UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PREDISEÑO DE UN SISTEMA DE DILUVIO Y UNA RED DE HIDRANTES EN NAVE INDUSTRIAL DE HUEJOTZINGO, PUEBLA

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Alberto García Gómez

ASESOR DE INFORME

Dr. Luis Antonio García Villanueva

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2025

PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL
(Titulación con trabajo escrito)

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado PREDISEÑO DE UN SISTEMA DE DILUVIO Y UNA RED DE HIDRANTES EN NAVE INDUSTRIAL DE HUEJOTZINGO, PUEBLA. que presenté para obtener el titulo de INGENIERO CIVIL es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

ALBERTO GARCIA GOMEZ
Número de cuenta: 316138604

Índice general

Introducción **1**

I. Objetivos **3**

II. Consideraciones hidráulicas de un SCI **4**
II.1 Funcionamiento y mecánica de un sistema de diluvio 4
II.2 Consideraciones teóricas para un sistema de rociadores 5
II.2.1 Número de Reynolds 5
II.2.2 Ecuación de Darcy-Weisbach 7
II.2.3 Ecuación de Colebrook-White 7
II.2.4 Ecuación de Carga Dinámica Total 8
II.2.5 Factor K en el mecanismo de un rociador 9
II.2.6 Rango de temperatura de activación de un rociador 11
II.3 Funcionamiento y mecánica de un sistema de hidrantes 12

III. Marco teórico-normativo para el diseño del SCI **14**
III.1 Aspectos generales de la NFPA 13, para la instalación de rociadores de agua en diluvio 14
III.1.1 Pérdida por fricción 14
III.1.2 Presión de velocidad 14
III.1.3 Presión normal 15
III.1.4 Puntos de empalme hidráulico 15
III.1.5 Descarga de la boquilla 15
III.1.6 Longitudes equivalentes 16
III.2 Aspectos generales de la NFPA 24, para la instalación de servicios privados de sistemas contra incendios y sus componentes 16
III.3 Aspectos generales de la NOM-002-STPS-2010, para las condiciones de seguridad en la prevención y protección contra incendios en centros de trabajo 17

IV. Análisis del sitio **18**

V. Prediseño **20**
V.1 Selección de equipo de bombeo contra incendios 20
V.2 Sistema de diluvio 22
V.2.1 Anillo de diluvio 22
V.2.2 Riser 23

V.2.3 Línea piloto 24
V.2.4 Soportería tipo poste 24
V.2.5 Soportería antisísmica y tipo ménsula 25
V.3 Red de hidrantes 25

VI. Resultados **27**
VI.1 Cálculos hidráulicos aplicados al SCI 27
VI.1.1 Pérdida de presión en rociadores del sistema de diluvio 27
VI.1.2 Pérdida de presión en hidrantes 27
VI.1.3 Pérdidas de presión primarias 28
VI.1.4 Pérdidas de presión secundarias 29
VI.1.5 Carga dinámica total 30
VI.1.6 Brake Horsepower 32

VII. Conclusiones **33**

Referencias **34**

Apéndices **36**
Apéndice 1. Prediseño isométrico del sistema de diluvio 37
Apéndice 2. Prediseño isométrico de la red de hidrantes 38
Apéndice 3. Distribución para protección con hidrantes 39
Apéndice 4. NFPA: Valores C de Hazen-Williams 40
Apéndice 5. NFPA: Longitudes equivalentes de empalmes hidráulicos . . . 40
Apéndice 6. Pérdidas por fricción en función del gasto y diámetro de la red 41
Apéndice 7. Ficha técnica E Spray Nozzles VK817 Viking 42
Apéndice 8. Ficha técnica Tyco TY4131 44
Apéndice 9. Ficha técnica Hidrante 2510 Potter Roemer 46
Apéndice 10. Ficha técnica Pump 1824AF Fairbanks Nijhuis 48

Índice de figuras

2.1. Sistema de diluvio en un tanque de combustible. 5
2.2. Imagen típica de un rociador con bulbo rojo. 12
2.3. Instalación típica de un hidrante de gabinete 13

4.1. Área de almacenamiento de plásticos 19
4.2. Área de oficinas administrativas 19

5.1. Instalación típica de un equipo de bombeo Clarke 21
5.2. Riser de diluvio, con una válvula Modelo E-1 de Viking. 23

Índice de tablas

2.1. Temperatura de activación según el color del bulbo 11

6.1. Pérdidas de presión por longitud y diámetro. 29
6.2. Cuantificación de empalmes hidráulicos. 30
6.3. Pérdidas de presión en empalmes hidráulicos. 30

Introducción

En este documento se pretende prediseñar un sistema contra incendios que proteja de manera efectiva y eficiente las instalaciones de una nave industrial que albergan un tanque de almacenamiento de gas LP y un almacén de plásticos.

La presente propuesta de prediseño fue desarrollada y presentada al cliente como parte del proceso de licitación o propuesta inicial. Es importante señalar que, al tratarse de una etapa preliminar, el diseño planteado está sujeto a modificaciones derivadas de las observaciones, necesidades o requerimientos específicos que el solicitante pudiera establecer posteriormente.

No obstante, este documento representa un primer acercamiento a las necesidades de seguridad contra incendios identificadas en el lugar, ofreciendo una base técnica para orientar las decisiones futuras y garantizar el cumplimiento de las normativas aplicables. Este enfoque permite ajustar el diseño final para asegurar la efectiva protección de las instalaciones.

La propuesta abarca dos elementos clave para garantizar la seguridad: un sistema de diluvio para proteger un tanque de gas LP y una red de hidrantes para proteger un almacén de plásticos. Ambos sistemas se seleccionan y dimensionan de acuerdo con las características específicas de cada instalación, asegurando que se cumplan los requisitos normativos y se minimicen los riesgos asociados con incendios en estos entornos altamente susceptibles, es decir, áreas que albergan materiales altamente inflamables y que facilitan la propagación del fuego.

El objetivo es proporcionar una solución integral que permita una rápida detección, intervención y control de incendios, protegiendo tanto las estructuras como los bienes y, lo más importante, la vida de las personas que pudieran verse expuestas a situaciones de emergencia.

En la infraestructura, la protección contra incendios es esencial cuando se habla de proteger vidas y patrimonios, ya que estas infraestructuras suelen albergar procesos productivos, almacenamiento de materiales, equipos de alto valor, y, sobre todo, vidas humanas, por lo tanto, en caso de algún siniestro, un Sistema Contra Incendios (SCI) no solo es fundamental para garantizar la seguridad de las personas y la integridad de las instalaciones, sino también para minimizar posibles pérdidas económicas y

asegurar la continuidad operativa en caso de emergencias. (Lee, 2020, p. 1)

Existen múltiples sistemas de protección contra incendios, uno de ellos son los sistemas de diluvio y las redes de hidrantes; el primero especialmente útil en situaciones de alto riesgo, como en áreas con materiales inflamables, ya que permite una descarga masiva y simultánea de agua, el segundo, por su parte, proporciona una fuente de agua confiable y de fácil accesibilidad para los cuerpos de emergencia.

El presente informe detalla el proceso de prediseño de ambos sistemas, siguiendo los lineamientos establecidos en normativas nacionales e internacionales, que proporcionan criterios técnicos esenciales para garantizar que los sistemas diseñados cumplan con estándares de seguridad, eficiencia y funcionalidad. Entre las principales normas aplicables destacan (Fajardo, 2009, pp. 15-17):

1. **NFPA 13:** Norma para la instalación de sistemas de rociadores.
2. **NFPA 24:** Norma para la instalación de servicios privados de sistemas contra incendios y sus componentes.
3. **NFPA 20:** Norma para la instalación de equipos de bombeo contra incendios.
4. **NOM-002-STPS-2010:** Norma Oficial Mexicana que establece condiciones de seguridad en la prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.

I. Objetivos

Diseñar un Sistema Contra Incendios (SCI), compuesto por un sistema de diluvio y una red de hidrantes, que cumpla con las normativas nacionales e internacionales aplicables, teniendo en cuenta el resguardo de la seguridad de las personas, la protección de bienes materiales y la continuidad operativa de la nave industrial, como parte de la demostración de las habilidades adquiridas en las actividades profesionales.

Se destacan los siguientes objetivos específicos aplicables:

1. Analizar las características de la nave industrial, incluyendo su distribución, ocupación y riesgos asociados, para la definición de los los requerimientos específicos del sistema contra incendios, incluyendo distribuciones y consideraciones hidráulicas.

2. Determinar los parámetros de diseño del sistema de diluvio y la red de hidrantes, considerando las normativas aplicables como NFPA 13, NFPA 15, NFPA 24 y la NOM-002-STPS-2010, para la generación de un prediseño de SCI alineado a las necesidades del cliente.

3. Realizar cálculos hidráulicos preliminares y meramente de prediseño que garantice la capacidad y presión adecuada de los sistemas, asegurando su eficacia en situaciones de emergencia.

4. Seleccionar los componentes principales del sistema, como válvulas, tuberías, rociadores, hidrantes y bombas, con base en las necesidades específicas del proyecto y la normativa vigente, desglosando los procesos constructivos aplicables para el montaje adecuado.

5. Proponer un esquema funcional que integre el sistema de diluvio y la red de hidrantes, asegurando la cobertura adecuada de las áreas críticas dentro de la nave industrial.

II. Consideraciones hidráulicas de un SCI

II.1 Funcionamiento y mecánica de un sistema de diluvio

Los sistemas de diluvio son un tipo de sistema de protección contra incendios diseñados para extinguir o controlar un incendio mediante la liberación rápida y masiva de agua sobre un área específica. (Viking, 2009)

Estos sistemas son conocidos por su capacidad para cubrir grandes áreas de manera simultánea, lo que los hace especialmente útiles en lugares con alto riesgo de incendio, como fábricas, almacenes de materiales inflamables y zonas donde se almacenan productos químicos peligrosos. Un ejemplo de su aplicación es la protección de tanques de gas LP, que se detalla más a fondo en el siguiente capítulo.

El funcionamiento de estos sistemas se basa en una característica clave: en lugar de activar los rociadores de forma individual, como en los sistemas convencionales, todos los rociadores de una zona se activan al mismo tiempo. Esto se logra gracias a una red de tuberías conectadas a rociadores especiales, comúnmente boquillas tipo abiertas, que permanecen cerrados (o secos) bajo condiciones normales y que se activan en situaciones de emergencia. (Viking, 2009, p. 7).

Los sistemas de diluvio están diseñados para permitir una variedad de dispositivos de activación, los cuales deben ser compatibles con otros componentes del sistema, como las válvulas solenoides y los sistemas de detección de incendios (Viking, 2009, p. 7).

Cuando el sistema detecta un incendio o se activa el mecanismo de control, los rociadores se abren y el área se inunda simultáneamente con agua. A diferencia de otros sistemas, no hay una liberación controlada del agua en cada rociador; el objetivo es inundar toda el área protegida de manera inmediata.

El sistema de diluvio incluye tuberías, válvulas, rociadores y dispositivos de con-

trol, siendo las válvulas de diluvio las que regulan el flujo de agua. Estas válvulas están conectadas a un sistema de detección de incendios, y solo permiten el paso del agua cuando se detecta un incendio. En este caso, se utiliza una línea piloto que sirve de enlace entre el sistema de detección y las válvulas, abriendo la válvula de diluvio cuando se detecta calor por medio de rociadores, permitiendo así que el agua fluya hacia los rociadores de boquilla abierta para controlar el incendio. Un sistema de diluvio es un sistema de protección contra incendios fijo en el que el sistema de tuberías está vacío hasta que la válvula de diluvio se activa para distribuir agua presurizada desde rociadores o boquillas abiertas. Los sistemas de diluvio son más complejos que los sistemas de tuberías húmedas y secas debido a que contienen más componentes y equipos (Viking, 2009, p. 7).

Al recibir la señal, la válvula de diluvio se abre de manera instantánea, permitiendo que el agua fluya hacia los rociadores de la zona afectada. Es importante señalar que la línea piloto no solo facilita la activación de la válvula de diluvio, sino que también asegura que el agua se libere de manera controlada, limitando su distribución a las áreas específicas donde se ha detectado el incendio. Este mecanismo, por tanto, contribuye a una respuesta rápida y localizada. La Figura 2.1 muestra la instalación de un sistema de diluvio protegiendo un tanque de combustible.

Figura 2.1: Sistema de diluvio en un tanque de combustible.
Fuente: Navarro, 2015.

II.2 Consideraciones teóricas para un sistema de rociadores

II.2.1 Número de Reynolds

La mecánica de un rociador puede analizarse en términos del número de Reynolds (Re), que es un parámetro adimensional que indica la relación entre las fuerzas iner-

ciales y las fuerzas viscosas en un fluido en movimiento. En un rociador, el Re es clave para determinar el comportamiento del flujo dentro del sistema y al salir del orificio (Mendoza, 2014, p. 12):

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

Donde:

- ρ ⋮ Densidad del fluido, kg/m^3.
- v ⋮ Velocidad del fluido en la tubería, m/s.
- D ⋮ Diámetro característico, que en este caso es el diámetro del orificio del rociador, m.
- μ ⋮ Viscosidad dinámica del fluido, $Pa \cdot s$.

En un rociador, el número de Reynolds (Re) determina el régimen de flujo y la calidad del rociado. Cuando $Re < 2000$, el flujo es laminar, dominado por fuerzas viscosas, lo que resulta en un chorro suave y uniforme, con poca atomización del líquido. En el rango de transición ($2000 < Re < 4000$), el flujo es inestable, mezclando características de los regímenes laminar y turbulento, lo que puede generar un rociado irregular. Para $Re > 4000$, el flujo es turbulento, dominado por fuerzas inerciales, favoreciendo una atomización eficiente y la formación de pequeñas gotas, ideal para aplicaciones que requieren una dispersión uniforme y cobertura amplia.

En secciones cerradas, como un tubo circular, el radio hidráulico puede relacionarse con el diámetro hidráulico (D_h) como:

$$D_h = 4 \cdot R_h$$

Por lo tanto, el número de Reynolds usando el radio hidráulico es:

$$Re = \frac{v \cdot D_h}{\nu}$$

Donde:

- ν ⋮ Viscosidad cinemática, μ/ρ.

II.2.2 Ecuación de Darcy-Weisbach

La ecuación de Darcy-Weisbach tiene como fundamento describir la pérdida de carga por fricción en un sistema de flujo, como el de un rociador. Esta ecuación relaciona la pérdida de presión debido a la resistencia al flujo con parámetros del fluido y las características del conducto. En el caso de los rociadores, la ecuación se adapta para calcular cómo la energía del fluido se disipa mientras fluye a través de la tubería y el orificio del rociador (Mendoza, 2014, pp. 13-14):

$$h_L = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

- h_L ⋮ Pérdida de carga por fricción, m.
- f ⋮ Factor de fricción de Darcy (depende del régimen de flujo y la rugosidad relativa del conducto), adimensional.
- L ⋮ Longitud del conducto, m.
- D ⋮ Diámetro hidráulico del conducto, m.
- v ⋮ Velocidad promedio del fluido, m/s.
- g ⋮ Aceleración gravitacional, m/s^2.

