ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Diseño de un Sistema Contra Incendio para el Área de Producto Terminado de una Planta Elaboradora de Pinturas"

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Lincoln Eduardo Cruz Castro

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2012

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente en el Ing. Ernesto Martínez en calidad de Director de Tesis, por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MI HIJO

A MIS HERMANOS

A MIS AMIGOS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Gustavo Guerrero M.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR

Ing. Gonzalo Zabala O.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente: y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

_____

Lincoln Eduardo Cruz Castro

RESUMEN

Debido al gran desarrollo que ha tenido el sector de la construcción, se han edificado gran cantidad de industrias y complejos habitacionales, pero en muchos de estos casos no se cumplen con todas las ordenanzas municipales.

Una de estas, es la obligación de instalar un sistema contra incendios que cumpla con todas las condiciones que exige la National Fire Protection Association (NPFA).

Últimamente, se han suscitado varios incendios en la ciudad, que han ocasionado grandes pérdidas económicas y humanas.

La empresa que sirve de estudio para el presente proyecto, está ubicada en la ciudad de Guayaquil, específicamente en la ciudadela Atarazana, la cual tiene como actividad principal la elaboración de pinturas para uso industrial y comercial.

Debido al aumento de su producción, la empresa se vio en la necesidad de construir galpones de almacenamiento de producto terminado, para proteger esta inversión y proteger a las personas, es necesaria la instalación de un sistema contra incendio.

El presente trabajo tiene como finalidad el diseño de un sistema contra incendio para el área de almacenamiento de producto terminado.

En el primer capítulo se mencionan los fundamentos sobre el fuego y la combustión con el objetivo de tener una visión más completa sobre el comportamiento y origen de los incendios.

En el segundo capítulo se hace una breve explicación de las principales actividades de la National Fire Protection Association (NPFA), quienes son los miembros que la conforman y se termina nombrando las principales normas que han desarrollado.

En el tercer capítulo se detalla todos los sistemas de extinción, tales como el agua, la espuma, anhídrido carbónico, polvos químicos y agentes halogenados, también se menciona los sistemas de detección de incendio que existen en la actualidad tales como los detectores de humo o las alarmas activadas manualmente.

En el cuarto capítulo se menciona las principales partes de los sistemas contra incendio, se selecciona el agente extintor y el sistema de aplicación más adecuado para el tipo de fuego que se presente, también se hace referencia a las partes que constituyen los sistemas de detección de incendios, luego se diseña la red de distribución, el tanque de

almacenamiento y la estación de bombeo apropiada, terminando con la elaboración del isométrico de tuberías definitivo.

En el quinto capítulo se realiza el cronograma de la construcción y el montaje del sistema contra incendio, adicionalmente se incluyen el mantenimiento que debe realizarse a los diferentes componentes del sistema contra incendio y las condiciones que debe cumplir antes de ponerse en funcionamiento.

En el sexto capítulo se incluye el análisis de precios unitarios para conocer el presupuesto referencial con que debe contar la empresa para su implementación.

En el séptimo capítulo se mencionan las recomendaciones y conclusiones necesarias que se pudieron observar durante el desarrollo del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN…… II

ÍNDICE GENERAL…….. V

ABREVIATURAS……VIII

SIMBOLOGIA…… IX

ÍNDICE DE FIGURAS…… X

ÍNDICE DE TABLAS…… XI

ÍNDICE DE PLANOS..……XII

INTRODUCCIÓN……..……1

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS…… 3

1.1. Química y Física del Fuego…… 3

1.2. Definición y Clasificación de la Combustión…… 5

1.3. Clasificación de los Fuegos……17

1.4. Fases del Fuego…… 19

1.5. Causas de Incendios…….. 24

1.6. Análisis de Riesgo…….. 25

CAPÍTULO 2

2. NORMAS CONTRA INCENDIO A SER APLICADAS…….. 37

2.1. Reseña Histórica N. F. P. A……. 37

2.2. Normas a Utilizar……43

CAPÍTULO 3

3. SISTEMAS DE EXTINCIÓN Y DETECCIÓN DE INCENDIOS…….. 46

3.1. Aspectos Fundamentales…….. 46

3.2. Tipos de Sistemas de Extinción…… 53

3.3. Tipos de Sistemas de Detección…….. 72

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DEL SISTEMA…….. 77

4.1. Descripción de la Empresa…… 77

4.2. Selección del Sistema de Detección y Alarma…….. 79

4.3. Selección de Sistema de Extinción…….. 83

4.4. Cálculos Hidráulicos de Tuberías de Distribución……. 88

4.5. Selección del Sistema de Bombeo……137

4.6. Cálculo de Dimensiones del Reservorio de Alimentación……..146

CAPÍTULO 5

5. PROGRAMACION DE LA CONSTRUCCION Y MONTAJE……. 150

5.1. Programación de la Construcción y Montaje……150

5.2. Pruebas y Ajustes…….151

5.3. Mantenimiento del Sistema……. 165

CAPÍTULO 6

6. COSTOS…….176

6.1. Costos del Sistema de Bombeo……. 177

6.2. Costos de Accesorios Mecánicos…….. 178

6.3. Costos de Accesorios Eléctricos…….180

6.4. Costos de Instalación del Sistema. ……181

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES…….. 184

APÉNDICES.

BIBLIOGRAFIA.

ABREVIATURAS

NFPA	National Fire Protection Association
e^-	Electron
O2	Oxigeno
H20	Vapor de agua
CO2	Bioxido de Carbono
CO	Monoxido de Azufre
SO2	Bioxido de Azufre
N2	Nitrogeno
h	Hora
min	Minute
seg	segundos
°C	Grado centigrade
atm	Atmosfera
ft	Pies
pulg	Pulgadas
m	Metros
mm	Milimetros
cm	Centimetro
ft2	Pies cuadrados
pulg2	Pulgadas cuadradas
m2	Metros cuadrados
m3	Metros cubicos
gl	Galon
lt	Litros
kg	Kilogramos
lb	Libra
Kcal	Kilo caloria
Mcal	Mega caloria
Mj	Mega joule
v	Velocidad

SIMBOLOGÍA

P	Peso
H	Poder calorífico
C	Coeficiente de peligrosidad
A	Área
R_a	Coeficiente riesgo de activación
Q_p	Carga térmica
X	Factores propios de instalaciones
Y	Factores propios de riesgo de incendio
S	Separación entre rociadores
L	Separación entre ramales
Q	Caudal
q	Caudal inicial
D	Densidad
P	Presión
Θ	Angulo de descarga rociador
ΔP	Perdidas de presión
D	Diámetro interior de tubería
C	Coeficiente de perdida por fricción
L	Longitud de tubería
L_{eq}	Longitud equivalente de tubería
T_e	Te
R_e	Reducción
K	Factor descarga rociador
P_e	Presión por elevación
P_t	Presión total
P_{ot}	Potencia
H_B	Altura dinámica
g	Gravedad
e	Eficiencia
P_{real}	Potencia real
$P_{teórica}$	Potencia teórica

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1.	Triángulo del Fuego	16
Figura 1.2.	Tetraedro del Fuego	17
Figura 3.1.	Esquema de un Rociador montante y Colgante	57
Figura 4.1.	Esquema sistema contra Incendio	78
Figura 4.2.	Sistema convencional de detección y alarma	84
Figura 4.3.	Detector de Humo	86
Figura 4.4.	Detector de Flujo	86
Figura 4.5.	Pulsador Manual	87
Figura 4.6.	Alarma Hidráulica	88
Figura 4.7.	Esquema de Sistema de Rociadores	89
Figura 4.8.	Características del Rociador Seleccionado	94
Figura 4.9.	Ubicación Área Diseño	96
Figura 4.10.	Curvas Área / Densidad	97
Figura 4.11.	Cajetín de Mangueras Clase III	99
Figura 4.12.	Comexión Siamesa	101
Figura 4.13.	Unión Vitaulic	104
Figura 4.14.	Soporte Tipo Clevis	104
Figura 4.15.	Isométrico de tuberías de Gabinetes contra incendio	128
Figura 5.1.	Diagrama de Grantt	150

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Nivel de Riesgo Intrínseco…… 27
Tabla 2. Coeficiente Calorífico……. 33
Tabla 3. Clasificación Cargas Caloríficas…… 33
Tabla 4. Riesgo de Incendio de Materiales……. 36
Tabla 5. Números Halón de Varios Agentes Extintores Halogenados…... 52
Tabla 6. Características de Descarga de los Rociadores……....60
Tabla 7. Rango de Temperatura, Clasificación y Color de Rociadores…. 60
Tabla 8. Áreas máximas a Cubrir por un Sistema de Rociadores…….. 61
Tabla 9. Tipos de Agentes Extintores y sus Aplicaciones…… 80
Tabla 10. Matriz de Decisión……. 81
Tabla 11. Matriz de Decisión……. 83
Tabla 12. Áreas de protección y separación entre Rociadores……. 93
Tabla 13. Valores de Descarga de Rociadores……98
Tabla 14. Demanda de Mangueras y duración de suministro agua…….100
Tabla 15. Flujo Requerido en las tuberías para una v=3m/a……... 103
Tabla 16. Distancia Máxima entre Soportes…….. 105
Tabla 17. Diámetro de Varillas de los Soportes……105
Tabla 18. Diámetro de Varilla de los Soportes Tipo U…… 105
Tabla 19. Longitudes equivalentes de Tuberías Acero Cédula 40…….. 107
Tabla 20. Resumen Cálculos Hidráulicos de Rociadores…… 127
Tabla 21. Resumen Cálculos Hidráulicos de Gabinetes……136
Tabla 22. Capacidades de Bombas Centrífugas contra Incendio…… 109
Tabla 23. Valores de Bomba de Carcasa Dividida Horizontalmente……. 140
Tabla 24. Información de Bomba Centrífuga Contra Incendio……. 145
Tabla 25. Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de Rociadores…….. 172
Tabla 26. Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de Mangueras……173
Tabla 27. Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de Tuberías…….. 173
Tabla 28. Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de Bomba contra Incendio…..……174
Tabla 29. Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de Tanque Alimentación Agua…….. 175

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1	Fachada Frontal Bodega
Plano 2	Corte A – A
Plano 3	Corte B - B
Plano 4	Corte C – C
Plano 5	Implantación de rociadores de techo y estanterías
Plano 6	Curva descarga rociadores
Plano 7	Isométrico de Tuberías de Techo
Plano 8	Isométrico de Tuberías de Estanterías
Plano 9	Isométrico de Tuberías de Alimentación
Plano 10	Detalles del Sistema contra Incendio
Plano 11	Detalles del Sistema contra Incendio
Plano 12	Detalles del Sistema contra Incendio
Plano 13	Tanque de Alimentación del sistema contra Incendio
Plano 14	Detalles de Tanque de Alimentación
Plano 15	Distribución de Detectores de Humo

INTRODUCCIÓN

En una planta donde se producen pinturas, existen zonas de alto riesgo, como el área de producción, el área de materia prima, el área de almacenamiento de producto terminado, en este último sitio está presente el mayor factor de riesgo.

El presente trabajo tiene como finalidad diseñar un sistema contra incendios, específicamente en el área de almacenamiento de producto terminado, basándose estrictamente en los requisitos que exige la N.F.P.A., cuyas siglas en ingles significan National Fire Protection Association.

El estudio comenzará mencionando las diferentes fases y tipos de fuego que existen, después se detallan los riesgos existentes y las posibles causas de los incendios presentes en las industrias.

También se mencionará las diferentes normas que, desde su creación, ha elaborado y publicado la N.F.P.A., para que sean aplicadas en las diferentes situaciones que se presentan en la sociedad, con el único fin de precautelar los bienes y las personas.

Se dará una breve explicación de los diferentes métodos y mecanismos de extinción y detección de incendios que existen en la actualidad para luego entrar a la parte de diseño del sistema contra incendios, que consiste en la determinación del mejor sistema de extinción y detección de incendios y la selección de la red de tuberías, rociadores automáticos, grupo de bombeo con su respectivos accesorios y la determinación de la capacidad del tanque de abastecimiento del sistema.

