección ESFR del almacenamiento en estanterías sin estantes macizos de mercancías Clase I a Clase IV almacenadas por encima de 25 pies (7.6 m) de altura

Disposición del almacenamiento	Mercancía	Altura máxima del almacenamiento		Altura máxima del techo/ cielo raso		Factor K nominal	Orientación	Presión mínima de operación		Requisitos de rociadores en estanterías	Demanda de chorro de mangueras		Duración del abastecimiento de agua (horas)
		pies	m	pies	m			psi	bar		gpm	L/min	
Estantería de una fila, fila doble y fila múltiple (sin contenedores con parte superior abierta)	Clase I, II, III, o IV, encapsulada o no encapsulada	30	9.1	35	10.7	14.0 (201)	Montante o colgante	75	5.2	No	250	946	1
						16.8 (242)	Montante o colgante	52	3.6	No			
						22.4 (322)	Colgante	40	2.8	No			
						25.2 (363)	Colgante	20	1.4	No			
				14.0 (201)	Colgante	75	5.2	No					
				16.8 (242)	Colgante	52	3.6	No					
				22.4 (322)	Colgante	40	2.8	No					
				25.2 (363)	Colgante	20	1.4	No					
				14.0 (201)	Colgante	90	6.2	Si					
				16.8 (242)	Colgante	63	4.4	Si					
				22.4 (322)	Colgante	40	2.8	No					
				25.2 (363)	Colgante	40	2.8	No					
		35	10.7	40	12.2	14.0 (201)	Colgante	75	5.2	No			
						16.8 (242)	Colgante	52	3.6	No			
						22.4 (322)	Colgante	40	2.8	No			
						25.2 (363)	Colgante	20	1.4	No			
				14.0 (201)	Colgante	90	6.2	Si					
				16.8 (242)	Colgante	63	4.4	Si					
				22.4 (322)	Colgante	40	2.8	No					
				25.2 (363)	Colgante	40	2.8	No					
		40	12.2	45	3.7	14.0 (201)	Colgante	90	6.2	Si			
						16.8 (242)	Colgante	63	4.4	Si			
						22.4 (322)	Colgante	40	2.8	No			
						25.2 (363)	Colgante	40	2.8	No			

Del numeral 16.3.3.4 el área de diseño deberá consistir en el área de 12 rociadores con mayor demanda hidráulica, consistente en cuatro rociadores en cada uno de los ramales.

4.2.1 Calculo teórico

Modo de control

Demanda = caudal de rociadores en techo + caudal de rociadores en rack + asignación de mangueras

$$Q = DxA + N^{\circ} \text{ de rociadores} \times q_{ir} + q_m$$

Donde:

: Demanda del sistema

: Densidad de diseño de rociadores en techo

: Área de diseño

: Cantidad de rociadores hidráulicamente más desfavorable = 14

: Caudal de rociador in-rack

: Caudal por mangueras

De la tabla 16.3.1.3 tenemos que la asignación de mangueras es de 500gpm y una autonomía de 120 minutos

Tabla 16.3.1.3 Asignación para el chorro de manguera y requisitos de duración del suministro de agua para el almacenamiento en estanterías de mercancías Clase I a Clase IV almacenadas por encima de 25 pies (7.6 m) de altura

Clasificación de la mercancía	Altura del almacenamiento		Manguera interna		Total combinado de la manguera interna y externa		Duración (minutos)
	pies	m	gpm	L/min	gpm	L/min	
Clase I, II y III	>25	>7.6	0, 50, o 100	0, 190, 380	500	1900	90
Clase IV	>25	>7.6	0, 50, o 100	0, 190, 380	500	1900	120

Reemplazando datos tenemos:

$$Q = \frac{0.35gpm}{pie^2} \times 2000pie^2 + 14 \times 30gpm + 500gpm = 1620gpm$$

Modo de supresión

Demanda = caudal de rociadores en techo + caudal de rociadores en rack +
asignación de mangueras

$$Q = N_t \times D \times K + N_{ir} \times q_{ir} + q_m$$

Donde:

: demanda del sistema

: cantidad de rociadores hidráulicamente más desfavorable en techo= 12

: densidad de diseño de rociadores en techo

: coeficiente de descarga de rociador

: cantidad de rociadores in-rack = 14

: caudal de rociador in-rack

: caudal por mangueras

De la tabla 16.3.3.1 tenemos que la asignación de mangueras es 250 gpm y una autonomía de 60 minutos.

Ahora bien los requisitos de la tabla 16.3.3.1 solo son aplicables para una altura de almacenamiento de 12.2 m y una altura máxima del techo de 13.7m; dado que nuestras dimensiones superan las máximas alturas permitidas, debemos de buscar un rociador que este listado para alturas de almacenamiento hasta 13m y altura del cielo raso de 14.5m.

De la ficha técnica del rociador modelo HL22 de la marca Reliable tenemos las especificaciones del rociador ESFR:

“debe instalarse de acuerdo con los criterios de rociadores aplicación específicos que se hace referencia en la norma NFPA 13. Este rociador está destinado a la protección de la Clase I a IV de Productos Básicos y cartones no expandidas plásticos Grupo A o B. El almacenamiento puede ser apilado y paletizado sólido, una hilera de estructura abierta y de doble fila para alturas de almacenamiento a 43 pies. (13m) en edificios con techos de 48 pies. (14.6m) de alto y mínimo de 8 pies. (2,4 m) Anchura del pasillo.

Datos de diseño rociador HL22:

$$K=22.4$$

Presión mínima de operación $P = 55\text{psi}$

Reemplazando datos tenemos:

$$Q = 12x \frac{22.4\text{gpm}}{\text{psi}^{\frac{1}{2}}} x \sqrt{55\text{psi}} + 250\text{gpm} = 2243.47\text{gpm}$$

Comparación:

Modo	Caudal Teórico	Autonomía	Capacidad de tanque	Rociador in-rack	Presión por rociador
Control	1620 gpm	120 min	194400 gal	Si	49 psi
Supresión	2243 gpm	60 min	134580 gal	No	55 psi

Del cuadro comparativo determinamos que nuestro modo de diseño es el de supresión ya que si bien el caudal teórico es mayor que el requerido en el modo de control, con el método de supresión seleccionado no se requiere rociadores in-rack y la capacidad de la cisterna es mucho menor ya que la autonomía requerida es la mitad de la autonomía del modo de control.

4.3 Autonomía y capacidad de cisterna de agua contra incendios

Seleccionado el modo de supresión de incendios determinamos que la autonomía del sistema a diseñar es de 60 minutos de acuerdo a la tabla 16.3.3.1 de la NFPA 13 con el cual determinamos la capacidad teórica de la cisterna contra incendios.

$$Q = 12x \frac{22.4\text{gpm}}{\text{psi}^{\frac{1}{2}}} x \sqrt{55\text{psi}} + 250\text{gpm} = 2243.5\text{gpm}$$

capacida de cisterna (Vol) = Caudal (Q) x autonomia(t)

$$Vol = 2243.5gpm \times 60 \text{ min} \times \frac{3.785l}{1gln} \times \frac{1m^3}{1000l} = 509.5 m^3$$

La cisterna contra incendios será de tipo metálico y se ubicará en el centro de la propiedad debido a que se tendrá prevista la ampliación de dichos almacenes en un futuro próximo. El abastecimiento de agua a la cisterna se realizará a través de un pozo ubicado en la misma propiedad con la instalación de una bomba de tipo turbina vertical, que suministrará el agua cuando sea requerido, su operación será de forma manual y estará a cargo del área de seguridad de los almacenes.