II.2.3 Ecuación de Colebrook-White

El factor de fricción f, se puede aproximar desde la ecuación de Colebrook-White (Mendoza, 2014, p. 16):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot log_{10}\left(\frac{\epsilon}{3.7 \cdot D} + \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{f}}\right)$$

Con el fin de eliminar la dependencia implícita de f en el segundo término, se puede aproximar, por medio de un exponente de Re que:

$$\frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{f}} \approx \frac{5.74}{Re^{0.9}}$$

Por lo que,

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot log_{10}\left(\frac{\epsilon}{3.7 \cdot D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)$$

Despejando f y simplificando:

$$f = \frac{0.25}{\left[log_{10} \cdot \left(\frac{\epsilon}{3.7 \cdot D} + \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{f}}\right)\right]^2}$$

Esta última expresión es válida para flujo turbulento en conductos tanto rugosos como lisos. Es útil para sistemas de rociadores.

Las pérdidas por fricción, que son inevitables en cualquier sistema, están determinadas por la geometría de las tuberías, los materiales empleados, y el régimen de flujo (laminar o turbulento). Estas pérdidas representan una limitación física que debe ser considerada cuidadosamente para garantizar que la bomba seleccionada pueda compensarlas y mantener un rendimiento eficiente en todo momento, lo cual se analizará más a detalle en el Capítulo VI. Resultados.

II.2.4 Ecuación de Carga Dinámica Total

La carga dinámica total, H, es la energía requerida por la bomba para impulsar el fluido desde un punto de succión hasta un punto de descarga, incluyendo las pérdidas por fricción, diferencias de altura, y cambios de presión. Su cálculo combina diferentes componentes de energía que deben ser compensadas por la bomba para garantizar un flujo adecuado. Está expresada por (Mendoza, 2014, pp. 17-20):

$$H = H_g + h_L + H_v$$

Donde:

- H_g ⋮ Carga gravitacional, como la energía requerida para vencer la diferencia de altura entre el nivel del fluido en el punto de succión y el punto de descarga., $H_g = z_2 - z_1$.
- z_1 ⋮ Altura del punto de descarga, m.
- z_2 ⋮ Altura del punto de succión, m.

- h_L ⋮ Pérdida por fricción debidas al roce del fluido con las paredes de las tuberías, accesorios (codos, válvulas, etc.), y restricciones como las boquillas de los rociadores, calculada en el punto anterior de este documento.

- H_v ⋮ Esta pérdida representa la energía cinética que tiene el fluido al salir del sistema, particularmente relevante en rociadores y otras descargas abiertas, $H_v = \frac{v^2}{2g}$

Por lo que la ecuación general de la carga dinámica total en términos de presión, velocidad, peso específico y alturas tendría como expresión (Mendez, 2012, pp. 67-68):

$$H = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{(v_1)^2}{2g} + z_1 - \left(\frac{p_2}{\gamma} + \frac{(v_2)^2}{2g} + z_2\right) + h_L$$

Donde:

- $\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}$ ⋮ Alturas correspondientes a las presiones en los puntos 1 (succión) y 2 (descarga), expresadas en términos de peso específico. La diferencia de presiones se puede usar para calcular la energía disponible o requerida por la bomba para superar las pérdidas.

II.2.5 Factor K en el mecanismo de un rociador

El factor K de un rociador es una constante que establece la relación entre el caudal de agua descargado y la presión de suministro en la entrada del dispositivo, y está determinado por el diseño físico del rociador, especialmente el tamaño de su orificio de descarga.

El valor del factor K varía en función del tipo de rociador y su aplicación, y se puede explicar su esencia a partir del Teorema de Torricelli, que establece que la velocidad de salida de un líquido a través de un orificio en un recipiente es equivalente a la que alcanzaría un objeto en caída libre desde la superficie del líquido hasta la altura del orificio (Barajas, 2022, p. 63):

$$v = \sqrt{2g \cdot h}$$

Donde:

- v ⋮ Velocidad de salida, m/s.

- g ⋮ Aceleración gravitatoria, m/s^2.
- h ⋮ Elevación desde la superficie del líquido al punto de descarga, m.

Un principio fundamental de la hidrostática establece que la presión, en un fluido en reposo varía con la profundidad, debido al peso del fluido, sobre una unidad de área, es decir:

$$p = w \cdot h \Longrightarrow h = \frac{p}{w}$$

Donde:

- p ⋮ Presión que ejerce el fluido sobre en punto a analizar.
- w ⋮ Peso específico del fluido.

Por otro lado, el área de salida de un rociador, a, es una circunferencia, y está en función de su diámetro, D:

$$a = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Sustituyendo, en la ecuación teórica de gasto hidráulico, $Q = a \cdot v$:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \sqrt{2g \cdot h} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \sqrt{2g \cdot \frac{p}{w}}$$

Operando:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{2g}{w}} \cdot D^2 \cdot \sqrt{p}$$

Es preciso agregar a esta expresión un coeficiente de descarga, C_d, que se utiliza para corregir la diferencia entre la teoría y la realidad en los cálculos de flujo a través de un orificio o una abertura, éste es adimensional, típicamente entre 0.6 y 0.8 dependiendo del tipo de orificio:

$$Q = C_d \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{2g}{w}} \cdot D^2 \cdot \sqrt{p}$$

Se puede reducir únicamente a $Q = K \cdot \sqrt{p}$, donde K relaciona la presión ejercida sobre el rociador y el gasto que libera, y tiene como valor:

$$K = C_d \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{2g}{w}} \cdot D^2$$

Se concluye, pues, que el factor K está directamente relacionado con el diámetro del orificio de descarga del rociador, ya que este determina la cantidad de agua que puede pasar a través del rociador bajo una presión dada. Cuanto mayor sea el diámetro del orificio, mayor será el valor del factor K, lo que implica una mayor capacidad de descarga de agua.

II.2.6 Rango de temperatura de activación de un rociador

Un rociador automático posee un bulbo, el cual, alcanzando cierta temperatura, se rompe y libera el flujo de agua, mediante un líquido a base de glicerina que se expande y logra romper su recipiente de vidrio (Barajas, 2022, pp. 59-60).

La elección de la temperatura de activación depende del entorno donde se instalará el rociador. Por ejemplo, en áreas con temperaturas normales, se suelen usar rociadores con bulbos de color naranja o rojo. En lugares con altas temperaturas, como cocinas industriales, se utilizan rociadores con bulbos de mayor temperatura (amarillo, verde, o superior), por lo mismo, es importante que la temperatura nominal del rociador sea superior a las temperaturas normales del entorno para evitar activaciones no deseadas.

La codificación por colores de los bulbos está estandarizada para facilitar la identificación visual de la temperatura nominal de activación, de acuerdo con normativas como la NFPA 13. La Tabla 2.1 enlista una relación del color del bulbo de un rociador con su temperatura de activación.

Tabla 2.1: Temperatura de activación según el color del bulbo

Color del bulbo	Temperatura de activación [°C]	Temperatura de activación [°F]
Naranja	57-77	135-170
Rojo	79-107	175-225
Amarillo	121-149	250-300
Verde	163-191	325-375
Azul	204-246	400-475
Púrpura	260-302	500-575
Negro	316-343	600-650

Fuente: (Ziavras, 2021)

La Figura 2.2 muestra la instalación de un rociador con bulbo rojo, incluyendo la conexión hidráulica de la boquilla a la línea hidráulica.

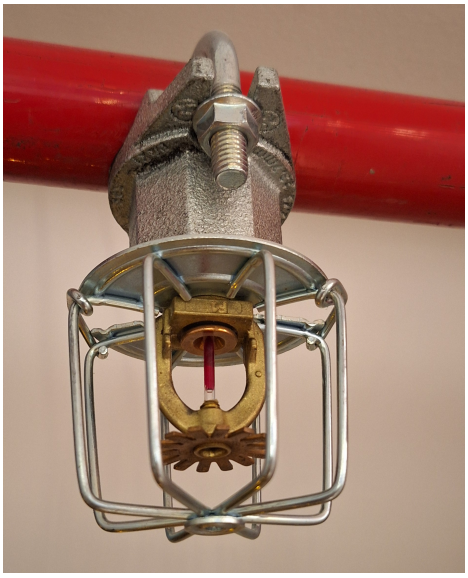


Figura 2.2: Imagen típica de un rociador con bulbo rojo.
Fuente: Imagen tomada por el autor.

II.3 Funcionamiento y mecánica de un sistema de hidrantes

Los hidrantes son dispositivos de protección contra incendios en la infraestructura, diseñados para proporcionar acceso rápido y seguro a agua de alta presión en situaciones de emergencia. Su funcionamiento mecánico se basa en una válvula interna que regula el flujo del agua proveniente del sistema de distribución. En condiciones normales, esta válvula permanece cerrada, impidiendo el paso del agua. Sin embargo, cuando se requiere su uso en situaciones de emergencia, el proceso comienza con la apertura de la tapa del hidrante, utilizando una llave especial. Al girar el mecanismo de apertura, se activa la válvula, permitiendo que el agua fluya hacia las salidas del hidrante, las cuales se conectan a las mangueras que los bomberos emplean para controlar el incendio. (Zevotek, 2024) (Lee, Kim, Lee, 2020, pp. 2-4)

A pesar de que los hidrantes existen desde hace siglos y son esenciales para combatir incendios, en muchos lugares no se consideran en el diseño de nuevas urbanizaciones o parques industriales. Esto crea un grave problema de seguridad, ya que muchas ciudades, con edificios antiguos y sistemas eléctricos obsoletos, carecen de los recursos necesarios para enfrentar incendios grandes. Es urgente que las nuevas redes de agua incluyan hidrantes, con estándares claros para facilitar su uso en emergencias, ya que

el fuego sigue siendo una amenaza real para la seguridad de las personas (Benedetti, 2023, p. 16).

Los incendios causan grandes pérdidas humanas y materiales cada año. Además de dañar los edificios, también impactan negativamente al entorno y la comunidad. Abordar eficazmente los riesgos relacionados con los incendios es crucial. Un suministro de agua insuficiente puede empeorar esta situación. (Lee, Kim, Lee, 2020, p. 1)

Los hidrantes son útiles pues, la alta presión del agua, generada por el sistema de distribución, permite que los bomberos ajusten el flujo de agua mediante válvulas adicionales en las mangueras, optimizando así su capacidad de extinción. Es importante destacar que los hidrantes se colocan estratégicamente en lugares accesibles y visibles, lo cual garantiza que los servicios de emergencia puedan acceder a ellos rápidamente. Este diseño permite que, en un momento crítico, el acceso al agua sea inmediato y eficiente, maximizando las posibilidades de contener y extinguir el incendio con la mayor rapidez posible. Los hidrantes deben cumplir con ciertos estándares, como un diámetro mínimo de 2 a 2.5 pulgadas para los exteriores y 1.5 pulgadas para los interiores, con válvulas de bronce o neopreno. Los hidrantes exteriores deben estar a un máximo de 60m entre sí, y los interiores a 30m. También deben ser claramente visibles y estar pintados de rojo. Se requiere que los monitores cubran toda el área y que la presión de descarga sea de al menos 50 psi. Además, debe haber una toma siamesa conectada al sistema principal para abastecer de agua. (Mendez, 2012, p. 64).

La Figura 2.3 muestra el montaje de un hidrante de gabinete, alimentado por una bajada hidráulica.

Figura 2.3: Instalación típica de un hidrante de gabinete
Fuente: Imagen tomada por el autor.

III. Marco teórico-normativo para el diseño del SCI

III.1 Aspectos generales de la NFPA 13, para la instalación de rociadores de agua en diluvio

III.1.1 Pérdida por fricción

La NFPA 13 establece que las pérdidas por fricción, p, deben ser consideradas durante el diseño del sistema para asegurar que la presión en los rociadores o boquillas sea la necesaria para una correcta operación. Se calcula mediante la ecuación de Hazen-Williams (NFPA, 2019, p. 13-322) (Mendez, 2012, pp. 68-69):

$$p = \frac{4.52 \cdot Q^{1.85}}{C^{1.85} \cdot d^{4.87}}$$

Donde:

- Q ⋮ Flujo, gpm
- C ⋮ Coeficiente de pérdida por fricción
- d ⋮ Diámetro interno real, $in.$

III.1.2 Presión de velocidad

La presión de velocidad, P_v, se refiere a la presión adicional generada por el flujo del agua dentro de las tuberías debido a la velocidad del flujo mismo. Esta presión es el resultado del movimiento del agua a través de las tuberías, y se asocia a la

resistencia que el agua encuentra debido a la fricción con las paredes de la tubería. Se calcula como(NFPA, 2019, p. 13-322, 13-323):

$$P_v = \frac{0.001123 \cdot Q^2}{D^4}$$

Donde:

- D ⋮ Diámetro interno, in.

III.1.3 Presión normal

La presión normal, P_n, es la presión que debe mantenerse durante el funcionamiento habitual del sistema para garantizar su efectividad y seguridad. Se calcula como:

$$P_n = P_t - P_v$$

Donde:

- P_t ⋮ Presión total, psi.

III.1.4 Puntos de empalme hidráulico

Los puntos de empalme hidráulico son lugares en un sistema de tuberías donde se conectan diferentes secciones de tuberías, componentes o dispositivos dentro de un sistema hidráulico, como el de un sistema de rociadores, agua pulverizada o cualquier red de distribución de agua. Estos puntos deben equilibrarse con la siguiente ecuación (NFPA, 2019, p. 13-323):

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{P_1}{P_2}}$$

III.1.5 Descarga de la boquilla

El gasto en la descarga de la boquilla se calcula según lo demostrado en la sección 3.2.4 del presente documento; está en función del factor K de la boquilla en cuestión y la presión ejercida por el fluido (NFPA, 2019, p. 13-323):

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

III.1.6 Longitudes equivalentes

Las longitudes equivalentes son un concepto utilizado para calcular las pérdidas de presión causadas por componentes que afectan el flujo del agua, tales como codos, válvulas, reducciones, filtros y otros accesorios. En lugar de tener que calcular las pérdidas individuales de cada uno de estos elementos de manera separada, se utiliza una "longitud equivalente"que simplifica el cálculo (NFPA, 2019, p. 13-323).

La NFPA considera longitudes equivalente establecidas para cada accesorio, las cuales serán consultadas en el capítulo V. Prediseño del presente documento.

III.2 Aspectos generales de la NFPA 24, para la instalación de servicios privados de sistemas contra incendios y sus componentes

Para este trabajo, se describen algunos aspectos generales del Capítulo VI de esta normativa, el cual especifica criterios para la instalación, selección de cantidad y ubicación de hidrantes (NFPA, 2019, p. 24-16):

1. Los hidrantes deben estar listados y la conexión hasta la tubería principal debe ser de al menos 6 pulgadas (150 mm).
2. Se debe instalar una válvula de control listada a no más de 20 pies del hidrante, identificada y libre de obstrucciones.
3. El tamaño, cantidad y disposición de las salidas, válvula principal y barril deben ser adecuados y aprobados por la autoridad competente.
4. Los hidrantes deben estar ubicados a no menos de 40 pies de los edificios, con posibilidad de excepciones aprobadas.
5. La salida de manguera debe estar a no menos de 18 pulgadas por encima del nivel del terreno.
6. El centro de una salida de manguera no debe estar a más de 36 pulgadas (900 mm) por encima del nivel del terreno.
7. En una caseta de manguera, el centro de la salida debe estar a no menos de 12 pulgadas (300 mm) por encima del piso.

