

Diseño de un Sistema Contra Incendio para una Empresa Productora de Cereales

Ernesto Martínez Lozano, Ing.
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Campus Gustavo Galindo V. Km. 30.5 Vía Perimetral, P. O. Box 09 01 5863, Guayaquil, Ecuador
emartine@espol.edu.ec

Newton Barreto León
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Campus Gustavo Galindo V. Km. 30.5 Vía Perimetral, P. O. Box 09 01 5863, Guayaquil, Ecuador
nbarreto@espol.edu.ec

Resumen

Este trabajo pretende servir de referencia a aquellas personas que deseen tener una visión del proceso de diseño de un Sistema Contra Incendio. Por la naturaleza de este trabajo, se hará hincapié en consultar detenidamente más material de apoyo. El artículo está dividido en un cierto número de pasos que pueden ser comprimidos en función de la experiencia del diseñador o las necesidades del cliente, basados en las normas NFPA. Se comenzará con el análisis de la situación actual para determinar las condiciones de la instalación. Luego se procederá al diseño del sistema, el cual se basa en las normas NFPA las cuales recogen las recomendaciones mínimas de seguridad y protección que deben tomarse en cuenta para proteger un área, usando una combinación de sistemas y equipos: mangueras, extintores y rociadores. Esta parte contendrá los cálculos correspondientes al diseño. Posteriormente se realizará la selección de los materiales para poder hacer los planos correspondientes a la instalación.

Palabras Claves: sistema contra incendio.

Abstract

This work intends to serve of reference to those people that desire to have a vision of the process of design of a Fire Protection System. By the nature of this work, emphasis will be done in consulting thoroughly more material of support. The article is divided into a certain number of steps that can be compressed in function of the experience of the designer or the needs of the client, based on the norms NFPA. It will begin with the analysis of the current situation to determine the conditions of the installation. Then it will proceed to the design of the system, which is based on the NFPA norms which collects the minimum recommendations of security and protection that should take into account to protect an area, using a combination of systems and materials: hoses, fire extinguishers and sprinklers. This part will contain the calculations pertaining to the design. Subsequently the selection of the materials will be carried out to be able to do the drawings pertaining to the installation.

1. Introducción

Los incendios son una de las mayores catástrofes naturales y en muchos casos son provocados por el hombre. Durante los últimos años han aumentado su frecuencia, causando daños irreparables tanto en vidas humanas como en pérdidas materiales y medioambientales.

Dentro de este campo cabe destacar los Incendios en plantas industriales, plataformas petroleras, explosiones químicas, etc., que han producido accidentes industriales mayores, con falta de seguridad humana y de planes de emergencias adecuados lo que ha provocado situaciones de pérdidas irreparables, desde la imagen de la empresa hasta desastres cuantiosos.

Es por esto que la empresa Productora de Cereales que es una compañía confiable que ofrece alimentos de alta calidad, en la producción de cereales, tiene la necesidad de contar con un sistema contra incendio debido a normas internacionales de seguridad.

Además la protección contra incendio es un área en la que la mayoría de los ingenieros mecánicos pueden aportar con una contribución significativa. En muchas instalaciones, el ingeniero en jefe puede hacer las funciones de comisario o jefe de incendios, e incluso en las plantas grandes, existe un ingeniero dedicado a tiempo completo a las seguridad o a la protección contra incendios, el cual debe conocer el problema de los incendios, los métodos de prevención y los sistemas de protección.

2. Generalidades

2.1 Sistemas contra incendio

Diseñar un Sistema Contra Incendio para la empresa Productora de Cereales.

Un sistema de protección contra incendio es un sistema que incluye dispositivos, soportería, equipos y controles para detectar fuego o humo, para hacer actuar una señal y para suprimir el fuego o humo. Los dos objetivos principales de la protección del fuego son salvar vidas y proteger las propiedades. Un objetivo secundario es minimizar las interrupciones de servicio debido al fuego.

Actualmente existen varias normativas que fijan los requisitos mínimos para la protección de incendios, que se divide en dos grandes

áreas, la pasiva que evita el inicio del fuego o su propagación, llegado el caso y la activa que ya es el uso directo de extintores, bocas de incendio y rociadores.