Además se indicará los mantenimientos preventivos que se deben aplicar a los diferentes componentes del sistema contra incendio para garantizar su correcto funcionamiento y operación.

El trabajo termina indicando la inversión necesaria en la actualidad para la construcción y montaje de un sistema contra incendio.

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

En este capítulo se presenta las definiciones fundamentales de ciertas propiedades físicas y de algunos de los términos químicos aplicables a la química y física del fuego.

1.1. Química y Física del Fuego.

Terminologías

Átomo

Constituyen las partículas fundamentales de la composición química y sus dimensiones son sumamente reducidas.

Las sustancias formadas por átomos de una sola clase se denominan elementos.

El átomo está formado por un núcleo compacto alrededor del cual se mueven los electrones (-), el núcleo está formado con protones (+) y neutrones (sin carga).

Moléculas

La combinación de un grupo de átomos se denomina Moléculas.

Las moléculas compuestas por dos o más clases de diferentes átomos se llaman compuestos.

Fórmula Química

Es la que expresa el número de átomos de los distintos elementos en la molécula, pero no siempre indica su distribución.

Número Atómico

Es el número de electrones o protones que contiene el átomo de un elemento.

Peso Atómico

Es el peso comparado de su átomo. Ejemplo: El Peso Atómico del Carbono es 12.

Peso Molecular

El peso molecular de un compuesto es la suma de los pesos de todos los átomos que constituyen la molécula.

Molécula - Gramo (Mol)

Es una cantidad de sustancia cuyo peso expresado en gramos es igual numéricamente a su peso molecular.

Peso Específico

Es la relación entre el peso de una materia sólida o líquida con el peso de un volumen igual de agua.

1.2. Definición y Clasificación de la Combustión.

Combustión.

Es una reacción exotérmica auto-alimentante que abarca un combustible en fase condensada, en fase gaseosa, o en ambas fases la oxidación del combustible por el oxígeno atmosférico y, la emisión de la luz.

Es un proceso físico-químico mediante el cual de una sustancia que se denomina combustible bajo ciertas condiciones especiales, cede electrones, es la oxidación rápida de una materia.

Se dice también que es la oxidación rápida de un combustible combinado con el agente comburente desprendiendo luz, llama y calor.

Ignición

La ignición constituye el fenómeno que inicia la combustión.

Es producida al introducir una pequeña llama externa, chispa o brasa incandescente.

Energía calorífica Química.

Las reacciones de oxidación generalmente producen calor. Estas fuentes de calor tales como el calor de combustión, calentamiento espontáneo y calor por disolución constituyen conceptos muy importantes para el personal dedicado a la prevención y protección contra incendios.

Calor de Combustión

El calor de combustión es la cantidad de calor emitido durante la completa oxidación de una sustancia.

Calentamiento Espontáneo.

Es el proceso de aumento de temperatura de un material dado sin que para ello extraiga calor del medio ambiente y tiene por resultado la ignición espontánea o la combustión espontánea.

Calor por Disolución

El calor por disolución es el que se desprende al disolverse una sustancia en un líquido. Los productos químicos que reaccionan con agua (sodio, magnesio).

Energía Calorífica de Origen Eléctrico.

La energía produce calor cuando fluye por un conductor o salta una chispa debido a una discontinuidad de la conducción.

Calor debido al Arco Eléctrico.

El arco de corriente se produce cuando un circuito eléctrico se interrumpe: La temperatura de los arcos eléctricos es muy alta y el calor emitido puede ser suficiente para producir la ignición de un material combustible cercano.

Calentamiento por Electricidad Estática.

La electricidad estática corresponde a una acumulación de carga eléctrica en la superficie de los materiales que se han unido y separado después. Si estas sustancias no estuvieran conectadas a tierra podrían asimilar suficiente carga eléctrica para producir la chispa.

Calor generado por el rayo

El rayo es una descarga eléctrica sobre una nube o sobre la tierra. El rayo que pase de una nube a la tierra puede desarrollar temperaturas muy altas en cualquier material de alta resistencia que se encuentre en su camino tal como la madera.

Energía Calorífica de origen Mecánico.

Es la responsable de un importante número de incendios todos los años. El calor originado por fricción, produce la mayor parte de estos incendios aunque hay pocos y notables ejemplos de ignición por energía calorífica mecánica desprendida por compresión.

Calor por Fricción.

Es la energía empleada por vencer la inercia (resistencia al movimiento) de sólidos en contacto entre sí.

Chispa por fricción.

Cuando dos superficies duras, una de las cuales es al menos metálica, chocan entre sí, este impacto produce chispas.

Sobrecalentamiento de la Maquinaria.

El sobrecalentamiento de la maquinaria es un término referido a los incendios causados por el calor que resulta del rodamiento, deslizamiento o fricción de la maquinaria entre dos superficies duras.

Calor por Compresión.

Es el que se desprende de la compresión de un gas. Es cuando la temperatura de un gas aumenta cuando se le comprime.

Energía Calorífica Nuclear

Es la que despide el núcleo de un átomo. La energía nuclear se desprende en forma de calor, presión y radiación.

Reacción Química

Los cambios químicos siempre van acompañados de cambios energéticos. Estas variaciones de energías constituyen uno de los aspectos más importantes en el estudio de las reacciones químicas.

Reacción Endotérmica.

Son las sustancias nuevas formadas que contienen más energía que los materiales reaccionantes, es decir, hay absorción de energía.

Reacción Exotérmica.

Las reacciones exotérmicas producen sustancias con menos energía que los materiales participantes en la reacción y por lo tanto libera energía.

Reacción Oxidante.

Las reacciones oxidantes relacionadas con los incendios son exotérmicas lo que significa que el calor es uno de sus productos. Son reacciones complejas y no se conocen por completo. Exigen la presencia de una materia combustible. El oxígeno del aire es el material oxidante más frecuente.

Explosiones.

Generalmente las explosiones surgen únicamente si se permite que el combustible y el oxidante llegan a mezclarse antes de la ignición, es un efecto producido por una expansión violenta y rápida de gases.

Deflagración.

Combustión muy rápida seguida de llama o chispas; la pólvora por ejemplo es un explosivo deflagrante.

Energía.

Es la capacidad que posee un cuerpo para realizar un trabajo.

"La energía no se crea, ni se destruye, solamente se transforma".

Límites de inflamabilidad.

Son los límites, máximo y mínimo, de la concentración de un combustible dentro de un medio oxidante para entrar en combustión.

Punto de Inflamación.

Es la temperatura más baja que necesita un líquido contenido en un recipiente abierto para emitir vapores en proporción suficiente para permitir la combustión.

Catalizadores

Es una sustancia cuya presencia incrementa fuertemente la velocidad de una reacción.

Inhibidores.

Son productos químicos que pueden agregarse en pequeñas cantidades a una materia inestable para impedir una reacción vigorosa.

Contaminantes.

Son materiales extraños que una sustancia no contiene normalmente.

Materiales Estables.

Son aquellos que, normalmente, no experimentan cambios en su composición química, aunque estén expuestos al agua, aire, calor, presión y golpes. Los materiales sólidos pertenecen a esta categoría.

Materiales Inestables

Los materiales inestables expuestos al aire, agua, calor, golpe y presión se polimerizan, se descomponen o reaccionan por sí mismo.

Temperatura.

Es la medición del nivel térmico de los diferentes cuerpos.

Calor.

Es la cantidad de energía que posee un cuerpo.

Calor Específico.

Es la capacidad calorífica de una sustancia. Es el número de unidades de calor necesarias para elevar en un grado, la temperatura de una unidad de masa de una sustancia.

Calor Latente.

Es la cantidad de calor absorbido o emitido por una materia al pasar de la fase líquida a la gaseosa (Calor latente de vaporación), o de sólido a estado líquido (calor latente de fusión).

Fuego.

Es una reacción química con desprendimiento de luz, llama y calor. Es el proceso de combustión caracterizado por la emisión del calor acompañado de humo y/o llamas.

Boilover.- (Sobre ebullición): Significa la expulsión violenta y repentina de una porción o de todo el petróleo crudo en el tanque, debido a la ebullición.

Clasificación de la Combustión.

Combustión Lenta.

La que se produce con la inflamación lenta del combustible o ausencia de la llama pero con gran producción de calor.

Ejemplo: Un cigarrillo encendido.

Combustión Viva.

Es la que se manifiesta de manera terminante con desprendimiento de luz y calor.

Ejemplo: Un fósforo, una vela.

Combustión Rápida.

Es cuando se manifiesta a una gran velocidad (superior a las dos anteriores).

Ejemplo: Gasolina, pólvora, GLP.

Combustión Espontánea.

Es la que sin mediar un agente determinado o inmediato que comunique el calor indispensable para encender el combustible aparece el fenómeno del fuego.

Ejemplo: Un trapo impregnado de gasolina.

Triángulo del fuego.

El fuego requiere de tres elementos para existir, cada elemento es dependiente de los otros dos para que se produzca la combustión.

En la figura 1.1 se observa la simbolización gráfica de los elementos oxígeno, calor, combustible, presentes en el proceso de combustión.

Combustible o agente reductor.

Es toda sustancia o materia que pueda arder en el seno de un gas. Puede ser líquido, sólido o gaseoso. Ejemplo: gasolina, papel.

Comburente o agente oxidante.

Es el agente gaseoso de la atmósfera capaz de permitir el desarrollo de la combustión, para el caso se cita como comburente el oxígeno como comburente ideal en todas las combustiones.

El ambiente a nivel del mar posee 21% de Oxígeno. Para que los incendios se inicien, la atmósfera debe poseer un 16% de O_2.

Calor.

Es la temperatura o grado de calor que debe adquirir una sustancia o material para su posible ignición y en consecuencia iniciarse en la combustión.

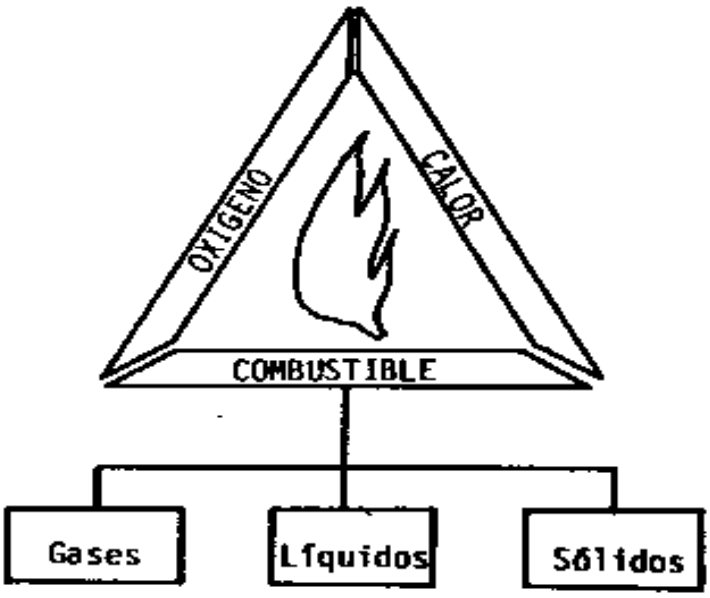


FIGURA 1.1 TRIÁNGULO DEL FUEGO

El Tetraedro del Fuego.

La teoría del Triángulo del Fuego tuvo vigencia durante largo tiempo pero luego fueron surgiendo fenómenos que no pudieron ser explicados por ella; como por ejemplo: El poder del extintor de las ondas de detonación, la sensibilidad de las llamas a ciertas emanaciones radioactivas.

Todo lo anterior llevo a pensar en la existencia de un cuarto factor constitutivo del fuego y que luego se conoció como las reacciones en cadenas.

Reacciones en Cadenas.

De aquí surgió la teoría del tetraedro del fuego. La razón de usar un tetraedro y no un cuadrado es que cada uno de los cuatros elementos esta directamente en conexión con cada uno de los otros elementos. Los cuatros elementos son:

1.-Material combustible (agente reductor).