III.3 Aspectos generales de la NOM-002-STPS-2010, para las condiciones de seguridad en la prevención y protección contra incendios en centros de trabajo

Respecto a los SCI, la Normal Oficial mexicana menciona los siguientes criterios para un sistema hidráulico fijo (STPS, 2010):

1. Se recomienda que las redes hidráulicas contra incendio sean de circuito cerrado o anillo, equipadas con válvulas de seccionamiento. Además, deben contar con una memoria de cálculo del sistema, garantizando la eficiencia del diseño hidráulico. Es fundamental que el suministro de agua para estas redes sea independiente del destinado a otros servicios generales, y que se asegure un abastecimiento mínimo de agua para al menos dos horas, con un flujo de 946 litros por minuto, ajustado a parámetros como el riesgo a proteger y el área construida. También se debe contemplar un sistema de bombeo que impulse el agua a través de la red, con al menos dos fuentes de energía automatizadas que mantengan la presión requerida.

2. El sistema debe contar con una bomba jockey para asegurar una presión constante y mantener al menos $7 kg/cm^2$ en toda la red. Las conexiones deben ser compatibles con el equipo de bomberos, y las válvulas deben estar accesibles y correctamente identificadas.

3. Se recomienda el uso de sistemas de rociadores automáticos en áreas con alto riesgo de incendio, mientras que en cocinas o áreas donde el agua pueda dañar bienes o incrementar riesgos, se pueden instalar sistemas alternativos de supresión de incendios.

IV. Análisis del sitio

El sitio de estudio se encuentra en Huejotzingo, Puebla, y se dedica al almacenamiento de plásticos en una instalación cuya área total es de 3075 m^2. El propósito de este estudio es diseñar un sistema de protección contra incendios para el almacén, utilizando hidrantes adecuados, así como un sistema de diluvio para un tanque diésel de 5 metros de largo por 1.5 metros de diámetro.

Los planos de la planta en cuestión se muestran en el Apéndice 3 al final de este documento.

Dado que se trata de una planta con material altamente inflamable, se encuentra sometida a un nivel de riesgo alto. Este tipo de riesgo exige un sistema de protección eficiente y de rápida respuesta en caso de emergencia. En consecuencia, se requiere una selección cuidadosa de la bomba contra incendios, que debe ser capaz de proporcionar el caudal y presión necesarios para asegurar la correcta operación de los hidrantes y el sistema de diluvio, considerando los estándares internacionales y las normativas locales de seguridad.

El suministro de agua para el sistema de hidrantes procede directamente de la red municipal, lo que garantiza una fuente confiable y constante de agua para las operaciones de emergencia. La conexión a la red pública permite acceder a una infraestructura ya establecida que cuenta con la capacidad de abastecer grandes volúmenes de agua con la presión adecuada para el funcionamiento del sistema contra incendios. Este tipo de suministro tiene como principal ventaja la disponibilidad de una fuente externa que no depende de instalaciones internas privadas, asegurando así una mayor fiabilidad en caso de un incendio.

El estado actual del sistema es que no cuenta con un sistema de protección contra incendios instalado. Esto significa que no existe una infraestructura dedicada, como hidrantes, rociadores automáticos o sistemas de detección y extinción, que permita responder de manera adecuada en caso de un incendio. La falta de un sistema de protección activa representa un riesgo significativo tanto para la seguridad de las personas como para la integridad de las instalaciones, ya que no se dispone de medios eficaces para mitigar los efectos de un incendio o evitar su propagación, el cual es de importancia teniendo en cuenta las labores que aquí se desarrollan.

Las figuras 4.1 y 4.2 son fotografías del almacén de plásticos PET, que se protegerá con hidrantes de gabinete.

Figura 4.1: Área de almacenamiento de plásticos
Fuente: Imagen tomada por el autor.

Figura 4.2: Área de oficinas administrativas
Fuente: Imagen tomada por el autor.

V. Prediseño

V.1 Selección de equipo de bombeo contra incendios

Se eligió, para este tipo de proyecto un equipo de bombeo marca Fairbanks Nijhuis con las siguientes características:

- **Condiciones de servicio (COS):**
  - Caudal: 250 USgpm (57 m^3/h).
  - Presión nominal: 125 psi.
  - Velocidad de rotación: 3000 rpm.
  - Presión de succión: 0 psi.
  - Diámetro del impulsor: 10.15625 pulgadas.
  - Cabezal de cierre (shutoff head): 133 psi.
  - Elevación de instalación: 7381.89 pies (2249.99 m).
  - Temperatura del fluido: 93.2 °F (34 °C).
  - País de origen: Estados Unidos.
- **Configuración de la bomba contra incendios:**
  - Materiales de construcción: Ajuste de bronce con carcasa de hierro fundido (bronze-fitted with cast iron casing).
  - Rotación de la bomba: Derecha (right-handed).
  - Clasificación de bridas (succión/descarga): Succión: 4 pulgadas, Descarga: 3 pulgadas; 125/125 LB.
  - Base de la bomba: Base de acero estructural.
  - Material del eje de la bomba: Acero al carbono AISI C1045.
- **Motor (Driver):**
  - Tipo de motor: Clarke JU4H-UF24 83HP 3000rpm 12V; Incluye bucle de enfriamiento HSC/ES FM de 1/2"(galvanizado).

- Potencia nominal disponible para el motor seleccionado: 64.0215 HP.
- Bucle de enfriamiento del motor (estimado): HSC/ES FM de 1/2"(galvanizado)
- Válvula reductora de presión para el bucle de enfriamiento: No requerida.
- Kit del motor: Ninguno.

▪ **Opciones del motor:**

- Voltaje del calentador de chaqueta de agua: 115 Voltios.
- Voltaje de la batería del motor: 12 Voltios DC.
- Frecuencia de operación del motor: 60 Hz.
- Tamaño del silenciador del motor: Estándar.

La Figura 5.1 es una fotografía de una instalación de un equipo de bombeo con motor Clarke.

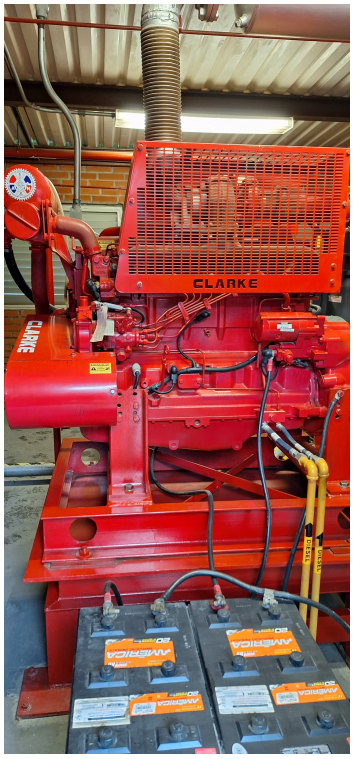


Figura 5.1: Instalación típica de un equipo de bombeo Clarke
Fuente: Imagen tomada por el autor.

La selección de este equipo tuvo como base los dos principales parámetros de bombeo:

- El flujo de 500 USgpm (114 m^3/h) de esta bomba es suficiente para abastecer un sistema de protección contra incendios con varios puntos de demanda y con las longitudes requeridas en la red hidráulica.
- La presión nominal de 125 psi y una capacidad de cabeza de cierre de hasta 135 psi, este equipo puede garantizar que la presión necesaria para operar los hidrantes y rociadores esté disponible incluso a distancias largas o en configuraciones de red complejas, como sucede en este proyecto.

Lo anteriormente mencionado se demuestra en el siguiente capítulo VI. Resultados. Asimismo, se anexa la curva de operación y los planos de este equipo de bombeo en el Apéndice 10.

V.2 Sistema de diluvio

Se propone un sistema de diluvio para proteger al tanque de gas LP comprendido por los componentes que se detallan a continuación.

V.2.1 Anillo de diluvio

Se consideró, en este prediseño, un anillo de diluvio de 2 1/2", el cual se utiliza específicamente para proporcionar cobertura total de agua sobre una superficie amplia y garantizar la protección del tanque de gas LP, está compuesto por 4 rociadores de boquilla tipo abierta Mod. E Spray Nozzles VK817 de Viking con un factor de descarga $K = 5.60$, un ángulo de 180° y rosca NPT 1/2"MCA. El anillo de diluvio está pensado en ser una línea seca, es decir, sin presencia de agua hasta que se detecte un incendio.

Los rociadores tipo boquilla abierta están diseñados para ser altamente efectivos en la dispersión de agua, creando una niebla o cortina de agua que cubre el área alrededor del tanque, enfriando tanto la estructura del tanque como el entorno circundante. Su ángulo de 180° permite un rango de dispersión óptimo, asegurando que el agua se distribuya uniformemente a lo largo de la superficie del tanque, protegiendo tanto los puntos críticos del almacenamiento como minimizando la posibilidad de daños por calor radiado o llamas externas.

El factor de descarga $K = 5.60$ asegura una buena capacidad de caudal, para la aplicación de agua sobre el tanque, teniendo en cuenta que trabajarán 4 rociadores simultáneamente, lo que es esencial para reducir la temperatura de la superficie del tanque y evitar que se alcancen niveles críticos de combustión que puedan llevar a consecuencias severas, como una explosión.

Las explosiones en tanques de almacenamiento pueden ocurrir cuando el vapor en el espacio por encima del líquido es inflamable. Los líquidos más propensos a prenderse fuego son los que tienen un punto de inflamación cercano a la temperatura de almacenamiento. Algunos tanques explotan debido a que el fuego calienta tanto el líquido como el vapor, alcanzando la temperatura en la que los vapores pueden incendiarse por la calor del tanque. Esto ocurre incluso si la temperatura del líquido no parece tan alta. (Mendez, 2012, p. 28).

V.2.2 Riser

Un riser es parte de un sistema de rociadores contra incendios, su función principal es distribuir el agua desde el sistema principal de suministro hacia los niveles superiores o hacia áreas que requieren protección.

La Figura 5.2 es un diagrama del funcionamiento de una válvula de diluvio, componente principal de un sistema de diluvio, en este caso de la marca Viking.

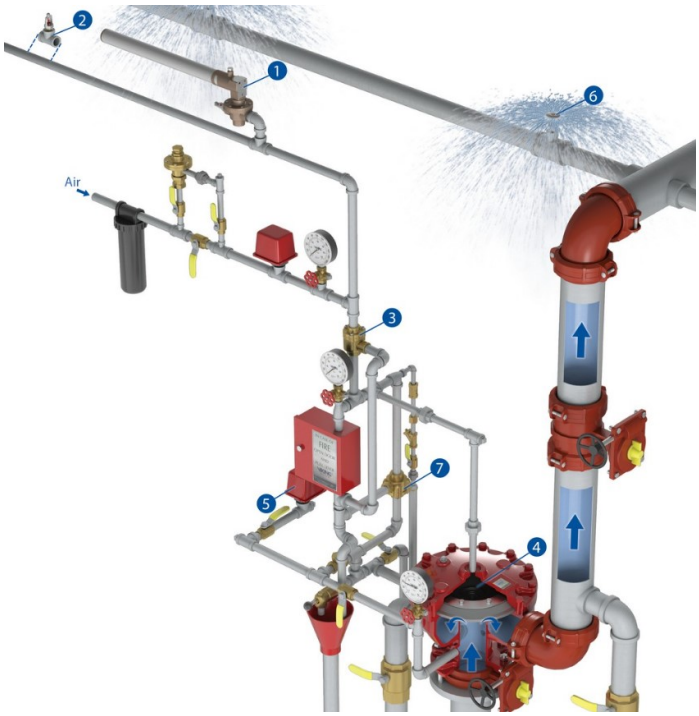


Figura 5.2: Riser de diluvio, con una válvula Modelo E-1 de Viking.
Fuente: Viking, 2019.

Los componentes seleccionados para este riser fueron:

- Válvula de Mariposa de 3"(FIG. 7700, MCA. Gruvlok): La válvula de mariposa regula el flujo de agua en el sistema de tuberías, permitiendo abrir o cerrar el

paso de agua con rapidez y precisión. Es esencial para controlar el flujo en caso de activación del sistema de incendios. Su diámetro es adecuado para manejar el flujo necesario para alimentar los sistemas de rociadores y diluvio.

- Válvula de Diluvio MCA. Reliable de Trim Húmedo Aprobado por UL/FM de 3": La válvula de diluvio es clave en sistemas de diluvio, donde se requiere liberar rápidamente grandes volúmenes de agua cuando se detecta un incendio. Esta válvula asegura la activación de la descarga de agua cuando el sistema lo necesita.
- Detector de Flujo Tipo Paleta MCA. Potter Roemer UL/FM de 3": El detector de flujo tipo paleta mide el caudal de agua que pasa a través del riser. En caso de que se active un rociador o hidrante, el detector de flujo activa las señales de alarma para alertar sobre el inicio de un incendio.

V.2.3 Línea piloto

La línea piloto de 3/4" es una tubería que conecta un sistema de rociadores con dispositivos de control y activación, en este caso, la válvula de diluvio. Esta línea piloto permite que el sistema de rociadores se active automáticamente cuando un rociador detecta un aumento de temperatura significativo, lo que indica un incendio en la zona protegida. La línea piloto es una red húmeda, es decir, con presencia de agua presurizada, el mecanismo por el que funciona la activación de la válvula de diluvio es la detección de la pérdida de presión que ocurre en la línea piloto cuando los rociadores de activación por bulbo liberan el flujo cuando se detecta un incendio.

Se escogieron, para este fin, dos rociadores TYCO TY4131 Bronce Pendent $K = 5.6$, con una temperatura de activación de 286°F, que jugarán un papel de componente central en este sistema, de manera que el agua se descarga hacia abajo cuando se activa, cubriendo eficientemente la zona debajo de él.

V.2.4 Soportería tipo poste

La soportería tipo poste asegura a instalación estructural de las tuberías y otros componentes del sistema. Se conforma por postes que proporcionan soporte físico a las tuberías, válvulas y otros equipos esenciales para asegurar su funcionamiento adecuado en caso de emergencia.

Está construida con materiales metálicos resistentes que aseguran estabilidad y durabilidad. Consiste en una base de placa cuadrada de acero de 20 cm x 1/4", fijada al suelo mediante taquetes expansivos tipo Z de 3/8" con tornillos y roldanas, que proporcionan anclaje sólido. Sobre esta base, se monta un poste estructural fabricado

con PTR 3” x 3” calibre 11, reforzado con ángulos de acero de 1/4"x 1 1/2"x 1 1/2", soldados con electrodo 7018 para garantizar conexiones fuertes y estables.

Las tuberías se fijan al poste utilizando abrazaderas U pesadas UL/FM, aseguradas con tornillos y tuercas galvanizadas que resisten la corrosión y las cargas dinámicas del sistema. Este arreglo estructural tiene como fin hacer que la tubería en sí resista las exigencias mecánicas y sísmicas del sistema de diluvio.

V.2.5 Soportería antisísmica y tipo ménsula

La soportería antisísmica utilizada en este proyecto está diseñada conforme a las recomendaciones de la NFPA 13, que regula la instalación de sistemas de rociadores contra incendios y establece los lineamientos para el diseño y aplicación de soportes antisísmicos. Según la norma, los sistemas de tuberías deben contar con soportes capaces de resistir las fuerzas generadas por movimientos sísmicos, protegiendo tanto la integridad estructural del sistema como su capacidad de operar durante y después de un evento sísmico.

El diseño incluye soportes antisísmicos de configuración cuatro vías, lateral y longitudinal, utilizando componentes certificados UL/FM, como las abrazaderas FIG. 980 y FIG. 1001 de Tolco, junto con tubos de acero al carbón cédula 40 de 1". Estas configuraciones permiten limitar los desplazamientos laterales y longitudinales de las tuberías, distribuyendo las cargas y evitando daños por torsión o impactos entre componentes.