Una prevención activa de incendios depende en gran medida del diseño y operación de la planta de tal manera que se minimicen los riesgos de un accidente.

El tipo más común de sistemas de protección contra incendios es el que se basa en el uso de agua. Por lo tanto, resulta esencial que se disponga de un suministro de agua adecuado y bien mantenido. El sistema de suministro de agua de la planta, será la primera fuente que utilice la brigada contra incendios de la planta o el departamento de bomberos. El agua debe proporcionarse con el flujo y la presión necesarios para que se activen los sistemas de aspersores automáticos y para poder utilizar las mangueras contra incendios, además de los requisitos normales de la planta.

En las redes de tuberías se recomienda que la tubería forme un circuito cerrado en forma de red y minimizar las pérdidas por fricción que sea posible.

Las bombas contra incendios son en esencia, iguales a las bombas normales. Las consideraciones adicionales correspondientes a las bombas contra incendio se presentan en la norma NFPA 20. Los factores que deben tomarse en cuenta con relación a este tipo de bombas son:

- Uso del equipo señalado para bombas contra incendio
- Uso de accesorios aprobados
- Capacidad adecuada para satisfacer la demanda de propagación del incendio
- Operación automática
- Ubicación segura para que el servicio sea ininterrumpido

Para efectos de protección contra incendios, el sistema de rociadores es un sistema integrado de tuberías diseñado de acuerdo con las normas de ingeniería para protección contra incendios. La porción del sistema de rociadores sobre el nivel del suelo consiste en una red tuberías de tamaño especial, diseñada tomando en cuenta los factores hidráulicos, que se instala en el edificio, estructura o área, por lo general a nivel del cielorraso, a la que se conectan los aspersores de acuerdo con un patrón sistemático. El sistema suele activarse con el calor proveniente de un incendio y descarga agua sobre el mismo.

Los sistemas de tuberías húmedas cuentan con agua a presión en todo momento. El agua se descarga de inmediato cuando los rociadores automáticos entran en operación. Este sistema suele utilizarse siempre que no exista peligro de que el agua de las tuberías se congele.

Los rociadores están diseñados con especificaciones nominales de temperatura que varían desde los 57°C (135°F) hasta los 343°C (650°F). En los edificios que se conservan a temperaturas normales y constantes lo más común es que se utilicen especificaciones de 74°C(165°F). La ubicación y separación de los aspersores depende del grado de riesgo y del tipo de construcción.

2.2 Normas NFPA

La NFPA (National Fire Protection Association) es reconocida alrededor del mundo como la fuente autorizada principal de conocimientos técnicos, datos y consejos para el consumidor sobre la problemática del fuego y la protección y prevención.

El diseño de sistemas se basa en las normas NFPA, que recoge las recomendaciones mínimas de seguridad y protección que deben tomarse en cuenta para proteger un área, usando una combinación de sistemas y equipos: mangueras, extintores y rociadores.

Durante el desarrollo de la presente tesis se irán mencionando los diferentes capítulos referentes a las normas NFPA aplicados, de las cuáles mencionamos las más representativas tales como:

NFPA 13, Installation of Sprinkler Systems, proporciona los detalles de los requisitos de diseño e instalación correspondientes a los rociadores automáticos.

NFPA 14, Installation of Standpipe and Hose Systems, describe el diseño y la instalación para el sistema de tuberías.

NFPA 20, Installation of Centrifugal FIRE Pumps, presenta las consideraciones adicionales correspondientes a las bombas contra incendio.

NFPA 22, Standard for Water Tanks for Private Fire Protection, determina los depósitos de agua para la protección privada contra incendio.

NFPA 24, Installation of Private Fire Service Mains and their Appurtances, indica los requisitos de los sistemas de suministro de agua.

3. Diseño del sistema contra incendio

El desarrollo del diseño implica un análisis detallado de la operación propia de la empresa, por lo que se evaluará los riesgos de incendio en cada una de las áreas de esta empresa, que conlleve a determinar los principales requerimientos.

3.1 Determinación de los requerimientos del sistema

El área a ser protegida y todos los requerimientos de agua de protección contra incendio deben ser determinados antes de comenzar los cálculos.