2.-Comburente (agente oxidante).

3.-Calor (energía activadora).

4.-Reacción en Cadenas.

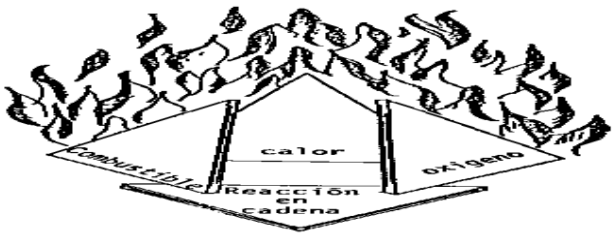


FIGURA 1.2 TETRAEDRO DEL FUEGO.

1.3. Clasificación de los Fuegos.

Se han clasificado los fuegos, en cuatro tipos de acuerdo a los elementos extintores necesarios para combatir cada uno de ellos.

Clase A.

Son los **fuegos** en materiales combustibles sólidos comunes, tales como: madera, papel, textiles, cauchos y plásticos termoestables (plásticos que no se deforman por la acción de la temperatura, como resultado se obtiene un material muy duro y rígido que no se reblandece con el calor por lo cual no se puede reprocesar, ejemplo: poliéster, poliuretano.

Su principal agente extintor es el AGUA.

Clase B

Son los fuegos de líquidos inflamables y/o combustibles, gases, grasas, alquitrán, bases de aceite para pinturas, solventes, lacas, alcoholes, gases inflamables y plásticos termoplásticos (plásticos que se deforman por la acción de la temperatura y se puede moldear repetidamente, ejemplo: PVC, Nylon.

Generalmente para su extinción se utilizan polvos secos comunes, polvos secos multiusos anhídrido carbónico, espumas halogenados.

Clase C.

Son los fuegos sobre equipos eléctricos energizados y donde la conductividad eléctrica del medio de extinción es importante.

Cuando el equipo eléctrico esta desenergizado pueden ser usados sin riesgo extintores para clase A o B.

Clase D

Son los fuegos en metales combustibles tales como Magnesio, Sodio, Litio, Potasio, Circonio, Titanio, etc.

Se puede extinguir con polvos químicos especiales como el cloruro de sodio y grafito granulado.

1.4. Fases del Fuego.

Los fuegos pueden comenzar en cualquier momento del día y de la noche si el peligro existe. Si el fuego ocurre cuando las áreas están ocupadas existe la probabilidad de que pueda ser descubierto y controlado en su fase inicial. Pero si ocurre cuando el edificio está cerrado y desierto este puede avanzar sin ser detectado hasta que alcanza mayores proporciones.

Cuando el fuego se encuentra confinado en una edificación o habitación, la situación que se genera requiere de procedimientos de ventilación cuidadosos y previamente calculados si se desea prevenir mayores daños y reducir los riesgos. Este tipo de fuego se puede entender más fácilmente mediante la investigación de sus tres etapas de progreso.

Fase incipiente.

En la primera fase, el oxígeno contenido en el aire no ha sido significativamente reducido y el fuego se encuentra produciendo vapor de agua (H_2O), bióxido de carbono(CO_2), monóxido de carbono (CO), Pequeñas cantidades de Bióxido de Azufre (SO_2) y otros gases.

Fase de Libre Combustión.

La segunda fase involucra las actividades de libre combustión del fuego, durante esta fase el aire rico en oxígeno es lanzado hacia la llama, a medida que la elevación de los gases calientes se expanden lateralmente desde el techo hasta abajo forzando el aire frío hacia niveles inferiores y facilitando así la ignición de materiales combustibles.

Fase latente.

En la tercera fase, la llama puede dejar de existir si el área confinada es cerrada suficientemente. A partir de este momento la combustión es reducida a ascuas incandescentes. El local se llena de humo denso y gases hasta un punto que se ve forzado a salir al exterior por el aumento de la presión. Se producirá hidrógeno y metano de los materiales combustibles que se encuentran en el

área, estos gases combustibles serán añadidos a aquellos producidos por el fuego y posteriormente se incrementará el peligro para los Bomberos y creará la posibilidad de Explosión de Flujo de Aire en Retroceso (BACKDRAFT).

Explosión de flujo de aire en retroceso.

Debido a que en la tercera fase del fuego (LATENTE), la combustión es incompleta ya que no existe suficiente oxígeno para alimentar el fuego. Sin embargo, el calor generado en la fase libre de combustión se mantiene y las partículas de carbón que no se han quemado o cualquier otro producto de la combustión están esperando para entrar en una rápida combustión cuando se le suministre más oxígeno, una adecuada ventilación superior liberará humo y los gases calientes no consumidos, pero una inadecuada ventilación en este momento proveerá el oxígeno suficiente y la combinación casi terminada se reiniciará de forma violenta.

Características del Backdraft

- Humo bajo presión.
- Humo denso.
- Temperatura excesiva y confinada.
- Llama muy escasa o poco visible.

- El humo sale a intervalos.
- Ventanas ahumadas.
- Sonido estruendoso.
- Rápido movimiento dl aire hacia el interior.

Formas de transmisión del calor:

Conducción: A través de la moléculas de un cuerpo sólido sin el desplazamiento de estas.

Difusión: Es el método por el cual el calor es transmitido en los fluidos, sean estos líquidos o gases. Las moléculas fluidas que gozan de cierta libertad al recibir el calor disminuirán su densidad y subirán por lo que las más frías irán a ocupar los lugares vacantes estableciéndose así una corriente.

Radiación: Es la transmisión del calor en forma de ondas debido a rayos emitidos por cuerpos calientes, como la radiación solar.

Contacto Directo: El contacto directo con la llama es el cuarto medio de transferencia calórica. Cuando una sustancia empieza a quemarse y se inicia la reacción en cadena, cualquier material en contacto directo con las llamas aumentará su temperatura rápidamente.

Llama.- Es una masa gaseosa en combustión que se eleva de los cuerpos que arden y desprenden luz.

La labor fundamental en un combate de incendio consiste en extinguir el fuego pero sobre todo eliminar las llamas.

Clasificación de las Llamas

Se pueden clasificar en dos tipos específicos:

Llama de Gases Premezclados: Su nombre indica que hay una mezcla previa entre el combustible y el oxidante en proporciones necesarias para que no haya pérdidas de combustible; este tipo de llamas está presente en los procesos industriales.

Llama de Difusión: En la cual el oxígeno se difunde a través de la llama a medida que se quema el combustible. No hay combustión completa, puesto que no hay una proporción exacta entre el combustible y el oxidante, este tipo de llama está presente en los incendios.

En la llama de difusión se puede distinguir tres zonas.

a) Zona fría: Es la zona más interior en la cual la temperatura es mucho menor que en el resto de las llamas. Está formada por los

vapores destilados del combustible y en ella todavía no hay combustión debido a la falta de oxígeno.

b) Zona luminosa: En esta zona ya ha penetrado cierta cantidad de oxígeno y por lo tanto las moléculas de mas fácil oxidación entrarán en combustión, pero aquellas de mayor resistencia se pondrán incandescentes debido al calor lo que dará luminosidad a la llama.

c) Zona oxidante: Es la parte exterior de la llama o sea donde está presente la mayor cantidad de oxígeno permisible, la oxidación de las moléculas será mayor y por consiguiente su temperatura será mayor que las otras zonas anteriores.

1.5. Causas de Incendios.

Se considera que los incendios son causados por la acción de una fuente de calor lo suficientemente poderosa como para iniciar una combustión.

Estas causas puede calificarlas así:

Causa Eléctrica.- Corto circuito, arcos de corriente, recalentamiento.

Fricción.- recalentamiento por roce.

Llamas Descubiertas.- Velas, mechas y fósforos en estado de ignición.

Chispas de Combustión.- Chispas y brasas resultantes de la combustión de sólidos.

Corte y Soldadura.- Cuando se utiliza acetileno sin prevención y con descuido.

Superficies calientes.- Planchas, motores, calentadores de agua.

Electricidad estática.- generada por sistemas que impliquen frotamiento.

1.6. Riesgo.

Es la evaluación de posibilidad de incendios y/o explosión en función de combustibilidad de los materiales, exposición a la ignición, carga calorífica, facilidades de propagación del incendio y colocación de los materiales dentro de una edificación o parte de la misma.

Clasificación de los riesgos de incendios.

Los riesgos se clasifican en:

Riesgo Leve: Es aquel presente en edificaciones donde se encuentran materiales de baja combustibilidad y no existen facilidades para la propagación del fuego.

Riesgo Moderado: Es aquel presente en edificaciones donde se encuentren materiales que puedan arder con relativa rapidez o que produzcan gran cantidad de humo.

Riesgo Alto: Es aquel presente en edificaciones donde se encuentran materiales que puedan arder con rapidez o donde se produzcan vapores tóxicos y/o exista la posibilidad de explosión.

Métodos de evaluación del riesgo de incendios.

Existen varios métodos para la evaluación del riesgo de incendio, se va a mencionar los más importantes, sus principales características, analizar sus deficiencias y las ventajas de cada uno de ellos.

Los métodos más importantes son:

Método de Riesgo Intrínseco.

Es el único método de evaluación del riesgo de incendio que calcula la carga térmica para un sector, edificio o establecimiento con su respectiva actividad, mediante la ecuación 1.1

$$Q_p = \sum \frac{P\ H\ C\ R_a}{} \qquad \text{Ec. (1.1)}$$

A

P = Peso de c/u de los materiales combustibles (Kg).

H = Poder calorífico de c/u. de los materiales (Mcal/kg).

C = Coeficiente de peligrosidad.

A = Área del local (m2).

R_a = Coeficiente de riesgo de activación.

Se lo utiliza sólo para establecimientos de uso industrial.

Las industrias y establecimientos se clasificarán conforme el nivel de riesgo intrínseco de dichas instalaciones, quedando dichos niveles establecidos en función de la carga de fuego ponderada, según la tabla 1.

TABLA 1

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO.

NIVEL DE RIESGO INTRINSECO		DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO PONDERADA Y CORREGIDA	
		Mcal/m2	MJ/m2
	1	Qs ≤ 100	Qs ≤ 425
BAJO	2	100 ≤ Qs ≤ 200	425 ≤ Qs ≤ 850
	3	200 ≤ Qs ≤ 300	850 ≤ Qs ≤ 1275
	4	300 ≤ Qs ≤ 400	1275 ≤ Qs ≤ 1700
MEDIO	5	400 ≤ Qs ≤ 800	1700 ≤ Qs ≤ 3400
	6	800 ≤ Qs ≤ 1600	3400 ≤ Qs ≤ 6800
ALTO	7	1600 ≤ Qs ≤ 3200	6800 ≤ Qs ≤ 13600
	8	Qs ≥ 3200	Qs ≥ 136000

Método de Meseri.

Es un método sencillo, rápido y ágil, da un valor del riesgo global en empresas de riesgo y tamaño medio. Puede ser aplicado en pocos minutos en la zona de riesgo, resultando decisiva la apreciación la apreciación visual del compartimento por parte del profesional.

Se trata de un método orientativo y limitado que servirá únicamente para una visualización rápida del riesgo global de incendio ya que los resultados suelen ser más restrictivos de lo normal.

Aquí se conjugan de forma sencilla, las características propias de las instalaciones y los medios de protección, de cara a obtener una cualificación del riesgo ponderada por ambos factores.

Meseri tiene en consideración una serie de factores que agravan el riesgo de incendio, estos son los factores propios de las instalaciones (X), y de otra parte, los factores que protegen frente al riesgo de incendio (Y), como muestra en la ecuación 1.2

No se puede aplicar a grandes empresas ni de riesgos graves o peligrosos para la vida humana.

$$P = \frac{5X}{129} + \frac{5Y}{34} \qquad \text{Ec. (1.2)}$$

Método de Gretener.

Este método se puede considerar como el padre de todos los métodos de evaluación del riesgo de incendio en la industria

pudiéndose aplicar a todo tipo de edificaciones y es un referente para cualquier otro método.