Por otro lado, la tubería, al tener una trayectoria paralela a muro exterior, se porpone fijarla a éste con soportería tipo ménsula, es construido con materiales como ángulos de acero, placas reforzadas y elementos de fijación como taquetes expansivos y tornillos hexagonales, y permite soportar las cargas generadas por las tuberías, incluyendo el peso del fluido y las presiones internas.

V.3 Red de hidrantes

Se propone una distribución de 8 hidrantes modelo 2510 marca Potter Roemer, cada uno equipado con las siguientes características para garantizar la protección adecuada de las áreas designadas:

Capacidades del ensamblaje:

- Operación de una sola persona.

- Capacidad para aceptar el estándar reconocido a nivel nacional de 100 GPM a 65 PSI en la salida de la válvula.

- **Model 4070 U/L & FM Angle Valve:**
  - Tamaño: 1 1/2" (3.8 cm).
  - Material: Latón bruto (Rough Brass).
- **Model 2755 Satin Brass Hose Rack:**
  - Tamaño: 1 1/2" (3.8 cm).
  - Material: Latón satinado.
- **Nipple:** Componente de conexión.
- **Model 1985 Instructional Label:** Etiqueta de instrucciones.
- **Model 2792 U/L & FM Hose Rack:**
  - Material: Esmaltado rojo (Red Enamel).
- **Model 2962 Satin Brass Fog Nozzle:**
  - Tamaño: 1 1/2" (3.8 cm).
  - Certificaciones: U/L & FM.
  - Material: Latón satinado.
- **Model 2930 Satin Brass Pin Lug Coupling:**
  - Tamaño: 1 1/2" (3.8 cm).
  - Material: Latón satinado.
- **Model 2915 FM Polyflex Spacing Hose:**
  - Tamaño: 1 1/2" (3.8 cm).
  - Material: Poliflex con revestimiento.

Cada hidrante en el sistema tiene un radio de cobertura de 30 metros, proporcionado por la manguera de 1 1/2"x 30 metros. Este alcance fue el principal criterio de selección para determinar la ubicación y distribución de los hidrantes a lo largo del área protegida, asegurando que cada uno pueda cubrir eficientemente una zona de intervención en caso de incendio. Este radio de cobertura garantiza que las áreas críticas sean accesibles y que el sistema de extinción sea efectivo para contener o controlar un incendio.

VI. Resultados

VI.1 Cálculos hidráulicos aplicados al SCI

VI.1.1 Pérdida de presión en rociadores del sistema de diluvio

Cada rociador, se diseñará con un gasto de diseño de 26 galones por minuto por cada rociador, es decir, para 4 rociadores tipo boquilla abierta, se obtiene un gasto total de 104 galones por minuto. (Mendoza, 2014, p- 27).

$$Q = 104 \ [gpm]$$

Se puede saber con el gasto de diseño para el sistema de diluvio, y el diámetro de la red principal, o cabezal, la carga de fricción generada, de acuerdo con el Apéndice 6. Operando con extrapolaciones:

$$h_{f_{diluvio}} = 27.66 \ [ft] = 11.97 \ [psi]$$

VI.1.2 Pérdida de presión en hidrantes

Por otro lado, la presión residual requerida para este sistema de hidrantes, h_p, es de $65psi$, en una manguera de 1 1/2"de diámetro, cuyo valor lo tomaremos en cuenta para fines de este diseño, no sin antes agregar consideraciones hidráulicas importantes:

$$h_{f_{hidrante}} = 65 \ [psi]$$

- La presión total en el sistema puede verse afectada por varios factores, como el número de hidrantes en uso simultáneamente y el flujo de agua requerido por cada uno.

- Si se utilizan varios hidrantes al mismo tiempo, la presión disminuirá debido a la mayor demanda de agua en el sistema.

Se considera que el sistema de diluvio y la red de hidrantes, al no encontrarse en las mismas áreas operativas, no trabajarán simultáneamente, por lo que es necesario considerar para fines de este cálculo la situación más desfavorable, es decir, en donde existe una mayor pérdida de presión que la bomba que proponemos debe compensar, en este caso, el hidrante.

VI.1.3 Pérdidas de presión primarias

Las pérdidas de presión primarias corresponden a la disminución de presión dentro de las tuberías principales del sistema debido al flujo de agua. Estas pérdidas ocurren como resultado de la fricción entre el agua y las paredes internas de las tuberías, así como por las turbulencias generadas en el flujo. (Mendoza, 2014, pp. 30-33).

Como ya se mencionó en la sección 4.1.1, la pérdida por fricción es calculada en función del gasto de diseño, $Q = 104$ $[gpm]$ y, se considera, de acuerdo con el Apéndice 4 de este documento, correspondiente a la NFPA 13, que $C = 120$, para un sistema de diluvio de tuberías de acero negro.

$$p = \frac{4.52 \cdot Q^{1.85}}{C^{1.85} \cdot d^{4.87}}$$

Con estas condiciones, se obtienen los siguientes resultados, para los diferentes diámetros utilizados en este proyecto:

- **3/4 pulgadas:** $14.08\,psi$ por cada 100 pies de tubería.
- **2 1/2 pulgadas:** $0.040\,psi$ por cada 100 pies de tubería.
- **3 pulgadas:** $0.016\,psi$ por cada 100 pies de tubería.

Cuantificando la red de tuberías se conluye que se tienen las siguientes longitudes:

- 494 metros de 3" en la red de hidrantes.
- 65.82 metros de 3" en el cabezal e interconexión del sistema de diluvio.
- 15 metros de 2 1/2" en el anillo de diluvio.
- 65.82 metros de 3/4" en la línea piloto.

Tabla 6.1: Pérdidas de presión por longitud y diámetro.

Diámetro	**Longitud (pies)**	**Pérdida por 100 pies (psi)**	**Pérdida Total (psi)**
3"	1844.21	0.0165	0.304
$2\ \frac{1}{2}$"	215.94	0.0400	0.0864
$\frac{3}{4}$"	49.21	14.08	6.93

NOTA: Estos resultados fueron obtenidos con base en la NFPA 13.

Organizando los cálculos en la Tabla 6.1:

Por lo que, de forma total se obtiene una pérdida de:

$$h_{f_{primarias}} = 7.32\ \ [psi]$$

VI.1.4 Pérdidas de presión secundarias

Las pérdidas de presión secundarias en un sistema de tuberías, como en un sistema de hidrantes o de rociadores automáticos, son las pérdidas adicionales de presión que ocurren debido a elementos de control y accesorios del sistema, tales como válvulas, codos, tees, reducciones, etcétera. Los puntos de empalme hidráulico generan pérdidas por fricción debido a la turbulencia y la resistencia que se producen cuando el fluido cambia de dirección, velocidad o atraviesa conexiones, codos, válvulas u otros elementos.

Son calculadas al igual que las pérdidas primarias, asignándole a cada accesorio una longitud equivalente de tubería, lo que permite calcular las pérdidas de presión de manera más eficiente y con una sola ecuación de fricción primaria. (Mendoza, 2014, pp. 30-33)

La longitud equivalente se define como la longitud de una tubería recta que causaría una pérdida de presión igual a la que causan los accesorios del sistema en conjunto.

Esto significa que un accesorio con una determinada resistencia al flujo se puede tratar como si fuera una longitud de tubería recta de un diámetro específico, lo cual facilita los cálculos. (NFPA, 2019, p. 13-321)

Se obtienen, mediante la NFPA 13, los siguientes valores de longitud equivalente:

- Codos de 3": 7 ft.
- Tees de 3": 15 ft.
- Tees de 3"x 1 1/2": 15 ft.
- Codos de 1/2": 2 ft.

- Codos de 2 1/2": 6 ft.

La NFPA 13 establece valores de longitud equivalente según el tipo de accesorio a calcular agrupados en una tabla, la cual está citada en el Apéndice 5 de este documento.

Cuantificando, se obtiene el siguiente número de accesorios, organizados en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2: Cuantificación de empalmes hidráulicos.

Accesorio	**Cantidad (unidades)**	**Diámetro**
Sistema de Hidrantes		
Codo 90° 3"	7	3"
Tee 3"	4	3"
Tee 3"x 1 1/2"	8	3"x 1 1/2"
Sistema de Diluvio		
Codo 90° 3"	4	3"
Codo 90° 3/4"	4	3/4"
Codo 90° 2 1/2"	4	2 1/2"

Se calcula según la longitud equivalente, y se organizan los valores de las pérdidas de presión de empalmes hidráulicos en la Tabla 6.3:

Tabla 6.3: Pérdidas de presión en empalmes hidráulicos.

Accesorio	**Cantidad**	**Longitud Eq. Total (ft)**	**Pérdida Final (psi)**
Codos de 3"	11	77	0.13
Tees de 3"	4	60	0.01
Tees de 3"x 1 1/2"	8	120	0.02
Codos de 3/4"	4	8	1.13
Codos de 2 1/2"	4	24	0.0096

NOTA: Valores de pérdidas por fricción calculados con base en las longitudes equivalentes que menciona la NFPA 13.

Por lo que, de forma total se obtiene una pérdida de:

$$h_{f_{secundarias}} = 1.3 \ [psi]$$

VI.1.5 Carga dinámica total

La Carga Dinámica Total, CDT, es la suma de todas las pérdidas de presión que el sistema experimenta durante su funcionamiento, junto con la presión requerida

para garantizar un caudal adecuado en los dispositivos finales (hidrantes, rociadores y boquillas), se expresa generalmente en unidades de altura de columna de agua (mca) o presión (psi) y es un parámetro necesario para el dimensionamiento de bombas, tuberías y accesorios en el SCI (Mendoza, 2014, p. 33).

Para términos teóricos se considera en la CDT la altura estática, la diferencia de elevación entre dos puntos específicos del sistema, representa la energía potencial asociada con la elevación del agua, es decir, es la presión o esfuerzo que el sistema debe superar debido a la gravedad para mover el agua entre esos puntos.

En este proyecto, no existe altura estática porque todos los sistemas están instalados prácticamente en un solo nivel dentro del complejo industrial. Por lo que, la CDT se calculará como:

$$CDT = h_{f\,diluvio} + h_{f\,hidrante} + h_{f\,primarias} + h_{f\,secundarias} = 85.59\ \ [psi] = 197.43\ \ [ft.c.a.]$$

Dado que la carga dinámica total, 73.62 psi, es menor que la presión nominal de la bomba propuesta, 125 psi, se puede afirmar entonces, para fines de este prediseño, que la bomba seleccionada es funcional para cubrir la demanda hidráulica asociada con la protección de las áreas mencionadas.

La afirmación anterior es justificable también con el caudal que puede brindar la bomba propuesta, $Q_{bomba} = 250\,[gpm]$, el cual es superior al gasto del sistema de diluvio, $Q_{diluvio} = 104\,[gpm]$, y al gasto del hidrante a utilizar, $Q_{hidrante} = 100\,[gpm]$. Ambos sistemas de protección ante un incendio pueden trabajar de forma simultánea.

Las bombas eléctricas deben ser capaces de operar durante un tiempo mínimo de 10 minutos, mientras que las bombas diésel deben asegurar su funcionamiento continuo por un período no inferior a 30 minutos (Hart, 2022).

Por lo tanto, para que la bomba opere sin ningún problema, se debe contar con una cisterna o tanque de agua cuya capacidad, V_{tanque} pueda abastecer 40 minutos de gasto de $250\,[gpm]$, es decir,

$$V_{tanque} = 250\,[gpm] \cdot 40\,[min] = 10,000\,[gal] = 37,854.12\,[l]$$

Se propone, pues, la instalación de un tanque o cisterna de agua comercial de 50,000 litros de capacidad, cuyo volumen se puede encontrar fácilmente en capacidades comerciales de fabricantes nacionales, o bien, en equipos de importación.

VI.1.6 Brake Horsepower

El BHP (Brake Horsepower) de una bomba, traducido como potencia al freno, es la cantidad de potencia real que un motor debe proporcionar a la bomba para que esta funcione correctamente, considerando todas las pérdidas mecánicas en el sistema, cuyo valor se puede obtener mediante la eficiencia a la que verdaderamente trabaja el equipo de bombeo, obtenido, a su vez, en la curva de la bomba principal, anexada en el Apéndice 10:

Se puede considerar para este fin un gasto de operación que considere la situación más desfavorable en un caso de incendio, hablando en términos de caudal, en este caso la activación del sistema de diluvio y la operación de un hidrante: $Q_{operacin} = Q_{diluvio} + Q_{hidrante} = 204\,[gpm] = 55.65\,[m^3/h]$

Para obtener la eficiencia se ingresa desde el eje horizontal de la curva de operación 'Flow' hasta intersecar con el eje horizontal 'Head', según el gasto y las pérdidas de fricción calculadas:

$$\eta \approx 50\,\%$$

Podemos calcular, el caballaje necesario para la operación del equipo de bombeo (Mendoza, 2014, pp. 35-37):

$$BHP = \frac{Q \cdot H}{\eta \cdot 3960} = \frac{204\ \ [gpm] \cdot 197.43\ \ [ft.c.a.]}{50\,\% \cdot 3960} = 20.34\ \ [HP]$$

Se propone, para fines de este diseño, una bomba con potencia nominal igual a 25 $[HP]$, y una bomba Jockey de 2 $[HP]$, usando como criterio una potencia mínima de 5 % del caballaje principal.

VII. Conclusiones

Este informe presenta el diseño de un sistema de diluvio y un sistema de hidrantes cuya finalidad es proteger un tanque de gas LP y un almacén de PET, respectivamente. Los objetivos iniciales se cumplieron satisfactoriamente, ya que, considerando las características de las áreas a resguardar, se desarrolló un prediseño de una red de hidrantes para el almacén de PET y un anillo de diluvio con rociadores tipo boquilla automáticos, alineados con la capacidad de cobertura de estos dispositivos.

Primeramente, el análisis de la nave industrial permitió definir las necesidades específicas del sistema, incluyendo la ubicación de los equipos, las distribuciones hidráulicas, y las características de protección necesarias para garantizar la seguridad en las áreas críticas, propensas a la rápida propagación del fuego, pues se habla de materiales y sustancias altamente inflamables.

En segundo lugar, se desarrollaron e investigaron las normativas aplicables sobre los procesos constructivos a tomar en cuenta en la instalación y montaje de un SCI, así como la demostración, por medio de la teoría hidráulica, las ecuaciones que rigen el diseño de un SCI que tienen como base líneas hidráulicas, y que están explícitamente mencionadas en las normas aplicables.

En tercer lugar, se aplicaron las normativas para generar un prediseño del sistema contra incendios, teniendo en cuenta, por sobre todo, las pérdidas de presión hidráulicas que el sistema tendría en caso de alguna operación de emergencia, y cómo estas pérdidas están completamente bien compensadas con el equipo de bombeo seleccionado.

En cuarto lugar, se enlistaron los componentes principales del sistema contra incendios, definiendo los dispositivos requeridos para cada sistema válvulas, tuberías, rociadores, hidrantes y bombas, incluyendo un análisis detallado de las necesidades técnicas y operativas del sistema.

En quinto lugar, se elaboró un diseño que asegura una cobertura óptima en las áreas críticas de la nave industrial. Este esquema garantiza que ambos sistemas trabajen de manera coordinada, ofreciendo una protección eficiente frente a posibles incendios y asegurando la seguridad de las instalaciones y del personal.