4.4 Cálculos hidráulicos con software PIPE FLOW EXPERT

Pipe Flow Expert es una aplicación de software para el diseño y análisis de redes de tuberías complejas donde los flujos y presiones deben ser equilibrados para resolver el sistema. Los factores de fricción se calculan utilizando la ecuación de Colebrook -White. Las pérdidas de carga se calculan utilizando el método de Darcy-Weisbach, que proporciona resultados precisos para fluidos no compresibles, incluyendo la mayoría de los fluidos de proceso. Utiliza un enfoque de dos etapas para calcular un estado de flujo constante de equilibrio para un sistema. Se obtiene una solución aproximada inicial utilizando métodos de la teoría lineal y un enfoque iterativo para ajustar las velocidades de flujo hasta que se logre un equilibrio de presión aproximada. Un enfoque alternativo es el uso de estimaciones para las salidas de caja y de utilizar estas estimaciones para establecer un caudal inicial en cada tubo, con el total de flujo de entrada a cada punto que coincide con el total del flujo de salida de cada punto de unirse a unirse. Las estimaciones iniciales de flujo es poco probable que dé un resultado equilibrado de la presión en todo el sistema y deben refinarse adicionalmente utilizando un enfoque iterativo para ajustar las velocidades de flujo hasta que se logre un equilibrio de presión aproximada. Pipe Flow Expert define los elementos del sistema de tuberías en una serie de ecuaciones matriciales y utiliza el método

de Newton para ajustar las estimaciones de la tasa de flujo en cada tubo. Una vez que se ha obtenido una solución aproximada, los resultados se refinan usando una variación del método de Newton para garantizar la convergencia hasta que se obtiene un resultado de presión equilibrada. Una tolerancia de balance de flujo y una tolerancia de equilibrio de presión aproximada se utilizan para permitir que Pipe Flow Expert pueda encontrar una solución aproximada rápidamente. Esta solución aproximada se refina hasta que el sistema se resuelve dentro de la tolerancia de equilibrio de presión final. El flujo y las tolerancias de equilibrio de presión y el número máximo de iteraciones permitidas, han sido cuidadosamente seleccionados para ofrecer el mejor rendimiento general en la búsqueda de una solución. Se recomienda que estos valores no se cambien, como la mayoría de los sistemas van a resolver sin ajuste de estos parámetros.

Pipe Data

Pipe I d	Pipe Name and Notes	Material	Length m	Flow US gpm	Velocity m / se c	Entry Pressure psi . g	Exit Pressure psi . g
1	P1	10 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.000	2,002.100	2.4830	130.09500	129.82910
2	P2	8 " Steel (ANSI) Sch. 40	0.900	2,002.100	3.9140	129.82910	128.01700
3	P3	8 " Steel (ANSI) Sch. 40	1.160	2,002.100	3.9140	128.01700	127.61070
4	P4	8 " Steel (ANSI) Sch. 40	58.300	2,002.100	3.9140	127.61070	122.46710
5	P5	8 " Steel (ANSI) Sch. 40	65.000	2,002.100	3.9140	122.46710	115.68180
6	P6	8 " Steel (ANSI) Sch. 40	13.600	2,002.100	3.9140	115.68180	114.08880
7	P7	8 " Steel (ANSI) Sch. 40	12.570	2,002.100	3.9140	114.08880	94.73820
8	P8	8 " Steel (ANSI) Sch. 40	0.300	2,002.100	3.9140	94.73820	92.85110
9	P9	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.810	172.400	0.5840	92.39870	92.36020
10	P10	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.810	345.920	1.1710	92.55020	92.39870
11	P11	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	1.205	521.550	1.7650	92.85110	92.55020
12	P12	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	1.605	1,480.550	* 5.011 (Flow Ve lo ci ty i s h i g h)	92.85110	90.37000
13	P13	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.470	1,326.360	4.4900	90.37000	88.20760
14	P14	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	1,195.660	4.0470	88.20760	86.52110
15	P15	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	1,084.940	3.6720	86.52110	85.10460
16	P16	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	991.510	3.3560	85.10460	83.92030
17	P17	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	0.440	912.240	3.0880	83.92030	83.06000
18	P18	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.500	912.240	3.0880	83.06000	82.04920
19	P19	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	867.640	2.9370	82.04920	81.09430
20	P20	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.620	835.520	2.8280	81.09430	80.23790
21	P21	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	816.750	2.7650	80.23790	79.43230
22	P22	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	829.660	2.8080	79.43230	78.60120
23	P23	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.940	864.920	2.9280	78.60120	77.66280
24	P24	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	906.700	3.0690	77.66280	76.62080
25	P25	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.620	962.840	3.2590	76.62080	75.48580
26	P26	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	1,035.280	3.5040	75.48580	74.99520
27	P27	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	1,090.960	3.6930	74.99520	74.45120
28	P28	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.940	1,130.610	3.8270	74.45120	73.80790
29	P29	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	1,153.460	3.9040	73.80790	73.12020

Pipe I d	Pipe Name and Notes	Material	Length m	Flow US gpm	Velocity m / se c	Entry Pressure psi . g	Exit Pressure psi . g
30	P30	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.620	1,141.830	3.8650	73.12020	72.50030
31	P31	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.000	1,109.270	3.7550	72.50030	71.06260
32	P32	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	0.400	1,109.270	3.7550	71.06260	70.71380
33	P33	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	1,149.010	3.8890	70.71380	70.11140
34	P34	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.940	1,174.950	3.9770	70.11140	69.41740
35	P35	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	1,186.760	4.0170	69.41740	68.69020
36	P36	6 " Steel(ANSI) Sch. 40	2.620	1,172.670	3.9690	68.69020	67.01060
37	P37	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	778.800	2.6360	67.01060	66.27760
38	P38	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	389.770	1.3190	66.27760	66.09170
39	P39	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	276.470	0.9360	67.40690	67.31260
40	P40	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	553.860	1.8750	67.77960	67.40690
41	P41	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.620	829.430	2.8080	68.62370	67.77960
42	P42	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	815.350	2.7600	69.46770	68.62370
43	P43	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.940	827.150	2.8000	70.32660	69.46770
44	P44	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	853.090	2.8880	71.20500	70.32660
45	P45	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	892.830	3.0220	72.16650	71.20500
46	P46	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.620	860.270	2.9120	73.07400	72.16650
47	P47	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	848.640	2.8730	73.98780	73.07400
48	P48	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.940	871.490	2.9500	74.94040	73.98780
49	P49	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	911.150	3.0840	75.94150	74.94040
50	P50	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	966.820	3.2730	77.06790	75.94150
51	P51	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.620	1,039.260	3.5180	77.58290	77.06790
52	P52	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	1,095.400	3.7080	78.20410	77.58290
53	P53	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.940	1,137.180	3.8490	78.85490	78.20410
54	P54	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	1,172.440	3.9690	79.48190	78.85490
55	P55	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	1,185.350	4.0120	80.12240	79.48190
56	P56	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.620	1,166.580	3.9490	80.76910	80.12240
57	P57	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	1,134.460	3.8400	81.43460	80.76910
58	P58	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.940	1,089.860	3.6890	82.03310	81.43460