Gretener ofrece un cálculo del riesgo global del incendio bastante completo, con un valor que dictará si el riesgo en la instalación es aceptable o si por el contrario hay que volver a hacer los cálculos con medidas de protección que sirvan para reducir el riesgo.

Se basa en comparar el resultado del cálculo del riesgo potencial del incendio efectivo con el riesgo potencial admisible. La seguridad contra el incendio es suficiente, siempre y cuando el riesgo efectivo no sea superior al riesgo aceptado.

Para comprobar la seguridad contra incendio es suficiente ver si las necesidades de seguridad seleccionadas se adaptan a los objetivos de protección.

La seguridad contra incendio será insuficiente si <1, en este caso habrá que realizar una nueva hipótesis en la que será conveniente, respetar todas las medidas normales, mejorar la concepción del edificio y prever medidas especiales adecuadas.

Tiene como ventaja la gran cantidad de factores que intervienes en el método, como se ve en la ecuación 1.3, al igual que los extensos medios de protección que el método abarca, sin embargo los

parámetros que dedica al riesgo de las personas son excesivamente escasos.

$$R = \frac{\square = R_u = 1.3 * P_{HE}}{q * c * r * k * l * e * g} \quad \text{Ec. (1.3)}$$
$$\sum N * \sum S * \sum F$$

Método de Gustav Purt.

Este método puede considerarse una derivación simplificada del método de Grax Gretener, consiste en deducir, de la evaluación del riesgo, las medidas de protección contra incendios necesarias.

Ofrece una valoración de riesgos medianos (no aplicables a la industria petroquímica) de forma rápida y carácter orientativo, en dos ámbitos, riesgo en los edificios (GR) y riesgo en su contenido (IR), tal como se ve en la ecuación 1.4 y 1.5.

$$GR = \frac{(Q_m C + Q_i) * B * L}{W * R_i} \quad \text{Ec. (1.4)}$$

$$IR = H * D * F \quad \text{Ec. (1.5)}$$

Una vez calculado los valores en los distintos ámbitos de este caso en estudio, el método aporta mediante el uso de una gráfica, medidas de protección orientativas para el riesgo calculado. Estas serán medidas especiales referente a la detección del incendio

(proteger el contenido) o referente a la extinción (proteger el edificio). Por el contrario este método no determina el tipo de detección de incendio idóneo o el medio de extinción óptimo en particular.

Método E.R.I.C.

Es un método pionero en el cálculo de dos tipos de riesgos, por un lado el cálculo del riesgo de las personas y por el otro el cálculo del riesgo para los bienes, ver ecuación 1.6.

Cubre algunas deficiencias del método de Gretener como la inclusión de un riesgo particular para las personas, la inclusión de nuevos factores o coeficientes que enriquecen el método como son los tiempos de evacuación y toxicidad de los humos.

Ofrece tres tipos de gráficas, dependiendo del tipo de edificio, industria, vivienda, oficinas, en las que se relacionan los dos tipos de riesgos para ofrecer así unos límites de protección parecidos a los del método de Purt.

$$R_1 = \frac{P_1}{M_1 * F_1} \qquad R_2 = \frac{P_2}{M_2 * F_2} \qquad \text{Ec. (1.6)}$$

Método de FRAME

Se basa en los métodos de E.R.I.C. y Gretener. Supera con creces la veracidad de los resultados obtenidos por los anteriores métodos. Por tanto se lo considera como el más completo, transparente y útil que se encuentra disponible en estos momentos.

Calcula el riesgo de incendio en edificios para el patrimonio, para las personas y para las actividades, ver ecuaciones 1.7, 1.8 y 1.9.

Ofrece la posibilidad de efectuar un cálculo inicial sin ningún tipo de medida de protección, para medir mediante una escala, las medidas de protección que haría falta a priori. Este valor del cálculo previo obtenido, R0, ofrecerá una guía de cara a la protección que el edificio necesita.

Este método no sirve para instalaciones al aire libre.

Patrimonio

$$R = \frac{P}{A * W * N * S * F} \quad \text{Ec. (1.7)}$$

Personas

$$R_1 = \frac{P}{A_1 * W * N * S * F} \quad \text{Ec. (1.8)}$$

Actividades

$$R_2 = \frac{P}{A_2 * W * N * S * F} \quad \text{Ec. (1.9)}$$

Cargas Caloríficas de un Riesgo.

Se define como carga calorífica, a la energía calorífica expresada en Kilocalorías por metro cuadrado que puede ser liberada en una edificación incluyendo el recubrimiento de las paredes, particiones, piso y cielos rasos.

Coeficiente para Determinar las Cargas Caloríficas.

En la tabla 2, se indican los coeficientes caloríficos, para los diferentes tipos de fuego que existen.

TABLA 2

COEFICIENTE CALORÍFICO.

CLASE FUEGO	COEFICIENTE CALORIFICO (kcal/kg)
A	4444
B	8888
C	Concepto no aplicable
D	Concepto no aplicable

Clasificación de las cargas caloríficas.

En la tabla 3, se detallan los rangos de las cargas caloríficas para clasificar el nivel de riesgo de incendio.

TABLA 3

CLASIFICACIÓN CARGAS CALORÍFICAS.

CLASIFICACION	Q (kcal/m^2)
Baja	Q < 250.000
Media	250.000 < Q < 500.000
Alta	Q > 500.000

Cálculo del Nivel de Riesgo de Incendio.

En un galpón industrial de 27m. de ancho por 20,55m. de largo se almacenan 24.300 cajas de cartón que pesa 1.5 Kg c/u. Cada caja contiene 4 botes de pintura de 1 galón c/u., el peso del bote de pintura vacía pesa 0.4 Kg. Densidad pintura = 1.570 Kg/m^3.

Densidad polietileno alta densidad = 952 kg/m^3.

Área= 27 * (20,55) = 554,85 ~ 555m^2.

Primero se calcula el peso de cada uno de los materiales combustibles que existen.

El cartón produce un fuego tipo A.

Peso cartón = 24.300 * 1,5 kg = 36.450 kg cartón.

La pintura produce un fuego tipo B.

Peso pintura = 97.200 gal * 5,97kg/gal = 579.895 kg

Los botes de plástico vacios producen un fuego tipo B.

Peso botes vacios pintura = 97.200 x 0,4kg = 38.880 kg.

Una vez obtenidos los datos preliminares se usará el método de riesgo intrínseco y se aplica la ecuación 1.1.

$$Q_p = \sum \frac{P\ H\ C\ R_a}{A}$$

Cartón.

$$Q_{p1} = \frac{P_1\ H_1\ C_1\ R_{a1}}{A} = \frac{(36450\ kg)\ (4Mcal/kg)\ (1.6)\ (1.5)}{860m^2} =$$

$$Q_{p1} = 406{,}88\ Mcal/m^2.$$

Pintura.

$$Q_{p2} = \frac{P_2\ H_2\ C_2\ R_{a2}}{A} = \frac{(579895\ kg)\ (10Mcal/kg)\ (1.6)\ (3)}{860m^2} =$$

$$Q_{p2} = 32.366{,}23\ Mcal/m^2.$$

Polietileno (botes vacios pintura)

$$Q_{p3} = \frac{P_3\ H_3\ C_3\ R_{a3}}{A} = \frac{(38880\ kg)\ (10Mcal/kg)\ (1.2)\ (1.5)}{860m^2} =$$

$$Q_{p3} = 813{,}77\ Mcal/m^2.$$

$$Q_p = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} = 406{,}88 + 32366{,}23 + 813{,}77 = 33587$$

$$Mcal/m^2.$$

Según la tabla 3, se da cuenta que la carga Qp se encuentra dentro del nivel de riesgo intrínseco alto.

Riesgo de Incendio de Materiales

En la tabla 4, se muestran algunos materiales inflamables y su temperatura de ignición.

TABLA 4

RIESGO DE INCENDIO DE MATERIALES.

MATERIAL	Temp. Auto ignición (C)
Madera	192
Fibras y Textiles	400
LIQUIDOS	**Temp. Inflamación (F)**
Líquidos Inflamables	< 100
Líquidos combustibles	> 100
GASES	**Temp. Ignición (C)**
Propano comercial	493 – 604
Butano comercial	482 – 538
Acetileno	304
Hidrogeno	400
Monóxido carbono	609
Etileno	490
PRODUCTOS QUIMICOS	**Temp. Ignición (C)**
Acetato Acetanilida	50
Acido Benzoico	620
Azufre	190
POLVOS	**Temp. Ignición (C)**
Polvos Agrícolas	
Celulosa	480
Harina trigo	440
Maíz	400
Polvos Carbonosos	
Alquitrán	630
Asfalto de resina	510
Carbón bituminoso	610
Coque de petróleo	670
METALES	**Temp. Ignición (C)**
Aluminio	> 1000
Hierro	930
Magnesio	623
Potasio	69
Sodio	1150
Titanio	1593
Zinc	900

CAPÍTULO 2

2. NORMAS CONTRA INCENDIO A SER APLICADAS

2.1. Reseña Histórica N. F. P. A.

La Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (N. F. P. A.) es una organización científica y educacional, con socios, ocupada de las causas, prevención y lucha contra incendios. Se organizó en 1896 y se constituyó en 1930, de acuerdo con las leyes de Massachussets. La NFPA es una asociación privada, voluntaria, sin fines de lucro y exenta de impuestos.

La NFPA contempla los sujetos del incendio, prevención de incendios y protección contra incendios de una forma objetiva, práctica y logra sus objetivos a través de la acción e interacción de sus miembros, de su consejo de Dirección, empleados y numerosos comités. Las actividades de la asociación pueden resumirse en la forma siguiente:

1.-) Desarrollo de normas técnicas de seguridad contra incendios.

2.-) Intercambio de información.

3.-) Servicios de asesoramiento técnicos.

4.-) Educación del público.

5.-) Investigación con relación a la seguridad contra incendios.

6.-) Servicios a las agencias públicas de protección.

Actividades

1. Las normas técnicas de seguridad contra incendios son desarrolladas por más de 150 comités de la asociación cada uno de los cuales constituye una representación equilibrada de los intereses afectados, inclusive el del público. Los miembros de los comités colaboran de forma voluntaria y sin compensación económica y no han de ser necesariamente miembros de la NFPA. Participan en estas actividades más de 2400 expertos. Una vez que las normas son aprobadas por el conjunto de miembros en una o dos asambleas que se tienen anualmente, se publican y se ponen a disposición para su adopción voluntaria por cualquier organización u organismo, que tenga poder para imponerlas.

La asociación contempla el desarrollo de las normas por vía de acuerdos de consenso como el mejor y más honesto método para lograr una normalización de los requisitos de seguridad.

Las normas NFPA se publican en forma de folletos independientes, así como en una compilación de 15 volúmenes, titulada National Fires Codes (Códigos Nacionales contra Incendios).

2. El intercambio de información se logra a través de diversos servicios a los miembros. Estos incluyen la provisión de información actualizada y objetiva sobre incendios importantes y desarrollos relacionados con incendios, así como la distribución de información relativa a las más recientes técnicas en la prevención, protección y control de incendios.

3. Los servicios de asesoramiento técnico se facilitan tanto sobre una base formal como informal, a cualquiera que tenga un interés real. En determinadas áreas se establecen servicios especiales de protección contra incendios, para promocionar la utilización y dar una orientación respecto a la aplicación de las normas respectivas. Estas incluyen seguridad eléctrica, líquidos inflamables, gases y seguridad de incendios marítimos.

4. Dentro de su programa de educación del público, la NFPA desarrolla, produce y distribuye material educacional e instrucciones para el público en general. Para transmitir los mensajes contra incendios de la asociación, se utilizan la televisión, el cine y los medios de comunicación impresa.