Referencias

1. Viking. (2009). *Deluge System Technical Manual for Operation, Maintenance, and Troubleshooting.* Viking Group Inc.

2. Barajas, O. (2022). *NFPA 13 Estándar para la instalación de sistemas de rociadores. Breve descripción de requerimientos y cálculos hidráulicos.* Revista Protección & Seguridad No. 402.

3. Benedetti, R. (2023). *Hidrantes contra incendio: Nada mejor que el agua para apagar el fuego.* Arquitecno, 22. https://doi.org/10.30972/arq.227246

4. Zevotek, R. (2024). *¿Cuánta agua proporcionan los hidrantes de incendio para combatir incendios?.* National Fire Protection Association [NFPA].

5. National Fire Protection Association (2019). *Standard for the Instalation of Sprinkler Systems. [NFPA 13].*

6. National Fire Protection Association (2019). *Standard for the Instalation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances. [NFPA 24].*

7. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2010). *NORMA Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.* Diario Oficial de la Federación.

8. Mendoza, J. (2014). *Sistema de seguridad contra incendio para un edificio de departamentos de lujo de 10 pisos.* Universidad Nacional Autónoma de México.

9. Lee, Y. H., Kim, M. S., Lee, J. S. (2020). *Firefighting in Vulnerable Areas Based on the Connection between Fire Hydrants and Fire Brigade. Sustainability*, 13(1), 98. https://doi.org/10.3390/su13010098

10. Méndez, F. (2012). *Protección contra incendio para tanques de almacenamiento atmosféricos.* Universidad Nacional Autónoma de México.

11. Fajardo, J. (2009). *Diseño, Instalación y puesta en operación de un sistema de protección contra incendios en la planta FEMSA Coca-Cola en Apizaco, Tlaxcala.* Instituto Politécnico Nacional.

12. Navarro, L. (2015). *SISTEMA DE ENFRIAMIENTO TANQUE GLP 30000 GAL PROTECMEC Ltda.* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=vyE8KOdiSV0

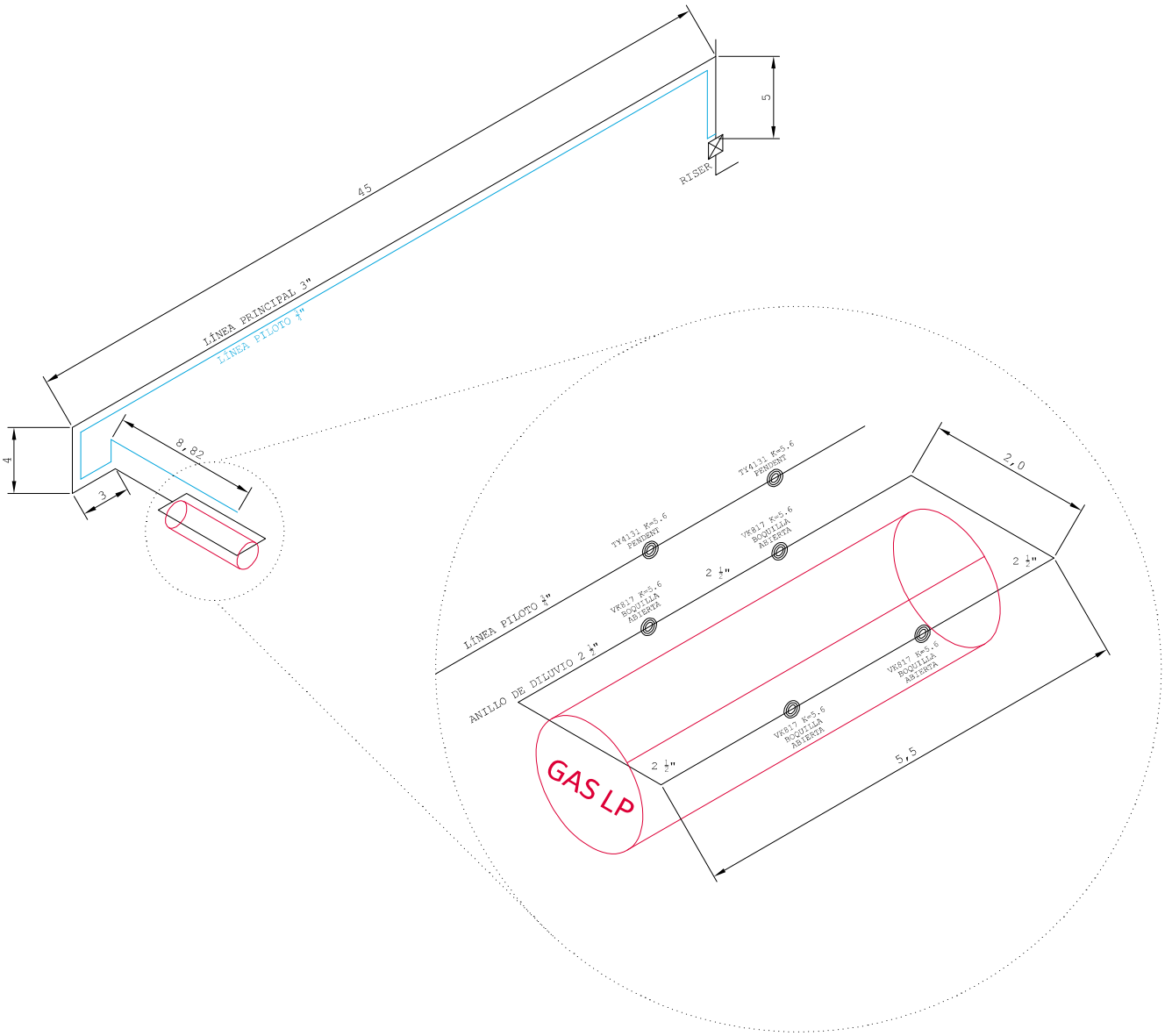
13. Ziavras, V. (2021). *The Basics of Sprinkler Thermal Characteristics* National Fire Protection Association [NFPA].

14. Viking. (2019). *Deluge System Model E-1 Deluge Valve Pneumatic Release*. Viking Group Inc.

15. Hart, J. (2022). *Pruebas de bombas contra incendios sin flujo (caudal cero) semanales o mensuales*. National Fire Protection Association [NFPA].

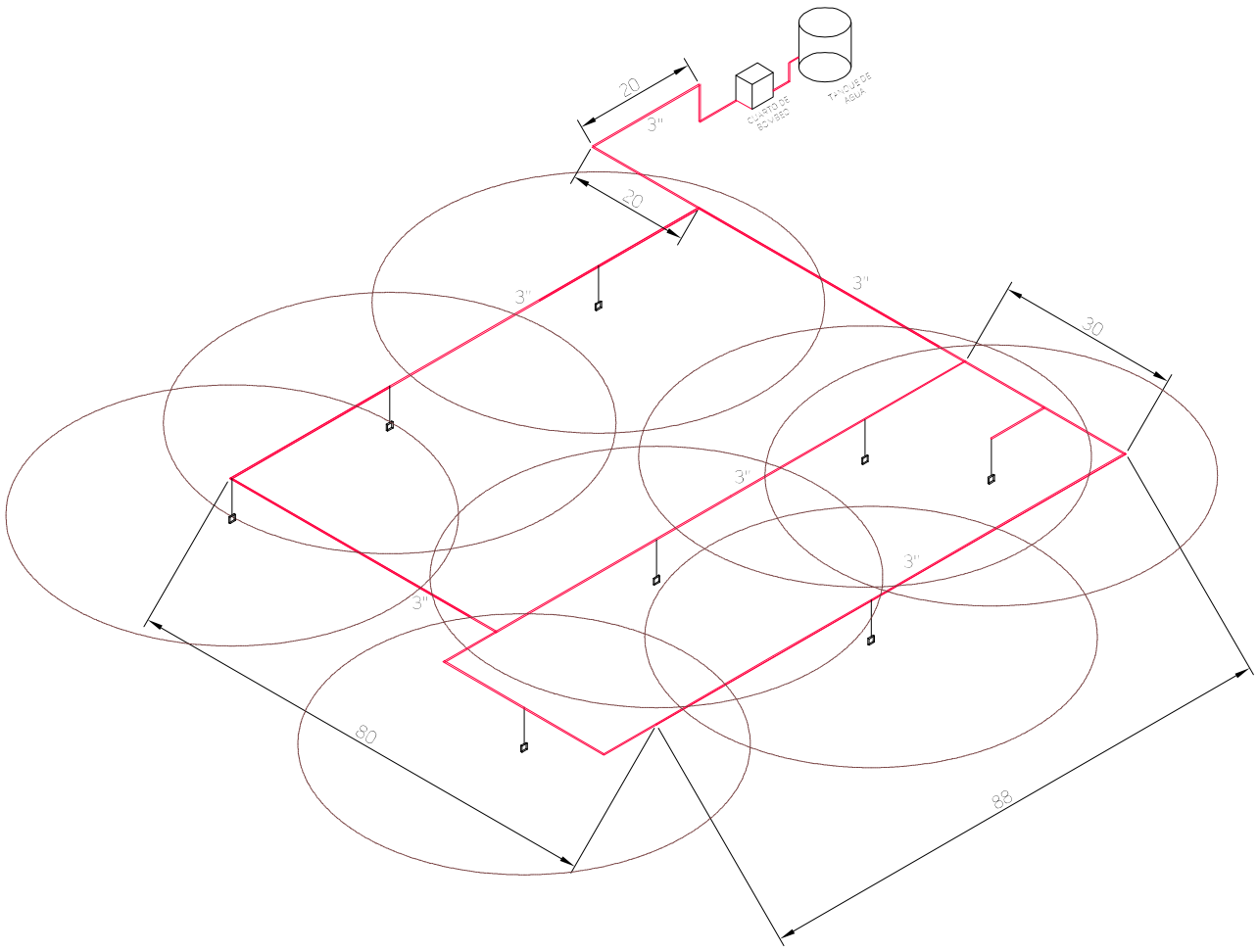
Apéndices

Apéndice 1. Prediseño isométrico del sistema de diluvio



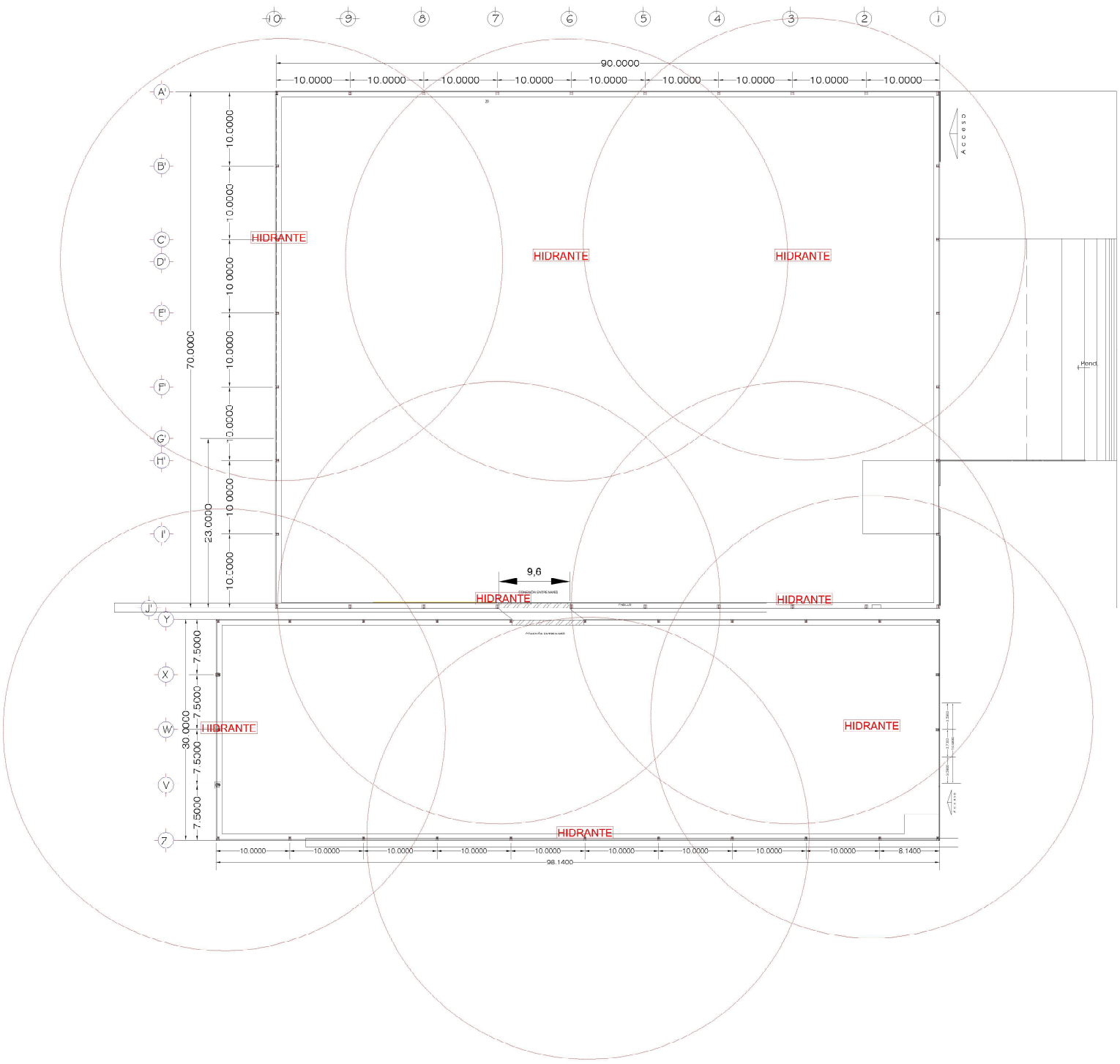
PREDISEÑO DE SISTEMA DE DILUVIO

Apéndice 2. Prediseño isométrico de la red de hidrantes



ISOMÉTRICO PARA DISTRIBUCIÓN DE HIDRANTES

Apéndice 3. Distribución para protección con hidrantes



DISTRIBUCIÓN DE HIDRANTES

Apéndice 4. NFPA: Valores C de Hazen-Williams

Tabla 27.2.4.8.1 Valores *C* de Hazen–Williams

Tubería o tubo	Valor *C**
De hierro dúctil o fundido sin revestimiento	100
De acero negro (sistemas secos, incluidos sistemas de acción previa)	100
De acero negro (sistemas húmedos, incluidos sistemas tipo diluvio)	120
De acero galvanizado (sistemas secos, incluidos sistemas de acción previa)	100
De acero galvanizado (sistemas húmedos, incluidos sistemas tipo diluvio)	120
De plástico (listado) — todos	150
De hierro dúctil o fundido con revestimiento de cemento	140
Tubo de cobre, de latón o acero inoxidable	150
De asbesto cemento	140
De concreto	140

*Se permite que la autoridad competente admita otros valores C.