Pipe I d	Pipe Name and Notes	Material	Length m	Flow US gpm	Velocity m / se c	Entry Pressure psi . g	Exit Pressure psi . g
60	P60	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	917.160	3.1040	82.88750	82.50100
61	P61	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	806.440	2.7290	83.17270	82.88750
62	P62	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.730	675.740	2.2870	83.39850	83.17270
63	P63	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.810	521.550	1.7650	83.53660	83.39850
64	P64	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.810	345.920	1.1710	83.59890	83.53660
65	P65	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	0.410	172.400	0.5840	83.60760	83.59890
66	P66	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	2.400	172.400	0.5840	83.67140	83.60760
67	P67	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	1.120	389.770	* 5.156 (Flow Ve lo ci ty i s h i g h)	62.43460	58.99140
68	P68	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	221.000	2.9230	58.99140	57.27680
69	P69	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	54.720	0.7240	57.27680	56.81630
70	P70	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	110.880	1.4670	56.81190	56.81630
71	P71	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	1.000	276.470	3.6570	65.77350	56.81190
72	P72	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	1.120	389.030	* 5.146 (Flow Ve lo ci ty i s h i g h)	62.63260	59.04840
73	P73	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	220.180	2.9130	59.04840	57.29470
74	P74	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	53.880	0.7130	57.29470	56.83380
75	P75	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	111.750	1.4780	56.84740	56.83380
76	P76	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	1.000	277.390	3.6690	65.86040	56.84740
77	P77	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	1.120	393.880	* 5.210 (Flow Ve lo ci ty i s h i g h)	63.28500	59.61530
78	P78	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	224.200	2.9660	59.61530	57.81070
79	P79	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	57.150	0.7560	57.81070	57.33910
80	P80	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	109.210	1.4450	57.33650	57.33910
81	P81	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	1.000	275.570	3.6450	66.24780	57.33650
82	P82	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	14.080	0.1860	68.26180	68.20260
83	P83	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	11.810	0.1560	69.04170	68.99930
84	P84	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	25.940	0.3430	69.89250	69.70190
85	P85	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	39.730	0.5260	70.75760	70.32380
86	P86	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	32.560	0.4310	72.05350	71.75820
87	P87	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	11.630	0.1540	72.69330	72.65200

Pipe I d	Pipe Name and Notes	Material	Length m	Flow US gpm	Velocity m / se c	Entry Pressure psi . g	Exit Pressure psi . g
88	P88	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	22.860	0.3020	73.55600	73.40650
89	P89	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	39.650	0.5250	74.49310	74.06110
90	P90	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	55.670	0.7360	75.47180	74.63770
91	P91	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	72.440	0.9580	76.56670	75.17420
92	P96	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	18.770	0.2480	79.80630	79.70370
93	P92	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	56.150	0.7430	77.11240	76.26450
94	P93	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	41.770	0.5530	77.75430	77.27640
95	P94	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	35.260	0.4660	78.41240	78.20400
96	P95	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	12.910	0.1710	79.05540	79.01200
97	P97	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	32.120	0.4250	80.64810	80.36040
98	P98	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	44.600	0.5900	81.58240	81.04000
99	P99	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	79.270	1.0490	83.36170	81.70160
100	P100	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	93.430	1.2360	84.49380	82.20520
101	P101	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	110.720	1.4650	85.83500	82.64330
102	P102	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	130.700	1.7290	87.41870	82.99890
103	P103	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	154.190	2.0400	89.43860	83.32230
104	P104	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	175.640	2.3230	91.46810	83.56370
105	P105	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	173.510	2.2950	91.33240	83.61510
106	P106	3 " Steel (ANSI) Sch. 40	27.040	172.400	2.2810	91.30210	83.68200
107	P107	2 - 1 / 2 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	0.000	0.0000	71.06260	87.48640
108	P108	1 - 1 / 2 " Steel (ANSI) Sch. 40	0.300	0.000	0.0000	87.48640	87.48640
109	P109	2 " Steel (ANSI) Sch. 40	1.896	0.000	0.0000	87.48640	90.17710
110	P110	2 " Steel (ANSI) Sch. 40	9.640	0.000	0.0000	90.17710	90.17750
111	P111	2 " Steel (ANSI) Sch. 40	7.500	0.000	0.0000	90.17750	90.17710
112	P112	2 " Steel (ANSI) Sch. 40	0.450	0.000	0.0000	90.17710	90.17720
113	P113	2 " Steel (ANSI) Sch. 40	1.000	0.000	0.0000	90.17720	87.48590
114	P114	1 - 1 / 2 " Steel (ANSI) Sch. 40	0.300	0.000	0.0000	87.48590	87.48640
115	P115	2 - 1 / 2 " Steel (ANSI) Sch. 40	11.570	0.000	0.0000	83.06000	99.48380
116	P116	1 - 1 / 2 " Steel (ANSI) Sch. 40	0.300	0.000	0.0000	99.48380	101.61250
117	P117	2 " Steel (ANSI) Sch. 40	1.896	0.000	0.0000	99.48380	102.17500

Pipe I d	Pipe Name and Notes	Material	Length m	Flow US gpm	Velocity m / se c	Entry Pressure psi . g	Exit Pressure psi . g
118	P118	2 " Steel (ANSI) Sch. 40	7.401	0.000	0.0000	102.17500	102.17500
119	P119	2 " Steel (ANSI) Sch. 40	1.896	0.000	0.0000	102.17500	99.48380
120	P120	1 - 1 / 2 " Steel (ANSI) Sch. 40	0.300	0.000	0.0000	99.48380	99.48340
121	P121	8 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	0.000	0.0000	115.68180	115.68180
122	P122	8 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	0.000	0.0000	115.68180	116.95380
123	P123	8 " Steel (ANSI) Sch. 40	7.401	0.000	0.0000	116.95380	116.95340
124	P124	8 " Steel (ANSI) Sch. 40	1.920	0.000	0.0000	116.95340	116.95380
125	P125	8 " Steel (ANSI) Sch. 40	1.829	0.000	0.0000	116.95380	116.95380
126	P126	8 " Steel (ANSI) Sch. 40	11.549	0.000	0.0000	116.95380	116.95380
127	P127	2 - 1 / 2 " Steel (ANSI) Sch. 40	1.896	0.000	0.0000	116.95380	114.26270
128	P128	1 - 1 / 2 " Steel (ANSI) Sch. 40	0.300	0.000	0.0000	114.26270	114.26270
129	P129	6 " Steel (ANSI) Sch. 40	0.300	0.000	0.0000	83.60760	83.60760
130	P130	2 - 1 / 2 " Steel (ANSI) Sch. 40	11.570	0.000	0.0000	83.60760	100.03140
131	P131	1 - 1 / 2 " Steel (ANSI) Sch. 40	3.100	0.000	0.0000	100.03140	100.03140