Los requerimientos de agua de protección contra incendio son: el agua necesaria para lograr la densidad del sistema de rociadores, mangueras y/o hidrantes, y otros requerimientos que disponga una norma.

ROCIADORES

Clasificación de Actividades y Productos según NFPA

Las normativas sobre protección de incendios clasifican el riesgo que presenta cada tipo de edificio según sus características, para adecuar los medios de prevención.

Tabla 1. Actividades De Riesgo Ordinario
Fuente: Manual de protección contra incendios

Grupo 1	
Estacionamiento	Fábricas de vidrio
Plantas electrónicas	Restaurantes (Áreas Servicio)
Fábricas de alimentos	Lavanderías
Grupo 2	
Molinos de cereales	Edificios comerciales
Manufacturas textiles	Industrias farmacéuticas
Fábricas de cigarrillos	Fábricas de papel: obtención, proceso
Fábricas de productos de cuero	Depósitos de papel: muebles,
Almacenes refrigerados	pinturas, licores,
Fábricas de confecciones	mercancías generales
Carpinterías	Garajes de mantenimiento
Artes gráficas	Fábricas de neumáticos

Parámetros de Evaluación

Densidad y Área de diseño

La densidad es un parámetro representa el caudal descargado por un sistema de extinción por unidad de área. Usualmente, su valor fluctúa entre 0.1 gpm/ft² (4.1 l/min/m²) y 0.60 gpm/ft² (24.6 l/min/m²) [1].

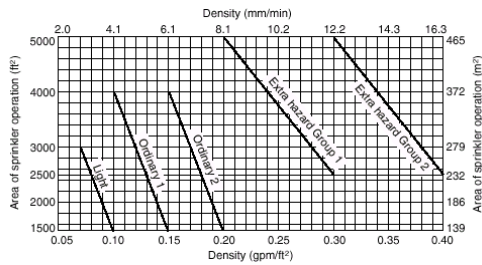


Figura 1. Demanda para rociadores
Fuente: Norma NFPA 13 Fig. 11.2.3.1.5

Según el tipo de riesgo escogemos el valor de la tabla y el valor que se obtenga se multiplicará por el área y se obtendrá el valor del caudal.

MANGUERAS

Dentro de los diferentes tipos de gabinetes tenemos:

Los sistemas de clase I, que tienen conexiones para mangueras de 2½" (64 mm) en determinados lugares de un edificio con el fin de facilitar una total intervención contra incendios. Estos sistemas están proyectados para ser utilizados por los bomberos.

Los sistemas de clase II, tienen conexiones de 1½" (38 mm) en determinados lugares del edificio, para proporcionar una primera ayuda en caso de incendio.

Los sistemas de clase III, reúnen las características de los de clase I y II. Están proyectados tanto como primera ayuda en caso de incendio como para luchar contra el fuego.

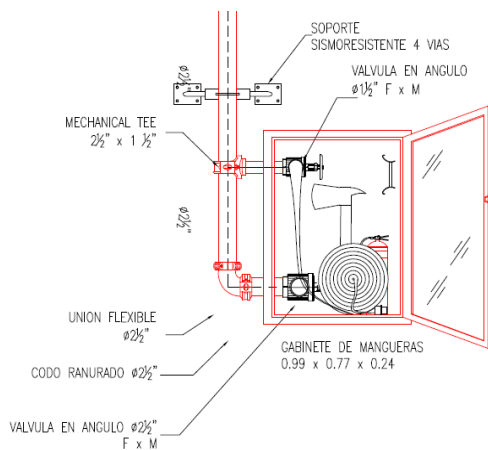


Figura 2. Detalle De Gabinete Tipo III

Los sistemas de clase III se limitan generalmente a 100 pies de longitud (30.2 m). La demanda para un sistema combinado de clase III es de 500 gpm mínimo para interiores y exteriores, (Norma NFPA 14); debido a que el cálculo se realiza con el gabinete más lejano y

actuando otro gabinete en el extremo opuesto a éste, ya que el caudal mínimo para cada gabinete es de 250 gpm a 100 psi.