Apéndice 5. NFPA: Longitudes equivalentes de empalmes hidráulicos

Tabla 27.2.3.1.1 Tabla de longitudes equivalentes de tuberías de acero de cédula 40

	Accesorios y válvulas expresadas en pies (metros) equivalentes de tubería														
Accesorios y válvulas	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 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 (3.3)	13 (4)
Codo estándar 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 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)
En T o cruz (flujo con giro 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)
Interruptor de flujo de tipo paleta			6 (1.8)	9 (2.7)	10 (3)	14 (4.3)	17 (5.2)	22 (6.7)	—	30 (9.1)	—	16 (4.9)	22 (6.7)	29 (8.8)	36 (11)
Válvula de retención a clapeta*	—	—	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.3)	14 (4.3)	16 (4.9)	19 (5.8)	22 (6.7)	27 (8.2)	32 (10)	45 (14)	55 (17)	65 (20)

Note: Se incluye información sobre tuberías de ½pulg. en esta tabla solamente porque se permiten en las Secciones 29.4 y 29.5.
*Debido a la variación en el diseño de las válvulas de retención a clapeta, los equivalentes de tubería indicados en esta tabla son considerados promedio.

Apéndice 6. Pérdidas por fricción en función del gasto y diámetro de la red

Tabla de pérdida por fricción en tubería de 3".

3" 3.068" Diám. Interior							
U.S. G.P.M.	Vel. v Ples/s	Carga vel. $v^2/2g$ ples	Pérdidas por fricción h_f ples	U.S. G.P.M	Vel. v Ples/s	Carga vel. $v^2/2g$ ples	Pérdidas por fricción h_f ples
50	2.17	0.07	0.66	220	9.55	1.42	10.7
60	2.60	0.11	0.92	240	10.4	1.69	12.6
70	3.04	0.14	1.22	260	11.3	1.98	14.7
80	3.47	0.19	1.57	280	12.2	2.29	16.9
90	3.91	0.24	1.96	300	13.0	2.63	19.2
100	4.34	0.29	2.39	350	15.2	3.58	26.1
120	5.21	0.42	3.37	400	17.4	4.68	33.9
140	6.08	0.57	4.51	500	21.7	7.32	52.5

Consultado con: US Hydraulic Institute.

VIKING®	TECHNICAL DATA	MODEL E SPRAY NOZZLES VK810 - VK817

The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Drive, Hastings MI 49058
Telephone: 269-945-9501 Technical Services: 877-384-5464 Fax: 269-818-1680 Email: techsvcs@vikingcorp.com
Visit the Viking website for the latest edition of this technical data page.

1. DESCRIPTION

WARNING: Cancer and Reproductive Harm- www.P65Warnings.ca.gov

Viking Model E, 3D Spray Nozzles are open type spray nozzles designed for directional spray applications in fixed fire protection systems. They have an open design only (non-automatic) with an external deflector that discharges a solid uniform cone spray of low- to medium- velocity water droplets. Model E Spray Nozzles are available in multiple orifice sizes and spray angles to meet design application requirements and they include a ½" NPT (DN15) external pipe thread. The base materials are brass, while electroless nickel plating may be applied to the complete assembly for applications requiring corrosion resistance.

The spray angle is the included angle of discharge for each nozzle, and is also marked on the deflector. Figures 1a and 1b illustrate the distribution width at various heights based on testing in the pendent position at 10, 20, and 60 PSI (0.7 bar, 1.4 bar, and 4.1 bar) discharge pressures. Note that the Model E Spray Nozzles are rated for a maximum discharge pressure of 175 PSI (12 bar). At pressures above 60 PSI (4.1 bar), the spray pattern begins to decrease in width due to pull-in of the spray pattern. For exposure protection, see Figures 6a, 6b, and 7 for fixed position angle, distance for included angle spray pattern perpendicular to surface of object at the fixed angle of installation.

For nozzles having nominal U.S. K-Factors of 1.2, 1.8, and 2.3, a bushing is used, flush at the inlet location, to eliminate sharp corner cavity and to prevent debris from collecting. (Nozzles with K-Factors of 3.2, 4.1, 5.6, and 7.2 are machined orifices.) Optional blow-off plugs are available for protection from dust and insect infestation and other accumulation of debris.

2. LISTINGS AND APPROVALS

cULus Listed: Category VGYZ

FM Approved: Fixed Extinguishing Systems

NYC Approved: MEA 89-92-E, Volume 29

China Approval: Approved according to China GB Standard

Refer to the Approval Chart on page 4 and Design Criteria on page 5 for cULus Listing and FM Approval requirements that must be followed.

3. TECHNICAL DATA

Specifications:

Minimum Operating Pressure: 10 psi (0.7 bar)
Maximum Working Pressure: 175 psi (12 bar)
Thread size: 1/2" NPT or 15 mm BSPT
Nominal K-Factor: 7.2 U.S. (103.7 metric*)
5.6 U.S. (80.6 metric)
4.1 U.S. (59.0 metric)
3.2 U.S. (46.1 metric)
2.3 U.S. (33.1 metric)
1.8 U.S. (25.9 metric)
1.2 U.S. (17.3 metric)

Orifice sizes are indicated by the K-Factor, which is marked on the deflector. Refer to the Nominal Discharge Curves on page 10 for each nozzle at various operating residual pressures.

* Metric K-factor measurement shown is when pressure is measured in Bar. When pressure is measured in kPa, divide the metric K-factor shown by 10.0.

Overall Length: 2-7/16" (61 mm)

Material Standards:

Body Casting: Brass UNS-C84400
Splitter: Brass UNS-C36000
Bushing: (for nozzles with 1.2, 1.8, and 2.3 K-Factors): Brass UNS-C36000

The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Drive, Hastings MI 49058
Telephone: 269-945-9501 Technical Services: 877-384-5464 Fax: 269-818-1680 Email: techsvcs@vikingcorp.com
Visit the Viking website for the latest edition of this technical data page.

Deflector: Phosphor Bronze UNS-C51000
Screw: Brass UNS-C65100

Ordering Information: (Also refer to the current Viking price list.)

Order Model E Spray Nozzles by first selecting the appropriate base part number for the K-Factor and spray angle desired. Then add the appropriate suffix for the desired finish and the suffix "Z" for open nozzles to the spray nozzle base part number.

Finish Suffix: Brass = A, Electroless Nickel Plated = J
Temperature Suffix: OPEN = Z
For example, spray nozzle VK810 with a K-Factor of 7.2 (103.7 metric) and a Brass finish = Part No. 12867AZ

Accessories: (Also refer to the "Sprinkler Accessories" section of the Viking data book.)

Sprinkler Wrench: Part No. 10896W/B (available since 2000).

Blow-Off Plugs (Optional): Refer to technical data page Form No. F_021105. Blow-off plugs are used to prevent the depositing of foreign materials in the waterway, which could interfere with the discharge of the spray nozzles. The plugs are designed to blow off when the system piping is pressurized. **Note:** The blow-off plugs have no listings or approvals.

4. INSTALLATION

⚠ WARNING

Viking Model E Spray Nozzles are manufactured and tested to meet the rigid requirements of the approving agency. The nozzles are designed to be installed in accordance with recognized installation standards. Deviation from the standards or any alteration to the nozzle after it leaves the factory including, but not limited to: painting, plating, coating, or modification, may render the unit inoperative and will automatically nullify the approval and any guarantee made by The Viking Corporation.

The Approval Chart on page 4 shows listings and approvals of Model E Spray Nozzles for use on water spray systems and water based deluge systems. The chart shows listings and approvals available at the time of printing. Other approvals are in process. Check with the manufacturer for any additional approvals.

A. **Spray nozzles are to be installed in accordance with the latest edition of Viking technical data, the latest published standards of NFPA, FM Global, LPCB, APSAD, VdS or other similar organizations, and also with the provisions of governmental codes, ordinances, and standards whenever applicable. The use of Model E Spray Nozzles may be limited due to occupancy and hazard. Refer to the Authority Having Jurisdiction prior to installation.**
B. Handle Model E Spray Nozzles with care. They must be stored in a cool, dry place in their original shipping container. Never install a spray nozzle that has been dropped or damaged.
C. Corrosion-resistant spray nozzles must be installed when subject to corrosive atmospheres.
D. Spray nozzles must be installed after the piping is in place to prevent mechanical damage.
E. Before installing, be sure to have the appropriate model and style, with the correct K-Factor and spray angle. Spray nozzle deflectors are identified with the VK model number, nominal K-Factor, and spray angle.
   1. Apply a small amount of pipe-joint compound or tape to the external threads of the spray nozzle only, taking care not to allow a build-up of compound inside the inlet.
   2. Install the nozzle on the fixed piping, using the special sprinkler/spray nozzle wrench only. Take care not to over-tighten or damage the spray nozzle. DO NOT use the deflector to start or thread the unit into a fitting.
F. Spray nozzles must be protected from mechanical damage. Where open spray nozzles are used, care must be taken to prevent foreign materials from entering the orifice. Foreign materials may accumulate and restrict or plug the waterway and may prevent proper operation of the spray nozzle.

5. OPERATION

Model E, 3D Spray Nozzles are designed to apply cooling water to exposed vertical, horizontal, curved, and irregular shaped surfaces to allow cooling of objects externally when exposed to an adjacent fire. Cooling is done to prevent objects from absorbing heat that could cause structural damage and possible spread of fire to the protected object. In some applications, Model E Spray Nozzles may be applied to control or extinguish fire of the protected area (depending on water design application density).

tyco Fire Protection Products

Worldwide Contacts | www.tyco-fire.com

Series TY-FRB — 2.8, 4.2, 5.6, and 8.0 K-Factor Upright, Pendent, and Recessed Pendent Sprinklers Quick Response, Standard Coverage

General Description

The TYCO Series TY-FRB, 2.8, 4.2, 5.6, and 8.0 K-factor, Upright, Pendent, and Recessed Pendent Sprinklers described in this data sheet are quick response, standard coverage, decorative 3 mm glass bulb-type spray sprinklers designed for use in light or ordinary hazard, commercial occupancies such as banks, hotels, and shopping malls.

The recessed version of the Series TY-FRB Pendent Sprinkler, where applicable, is intended for use in areas with a finished ceiling. This recessed pendent sprinkler uses one of the following:

- A two-piece Style 10 (1/2 inch NPT) or Style 40 (3/4 inch NPT) Recessed Escutcheon with 1/2 inch (12,7 mm) of recessed adjustment or up to 3/4 inch (19,1 mm) of total adjustment from the flush pendent position, or a
- A two-piece Style 20 (1/2 inch NPT) or Style 30 (3/4 inch NPT) Recessed Escutcheon with 1/4 inch (6,4 mm) of recessed adjustment or up to 1/2 inch (12,7 mm) of total adjustment from the flush pendent position.

The adjustment provided by the Recessed Escutcheon reduces the accuracy to which the fixed pipe drops to the sprinklers must be cut.

Corrosion-resistant coatings, where applicable, are utilized to extend the life of copper alloy sprinklers beyond that which would otherwise be obtained when exposed to corrosive atmospheres. Although corrosion-resistant coated sprinklers have passed the standard corrosion tests of the applicable approval agencies, the testing is not representative of all possible corrosive atmospheres. Consequently, it is recommended that the end user be consulted with respect to the suitability of these coatings for any given corrosive environment. The effects of ambient temperature, concentration of chemicals, and gas/chemical velocity, should be considered, as a minimum, along with the corrosive nature of the chemical to which the sprinklers will be exposed.

An intermediate level of the Series TY-FRB Pendent Sprinklers is detailed in Technical Data Sheet TFP356, and Sprinkler Guards are detailed in Technical Data Sheet TFP780.

NOTICE

The Series TY-FRB, 2.8, 4.2, 5.6, and 8.0 K-factor, Upright, Pendent, and Recessed Pendent Sprinklers described herein must be installed and maintained in compliance with this document and with the applicable standards of the National Fire Protection Association, in addition to the standards of any authorities having jurisdiction. Failure to do so may impair the performance of these devices.

The owner is responsible for maintaining their fire protection system and devices in proper operating condition. The installing contractor or sprinkler manufacturer should be contacted with any questions.

IMPORTANT

Always refer to Technical Data Sheet TFP700 for the "INSTALLER WARNING" that provides cautions with respect to handling and installation of sprinkler systems and components. Improper handling and installation can permanently damage a sprinkler system or its components and cause the sprinkler to fail to operate in a fire situation or cause it to operate prematurely.

Sprinkler Identification Number (SIN)

TY1131 - Upright 2.8K, 1/2˝ NPT
TY1231 - Pendent 2.8K, 1/2˝ NPT
TY2131 - Upright 4.2K, 1/2˝ NPT
TY2231 - Pendent 4.2K, 1/2˝ NPT
TY3131 - Upright 5.6K, 1/2˝ NPT
TY3231 - Pendent 5.6K, 1/2˝ NPT
TY4131 - Upright 8.0K, 3/4˝ NPT
TY4231 - Pendent 8.0K, 3/4˝ NPT
TY4831 - Upright 8.0K, 1/2˝ NPT
TY4931 - Pendent 8.0K, 1/2˝ NPT