Node Data

Node Id	Node	Elevation m	Press. at Node psi . g	Total Flow In US gpm	Tot al Flow Out US gpm
1	N1	-0.3960	129.82910	2,002.100	2,002.100
2	N2	0.5000	128.01710	2,002.100	2,002.100
3	N3	0.5000	127.61050	2,002.100	2,002.100
4	N4	0.5000	122.46700	2,002.100	2,002.100
5	N5	0.5000	115.68160	2,002.100	2,002.100
6	N6	0.5000	114.08860	2,002.100	2,002.100
7	N7	13.0700	94.73800	2,002.100	2,002.100
8	N8	13.0700	92.85110	2,002.100	2,002.100
9	N9	13.0700	92.36020	172.400	172.400
10	N10	13.0700	92.39870	345.920	345.920
11	N11	13.0700	92.55020	521.550	521.550
12	N12	13.0700	90.37000	1,480.550	1,480.550
13	N13	13.0700	88.20760	1,326.360	1,326.360
14	N14	13.0700	86.52110	1,195.660	1,195.660
15	N15	13.0700	85.10460	1,084.940	1,084.940
16	N16	13.0700	83.92030	991.510	991.510
17	N17	13.0700	83.05980	912.240	912.240
18	N18	13.0700	82.04920	912.240	912.240
19	N19	13.0700	81.09430	867.650	867.650
20	N20	13.0700	80.23790	835.520	835.520
21	N21	13.0700	79.43230	829.660	829.660
22	N22	13.0700	78.60120	864.920	864.920
23	N23	13.0700	77.66280	906.700	906.700
24	N24	13.0700	76.62080	962.840	962.840
25	N25	13.0700	75.48580	1,035.280	1,035.280
26	N26	13.0700	74.99520	1,090.960	1,090.960
27	N27	13.0700	74.45120	1,130.610	1,130.610

Node Id	Node	Elevation m	Press. at Node psi . g	Total Flow In US gpm	Tot al Flow Out US gpm
28	N28	13.0700	73.80790	1,153.460	1,153.460
29	N29	13.0700	73.12020	1,153.460	1,153.460
30	N30	13.0700	72.50030	1,141.830	1,141.830
31	N31	13.0700	71.06260	1,109.270	1,109.270
32	N32	13.0700	70.71380	1,149.010	1,149.010
33	N33	13.0700	70.11140	1,174.950	1,174.950
34	N34	13.0700	69.41740	1,186.760	1,186.760
35	N35	13.0700	68.69020	1,186.760	1,186.760
36	N36	13.0700	67.01060	1,172.670	1,172.670
37	N37	13.0700	66.27760	778.800	778.800
38	N38	13.0700	66.09170	389.770	389.770
39	N39	13.0700	67.31260	276.470	276.470
40	N40	13.0700	67.40690	553.860	553.860
41	N41	13.0700	67.77960	829.430	829.430
42	N42	13.0700	68.62370	829.430	829.430
43	N43	13.0700	69.46770	827.150	827.150
44	N44	13.0700	70.32660	853.090	853.090
45	N45	13.0700	71.20500	892.830	892.830
46	N46	13.0700	72.16650	892.830	892.830
47	N47	13.0700	73.07400	860.270	860.270
48	N48	13.0700	73.98780	871.490	871.490
49	N49	13.0700	74.94040	911.150	911.150
50	N50	13.0700	75.94150	966.820	966.820
51	N51	13.0700	77.06790	1,039.260	1,039.260
52	N52	13.0700	77.58290	1,095.400	1,095.400
53	N53	13.0700	78.20410	1,137.180	1,137.180
54	N54	13.0700	78.85490	1,172.440	1,172.440
55	N55	13.0700	79.48190	1,185.350	1,185.350
56	N56	13.0700	80.12240	1,185.350	1,185.350

Node Id	Node	Elevation m	Press. at Node psi . g	Total Flow In US gpm	Tot al Flow Out US gpm
57	N57	13.0700	80.76910	1,166.580	1,166.580
58	N58	13.0700	81.43460	1,134.460	1,134.460
59	N59	13.0700	82.03310	1,089.860	1,089.860
60	N60	13.0700	82.50100	1,010.590	1,010.590
61	N61	13.0700	82.88750	917.160	917.160
62	N62	13.0700	83.17270	806.440	806.440
63	N63	13.0700	83.39850	675.740	675.740
64	N64	13.0700	83.53660	521.550	521.550
65	N65	13.0700	83.59890	345.920	345.920
66	N66	13.0700	83.60760	172.400	172.400
67	N67	13.0700	83.67140	172.400	172.400
68	N68	13.0700	71.06230	0.000	0.000
69	N69	1.5000	87.48580	0.000	0.000
70	N70	-0.3960	90.17720	0.000	0.000
71	N71	-0.3960	90.17750	0.000	0.000
72	N72	-0.3960	90.17710	0.000	0.000
73	N73	-0.3960	90.17720	0.000	0.000
74	N74	1.5000	87.48580	0.000	0.000
75	N75	13.0700	83.05980	0.000	0.000
76	N76	1.5000	99.48330	0.000	0.000
77	N77	-0.3960	102.17470	0.000	0.000
78	N78	-0.3960	102.17500	0.000	0.000
79	N79	1.5000	99.48330	0.000	0.000
80	N80	0.5000	115.68160	0.000	0.000
81	N81	-0.3960	116.95350	0.000	0.000
82	N82	-0.3960	116.95350	0.000	0.000
83	N83	-0.3960	116.95380	0.000	0.000
84	N84	-0.3960	116.95380	0.000	0.000
85	N85	1.5000	114.26220	0.000	0.000

Node Id	Node	Elevation m	Press. at Node psi . g	Total Flow In US gpm	Total Flow Out US gpm
86	N86	13.0700	83.60730	0.000	0.000
87	N87	1.5000	100.03080	0.000	0.000
88	G1	1.5000	87.48640	0.000	0.000
89	G2	1.5000	87.48640	0.000	0.000
90	G3	0.0000	101.61250	0.000	0.000
91	G4	1.5000	99.48340	0.000	0.000
92	G5	1.5000	114.26270	0.000	0.000
93	G6	1.5000	100.03140	0.000	0.000
94	S	-0.3960	116.95380	0.000	0.000
95	R1	13.4840	58.99130	168.770	0.000
96	R2	13.7340	57.27680	166.280	0.000
97	R3	13.9960	56.81630	165.600	0.000
98	R4	14.2460	56.81190	165.590	0.000
99	R5	14.2460	56.84740	165.640	0.000
100	R6	13.9960	56.83380	165.620	0.000
101	R7	13.7340	57.29470	166.300	0.000
102	R8	13.4840	59.04840	168.850	0.000
103	R9	13.4840	59.61530	169.670	0.000
104	R10	13.7340	57.81070	167.050	0.000
105	R11	13.9960	57.33910	166.360	0.000
106	R12	14.2460	57.33650	166.360	0.000
107	Source	0.6000	130.00020	0.000	2,002.100

Results Log Summary

Final Solution Details:

Darcy - Weisbach Calculation method with ColeBrook - White Friction Factor equations.