SUMINISTRO DE AGUA

Habiendo determinado por la densidad y el área de diseño el caudal requerido para el sistema de rociadores, se añade una tolerancia de 10% a la cantidad de galones para uso de los rociadores solamente. Esta tolerancia es para considerar el aumento natural de la cantidad de galones por encima del requerimiento básico en el curso del cálculo del sistema.

Tabla 2. Bombas Normalizadas
Fuente: Manual de Protección Contra Incendios
Tabla 5-7a

Caudal Nominal	
gpm	L/min
500	1893
750	2839
1000	3785
1250	4732
1500	5678
1750	6624
2000	7571

Tabla 3. Resistencia al Fuego
Fuente: Norma NFPA 13

Almacenamiento	Clases I, II y III	Clase IV
De 3.7 a 6.1 m	1 1/2 horas	2 horas
De 6.1 a 9.1 m	2 horas	2 1/2 horas

Para determinar el volumen del tanque de almacenamiento cogemos el valor de la tabla 3 según el caso y lo multiplicamos por el caudal obtenido.

3.2 Cálculos hidráulicos

Para esto se debe realizar un bosquejo de cómo va a ser nuestro diseño dentro de la planta aunque todavía no se den dimensiones exactas así como se ve en la figura 3. Y además se colocará el alcance de los gabinetes para tener una distribución completa por toda la planta.

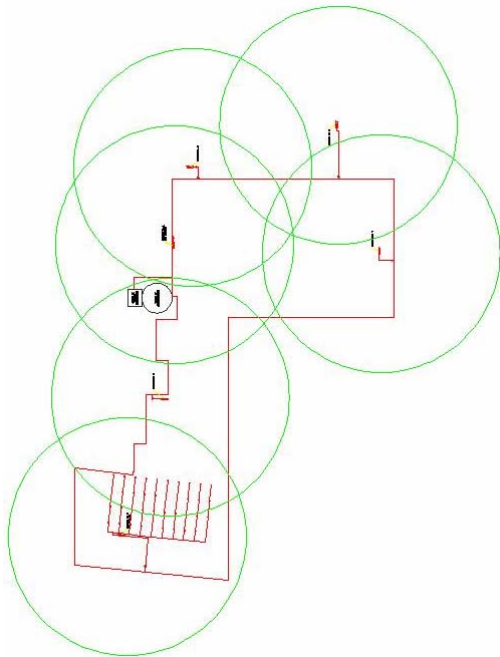


Figura 3. Esquema de Diseño

Del plano de las tuberías determinamos la longitud de la tubería más remota. Para luego determinar las longitudes equivalentes de los accesorios y sumamos estos resultados para obtener longitud de tubería total y poder determinar las pérdidas por fricción en la tubería.

Los cálculos finales comienzan en el rociador más remoto para determinar el caudal y los tamaños de tuberías reales del sistema.

Estos cálculos deberían satisfacerse por la presión del suministro de agua.

Pérdidas en la tubería

Los cálculos se los van a realizar en base a las normas NFPA, los cuales indican los valores a los cuales se deben regular las condiciones de trabajo.

Longitud equivalente

Para la mayoría de cálculos de protección del fuego, las pérdidas de fricción son obtenidas usando el método de longitud equivalente usando la tabla 4, la cual expresa las pérdidas de fricción de las uniones. Esta longitud es adicionada a la longitud de la tubería que están conectadas para obtener el total de de perdidas de fricción.

Tabla 4. Longitudes Equivalentes
Fuente: Norma NFPA 14, Tabla 7.11.1.1

	Fittings and Valves Expressed in Equivalent ft (m) of Pipe							
	1/2 in. (20 mm)	1 in. (25 mm)	1 1/4 in. (32 mm)	1 1/2 in. (40 mm)	2 in. (50 mm)	2 1/2 in. (60 mm)	3 in. (80 mm)	3 1/2 in. (90 mm)
45° Elbow	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)
90° Standard Elbow	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	7 (2.1)	7 (2.1)
90° Long-Turn Elbow	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	5 (1.5)
Tee or Cross (Flow Turned 90°)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	10 (3.1)	12 (3.7)	15 (4.6)	15 (4.6)
Gate Valve	—	—	—	—	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)
Butterfly Valve	—	—	—	—	6 (1.8)	7 (2.1)	10 (3.1)	10 (3.1)
Swing Check*	4 (1.2)	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.4)	14 (4.3)	16 (4.9)	16 (4.9)