5. La recogida y análisis de datos, así como una cierta cantidad de programas de investigación aplicada constituyen las actividades de investigación de NFPA para la seguridad contra incendios. Se analizan los informes de los incendios, clasificándose entonces por tipo de propiedad, riesgo y causa, así como otra información relativa a los servicios de bomberos. La información de los incendios es utilizada por los miembros de los comités de normas al formular sus juicios e informes, así como en prácticamente todas las demás actividades de la asociación.

6. Los servicios a las oficinas de protección pública incluyen el suministro de información y asesoramiento a los servicios de bomberos, departamentos de servicios contra incendios, autoridades municipales, estatales y federales, y a otras oficinas e individuos relacionados con la protección pública contra incendios. Se desarrollan estadísticas informativas y que facilitan datos relativos a las operaciones de los servicios contra incendios, gerencia y la inspección y puesta en práctica de la prevención contra incendios. Se fomenta y promueve la educación, el entrenamiento y promoción profesional en el sector de la protección pública contra incendios.

Miembros

La finalidad del conjunto de miembros de la NFPA tiene dos aspectos:

1. Facilitar y fomentar el intercambio de información.
2. Mejorar el proceso de desarrollo de normas.

Dando un foro democrático lo más amplio posible para la consideración de la normas de seguridad contra incendios que se proponen.

Los reglamentos internos de la asociación de 1975 autorizan cuatro categorías de miembros:

1.- Miembro ordinario;

2.- Miembro organizador;

3.- Miembro protector;

4.- Miembro honorario.

Los dos primeros tipos son los que tienen una difusión más amplia.

Puede ser miembro cualquier individuo, empresa, corporación, institución, servicios de bomberos, servicios contra incendios, u otra oficina pública o privada, que tenga interés en el trabajo de la

asociación. Por ser miembros nadie está obligado a ningún tipo de acción.

Administración

El Consejo de Directores de la NFPA se encarga de una forma general de los asuntos de la asociación. Hay 18 directores elegidos por los miembros y que prestan sus servicios durante tres grupos escalonados de plazos de tres años. Ningún director electo puede ocupar su cargo durante más de dos plazos consecutivos de tres años. El consejo de directores se completa con seis oficiales electos, los dos anteriores presidentes del consejo que aún vivan y el presidente y vicepresidente.

El conjunto de empleados de la NFPA comprende más de 200 personas profesionales, administrativos y de secretaría.

La sede de la Asociación está en Boston, Massachussets, U.S.A., y tiene un equipo de personal en Washington, D.C., a efectos de enlace con el gobierno Federal y con los miembros de su organización del área de Washington.

2.2. Normas a Utilizar.

La NFPA es una de las principales fuentes de normas de consenso y códigos para la protección contra incendios, y que se han entretejido en la legislación a todos los niveles del gobierno. Los códigos y normas NFPA son preparados por unos cuantos técnicos voluntarios de composición equilibrada para representar de forma justa todos los puntos de vista, y que se encargan de preparar unas normas de seguridad contra incendios que resulten equitativas sin un gasto prohibitivo, sin interferencia con procedimientos y métodos ya establecidos, y sin causar molestias indebidas.

Los comités técnicos NFPA están compuestos por individuos que tienen el conocimiento y la competencia técnica en los sectores en los que estos diversos comités desarrollan sus normas. La observación diligente y la puesta en práctica de los procedimientos de consenso en la NFPA no dejan ningún espacio para que domine algún interés especial, o para que no se tenga en cuenta algún interés legítimo.

Cuando un comité ha preparado una norma propuesta o la revisión a una norma existente, ésta se publica antes de la asamblea de la NFPA en la cual se pretende someter este documento a la

aprobación oficial. Se fomentan la revisión y comentarios públicos. Los comentarios recibidos con relación a la norma o revisión durante el período de comentario e información, vuelven a ser revisados por el comité que desarrollo la norma o revisión original. El documento original y la respuesta del comité al comentario se publican para la revisión pública. El documento original y la respuesta del comité se someten entonces a los miembros de la NFPA para que tomen la decisión y aprobación oficial, en una de las dos asambleas anuales.

Una vez que la NFPA haya adoptado un código o norma, éste se pone a disposición de las autoridades, tanto gubernamentales como no gubernamentales, para su adopción.

Las normas desarrolladas por los comités técnicos de la NFPA cubren todo el sector de la protección de incendios y de la prevención de incendios. La NFPA ha publicado más de 200 normas y códigos independientes. Estos se codifican anualmente en los volúmenes del Nacional Fire Code (Códigos Nacionales contra Incendios).

PRINCIPALES NORMAS DE LA NFPA A UTILIZAR EN EL DESARROLLO DEL PRESENTE TRABAJO.

NFPA 1 y 101.- Identificación y estudios de áreas de mayor riesgo.

NFPA 10.- Distribución de extintores.

NFPA 13.- Instalación de sistemas de rociadores automáticos.

NFPA 14.- Prueba hidrostática para tuberías y tanques.

NFPA 20.- Instalación de bombas de agua.

NFPA 22.- Diseño e instalación de tanques para agua.

NFPA 24.- Instalación de tomas de agua y tuberías.

NFPA 25.- Evaluación y mantenimiento de sistemas instalados.

NFPA 27.- Formación y entrenamiento de brigadas contra incendios.

NFPA 72.- Diseño de sistemas de detección y alarmas.

NFPA 72E.- Instalación de detectores de humo y calor.

NFPA 231.- Áreas de almacenamiento en general.

CAPÍTULO 3

3. SISTEMAS DE EXTINCIÓN Y DETECCIÓN DE INCENDIOS

3.1. Aspectos fundamentales.

Todos los métodos de extinción de incendios trabajan tratando de eliminar uno de los tres elementos, ya sea el combustible, el calor o el oxígeno, que deben existir para que sea posible el fuego.

Métodos de Extinción

Según el factor que se pretenda eliminar o disminuir el método de extinción recibe el nombre de forma distinta.

Extinción por Eliminación del Combustible

El fuego precisa para su mantenimiento de nuevo combustible que lo alimente. Si el combustible es eliminado de las proximidades de

la zona de fuego, este se extingue al consumirse los combustibles en ignición.

Esto puede conseguirse:

- Directamente cortando el flujo a la zona de fuego de gases o líquidos, o bien quitando sólidos o recipientes que contengan líquidos o gases, de las proximidades de la zona de fuego.
- Indirectamente refrigerando los combustibles alrededor de la zona de fuego.

Extinción por Sofocación Comburente.

La combustión consume grandes cantidades de oxígeno, precisa por tanto de la afluencia de oxígeno fresco a la zona de fuego.

Esto puede evitarse:

- Por ruptura de contacto de combustible-aire recubriendo el combustible con un material incombustible (arena, espuma, polvo).
- Dificultando el acceso de oxígeno fresco a la zona de fuego cerrado puertas y ventanas.
- Por dilución de la mezcla proyectando un gas inerte (N2 o CO2) en suficiente cantidad para que la concentración de oxígeno

disminuya por debajo de la concentración mínima necesaria. Se consigue el mismo efecto pero con menor efectividad proyectando agua sobre el fuego, que al evaporarse disminuirá la concentración de oxigeno, se aumenta la efectividad si el agua es pulverizada.

Extinción por Enfriamiento

La energía que se desprende producto de la combustión, parte es disipada en el ambiente y parte inflama nuevos combustibles propagando el incendio.

La eliminación de tal energía supondría la extinción del incendio.

Esto puede conseguirse arrojando sobre el fuego sustancias que por descomposición o cambio de estado logren absorber energía. El agua o su mezcla con aditivos, es prácticamente el único agente capaz de enfriar notablemente los fuegos, sobre todo si se emplea pulverizada.

Extinción por Inhibición de la Reacción en Cadena

Las **reacciones** de combustión progresan a nivel atómico por un mecanismo de radicales libres. Si los radicales libres son

neutralizados, antes de su reunificación en los productos de combustión, la reacción se detiene.

Los halones son los agentes extintores cuya descomposición térmica provoca la inhibición química de la reacción en cadena.

El gran efecto extintor del polvo sobre las llamas, es debido a una inhibición física por la separación espacial de los radicales libres, que provocan minúsculas partículas de polvo proyectadas.

Agentes Extintores.

Los principales agentes extintores son:

Agua

Es el agente extintor más usado, ya que se cuenta con amplia disponibilidad de la misma. Se utiliza en fuegos clase A.

Su principal mecanismo de acción consiste en quitar calor al fuego ya que absorbe grandes cantidades de calor al evaporarse.

Es conductor eléctrico por eso no debe usarse en fuegos tipo C.

Anhídrido Carbónico (CO_2).

Desplaza el oxígeno de la superficie en combustión, en virtud de ser inerte y más pesado que el aire, actúa por sofocación.

El CO2 es apto para fuegos clase B y C. Es recomendable para tableros y motores eléctricos bajo tensión, ya que no es conductor de la electricidad, no deja residuos y se disipa naturalmente.

No es tóxico, recordar que se trata de un asfixiante simple, pues desaloja el aire que contiene el oxígeno necesario para respirar, y por ende debe extremarse las precauciones en ambientes cerrados.

Espumas.

Las espumas contra incendios consisten en una masa de burbujas rellenas de gas que se forman a partir de soluciones acuosas de agentes espumantes de distintas fórmulas.

Puesto que la espuma es más ligera que la solución acuosa de la que se forma y más ligera que los líquidos inflamables o combustibles, flota sobre estos, produciendo una capa continua de material acuoso que desplaza el aire, enfría e impide el escape de vapor con la finalidad de detener la combustión.

Es apta para fuegos clase A recomendable para fuegos clase B, debido a que flota por sobre la superficie del líquido inflamable.
No debe utilizarse en fuegos clase C, por ser buena conductora de la electricidad.

Agentes Halogenados.

Los agentes halogenados son hidrocarburos en los que uno o más átomos de hidrógeno han sido sustituidos por átomos de halógeno. Los elementos halógenos son: flúor, cloro, bromo y yodo.

Los hidrocarburos de donde se derivan los agentes extintores halogenados son gases muy inflamables y, en muchos casos, la sustitución de los átomos de halógeno, les confiere propiedades de extinción de las llamas.

Son particularmente aptos para fuegos clase B (líquidos inflamables) y fuegos clase C (materiales eléctricos de baja tensión) por no ser conductores de electricidad.

Tienen una nomenclatura en donde se describe la composición química de los materiales sin necesidad de emplear los nombres químicos ni las abreviaturas que pueden conducir a confusiones, por ejemplo BT en vez de bromotrifluorometano o DDM en vez de dibromodifluorometano.

En la tabla 5 se dan ejemplo de este sistema. El primer dígito de la cifra representa el número de átomos de carbono de la molécula compuesta; el segundo, el número de átomos de flúor; el tercero, el número de átomos de cloro; el cuarto, el número de átomos de

bromo; y el quinto, el número de átomos de yodo (si los hay). Por ejemplo: el bromotrifluorometano (BrCF3) se denomina halo 1301 porque su fórmula química contiene un átomo de carbono, tres átomos de flúor, un átomo de bromo y ningún átomo de yodo.

TABLA 5
NÚMEROS HALON DE AGENTES EXTINTORES HALOGENADOS

Nombre químico	Fórmula	No. de halón
Bromuro de metilo	CH3Br	1001
Ioduro de metilo	CH3I	10001
Bromoclorometano	BrCH2Cl	1011
Dibromodifluorometano	Br2CF2	1202
Bromoclorodifluorometano	BrCClF2	1211
Bromotrifluorometano	BrCF3	1301
Tetracloruro de carbono	CCl4	104
Dibromotetrafluorometano	BrF2CCBrF2	2402

Polvos Químicos

Extingue por sofocación, se interpone entre el aire ambiente y la sustancia en combustión. El polvo químico triclase ABC es un producto químico cuyo elemento fundamental es el fosfato de amonio. Posee simultáneamente dos propiedades extintoras como son la inhibición de la reacción en cadena y tiene la capacidad de absorción de calor (enfriamiento) y adicional no es conductor de la electricidad, que lo hacen aptos para fuegos clase A, B y C

3.2. Tipos de Sistemas de Extinción.

Los sistemas de extinción se clasifican:

Según la sustancia extintora:

Sistemas de Agua.