Node Pressure balances accurate to: 0.000075 psi

Loop Pressure balances accurate to: 0.000145 psi

Largest Resistance Loss balanced is: 111.853482 psi
(across any single pressure equation for a pipe loop or end to end section)

Pressure balances for loops accurate to within 0.000130 %
(of the Largest Resistance Loss across any single pressure equation)

Configuration:

Pipes: 207

Tanks: 0

Join Points: 168

Demand Pressures: 13

Pumps: 0

Components: 12

Control Valves: 0

Overall Volumes:

Flow Demands In: 0.00 US gpm

Flow Demands Out: 0.00 US gpm

Flow Controls: 0.00 US gpm

System Volume: 12.553 m³ (does not include any closed pipes)

Total Friction Losses in all pipes is: 50.660832 m.hd

Total Fitting Losses in all pipes is: 87.120811 m.hd

Total Component Losses in all pipes is: 469.942063 m.hd

Total Control Valve Losses in all pipes is: 0.000000 m.hd

Lowest Pressure at any node is: 0.000000 bar (R1)

Highest Pressure at any node is: 8.969741 bar (Source)

Lowest Elevation of any node is: - 0.396 m (N83)

Highest Elevation of any node is: 14.246 m (R12)

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

De los resultados obtenidos podemos afirmar que la demanda de agua para el sistema contra incendios diseñado es la demanda calculado para los 12 rociadores de diseño más 250gpm de asignación de mangueras, teniendo:

$$Q = 2002.10gpm + 250gpm = 2252.10gpm$$

La capacidad real de la cisterna contra incendios considerando una autonomía de 60 minutos es de:

$$Vol = 2252.10gpm \times 60 \text{ min} \times \frac{3.785l}{1gln} \times \frac{1m^3}{1000l} = 511.45 m^3$$

La tubería vertical que alimenta a la parrilla del sistema de rociadores debe ser de 8" de diámetro para garantizar que la velocidad del fluido, cuando se requiera la operación del sistema contra incendios no supere los 6m/s.

Se ha determinado que el diámetro de la tubería de los ramales debe ser de 3" y los rociadores deben ser instalados directamente a la tubería de los ramales a través de accesorios listados.

Los cálculos hidráulicos han determinado que la presión mínima del rociador es de 56.81 psi, y corresponde al rociador R4 que se encuentra ubicado en el ultimo ramal en la zona de diseño delimitada en los planos anexos.

Se ha verificado que la máxima velocidad está ubicada en el tubo P77 con valor de 5.21m/s, tubería que alimenta al rociador R9.

El Balance de energía desarrollado por el software ha determinado que los 12 rociadores más críticos corresponden a los ubicados en los tres últimos ramales que se encuentran delimitado en los planos anexos, por cada ramal se

ha tomado tres rociadores, lo cual cumple con lo especificado por la NFPA 13 en cuanto a diseño con sistema de parrilla.

Se ha determinado a partir de los cálculos hidráulicos que la capacidad de la bomba debe satisfacer un caudal de 2252.10 gpm y una presión nominal de 130 psi.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

- Empleando el método de supresión se protege el área total de los almacenes determinándose una reserva de agua menor al que se utilizaría empleando el método de control, y siendo mucho más eficaz puesto que los rociadores seleccionados no solo controlarán que el incendio no se propague sino que lo extinguirán de inmediato ya que está dimensionado para que operen 12 rociadores ante una eventualidad.
- Se debe realizar siempre un cálculo hidráulico para determinar con mayor exactitud la capacidad de la bomba contra incendios y también la capacidad de la cisterna de agua.
- La altura del cielo raso debe limitarse a 14.6 m para garantizar la operación de los rociadores de techo debido a que las pruebas de incendios desarrolladas por la NFPA indican que los rociadores de techo por encima de los 15 metros nunca operaron en las pruebas.
- Los diseños de sistemas contraincendios deben desarrollarse no solo con los requisitos de seguridad, sino que deben emplearse los conocimientos de la ingeniería hidráulica para garantizar una operación adecuada.
- Es necesario normar y hacer cumplir las normas de diseño de sistemas contraincendios debido a que muchas veces se toma a la ligera esta protección y se determinan empíricamente la capacidad tanto de la bomba como de la reserva de agua.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

- Se recomienda que durante la ejecución de la instalación del sistema diseñado se respeten los diámetros de tubería determinados ya que una variación implicaría que los parámetros de velocidad y presión varíen sustancialmente en los rociadores, dado que se han considerado los requisitos mínimos por el fabricante durante el desarrollo del diseño.
- Realizar pruebas de flujo después de instalado el sistema de rociadores para corroborar que el diseño cumple con los requisitos mínimos establecidos por el fabricante de los rociadores.
- Desarrollar un plan de prueba y mantenimiento del sistema contra incendios a fin de garantizar la operatividad del sistema cuando sea requerido.
- Seleccionar correctamente el equipo de bombeo garantizando que satisfaga el caudal y la presión de diseño.

BIBLIOGRAFÍA

ROCHA FELICES, Arturo **Hidráulica de Tubería y Canales**, Lima, Editorial UNI, 2007, 515 páginas.

SALDARRIAGA, Juan **Hidráulica de Tuberías abastecimiento de agua, redes, riegos**, Bogotá, Editorial Alfa omega Colombiana S.A., 2007, 690 páginas.

MATAIX, Claudio **Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas**, Madrid, Ediciones del Castillo S.A., 1986, Segunda Edición, 660 páginas.

STREETER, Víctor **Mecánica de Fluidos**, México, Mc Graw-Hill, 2000

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES Norma A.130 Requisitos de Seguridad

NATIONAL FIRE PROTECCION ASSOCIATION NFPA 13 Norma para la instalación de sistemas de rociadores.

NATIONAL FIRE PROTECCION ASSOCIATION NFPA 14 Norma para la instalación de sistemas de tubería vertical y de mangueras.

NATIONAL FIRE PROTECCION ASSOCIATION NFPA 20 Norma para la instalación de bombas estacionarias de protección contra incendios.

OTRAS FUENTES

Grimaldo Valencia, Luis y Aguirre Vargas, María **Tesis para optar el título de ingeniero mecánico de fluidos**, lima, www.cybertesis.edu.pe, 2004.

ANEXOS

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: Rociador HL22

PLANO 01: Planta general y detalles

PLANO 02: Isométrico de la red contra incendios

Reliable®

Model HL22 (SIN R7711) Specific Application Early Suppression Fast Response (ESFR) Sprinkler

Features

1. Eliminates in-rack sprinklers for 48' high buildings.
2. Lower flows offer opportunities to reduce:
 - Interior Piping
 - Fire Pump Sizes
 - Underground Pipe
 - Tank Sizes
3. Maximum deflector distance from ceiling (roof) is 14" (356mm).
4. Available in 212°F (100°C).
5. UL Listed.

Ceiling Height	Pressure	Flow
48 ft. (14.6m)	55 psi (3,8 bar)	166 gpm (624 L/min)

Product Description

The HL22 Specific Application Early Suppression Fast Response (ESFR) Sprinkler is intended for use against severe fire challenges. This sprinkler is designed to respond quickly to growing fires with a high volume of water discharge to "suppress" rather than "control" fires at lower pressures and without in-rack sprinklers for 48' (14.6m) ceiling height with 43' (13.1m) storage as is required with a K14 or K17 ESFR.

The HL22 Sprinkler utilizes a levered fusible alloy solder link in 212°F (100°C) temperature rating. The sprinkler has a Nominal K Factor of 22.4 (320 metric) and will deliver approximately 166 gpm (624 L/min) of water at 55 psi (3,8 bar).

The deflector and frame provide a broad, very symmetrical, hemispherical pattern capable of suppressing fires between sprinklers in high storage height areas and at the same time maintaining good central core distribution to penetrate and suppress fires occurring directly beneath the sprinkler.

Application and Installation

The HL22 Specific Application ESFR sprinkler is intended for installation in accordance with the specific application sprinkler criteria referenced in NFPA 13.

This sprinkler is intended for protection of Class I to IV Commodities and cartoned unexpanded Group A or B plastics. The storage can be palletized and solid piled, open frame single row and double row for storage heights to 43ft. (13m) in buildings with ceilings to 48ft. (14.6m) high and minimum 8ft. (2,4m) aisle width.