	Fittings and Valves Expressed in Equivalent ft (m) of Pipe					
	3/4 in. (20 mm)	4 in. (100 mm)	5 in. (125 mm)	6 in. (150 mm)	8 in. (200 mm)	10 in. (250 mm)
45° Elbow	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.4)
90° Standard Elbow	8 (2.4)	10 (3.1)	12 (3.7)	14 (4.3)	18 (5.5)	22 (6.7)
90° Long-Turn Elbow	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	9 (2.7)	13 (4.0)	16 (4.9)
Tee or Cross (Flow Turned 90°)	17 (5.2)	20 (6.1)	25 (7.6)	30 (9.2)	35 (10.7)	50 (15.3)
Gate Valve	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)
Butterfly Valve	—	12 (3.7)	9 (2.7)	10 (3.1)	12 (3.7)	19 (5.8)
Swing Check*	19 (5.8)	22 (6.7)	27 (8.2)	32 (9.8)	45 (13.7)	55 (16.8)

Use with Hazen-Williams C = 120 only. For other values of C, the figures in this table should be multiplied by the factors below.

Value of C	80	100	120	140	160
Multiplying factor	0.472	0.713	1.00	1.16	1.32

Luego de haber obtenido un esquema de nuestro diseño y el requerimiento de agua para nuestro sistema vamos a la tabla 5 y seleccionamos el diámetro de la tubería.

Tabla 5. Flujo requerido para velocidad no menor a 3m/s en la tubería
Fuente: NFPA Norma 24 Tabla 10.10.2.1.3

TUBERÍA Pulgadas	FLUJO GPM	FLUJO l/min
4	390	1476
6	880	331
8	1560	5905
10	2440	9285
12	3520	13323

Para determinar las pérdidas por fricción se usará la fórmula de Hazen-Williams:

$$\Delta P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85} d^{4.87}} \quad (1)$$

Donde:

AP = Pérdidas por fricción en psi/ft

Q = Flujo, en gpm

d = Diámetro interno real de la tubería, en pulgadas

C = Coeficiente de fricción

Para pérdidas por fricción en tuberías de acero Schedule 40, el coeficiente de Hazen-William es 120.

O también se lo puede realizar por medio de una gráfica, la cual nos da el valor de las pérdidas, ver la figura 4.

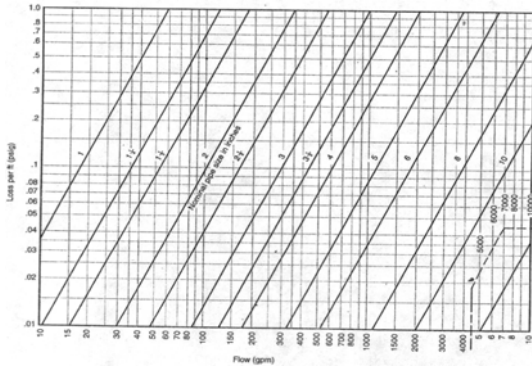


Figura 4. Pérdidas de Fricción, Hazen-Williams
Fuente: Manual de protección contra incendios FIG. 5.20

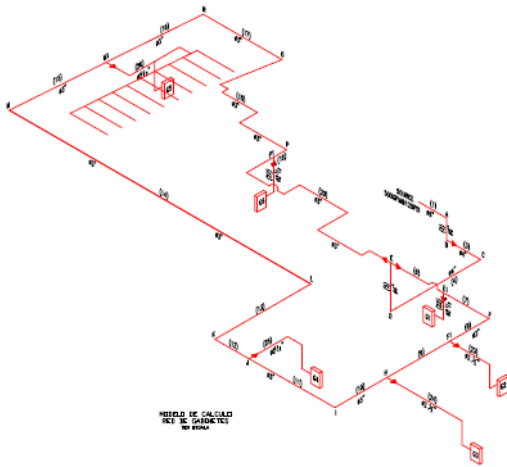


Figura 5. Modelo de cálculo

Para los sistemas de rociadores diseñados en forma de malla, se debe verificar que el área hidráulicamente más desfavorable se está utilizando.