Los sistemas de agua son los más difundidos, por ser el agua el agente extintor más económico.

Instalaciones Semifijas.

Columna Seca.- Instalación formada por una canalización de acero vacía, con bocas a diferentes alturas, con acoplamiento para manguera y toma de alimentación.

Bocas de Incendios o Hidrantes Exteriores.- Bocas para la toma de agua, subterráneas o de superficie, con alimentación a través de una red de agua a presión, válvula de accionamiento manual y una o varias bocas con racores. Están ubicadas en la parte exterior de las instalaciones con la finalidad de luchar contra el incendio desde el exterior o alimentar otras instalaciones.

Bocas de Incendio Equipadas.- Instalación formada por una conducción independiente de otros usos, siempre en carga, con bocas y equipos de manguera conexos en diferentes localizaciones.

Instalaciones Fijas

Sistemas de Mangueras.- Los sistemas de mangueras y tomas fijas de agua constituyen un medio de aplicar agua manualmente contra los incendios. No reemplazan a los sistemas de extinción automáticos, que son los que generalmente se prefieren como forma de protección. Resultan necesarios siempre que no exista protección automática y en aquellas zonas a las que no puedan acceder fácilmente las líneas de mangueras procedentes de los hidrantes exteriores.

Clasificación de los Sistemas de Mangueras.

Los sistemas se clasifican en:

Clase I

Conexión para manguera de 2½" (70mm.) se destinan para la utilización por parte de los servicios de bomberos o por personal adiestrado en el manejo de mangueras de gran diámetro.

Clase II

Conexión para manguera de 1½" (40mm.) se destinan al uso de los ocupantes hasta la llegada de los bomberos. La manguera está

conectada a lanzas abiertas de 3/8” (10mm.) 0½” (12,5mm.) o combinadas con chorro de niebla con válvulas de cierre.

Clase III

Se destinan, tanto a los servicios de bomberos y a las personas adiestradas en el manejo de mangueras de gran diámetro, como a los ocupantes del edificio. Debido a su uso múltiple, van provistos de conexiones para manguera de 70mm. y conexiones para mangueras de 40mm.

Rociadores Automáticos o Sprinklers.

Los rociadores automáticos son dispositivos que descargan agua automáticamente sobre el punto incendiado, en cantidad suficiente para extinguirlo totalmente o impedir su propagación en caso de que el origen del fuego estuviera fuera del alcance del agua o que ésta no fuera adecuada para extinguir ese tipo de fuego.

El agua llega a los rociadores a través de un sistema de tuberías, generalmente suspendidas del techo, los rociadores están situados a intervalos a lo largo de ellas. El orificio de los rociadores automáticos está normalmente cerrado por un disco o caperuza, sostenido en su sitio por un elemento de disparo termo sensible.

Las principales funciones de los rociadores son:

- Proteger vidas y bienes.
- Proteger las estructuras de los edificios para que no colapsen.

Se dividen de acuerdo al tipo de protección:

Rociadores Modo de Control

Su misión es controlar y aislar el incendio. No están diseñados para apagar los incendios, solo lo controlan. Estos pueden ser de respuesta rápida y respuesta estándar y a su vez pueden ser montantes o colgantes.

Rociadores Modo de Supresión.

Su misión es suprimir el incendio. Si están diseñados para apagar los incendios. Estos pueden ser de respuesta rápida y respuesta estándar y a su vez pueden ser montantes o colgantes, como se muestra en la figura 3.1

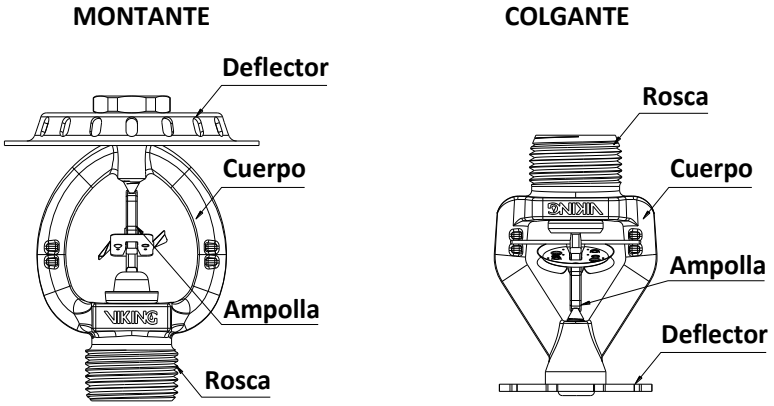


FIGURA 3.1.- ESQUEMA DE UN ROCIADOR MONTANTE Y COLGANTE.

Características de un Rociador

Las características de un rociador que definen su capacidad para controlar o extinguir un incendio son:

- Sensibilidad Térmica

Es la medida de la rapidez con que funciona el elemento térmico, una medida de la sensibilidad térmica es el índice de tiempo de respuesta (RTI).

Según la sensibilidad térmica hay dos tipos de rociadores

Rociadores de respuesta rápida

Poseen un elemento térmico con un RTI de 50 m-s o menor.

Rociadores de respuesta estándar

Poseen un elemento térmico con un RTI de 80 m-s o mayor.

- Temperatura de activación

- Diámetro de orificio

- Orientación de instalación

- Características de la distribución del agua

- Condiciones especiales de servicio

Por sus cualidades de diseño y funcionamiento se definen en:

Rociador de supresión temprana y respuesta rápida (ESFR)

Rociador de respuesta rápida (QR)

Rociador de respuesta rápida y supresión temprana (QRES)

Rociador de cobertura extendida (EC)

Rociador de respuesta rápida y cobertura extendida (QREC)

Rociador de gota grande

Boquillas

Rociador residencial

Rociador de pulverización

Rociadores abiertos

Según su orientación su los rociadores se definen como:

Rociador oculto

Rociador montado al ras

Rociador colgante o pendiente

Rociador empotrado

Rociador de pared o lateral

Rociador montante

Según sean sus aplicaciones o ambientes especiales los rociadores se definen como:

Rociador resistente a la corrosión

Rociador seco

Rociador de nivel intermedio o estanterías

Rociador decorativo / ornamental.

Característica de Descarga de Rociadores

El factor k, la descarga relativa, y la identificación de los rociadores que posean distintos tamaños de oficio se detallan en la tabla 6.

Según NFPA 13 2-2.2.2

Los rociadores ESFR y de gota grande deben tener un diámetro de orificio nominal mínimo de 5/8" (15.9mm.). El tamaño de orificio seleccionado para el rociador ESFR debe seleccionarse del modo apropiado para el riesgo.

TABLA 6
CARACTERÍSTICAS DE DESCARGA DE LOS ROCIADORES

Diám nom orificio		Factor	% descarga	Tipo rosca
pulg	mm	K	de 1/2"	
1/4	6.40	1.3 - 1.5	25	1/2" NPT
5/16	8.00	1.8 - 2.0	33.3	1/2" NPT
3/8	9.50	2.6 - 2.9	50	1/2" NPT
7/16	11.00	4.0 - 4.4	75	1/2" NPT
1/2	12.70	5.3 - 5.8	100	1/2" NPT
17/32	13.50	7.4 - 8.2	140	1/2" - 3/4" NPT
17/32	13.50	11.0 - 11.5	140	1/2" - 3/4" NPT
5/8	15.90	11.0 - 11.5	200	1/2" - 3/4" NPT
5/8	15.90	13.5 - 14.5	200	1/2" - 3/4" NPT
3/4	19.00	13.5 - 14.5	250	3/4" NPT

En la tabla 7 se indica la temperatura de activación normalizada de los rociadores automáticos. Los rociadores automáticos deben tener los brazos del armazón pintados de acuerdo con el código de color indicado en la tabla.

TABLA 7
RANGO DE TEMPERATURA, CLASIFICACIÓN DE ROCIADORES

Temp máx. techo		Rango temp		Clasificación	Código	Color
°F	°C	°F	°C	Temperatura	color	Ampolla vidrio
100	38	135 - 170	57 - 77	ordinario	negro	naranja / rojo
150	66	175 - 225	79 - 107	intermedio	blanco	amarillo / verde
225	107	250 - 300	121 - 149	alta	azul	azul
300	149	325 - 375	163 - 191	extra alto	rojo	purpura
375	191	400 - 475	204 - 246	my alta	verde	negro
475	246	500 - 575	260 - 302	ultra alta	naranja	negro
625	329	650	343	ultra alta	naranja	negro

Áreas Máximas a Proteger

La tabla 8 tomada de la NFPA 13 4-2, nos indica las máximas áreas que pueden cubrir un sistema instalado de rociadores

TABLA 8
ÁREAS MÁXIMAS A CUBRIR POR UN SISTEMA ROCIADORES

Tipo Riesgo	Sup. Max (m^2)
Riesgo Leve	4831
Riesgo Ordinario	4831
Riesgo Extra (tabulado)	2323
Riesgo Extra (calculado hidráulicamente)	3716
Almacenamiento gran altura	3716

Según la NFPA 13 4-5.2.2, el área máxima de cobertura permitida para cualquier rociador no debe superar los 400ft^2 (36m^2).

Rociadores en Estanterías.

Según NFPA 4-12.1

El área máxima protegida por un único sistema de rociadores en estanterías, no debe ser mayor de 40.000ft^2 (3.716m^2) incluyendo pasillos, sin tener en cuenta el número de niveles de los rociadores en las estanterías.

Los rociadores en estanterías deben ser de temperatura normal de 1/2” (12.7mm.) o 7/32” (13.5mm.).

Debe mantenerse un espacio libre vertical mínimo de 6 pulgadas (152mm.) entre el deflector del rociador y el nivel más alto de almacenamiento.

El espaciamiento máximo entre rociadores debe ser de 10ft (3.050mm.).

El primer nivel de rociadores en estanterías debe ubicarse a una altura igual o mayor que la altura que la mitad de la altura del almacenamiento.

Según NFPA 13 5-4.1

Los rociadores en estanterías deben operar a una presión mínima de 15 psi.

Según NFPA 13 6-4.4.8

La presión mínima de operación de todo rociador debe ser 7 psi (0,5 bar).

Cuando se instale un nivel intermedio de rociadores en estanterías, la demanda de agua debe basarse en la operación simultánea de los 4 rociadores adyacentes de mayor demanda hidráulica.

Rociadores de Repuesto

Debe mantenerse un aprovisionamiento de rociadores de repuesto en las instalaciones de modo que todo rociador que haya sido operado o haya sido dañado pueda reemplazarse de inmediato.

Los rociadores deben mantenerse almacenados en un gabinete cuya temperatura interior no supere los 38°C.

La existencia de rociadores de repuesto debe ser como sigue:

- Para sistemas con menos de 300 rociadores, no menos de 6 rociadores.
- Para sistemas con 300 a 1000 rociadores, no menos de 12 rociadores.
- Para sistemas con más de 1000 rociadores, no menos de 24 rociadores.

Clasificación de las Ocupaciones.

Según la NFPA 13 1-4.7.-

La clasificación de las ocupaciones se refiere únicamente a la instalación de rociadores y a su abastecimiento de agua. No pretende ser una clasificación general de los riesgos de ocupación.

Ocupaciones de Riesgo Leve (RL).

Ocupaciones donde la cantidad y/o combustibilidad de los contenidos es baja y se esperan incendios con bajo índice de liberación de calor

Ocupaciones de Riesgo Ordinario (RO)

Riesgo Ordinario grupo 1.

Ocupaciones donde la combustibilidad es baja, la cantidad de los combustibles es moderada, la altura de almacenamiento de combustible no pasa los 2.40m. y ocurren fuegos con moderado índice de liberación de calor.

Riesgo Ordinario grupo 2.

Ocupaciones donde la combustibilidad es baja, la cantidad de los combustibles es de moderada a alta, las pilas de almacenamiento de combustible no superan los 3.70m. de altura y se esperan incendios con índices de liberación de calor moderados a altos.