Model HL22 Specific Application ESFR Sprinkler

Listing & Approval Organizations

1. Listed by Underwriters Laboratories Inc.

Design Criteria

General guidelines:

Sprinkler Position: Pendent, align frame arms with the pipe. Deflectors should be parallel with the ceiling or roof.

System Type: Wet Pipe Systems Only

Maximum area of coverage: 100 ft² (9,3m²), greater coverage area are allowable in some cases.

Minimum area of coverage: 64 ft² (5,8m²) per NFPA 13

Maximum slope ceiling: 2/12 pitch (9,5°)

Maximum spacing: 10 ft (3,1m)

Minimum spacing: 8 feet (2,4m)

Deflector distance from walls: At least 4 inches (102mm) from walls, and no more than one-half the allowable distance permitted between sprinklers.

Deflector to Top of Storage: Minimum 36 in (914mm).

Deflector to ceiling Distance: 6-14 in (152-356mm) per NFPA 13.

Center Line of Thermal Sensing

Element To Ceiling Distance: 4³/₄ in - 12³/₄ in (120-324mm).

Sprinkler System Design: NFPA 13 for ESFR sprinklers based upon 55 psi design pressure (166 gpm per sprinkler) with 12 sprinkler remote area.

Minimum Aisle Width: 8 ft (2,4m)

Model HL22 Temperature Ratings and Approvals

Classification	Sprinkler Temperature Rating		Link Color	Frame Color	Maximum Ambient Temperature		Approvals	Sprinkler Identification Number (SIN)
	°F	°C			°F	°C		
Intermediate	212	100	White	White	150	66	UL	R7711

Installation Data

Sprinkler Type	Nominal Orifice	Thread Size	"K" Factor		Maximum Working Pressure	Finish ⁽¹⁾
			US	Metric		
Pendent Only	0.87" (22,1mm)	1" NPT (R1)	22.4	320	175 psi (12,1 bar)	Bronze

⁽¹⁾ Deflector is Chrome Plated - Sprinkler frame is painted white to meet NFPA #13 (2007) Table 6.2.5.1- color code - in order to provide a visual identifier of the temperature rating.



Use only the Model H1 sprinkler wrench for removal and installation. Any other type of wrench may damage the sprinkler.

Sprinklers should be tightened between 22 to 30 ft-lbs (29,8 - 40,7 Nm) torque. Sprinklers not tightened to recommended torque may cause leakage or impairment of the sprinklers. Damaged sprinklers must be replaced immediately.

Maintenance

The HL22 Sprinkler should be inspected and the sprinkler system maintained in accordance with NFPA 25. Do not clean sprinklers with soap and water, ammonia or any other cleaning fluids. Remove dust by using a soft brush or gentle vacuuming. Remove any sprinkler that has been painted (other than factory applied) or damaged in any way. A stock of spare sprinklers should be maintained to allow quick replacement of damaged or operated sprinklers. Prior to installation, sprinklers should be maintained in the original cartons and packaging until used. This will minimize the potential for damage to sprinklers that would cause improper operation or non-operation.

Engineering Specification

Model HL22 Specific Application ESFR

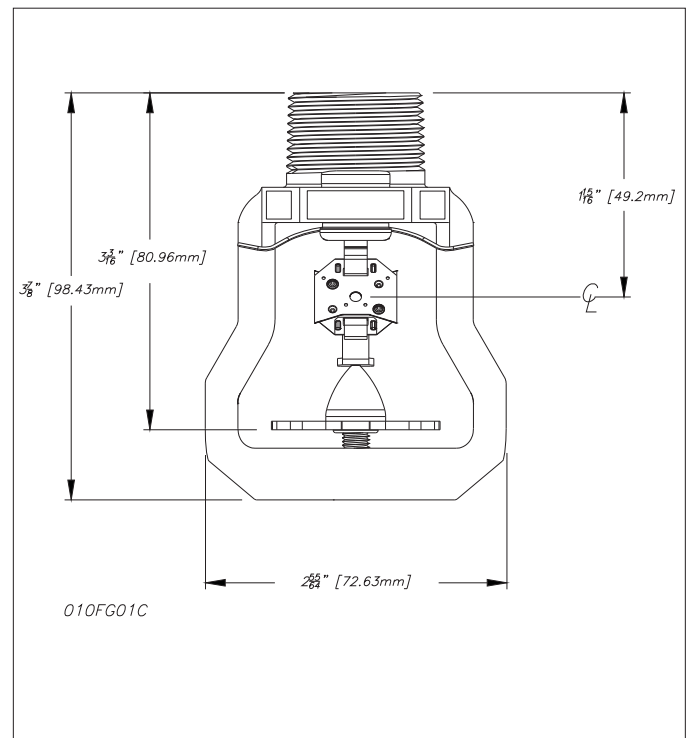
Sprinklers shall be Specific Application Early Suppression Fast Response (ESFR) pendent suppression mode sprinklers [UL Listed] for commodity storage applications. Sprinkler frame and deflector to be of bronze construction with chrome plated deflector located inside of the frame arms. Sprinkler shall have a maximum listed/approved ceiling-to-deflector distance of 14". Fusible alloy solder link assembly shall utilize the strut and lever principle of operation with approved fast response beryllium-nickel thermal element with protective [white painted (212°F)] coating. Water seal shall consist of a Teflon-coated Belleville spring washer and brass cap assembly containing no plastic parts. ESFR sprinklers shall have a nominal K-factor of 22.4 and 1" NPT or ISO 7-R1 threaded end connections. Sprinkler temperature rating shall be [Intermediate 212°F (100°C)].

Ordering Information

Specify:

1. Thread type 1" NPT (DBA4115391) or ISO 7-R1 (DBA4115393)

Patents: This product is covered by one or more of the following patents; US 6,450,265; US 6,502,643; US 6,868,917; AU 722593, GB 2336777



The equipment presented in this bulletin is to be installed in accordance with the latest published Standards of the National Fire Protection Association, Factory Mutual Research Corporation, or other similar organizations and also with the provisions of governmental codes or ordinances whenever applicable.

Products manufactured and distributed by Reliable have been protecting life and property for over 90 years, and are installed and serviced by the most highly qualified and reputable sprinkler contractors located throughout the United States, Canada and foreign countries.

Manufactured by

Reliable®

The Reliable Automatic Sprinkler Co., Inc.