La presión debida a la velocidad del agua P_v en psi:

$$P_v = 0.001123 \frac{Q^2}{d^4} \quad (2)$$

P_v = Pérdidas por velocidad en psi/ft

Q = Flujo, en gpm

d = Diámetro interno real de la tubería, en pulgadas

Vemos que para calcular las pérdidas por velocidad no es necesario calcular la misma debido a que podemos utilizar la ecuación 2.

Para calcular la presión por elevación P_e en psi conocido como el cambio de elevación h en pies:

$$P_e = 0.433h \quad (3)$$

P_e = Pérdidas por elevación en psi/ft

h = Altura en pies

Requerimiento de presión en el rociador más lejano

Las normas nos dan los criterios a utilizarse en el momento de realizar el esquema de los rociadores dentro de los que tenemos:

El caudal de alimentación mínimo es de 18gpm (68 litros/min).

Área máxima protegida por un rociador, 144 ft² (13.4m²)

Distancia máxima entre rociadores, 12 pies (3.7 m)

Distancia mínima entre rociadores, 8 pies (2.4 m)

Distancia máxima de rociadores a paredes o particiones, 6 pies (1.8 m)

Para densidades menores de 0.30 gpm/pies²:

Rociadores de 1/2" ($k=5.56$ usualmente).

Espaciar al máximo permitido.

Los ramales pueden contener hasta 6 o 7 rociadores.

Dimensionamiento de línea probable 1", 1 1/4", 1 1/2", 2" (2" tamaño máximo de línea)

Para la configuración a continuación mostrada vemos que el rociador R4 es el más lejano, el cual tendrá menor caudal.

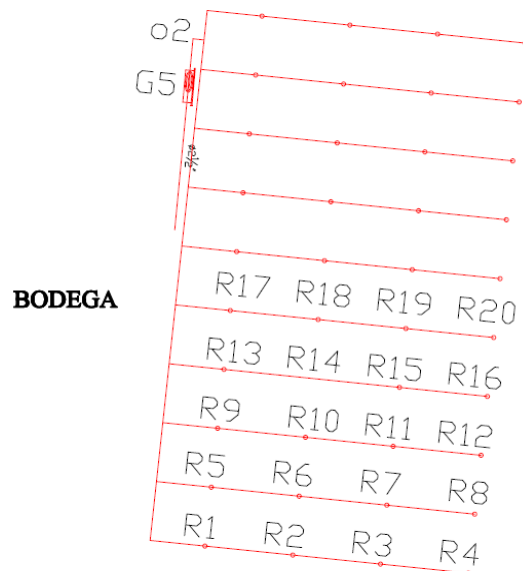


Figura 6. Red De Rociadores

En los sistemas de protección contra incendio, el factor K es una herramienta muy

valiosa, ya que permite relacionar los caudales con las presiones residuales.

$$P = \left(\frac{Q}{k} \right)^2 \quad (4)$$

3.3 Selección de materiales

Selección de la tubería

Vemos que la norma NFPA nos da los valores de las tuberías de los gabinetes y nos proporciona además los diámetros de las tuberías tanto para las conexiones y el anillo principal tal como se vio en la tabla 5.

Ahora presentamos una tabla la cual nos va a dar una idea al momento de seleccionar el material de la tubería.

Tabla 6. Comparación de materiales de para Tubería

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Hierro Negro	Costo moderado Disponible en varios tamaños	Instalación de gasto considerable Se oxida Aspereza interior ocasiona caída de presión
Hierro Galvanizado	Materiales de costo moderado Disponibles en varios tamaños En ocasiones anticorrosivo	Instalación de gasto considerable Se oxida en las uniones Aspereza interior ocasiona sedimentación y caída de presión Sólo la superficie externa suele estar protegida
Cobre	No se oxida Uniformidad de la superficie interior Reduce la caída de la presión	Susceptible a ciclos térmicos Su instalación exige uso de soplete
Acero	No se oxida Uniformidad de la superficie interior Reduce la caída de la presión	Instalación de gasto considerable Material costoso