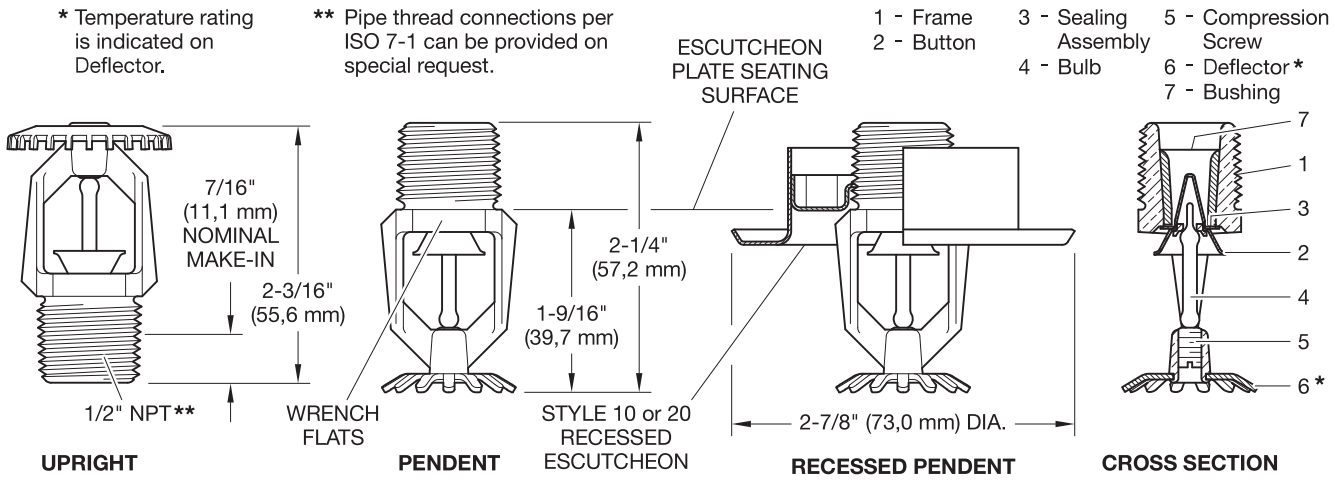


FIGURE 1
QUICK RESPONSE SERIES TY-FRB UPRIGHT (TY1131) AND PENDENT (TY1231) SPRINKLERS
2.8 K-FACTOR, 1/2 INCH NPT

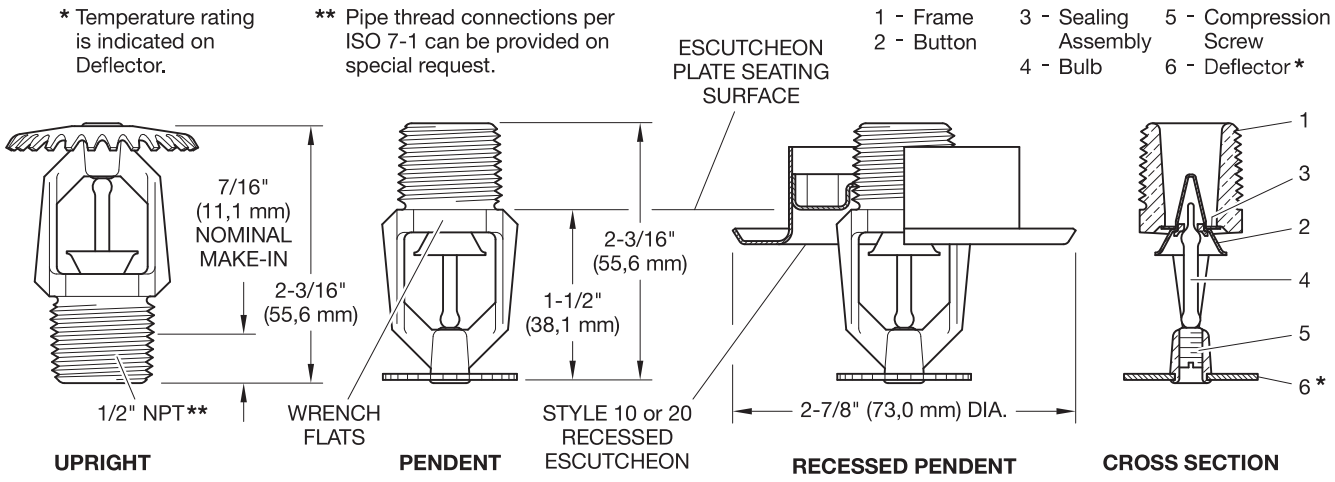


FIGURE 2
QUICK RESPONSE SERIES TY-FRB UPRIGHT (TY2131) AND PENDENT (TY2231) SPRINKLERS
4.2 K-FACTOR, 1/2 INCH NPT

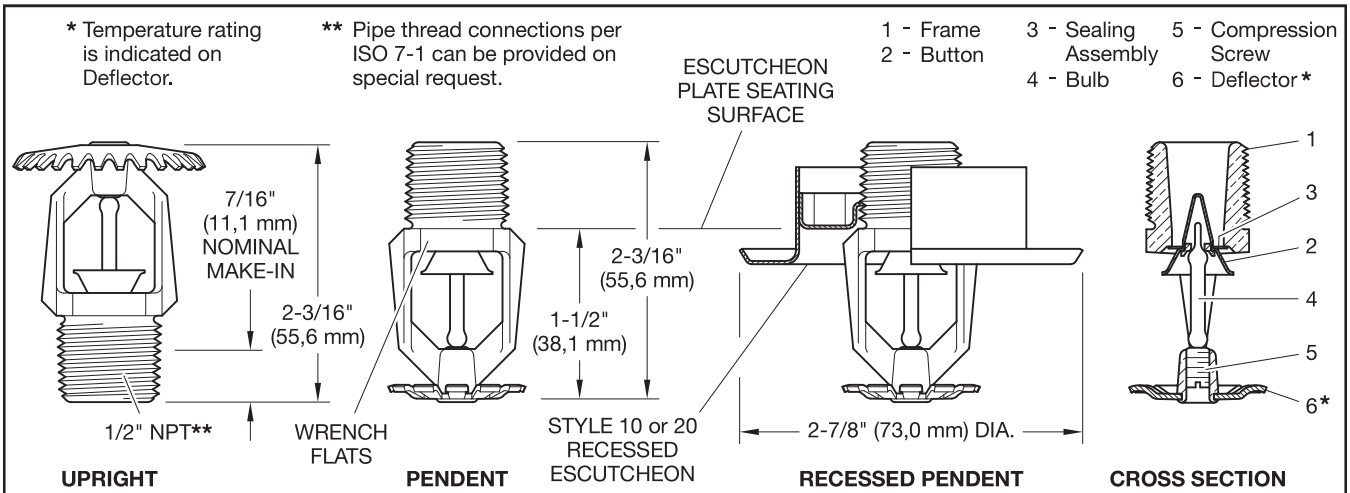


FIGURE 3
QUICK RESPONSE SERIES TY-FRB UPRIGHT (TY3131) AND PENDENT (TY3231) SPRINKLERS
5.6 K-FACTOR, 1/2 INCH NPT

POTTER ROEMER
MORRIS GROUP INTERNATIONAL

SERIES 2500 1-1/2" X 1-1/2" HOSE RACK ASSEMBLIES

For Class II Service. Used to provide an immediate and more efficient means of fire control. The assembly is capable of one person operation and accepting the nationally recognized standard of 100 GPM at 65 PSI at the outlet of the valve.

STANDARD COMPONENTS:

Model 4070 U/L & ◀FM▶ 1 1/2" 3.8cm Angle Valve Rough Brass 300 PSI/20.7 bars
Model 2950 Valve Escutcheon
Model 2792 U/L ◀FM▶ Hose Rack Red Enamel
Model 2755 1 1/2"/3.8cm Satin Brass Hose Rack Nipple
Model 2915 ◀FM▶ 1 1/2"/3.8cm lined 500 PSI/34.5 bars Polyflex Spacing Hose
Model 2930 1 1/2"/3.8cm Satin Brass Pin Lug Coupling
Model 2962 1 1/2"/3.8cm U/L & ◀FM▶ Satin Brass Fog Nozzle
Model 1985 Instructional Label

MODEL SELECTION

- ❑ **2505** 50'
- ❑ **2507** 75'
- ❑ **2510** 100'

PRODUCT OPTIONS

MOUNTING TYPES:

- ❑ -E WALL BRACKET - 1-1/2" Model 4060 Rough Brass 300 lb. U/L Angle Valve
- ❑ -G PIPE CLAMP - (For____Pipe) 1-1/2" Model 4060 Rough Brass 300 lb. U/L Angle Valve

FINISHES:

- ❑ -A Rack - Red Enamel
Valve - Rough Brass
Trim - Polished Brass
- ❑ -B Rack - Red Enamel
Valve - Polished Brass
Trim- Polished Brass
- ❑ -C Rack - Polished Chrome Plated
Valve - Rough Chrome Plated
Trim- Rough Chrome Plated
- ❑ -D Rack - Polished Chrome Plated
Valve - Polished Chrome Plated
Trim- Polished Chrome Plated

MODEL 2510 (Shown)

PRODUCT OPTIONS (cont.)

EQUIPMENT:

- ❑ -10 Model 2760 1-1/2" Brass Automatic Drain Valve
- ❑ -11 Model 2765 Adjustable Brass Pressure Restricting Device
- ❑ -14 Model 4090 1-1/2" Double Female Adjustable Pressure Restricting Angle Valve
- ❑ -16 Model 4010-FA2 1-1/2" Double Female Adjustable Pressure Regulating Angle Valve
- ❑ -18 Model 4042-FS2 Double Factory Set Female Pressure Regulating Valve
- ❑ -21 Model 2915 Single Jacket Lined 300 lb. Test Polyflex U/L Labeled
- ❑ -23 Model 2926 Single Jacket Lined 500 lb. Test PR Superflex
- ❑ -24 Model 2926 Single Jacket Lined 500lb. Test PR Superflex U/L Labeled
- ❑ -31 Model 2930 Rocker Lug Coupling
- ❑ -32 Model 2941 Extruded Aluminum Coupling
- ❑ -42 Model 2960 Red Lexan Plastic Fog Nozzle
- ❑ -43 Model 2972 Brass Fog Nozzle with Rubber Bumper
- ❑ -44 Model 2980 Red Lexan Plastic "All Fog" Nozzle
- ❑ -45 Model 2985 Brass "All Fog" Nozzle with Rubber Bumper
- ❑ -46 Model 2993 Brass Fixed-Flow Adjustable Nozzle

*Call Potter Roemer - Fire Pro for current listings and approvals. Dimensions are subject to manufacturer's tolerance and may change without notice. Potter Roemer-Fire Pro assumes no responsibility for use of void or superceded data. © Copyright Potter Roemer- Fire Pro, Member of Morris Group International ™ Please visit **potterroemer.com** for most current specifications.*

2500 SERIES Date: 03/08/24

MEMBERSHIP

POTTER ROEMER
Headquarters:
P.O. Box 3527
City of Industry, CA
91744 U.S.A.
Los Angeles Area
800-366-3473
626-855-4890

Also in:
New York (800) 526-4592
Chicago (800) 547-3473
Atlanta (800) 762-0542
Miami (833) 744-3473
Dallas (866) 644-3473

www.potterroemer.com

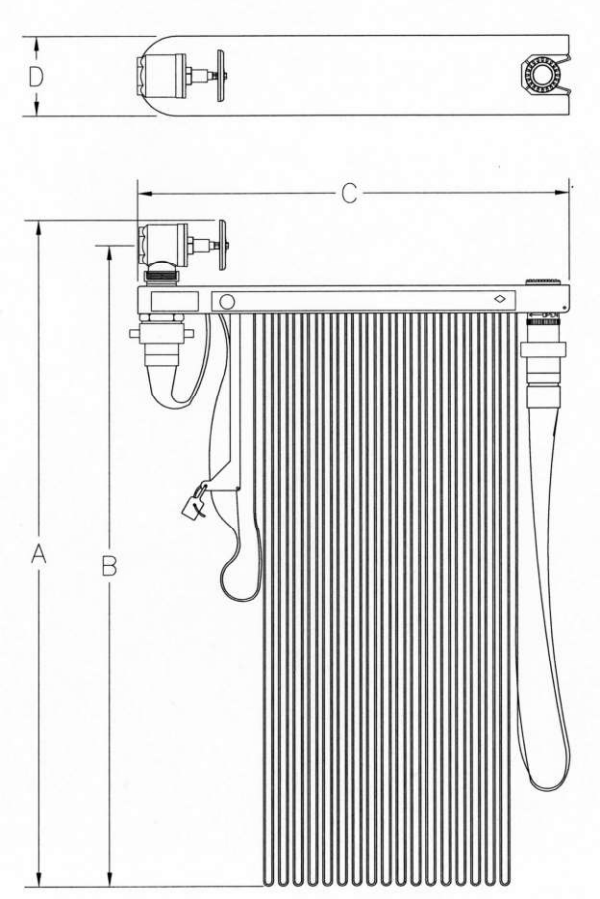
⚠ WARNING: Cancer and Reproductive Harm - www.P65Warnings.ca.gov

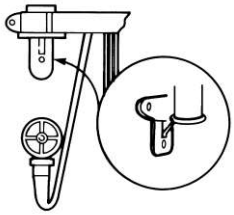
SERIES 2500 1-1/2” X 1-1/2” HOSE RACK ASSEMBLIES

MODEL DIMENSIONS

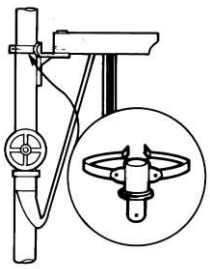
Model No.	Hose Length	Valve Size	Hose Dia.	Dimensions			
				A	B	C	D
2505	50'	1-1/2"	1-1/2"	23-1/2"	22"	18"	4"
2507	75'	1-1/2"	1-1/2"	26"	24-1/2"	18"	4"
2510	100'	1-1/2"	1-1/2"	30"	28-1/2"	18"	4"

NOTE: Add 4" to hose rack assembly dimension "C" for Model 2926 PR-Superflex Hose





-E WALL BRACKET



-G PIPE CLAMP

Call Potter Roemer - Fire Pro for current listings and approvals. Dimensions are subject to manufacturer's tolerance and may change without notice. Potter Roemer-Fire Pro assumes no responsibility for use of void or superceded data. © Copyright Potter Roemer- Fire Pro, Member of Morris Group International ™ Please visit ***potterroemer.com*** *for most current specifications.*

2500 SERIES

MEMBERSHIP

POTTER ROEMER

Headquarters:
P.O. Box 3527
City of Industry, CA
91744 U.S.A.
Los Angeles Area
800-366-3473
626-855-4890

Also in:
New York (800) 526-4592
Chicago (800) 547-3473
Atlanta (800) 762-0542
Miami (833) 744-3473
Dallas (866) 644-3473

www.potterroemer.com

PENTAIR [redacted]

Customer Technical Offer
Encompass 3.0 - 24.4.1

Item Number / Tags	001	Size / Stages	/
Quote number	QRO-2025-01-15	Pump speed	

Pump

Qty	Description
1	*Fairbanks Nijhuis - Horizontal Splitcase 3"-1824AF*
	COS
	Conditions of service
	Flow: 250 USgpm (57 m3/h)
	Pressure rated: 125 psi
	Speed: 3000 rpm
	Suction pressure: 0 psi
	Impeller diameter: 10.15625
	Shutoff head: 133 psi
	Elevation: 7381.89 ft
	Temperature: 93.2° F
	Country of origin: United States
	Fire pump configuration
	Pump
	Materials of construction: Bronze fitted with Cast Iron casing
	Pump rotation: Right handed
	Flange rating (Suction/Discharge): (Suction 4 / Discharge 3) 125/125 LB
	Pump base: Structural steel base
	Pump shaft material: Carbon Steel AISI C1045
	Casing relief valve: Not required
	Avaialble Kits
	Available Sealing Kits: None
	Available Rotating Assembly KIts : None
	Driver
	Driver type
	Prep Engine for Air Freight/Shipping?: No
	Testing
	Engineering Tests
	Certified performance test is included. Is any additional testing required?: No

Driver

Qty	Description
1	**Driver**
	Driver type
	Engine: Clarke JU4H-UF24 83HP 3000rpm 12V; Includes 1/2" HSC/ES FM Cooling Loop (Galvanized)
	Available rated power for selected engine: 64.0214944881878 HP
	Engine Cooling Loop (estimated): 1/2" HSC/ES FM Cooling Loop (Galvanized) ($0.00 List)
	Pressure Reducing Valve for Cooling Loop: Not Required
	Engine Kit: None
	Driver options
	Water jacket heater voltage: 115 Volt
	Engine battery voltage: 12 Volt DC
	Engine frequency operation: 60 Hz
	Engine Muffler Size: Standard

Fire Pump Controller

Qty	Description
1	**Fire pump controller**
	Fire pump controller
	Fire pump controller: Tornatech GPD, 12V 60Hz - Manufacturer model number GPD-12-120-, , D4, D32A
	Engine Voltage: 12V
	Fire pump controller - alarm and indicators
	Controller voltage: 120 Volt AC
	Standard LED's
	AC power on
	Main switch in auto
	Battery 1 failure
	Battery 2 failure
	Charger 1 failure
	Charger 2 failure
	Engine low oil pressure
	Engine high oil pressure
	Engine overspeed
	Engine run
	Engine fail to start
	Fail when running
	Pump room alarm
	Deluge valve
	Weekly test
	Controller trouble
	Standard alarm contacts
	Engine run
	Engine trouble
	Controller trouble
	Pump room alarm
	Fire pump controller - additional option selections
	Enclosure: NEMA 2
	Space heater: None
	Controller Rated Temperature: Controller rated for 40°C ambient temperature
	Pressure transducer: Pressure transducer and run test solenoid valve for fresh water rated for 0-500 psi (factory calibrated)
	Low fuel level float switch: None
	High fuel level float switch: None
	Mounting: No
	Pump control function: None
	Float switch: None
	Label language: English
	Modbus
	Modbus TCP/IP provision

Remote Alarm Panel

Qty	Description
1	**Remote Alarm Panel**
	Remote Alarm Panel
	Remote Alarm Panel: None