(800) 431-1588

(800) 848-6051

(914) 829-2042

www.reliablesprinkler.com

Sales Offices

Sales Fax

Corporate Offices

Internet Address

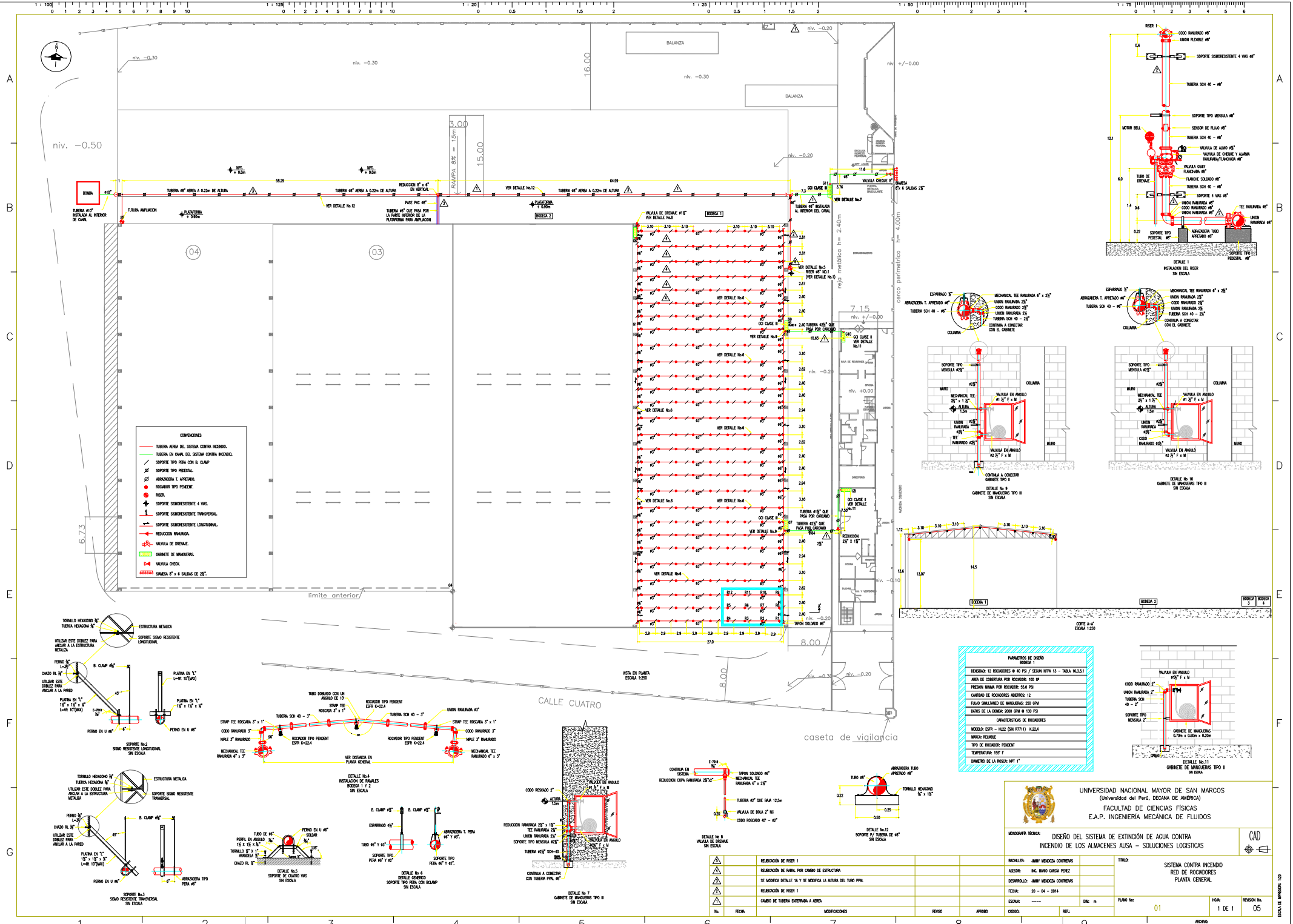


Recycled Paper

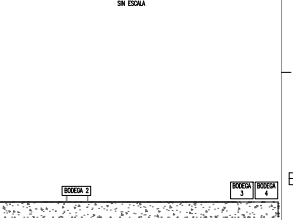
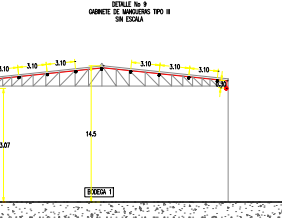
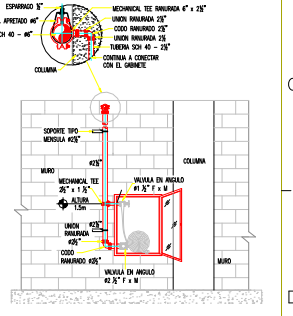
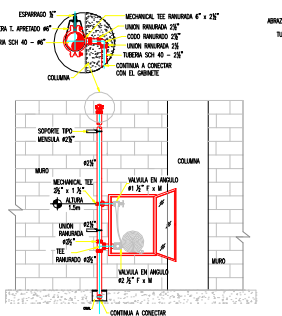
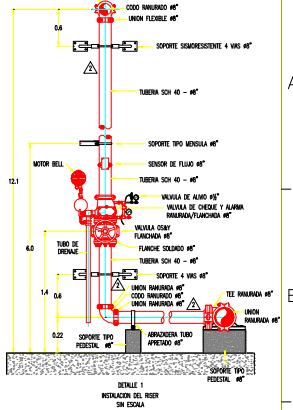
Revision lines indicate updated or new data.

EG. Printed in U.S.A. 01/14

P/N 9999970396



- CONVENCIONES**
- TUBERIA AREA DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO.
 - TUBERIA EN CANAL DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO.
 - SOPORTE TIPO PISO.
 - SOPORTE TIPO PARED.
 - ABROZADERA 1. APERTURO.
 - BOCANOR TIPO PERFOR.
 - RISER.
 - SOPORTE SARMOSCENTE 4 VAS.
 - SOPORTE SARMOSCENTE TRANSVERSAL.
 - SOPORTE SARMOSCENTE LONGITUDINAL.
 - REDUCCION PANAMINA.
 - VALVULA DE DRENAGE.
 - VALVULA CHECK.
 - GABINETE DE MANEJOS.
 - VALVULA CHECK.
 - DIMENSIONES 8" x 6" x SALIDAS DE 2".



PARAMETROS DE DISEÑO	
DESGAR: 12 RODADORES Ø 40 PSI / SEÑAL NFA 13 - TABLA 14.3.1	
AREA DE COBERTURA POR RODADOR: 100 M ²	
PRESION MINIMA POR RODADOR: 50 PSI	
CANTIDAD DE RODADORES: 12	
FLUJO SARMOSCENTE DE MANEJOS: 200 GPM	
DATOS DE LA BOMBA: 2000 GPM @ 130 PSI	
CARACTERISTICAS DE RODADORES	
MODELO: ESR - H22 (SIN R711) AZUL	
TIPO DE RODADOR: PERFOR.	
DESGAR: 100 F	
DIMENSIONES: 10" x 1"	
DIMENSIONES DE LA ROSCA: MPT 1"	

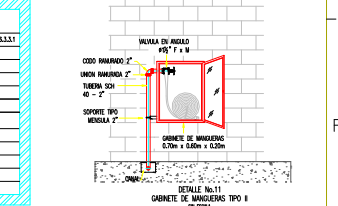
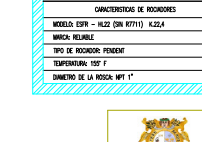
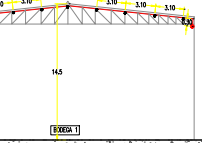
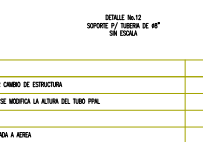
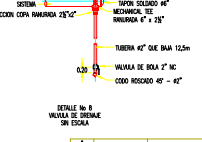
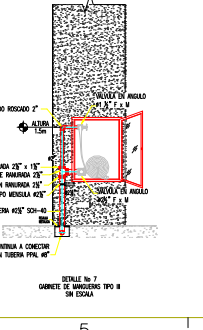
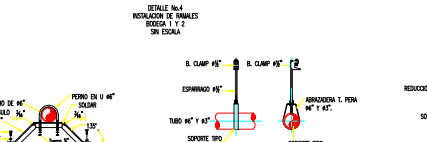
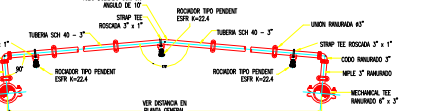
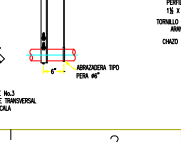
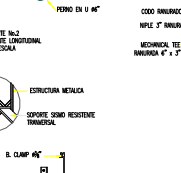
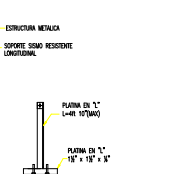
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS
E.A.P. INGENIERIA MECANICA DE FLUIDOS