Al haber obtenido los diámetros de tuberías y ubicación de los componentes seleccionamos un sistema de tuberías de acero Schedule 40 de

fácil montaje con el sistema de soporte completo, debido a que presenta las siguientes características:

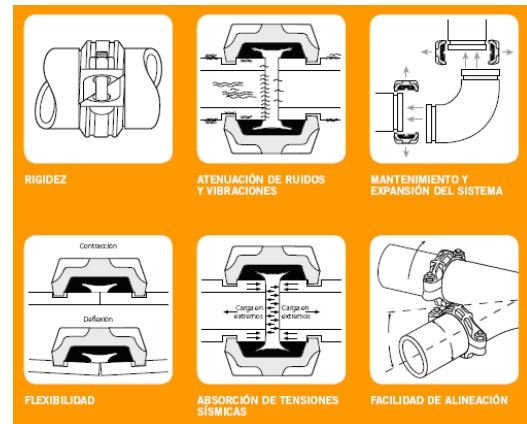


Figura 7. Características del Sistema de montaje

Fuente: Victaulic G-103

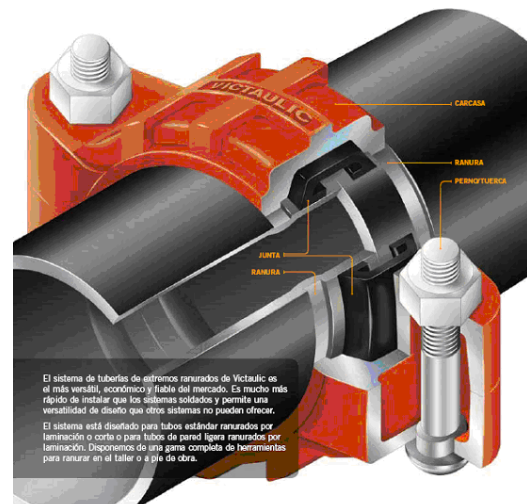


Figura 8. Tecnología de extremos ranurados

Fuente: Victaulic G-103

Selección de las Bombas

Vemos que la presión promedio del sistema total tiene que vencer las pérdidas totales del sistema, con lo cual se debe escoger una bomba Jockey con una presión mayor a la que trabaja la bomba contra incendio, con lo cual vencemos cualquier pérdida del sistema. Sabiendo que tenemos que tener en cuenta que la bomba viene normada vamos a la tabla de selección de bombas y escogemos la opción más adecuada de la figura 9.

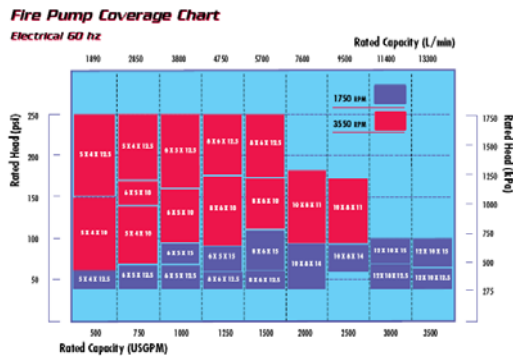


Figura 9. Cuadro de cobertura de bombas de fuego
Fuente: Armstrong F43.11_HSC_brochure

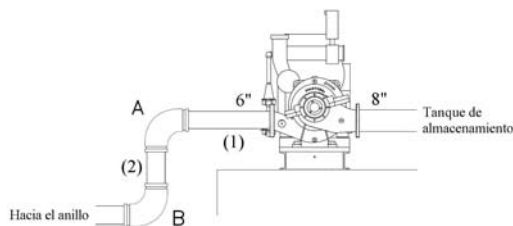


Figura 10. Esquema de la Bomba

La Norma 20 establece que las bombas contra incendio tienen que trabajar con succión positiva, lo que quiere decir que el nivel mínimo del agua en el tanque de almacenamiento debe estar por encima de la succión de la bomba.

Selección de Rociadores

Los rociadores automáticos Upright, de repuesta rápidos son los más utilizados para almacenamiento.