Ocupaciones de Riesgo Extra (RE).

Ocupaciones donde la cantidad y/o combustibilidad de los contenidos es muy alta y están presentes líquidos inflamables o

combustibles, y se esperan incendios con índices de liberación de calor elevados.

Riesgo Extra grupo 1.

Incluye las ocupaciones descritas anteriormente con la presencia de poco o ningún liquido inflamable o combustible

Riesgo Extra grupo 2.

Incluye las ocupaciones descritas anteriormente con cantidades moderadas a considerables de líquidos inflamables o combustible, o donde se resguarden cantidades importantes de líquidos combustibles.

Tipos de Sistemas de Rociadores Automáticos o Sprinklers.

De Tubería Húmeda.

Los rociadores automáticos están acoplados a un sistema de tuberías que contienen en todo momento agua a presión.

Cuando se declara un incendio, los rociadores se activan separadamente mediante el calor, y el agua fluye a través de ellos inmediatamente.

De Tubería Seca.

Los sistemas de tubería seca normales tienen los rociadores acoplados a una tubería que contiene aire o nitrógeno a presión. Cuando el calor del fuego abre un rociador, se reduce la presión, se abre una válvula de tubería seca por la presión del agua y el agua fluye a través de todos los rociadores que se hayan abierto.

De Acción Previa.

Son sistemas de tubería seca en los que el aire puede estar o no a presión. Cuando se declara un incendio, un dispositivo detector suplementario, situado en la zona protegida, entra en acción, abriendo la válvula que permite el paso del agua hacia el sistema de tuberías y su descarga a través de los rociadores automáticos que se hayan abierto por el calor producido por el fuego.

De Tubería Seca y Acción Previa

Estos sistemas combinan las características esenciales de los dos tipos descritos. El sistema de tubería contiene aire a presión. Un detector de incendios suplementario abre la llave de paso del agua y un expulsor de aire situado al extremo de la conducción principal de alimentación. A continuación, el sistema se llena de agua y

funciona como sistema de tubería húmeda. Si fallase el detector el sistema funcionaria como si fuese de tubería seca.

De Diluvio o Inundación.

Estos sistemas son similares a los de acción previa, excepto que todos los rociadores están constantemente abiertos. Cuando el calor del fuego activa el detector, el agua fluye hacia los rociadores y descarga a través de todos ellos, produciendo un diluvio o inundación total en la zona protegida.

Con Suministro de Agua Limitado.

Los sistemas de suministro limitado de agua consisten en rociadores automáticos montados en la forma normal en cuanto a la tubería y a las distancias, pero tienen un suministro reducido de agua.

Instalaciones mixtas

Agua pulverizada.- El término pulverizada se refiere al empleo de agua lanzada de una forma especial, con unas dimensiones de partícula, una velocidad y una densidad de pulverización determinadas y que se descarga por aparatos y lanzas especialmente diseñados para este fin.

Los sistemas de agua pulverizada para protección y lucha contra incendios se llaman también de niebla de agua, niebla o con otras denominaciones comerciales con las que son presentadas por los fabricantes de equipos.

Consisten en un sistema de tuberías especiales, fijas, conectadas a un suministro seguro de agua contra incendios y provistas de lanzas o boquillas de pulverización para la descarga específica de agua y su distribución sobre la superficie que se desee proteger.

El sistema de tuberías está conectado al suministro de agua por medio de una válvula que se pone en funcionamiento manual o automáticamente y que da paso al agua. Las válvulas automáticas se activan por un equipo de detección automático, generalmente instalado en la misma zona en donde están las lanzas de pulverización de agua.

El agua en forma pulverizada se utiliza tanto en instalaciones semifijas como en instalaciones fijas, ya sea con accionamiento manual y/o automático, dotando a las lanzas o monitores de mecanismos susceptibles de transformar el agua a chorro en pulverizada.

El agua pulverizada puede usarse para conseguir los siguientes objetivos.

Extinción del fuego.

Control del fuego.

Protección contra fuegos externos.

Prevención del fuego.

La extinción del fuego se consigue en base a los siguientes efectos:

- Enfriamiento.
- Sofocación.
- Emulsión.
- Dilución.
- Combinación de los anteriores.

Sistemas de Dióxido de Carbono.

Las instalaciones de CO2 pueden ser fijas o semifijas. En todo caso la sustancia extintora esta almacenada en botellas de 30 a 50kg. o en depósitos de gran capacidad a baja presión.

En caso de riesgos localizados con presencia de personal, se recurre más a instalaciones fijas de descarga local y accionamiento manual.

En caso de una previsible rápida propagación del incendio, o donde no exista presencia de personal, se recurre a instalaciones fijas por inundación total con porcentajes de CO2 del orden del 30% en volumen. Esta descarga en locales con presencia de personal provocaría muerte, por lo que debe programarse una alarma y un cierto retardo antes de la descarga, especialmente en sistemas automáticos.

Sistemas de Espuma.

Por su base acuosa son similares a las de agua.

Pueden ser fijos o semifijos en función del riesgo, su ubicación, etc.

Para incendios en ciertos locales con acceso difícil por su ubicación, como los sótanos, se utiliza el método de extinción por inundación total mediante generadores de espuma de alta expansión.

Sistemas de Halon.

El halon mas usado en instalaciones fijas y semifijas es el halon 1301. Se almacena a presiones comprendidas entre 24 y 45 atm., a 18°C, en botellones o esferas. La presurización se consigue mediante adición de nitrógeno.

Los sistemas de distribución para instalaciones fijas son similares a las de CO2, teniendo la gran ventaja de poder emplear sistemas

modulares por esferas que evitan el entramado de las canalizaciones.

Sistemas de Polvo Químico (Normal o Polivalente).

El polvo seco, es un agente extintor excelente, pero es menos usado en instalaciones fijas de extinción, por las dificultades de conseguir una correcta vehiculación y una descarga uniforme.

Cuando exista presencia constante de personal, puede recurrirse a un sistema semifijo con un depósito de polvo con presión auxiliar por botella de gas, al cual se une una manguera y boquilla especial.

Según el Modo de Aplicación.

Sistemas Semifijos.- El agente extintor es transportado por una conducción e impulsado sobre el fuego a través de una manguera y lanza o monitor móvil.

Sistemas Fijos.- El agente extintor es transportado por una conducción e impulsado sobre el fuego a través de boquillas fijas adosadas a la misma.

Sistemas Móviles.- El agente extintor es transportado e impulsado sobre el fuego mediante un vehículo automotor.

Según el Sistema de Accionamiento:

- Manual.
- Automático.
- Doble accionamiento.

Según la Zona de Actuación:

- Parcial
- Por inundación total

3.3. Tipos de Sistemas de Detección.

Se entiende por detección de incendios el hecho de descubrir y avisar que hay un incendio en un determinado lugar.

La detección de incendios se puede realizar por:

Detección Humana.

La detección queda confiada a las personas. Durante el día, si hay presencia continuada de personas en densidad suficiente y en las distintas áreas, la detección rápida del incendio queda asegurada en todas las zonas o áreas visibles. Durante la noche la tarea de detección se confía al servicio de vigilancia mediante rondas estratégicas cada cierto tiempo.

Es obvio que la rapidez de detección en este caso es baja, pudiendo alcanzar una demora igual al tiempo entre rondas.

Es imprescindible una correcta formación del vigilante en materia de incendio pues es el primer y principal eslabón del plan de emergencia.

Detección Automática

Las instalaciones fijas de detección de incendios permiten la detección y localización automática del incendio, así como la puesta en marcha automática de aquellas secuencias del plan de alarma incorporadas a la central de detección.

En general la rapidez de detección es superior a la detección por vigilante, si bien caben las detecciones erróneas. Pueden vigilar permanentemente zonas inaccesibles a la detección humana.

Normalmente la central está supervisada por un vigilante en un puesto de control, puede programarse para actuar automáticamente si no existe esta vigilancia.

El sistema debe poseer seguridad de funcionamiento por lo que necesariamente debe autovigilarse. Además de una correcta instalación debe tener capacidad de adaptación a los cambios.

Sistema Mixto

Es una combinación de los 2 sistemas anteriores.

La elección del sistema de detección viene condicionada por:

- Las pérdidas humanas o materiales en juego.
- La posibilidad de vigilancia contante y total por personas.
- La rapidez requerida.
- La fiabilidad requerida.
- Su coherencia con el resto del plan de emergencia.
- Su costo económico.

DETECTORES

Los detectores son los elementos que detectan el fuego a través de alguno de los fenómenos que le acompañan: gases, humos, temperaturas o radiación UV, visible o infrarroja.

Su nombre se da según el fenómeno que detectan.

Tipos de Detectores

Detectores de Gases de Combustión o Iónicos

Detectan gases de combustión, es decir, humos visibles o invisibles. Se llaman iónicos o de ionización por poseer dos cámaras, ionizadas por un elemento radiactivo, una de medida y otra estanca o cámara patrón. Una pequeñísima corriente de iones de oxígeno y nitrógeno se establece en ambas cámaras. Cuando los gases de combustión modifican la corriente de la cámara de medida se

establece una variación de tensión entre cámaras que convenientemente amplificada da la señal de alarma.

Detector Óptico de Humos

Detectan humos visibles. Se basan en la absorción de luz por los humos en la cámara de medida (oscurecimiento), o también en la difusión de luz por los humos (efecto Tyridall).

Son de construcción muy complicada (más que los iónicos) ya que requieren una fuente luminosa permanente o bien intermitente, una célula captadora y un equipo eléctrico muy complejo.

Detectores de Temperatura

El efecto a detectar es la temperatura. Hay dos tipos básicos:

De temperatura fija.- Los de temperatura fija que son los más antiguos detectores y actúan cuando se alcanza una determinada temperatura. Se basan en la deformación de un bimetal o en la fusión de una aleación (caso de los sprinklers). Modernamente en la f.e.m. de pares termoeléctricos, que constituye realmente un nuevo tipo de detectores.

Termo Velocímetro.- Miden la velocidad de crecimiento de la temperatura. Normalmente se regula su sensibilidad a unos

10ºC/min. Se basan en fenómenos diversos como dilatación de una varilla metálica, etc. Comparan el calentamiento de una zona sin inercia térmica con otra zona del detector provista de una inercia térmica determinada (que permite modificar la sensibilidad del detector).

Actualmente es raro encontrar instalaciones un poco grandes protegidas por detectores de temperatura fija. Se prefiere utilizar detectores termovelocimétricos que incluyen un dispositivo de detección por temperatura fija.

Detectores de llamas

Detectan las radiaciones infrarrojas o ultravioletas (según tipos) que acompañan a las llamas. Contienen filtros ópticos, célula captadora y equipo electrónico que amplifica las señales. Son de construcción muy complicada. Requieren mantenimiento similar a los ópticos de humos.

Como los fenómenos detectados aparecen sucesivamente después de iniciado un incendio, la detección de un detector de gases o humos es más rápida que la de un detector de temperatura (que precisa que el fuego haya tomado un cierto incremento antes de detectarlo).

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DEL SISTEMA.

4.1. Descripción de la Empresa

La Planta elaboradora de pinturas para la cual se va a diseñar el siguiente sistema contra incendio, está ubicada en la ciudadela Atarazana, en la ciudad de Guayaquil. La planta tiene una extensión total de 11.365m^2, de los cuales 1.772,71m^2 están asignados para el área de producto terminado, el área objeto de nuestro estudio será 871,15m^2, compuesta de dos galpones contiguos, el primer galpón tiene dimensiones de 27m. x 20,55m. (A_1 = 554,85m^2) y el segundo galpón tiene dimensiones de 14,61m. x 21,65m. (A_2 = 316,30m^2).

En estos galpones se almacena utilizando el sistema de racks o estanterías, hasta una altura de almacenamiento de 4m., los productos más comunes que se almacenan son, pintura látex,

pintura de agua, pintura epóxica, disolventes, removedores de pintura, desoxidantes, ya sea en la presentación de un galón o canecas de cinco galones.