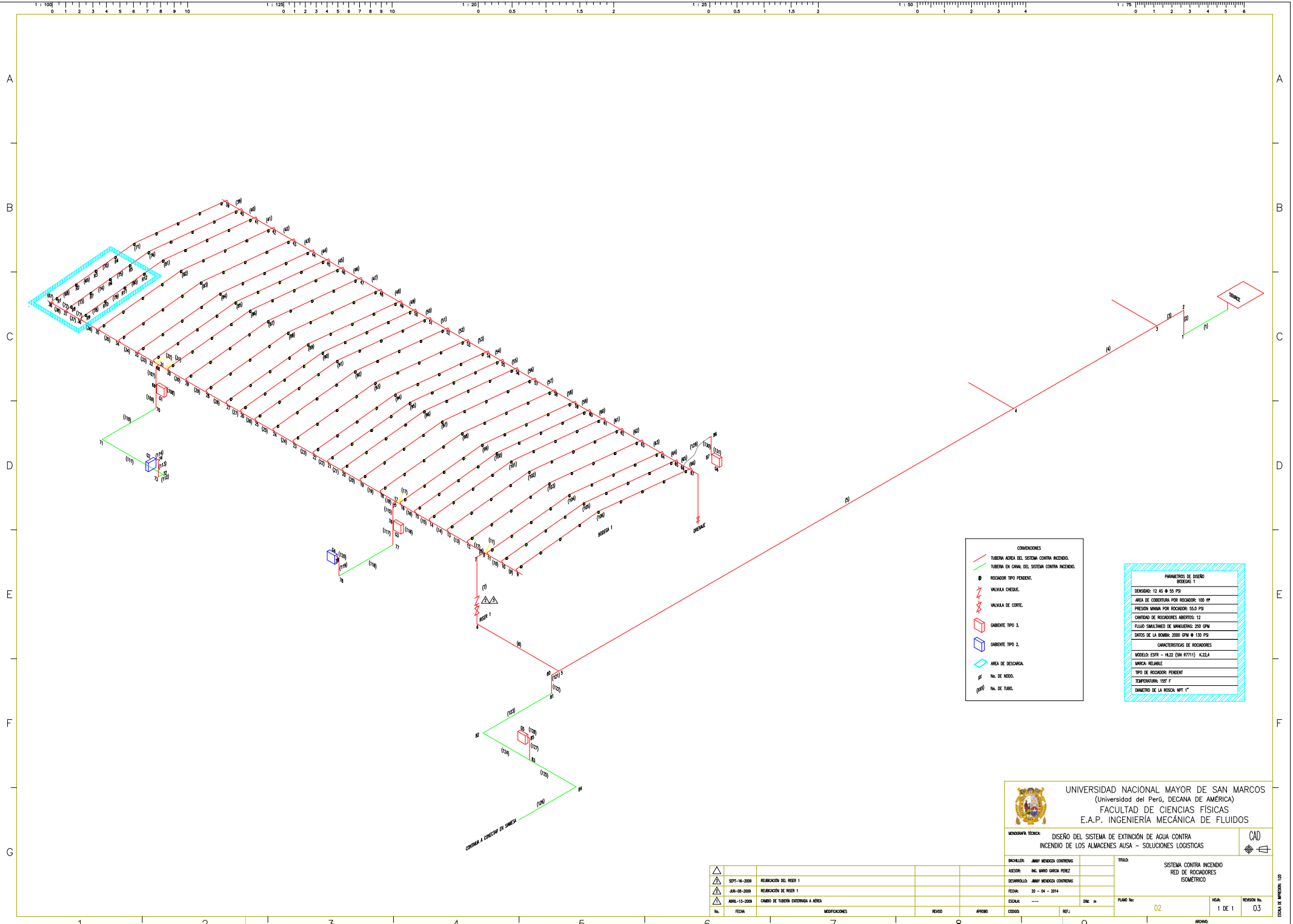
MOODRA 2006

DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTINCION DE AGUA CONTRA INCENDIO DE LOS ALMACENES AUSA - SOLUCIONES LOGISTICAS

NO.	FECHA	MODIFICACIONES	REVISO	APROBO
1		RELOCACION DE RISER 1		
2		RELOCACION DE TUBO POR CAMBIO DE ESTRUCTURA		
3		SE MODIFICA DETALLE 1A Y SE MODIFICA LA ALZURA DEL TUBO PPM.		
4		RELOCACION DE RISER 1		
5		CAMBIO DE TUBERIA ENTERRADA A AEREA		

PROYECTO	FECHA	NO. DE PLANOS	NO. DE HOJAS	NO. DE HOJA	NO. DE REVISION
SISTEMA CONTRA INCENDIO RED DE RODADORES PLANTA GENERAL	20 - 04 - 2014	01	1 DE 1	05	





- CONEXIONES**
- TUBERIA AEREA DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO.
 - TUBERIA EN CANAL DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO.
 - ROCIADOR TIPO PENDIENT.
 - W VALVULA CHECK.
 - W VALVULA DE CORTE.
 - CABEOTE TIPO 3.
 - CABEOTE TIPO 2.
 - ◇ AREA DE DESCARGA.
 - 151 No. de NUDO.
 - 152 No. de TUBO.

PARAMETROS DE DISEÑO	
BOVEDAS 1	
DEBIDO:	12 AG @ 55 PSI
AREA DE COBERTURA POR ROCIADOR:	100 M ²
PRESION MINIMA POR ROCIADOR:	54.5 PSI
CANTIDAD DE ROCIADORES ABiertos:	15
FLUJO SIMULTANEO DE UNIDADES:	250 GPM
DATOS DE LA BOMBA:	2000 GPM @ 130 PSI
CARACTERISTICAS DE ROCIADORES	
MODELO:	ESFR - HL22 (EN K7711) K22.4
MARCA:	RELIABLE
TIPO DE ROCIADOR:	PENDIENT
No. de NUDO:	
TEMPERATURA:	155° F
DIAMETRO DE LA ROSCA:	NPT 1"

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
E.A.P. INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

MODIFICACIONES		REVISO	APROBADO	FECHA	CONTEXTO	PROYECTO	PLANO No.	Hojas	Hoja No.
△	SEPT-14-2020	REVISION DEL NUDO 1					02	1 DE 1	03
△	JUN-26-2020	REVISION DE NUDO 1							
△	ABRIL-15-2020	CAMBIO DE TUBERIA ENTERRADA A AEREA							

DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTINCION DE AGUA CONTRA INCENDIO DE LOS ALMACENES AUSA - SOLUCIONES LOGISTICAS
 TITULO: SISTEMA CONTRA INCENDIO RED DE ROCIADORES ISOMETRICO
 HOJA: 1 DE 1
 REVISION No.: 03

ESCALA DE IMPRESION: 1:1