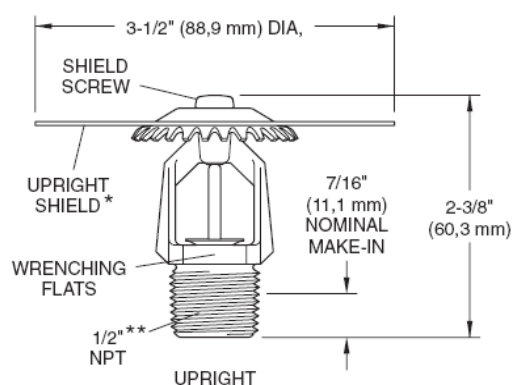


Figura 11. Rociador de Respuesta Rápida Upright
Fuente: Tyco TFP356_01_2005_brochure

Selección de accesorios

Los accesorios son indispensables dentro del sistema, debido a la necesidad de usar una válvula principal con tornillo sobresalido para

que de esta manera se aprecie que está abierto el suministro, llevar el control del caudal con un sensor de flujo, utilizar medidores de presión a la entrada y salida de la bomba como los manómetros para los puntos críticos donde la presión debe ser controlada, utilizar una placa antivórtice la que evita que se forme turbulencia a la entrada de la bomba para evitar que se generen remolinos que eviten la formación de burbujas que produzcan a su vez cavitación en el sistema.

Otro elemento son los gabinetes los cuales servirán como ayuda por parte gente que se encuentre dentro de las instalaciones hasta que llegue el cuerpo de bomberos.

Es por esto que los accesorios cumplen una función muy importante dentro del mismo.

4. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Los ingenieros mecánicos se encuentran aptos para realizar el diseño de estos sistemas requeridos en las empresas industriales y que no quede solo en manos de los ingenieros civiles, como sucede en la actualidad.

Se pudo apreciar que para el diseño de un sistema contra incendio se necesitan las normas NFPA, las cuales son las que rigen el diseño ya que no bastan los cálculos de la hidráulica clásica.

Cuando se diseña no se puede tener el resultado final al primer intento de diseñar sino que hay que realizar varios intentos a más de utilizar las normas para obtener el mejor resultado con un arreglo definitivo.

Vemos que no es nada barato tener un sistema contra incendio pero es una gran ayuda en el caso de ocurra un siniestro. Pero al poseer uno de estos sistemas ayuda a que las aseguradoras den mayores facilidades al momento de realizar un contrato con una empresa.

Recomendaciones

Además del sistema diseñado se recomienda poner un sistema de refrigeración para los tanques de gas y un sistema de espuma para los tanques de combustible y sería muy conveniente tener un sistema de detección contra incendios.

Es necesario estar capacitando a los trabajadores continuamente e implementando todas las medidas de prevención y control que se exigen para que los incendios no ocasionen grandes pérdidas ya sean a las personas, materiales y equipos.

10. Referencias

- [1] - - -, “Diseño y Cálculo de Sistema de Protección Contra Incendio”, Seminario Taller, GL & Asociados, CD&A Consultores de Riesgo, Santafé de Bogotá, Octubre, 1998.
- [2] Manual de Protección Contra Incendios, Arthur E. Cote y Jim L. Linville, Editorial Mapfre, España, 2001, 1ª reimpresión, 2, 219 p.
- [3] Armstrong, Fire Pumps, http://www.armstrongpumps.com/product_catalogue.asp
- [4] Armstrong, Fire Protection Professionals, http://www.armstrongpumps.com/fire_protection.asp
- [5] NFPA, National Fire Protection Association, http://www.nfpa.org/aboutthecodes/list_of_codes_and_standards.asp
- [6] Tyco, Fire Supression & Biulding Products, http://www.tyco-fire.com/index.php?P=show&id=TFP315_01_2005&B=&BK=product&SB=S3
- [7] Vitaulic, Pipe System Solutions, <http://www.victaulic.com/content/Products.htm>

Ing. Ernesto Martínez Lozano
Visto Bueno del Director de Tesis
Fecha: 12/11/2007

Newton Barreto León
Tesista FIMCP