Jockey Pump

Qty	Description
1	**Jockey pump**
	Pump and Motor
	Pump type: Stackable cast iron
	Flow rate: 2.5 USgpm
	TDH: 135 psi: 135.0 psi
	Jockey Pump (price includes selected motor): PVM1-11, Stackable Cast Iron, NPT Threaded / Flanged
	Jockey Pump Motor: 1.5 Hp, 3 Ph, 230/460V, premium Eff. Motor
	Jockey Pump Motor frame size: 56CZ
	Motor enclosure: Totally Enclosed Fan Cooled
	Frequency: 60 Hz
	Phase: Three
	Motor Voltage: 230 Volt
	Jockey pump relief valve: 1/2"
	Jockey pump companion flange kit: 2 250# flanges, gaskets, nuts and bolts

Jockey Pump Controller

Qty	Description
1	**Jockey pump**
	Controller
	JP controller details: Tornatech Model JPLT, Across-The-Line, 230V, 3 Phase, 60 Hz, 1.5 Hp - Manufacturer model number JPLT-230/1.5/3/60/ , , A1, A2, A3, A7A, A4, A7A
	Manufacturer: Tornatech
	Starting method: Across-The-Line
	Voltage: 230 V
	Horsepower: 1.5Hp
	Jockey pump controller options
	Enclosure: NEMA 2
	Pressure switch: Standard Pressure Transducer 0-500 PSI (calibrated for 0-300 PSI)
	Wetted parts: None
	Labeling language: English
	Withstand rating: 5,000 Amp standard short circuit withstand rating
	Included lights and timers
	Minimum run period timer
	Visual Indication
	Visual Indication
	Overload pilot light
	Elapsed time meter (time totalizer)

System Accessories

Qty	Description
1	**Driver**
	Driver options
	Engine Muffler Grade: Industrial Grade, 3" (Qty 1)
	Accessories
	System Accessories
	Suction reducer: 6" x 4" reducer, 125 lb
	Discharge increaser: 3" x 6" increaser, 125 lb
	Main relief valve: 3" valve, Pilot operated, 125 lb
	Flow meter: 4" Global Vision Venturi Flow Meter, 250 GPM Grooved

System Accessories

Qty	Description
	Driver Accessories
	Diesel engine
	Fuel tank: 119 US gallon tank, 105 usable US gallons, Single Wall (per NFPA 20) with 3" emergency vent
	Flash arrestor: 2" Flash Arrestor

Weight, Freight, Boxing

Qty	Description
1	**Weights**
	Shipping Skid Details
	Skid weight: 60 lb (27.22 kg)
	Weight
	Approximate total weight for Qty shown
	Fire pump weight: 611 lb (277.15 kg)
	Driver weight: 1260 lb (571.53 kg)
	Fire pump controller weight: 250 lb (113.4 kg)
	Jockey pump weight: 91 lb (41.28 kg)
	Jockey pump controller weight: 40 lb (18.14 kg)
	Suction reducer weight: 50 lb (22.68 kg)
	Discharge increaser weight: 38 lb (17.24 kg)
	Main relief valve weight: 80 lb (36.29 kg)
	Flow meter weight: 15 lb (6.8 kg)
	Muffler weight: 39 lb (17.69 kg)
	Fuel tank weight: 250 lb (113.4 kg)
	Skid weight: 60 lb (27.22 kg)
	Total weight: 2784 lb (1262.8 kg)
	Export boxing: Skeleton crating

Skid

Qty	Description
1	**Weights**
	Shipping Skid Details
	Pump and engine skid
	Pallet, 45" W x 123" L, Floor area per skid 38.44 sq.ft(3.57 sq.m)
	Controller skid
	Pallet 18 " W x 39 " L, Floor area per skid 4.87 sq.ft (0.45 sq.m)
	Jockey pump skid
	Pallet, 36" W x 36" L, Floor area per skid 9 sq.ft (0.84 sq.m)
	Fuel tank skid
	Pallet 40 " W x 72 " L, Floor area per skid 20 sq.ft (1.86 sq.m)
	Ship loose items skid
	Pallet, 36" W x 36" L, Floor area per skid 9 sq.ft (0.84 sq.m)
	Shipping comments
	Pentair does not recommend stacking skids. Please use the estimated dimensions to calculate shipping container requirements, as floor load only.
	Total floor area 81.31 sq.ft (7.56 sq.m)

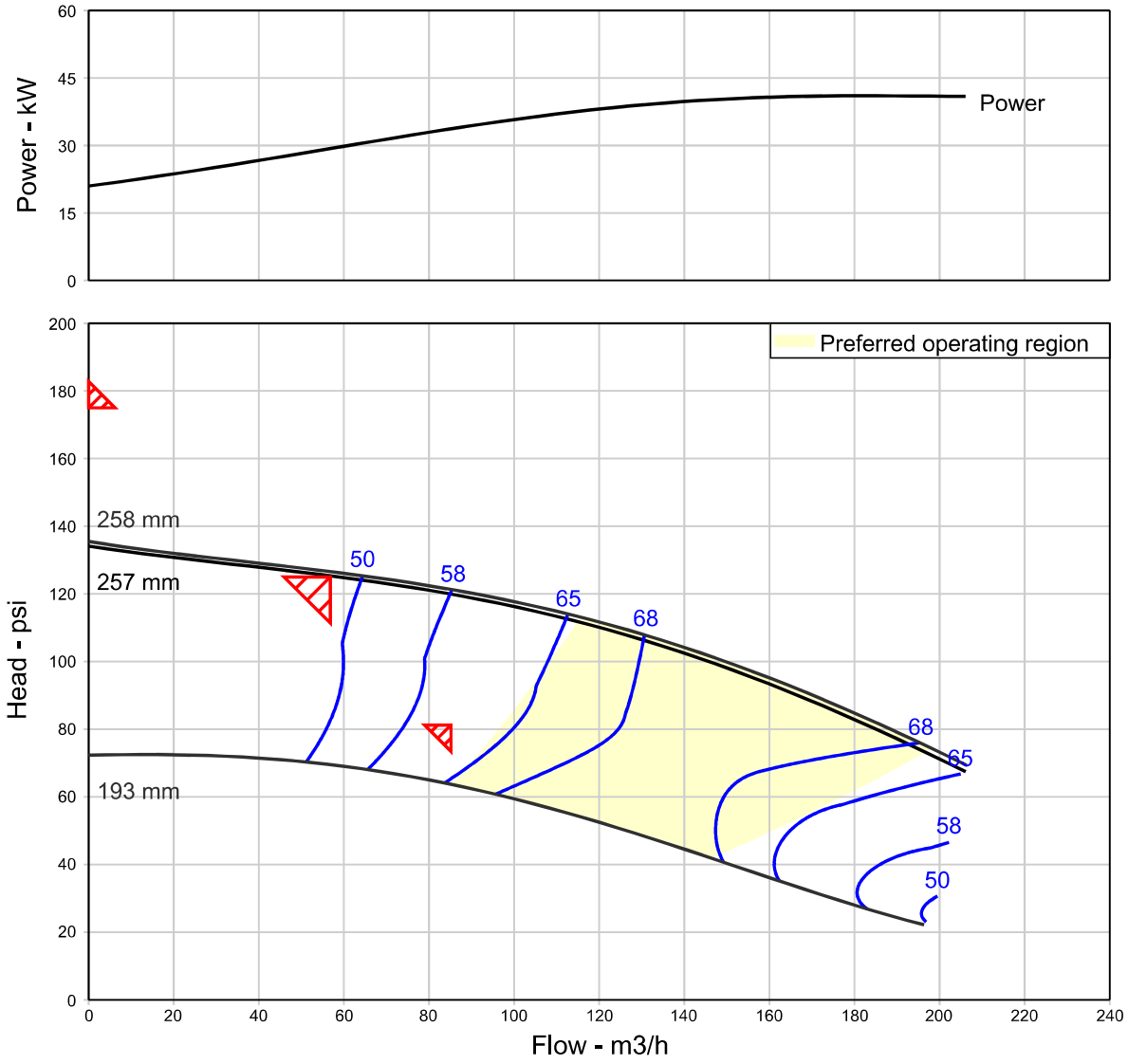
RedHot/QuickShip

Qty	Description
1	Fire Pump, Driver, and Jockey Pump shipping: Standard

The Equipment referenced in the attached quote or proposal is specifically designed and dimensioned for, and intended only to be installed in Large Scale Fixed Installations (LSFI) as that term is defined in RoHS (EU Directive 2011/65) as such Directive may be amended from time to time.

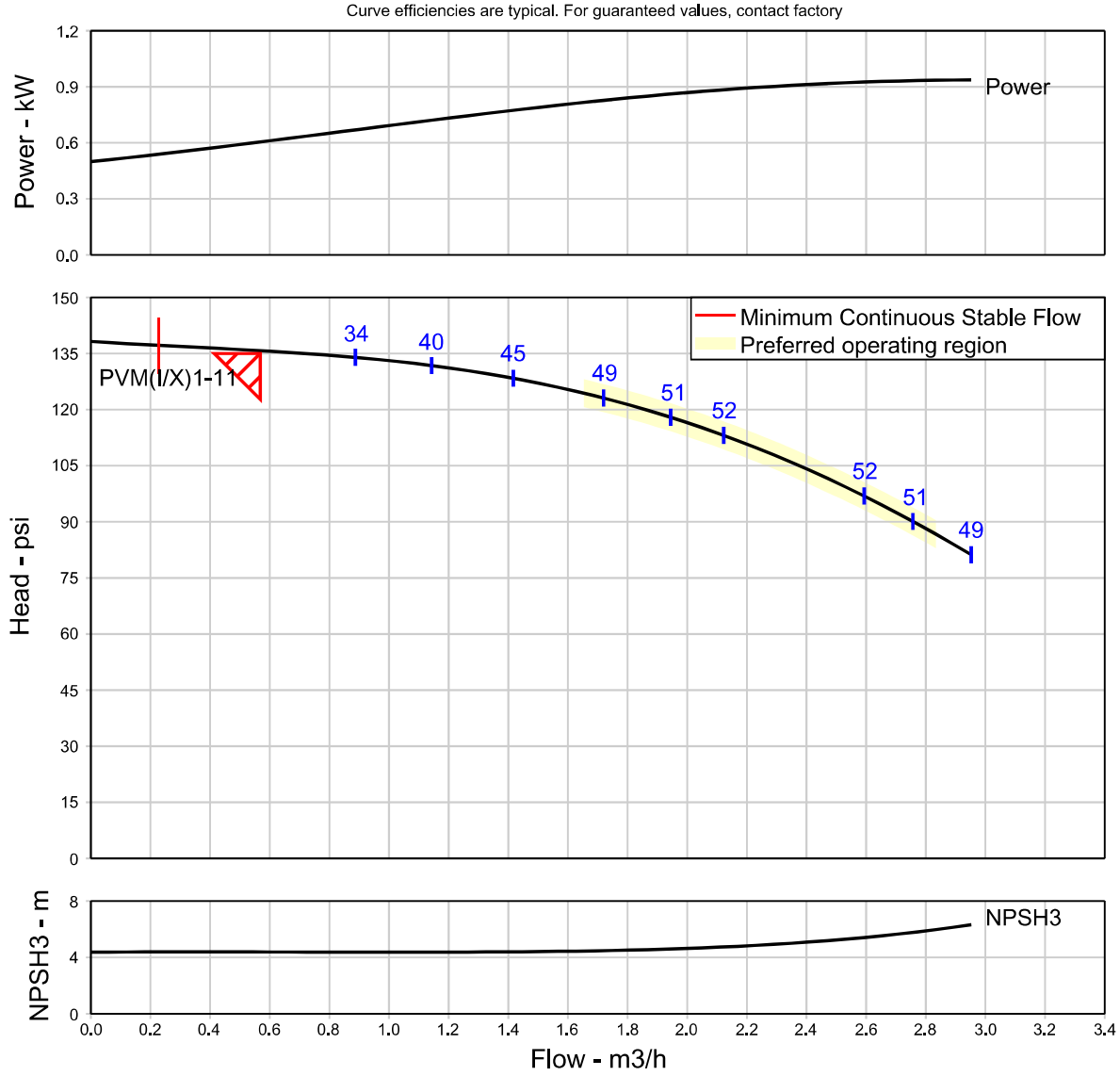
The Buyer by placing its order warrants and represents, and shall ensure that any customer of the Buyer to whom the Buyer resells or otherwise assigns the Equipment warrants and represents, that (i) the Equipment will be solely and exclusively installed in combination with other equipment, sub-systems, apparatus and/or devices which are intended to be a part of a “large scale” installation (*Examples of “large scale” installations may include but are not limited to installations which (a) are too large to be moved in an ISO 20 foot container because the total sum of its parts as transported is larger than 5,71m x 2,35m x 2,39m; (b) are too heavy to be moved by a 44 tonne road truck; (c) have a rated power greater than 375 kW; and/or (d) require cranes to be completely installed); (ii) the installation in which the Equipment will be utilized will be assembled, installed, and de-installed by professionals holding the requisite knowledge, experience, and licenses necessary to undertake and complete the work related to the installation; and (iii) the overall system in which the Equipment will be included will be used permanently in a pre-defined and dedicated location.

The Buyer further acknowledges and agrees that Pentair is relying on the above warranties and representations by Buyer as a material inducement to sell the Equipment to Buyer, and Buyer will defend, indemnify, and hold Pentair harmless from and against any and all claims, losses, fines, decrees, penalties, and/or causes of action arising out of or related to breach of the above warranties and representations, including but not limited to those brought by any governmental or quasi-governmental authority.



Item Number / Tags	: 001	Size	: 3"-1824AF
Service	:	Stages	: 1
Quantity	: 1	Driver type	: Engine
Quote number	: QRO-2025-01-15	Frequency	: 0 Hz
Date last saved	: 15 Jan 2025 2:40 PM	Speed	: 3000 rpm
Flow, rated	: 56.78 m3/h	Based on curve number	: 184-3x4x10A-2950
Head, rated	: 125.0 psi	Efficiency	: 46.50 %
Flange rating (suction / discharge)	: 125/125	Max working pressure, allowable	: 12.07 bar.g
		Max Shutoff Head (Calculated)	: 133.0 psi
Secondary Point (150% of rated flow)	: 85.17 m3/h	Max suction pressure, allowable	: 2.90 bar.g
Secondary Point (65% of rated head)	: 81.25 psi	Suction pressure, max (user specified)	: 0.00 bar.g
Max Shutoff per NFPA	: 175.0 psi	Pump shutoff w/ suction pressure	: 9.17 bar.g
		Power driver, minimum	: 41.03 kW

Curve efficiencies are typical. For guaranteed values, contact factory



Item Number / Tags	: 001	Size	: PVM(X)1-11
Service	:	Stages	: 11
Quantity	: 1	Speed	: 3500 rpm
Quote number	: QRO-2025-01-15	Based on curve number	: PVM(X)1-11
Date last saved	: 15 Jan 2025 2:40 PM	Efficiency	: 24.42 %
Flow, rated	: 0.57 m3/h	Power, rated	: 0.60 kW
Head, rated	: 135.0 psi	NPSH required	: 4.38 m
Fluid density	: 0.998 / 0.998 kg/dm3	Viscosity	: 1.00 cSt
		Cq/Ch/Ce/Cn [ANSI/HI 1.1-1.5-1994]	: 1.00 / 1.00 / 1.00 / 1.00