En la actualidad, la planta cuenta con un sistema contra incendio, pero debido al desarrollo de la industria fue necesario construir dos nuevos galpones, a los cuales no se les implemento la protección contra incendio, constituyéndose en un peligro inminente para la seguridad de la empresa.

Partes de un Sistema contra incendios

En la figura 4.1, se muestra las partes de un sistema típico contra incendios.

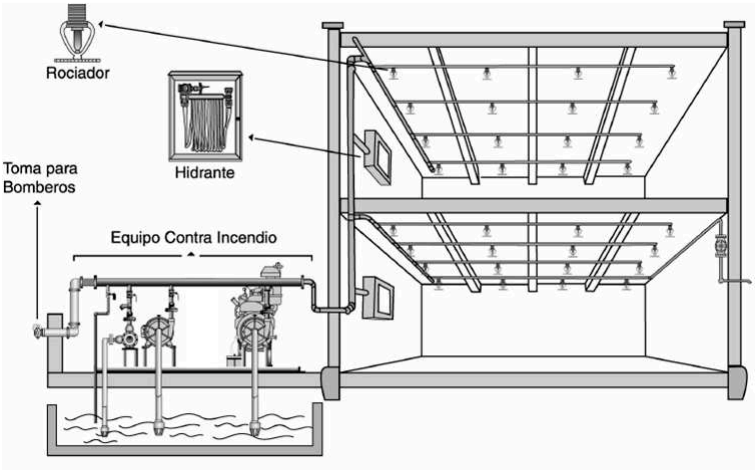


FIGURA 4.1.- SISTEMA TÍPICO CONTRA INCENDIO.

1.- Abastecimiento de agua.

2.- Grupo de bombeo.

3.- Red de distribución de agua: Tuberías, Siamesas, Gabinetes.

4.- Sistema de Detección.

5.- Sistema de Extinción.

4.2. Selección de Sistema de Extinción

Para la selección del sistema de extinción existen muchas variables que pueden influir sobre la elección de un agente extintor y su forma de aplicación. Entre las cuales se puede mencionar:

- El tipo de fuego, sea este A, B, C o D.
- Si se pretende la extinción o sólo la protección de riesgos vecinos.
- La velocidad de respuesta con que actuará (manual o automático).
- El tamaño y tipo de riesgo.
- El valor del riesgo a proteger.
- La ubicación del riesgo.
- El posible daño a causar por el agente extintor en las instalaciones.
- El costo del equipo que posibilitará la extinción.

En la elección del tipo de extintor es necesario considerar las posibles incompatibilidades, para lo cual resulta de utilidad la Tabla 9. En la cual las calificaciones tienen el siguiente significado:

1.- Muy adecuado;

2.- Adecuado;

3.- Aceptable;

Espacio blanco.- Incompatible.

TABLA 9

TIPOS DE AGENTES EXTINTORES Y SUS APLICACIONES.

TIPO DE EXTINTOR	CLASES DE FUEGO			
	A	B	C	D
Agua pulverizada	1	3		
Agua a chorro	2			
Espuma	2	2		
Polvo convencional		1	2	
Polvo polivalente	2	2	2	
Polvo especial				3
Anhidrido carbónico (CO2)	3	2		
Especifico para fuego de metales				3

Debido a que en la bodega de producto terminado se almacenarán en su gran mayoría galones de pintura y solventes los cuales son propensos a producir un fuego del tipo B y luego de analizar el contenido de la Tabla 9, se llega a la conclusión de que el agua pulverizada, la espuma, el polvo convencional, el polvo polivalente y

el anhídrido carbónico, son los tipos de agentes extintores que se podría utilizar para apagar un fuego de tipo B.

Debido a que existen otros factores que se deben tomar en cuenta para decidir el tipo de extintor se recurrirá a la Tabla 10, que es una matriz de decisión para escoger el tipo de agente extintor más conveniente.

Para comparar los diferentes agentes extintores se toma en cuenta lo siguiente:

1.- Si el agente sirve para extinguir o solo para controlar el fuego.

2.- El costo de los sistemas para aplicar dichos agentes.

3.- Los daños secundarios que pueden producir una vez aplicados los agentes extintores.

4.- El mantenimiento de los sistemas.

5.- El nivel de toxico de los agentes hacia las personas.

TABLA 10

MATRIZ DE DECISIÓN.

			SISTEMAS									
			Agua Pulver		Agua Chorro		Espuma		Polvo químico		CO2	
	%	Factor	Calif	Ponder	Calif	Ponder	Calif	Ponder	Calif	Ponder	Calif	Ponder
Extinción	30	0.3	10	3	8	2.4	8	2.4	8	2.4	6	1.8
Costo equipo	30	0.3	10	3	10	3	8	2.4	6	1.8	6	1.8
Daños secundarios	15	0.15	6	0.9	6	0.9	8	1.2	10	1.5	10	1.5
Mantenim. sistema	15	0.15	10	1.5	10	1.5	8	1.2	8	1.2	8	1.2
Toxicidad	10	0.1	10	1	10	1	8	0.8	6	0.6	6	0.6
Total	**100**	**1**		**9.4**		**8.8**		**8**		**7.5**		**6.9**

Después de analizar la matriz de decisión se da cuenta de que la alternativa que mayor ponderación ha obtenido (8.7/10) es el sistema de agua pulverizada.

Como se explicó con anterioridad en el capítulo 3, los sistemas de agua pulverizada consisten en un sistema de tuberías especiales, fijas, conectadas a un suministro seguro de agua contra incendios y provistas de boquillas de pulverización para la descarga específica de agua y su distribución sobre la superficie que se desee proteger.

Este sistema puede ser: tubería húmeda, tubería seca, acción previa, diluvio.

El 75% de los sistemas contra incendio utilizan el sistema de tubería húmeda pero para comprobarlo se hace una matriz de decisión (tabla 4.3) para comparar los distintos tipos y ver que resultados nos arroja.

Para hacer la comparación tomamos en cuenta lo siguiente:

1.- El tiempo de respuesta una vez iniciado el flagelo.

2.- El costo de los equipos necesarios para instalar el sistema.

3.- La posibilidad de que el sistema se accione por error.

4.- El costo de mantenimiento de los equipos.

5.- Los distintos tipos de aplicaciones que tienen.

Tabla 11

Matriz decisión.

			SISTEMAS							
			Húmeda		Seca		Acción previa		Diluvio	
	%	Factor	Calif	Ponder	Calif	Ponder	Calif	Ponder	Calif	Ponder
Tiempo respuesta	30	0.3	10	3	8	2.4	9	2.7	10	3
Costo equipo	30	0.3	10	3	6	1.8	8	2.4	8	2.4
Tendencia a fallar	15	0.15	8	1.2	6	0.9	6	0.9	8	1.2
Mantenimiento	15	0.15	10	1.5	8	1.2	8	1.2	10	1.5
Aplicaciones	10	0.1	10	1	10	1	8	0.8	10	1
Total	**100**	**1**		**9.7**		**7.3**		**8**		**9.1**

Al ver los resultados, el sistema de tubería húmeda tuvo la mayor puntuación, así se comprueba por que este sistema es el que más se usa.

4.3. Selección del Sistema de Extinción

La detección de incendios es el hecho de descubrir y avisar de la existencia de un incendio en su fase inicial en un lugar determinado de las instalaciones. Dichos sistemas no solo deben descubrir el incendio, sino que además deben localizarlo con precisión y comunicarlo de modo fiable.

Se utilizará un sistema de detección convencional, ya que este tiene un tiempo de vida útil muy largo, requiere un mínimo mantenimiento y la inversión económica es menor que un sistema de detección inteligente, este sistema mostrado en la figura 4.2, va a estar constituido por los siguientes elementos:

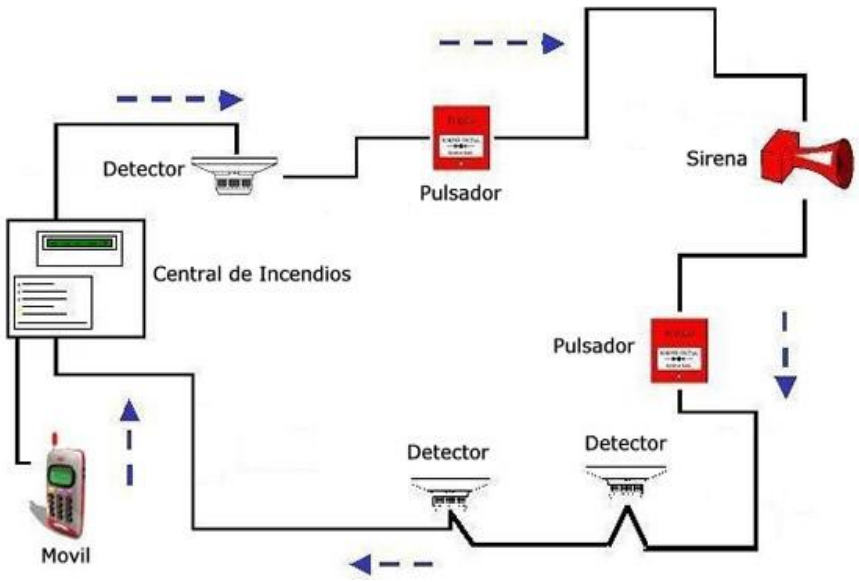


FIGURA 4.2.- SISTEMA CONVENCIONAL DE DETECCIÓN Y ALARMA

Central Automática de Detección de Incendios.

Este va a estar constituido de la siguiente forma, ver figura 4.2.

Armario con puerta transparente de plástico.

- Módulos de zonas de detección, por cada zona dispone de un led, para servicio en color verde, de alarma en color rojo, de avería en color ámbar, pulsador para conexión y desconexión de la zona.

- Modulo de control
- Consta de una fuente de alimentación de 220v.
- 2 baterías de emergencia de 12 voltios cada una.
- Regletas de entrada y salida para alarmas.

Sensores o Detectores de Incendio

Se va a usar detectores fotoeléctricos de humos, que también se los conoce como detectores ópticos, ya que se activan a la presencia de éste, como se muestra en la figura 4.3.

Poseen una vida útil de 10 anos, luego de los cuales pierden su capacidad de detección original, por lo que se debe cambiarlos.

Para activarse, se requiere de un mínimo de concentración de 1,5% de oscurecimiento, este valor cambia según el fabricante.

Cuando el detector se activa, un LED rojo se enciende lo que ayuda a localizar visualmente el detector que se activo, cuando hay un grupo de ellos colocados en la misma zona.

Su área de cobertura es aproximadamente 80m2 y se colocan a una distancia de 7m, siempre tratando de ubicarlos de tal manera que el área de cobertura se solape entre sí, como se muestra en el plano 15.

FIGURA 4.3.- DETECTOR DE HUMO

Detectores de Flujo

Este detecta algún tipo de movimiento del flujo del agua al pasar por la clapeta de plástico que está ubicada en el interior de la tubería, esta mueve un contacto que activa la alarma acústica, por lo general tiene un tiempo de retardo para evitar falsas alarmas, ver figura 4.4

FIGURA 4.4.- DETECTOR DE FLUJO.

Pulsadores de Alarmas

Son activados por una persona e indica la existencia de llamas o humos. Estarán colocados de forma visible, señalizados y a una distancia máxima de 25m. Como se ve en la figura 4.5.

Estarán ubicados cerca de las salidas de emergencia o de la planta.

FIGURA 4.5.- PULSADOR MANUAL.

Alarmas acústicas o sistemas óptico-acústicos

Se usará alarmas acústicas, ubicadas afuera de las bodegas.

Gong Hidráulico

El sistema de activación es bien sencillo y mecánico. El agua al pasar por el equipo mueve un mecanismo que hace golpear un martillo contra una campana metálica produciendo un sonido, ver figura 4.6.

Figura 4.6.- Alarma hidráulica.

4.4. Cálculos Hidráulicos de Tuberías de Distribución.

Según la norma NFPA13 1-4.7.3

Las ocupaciones con cantidades moderadas o considerables de líquidos inflamables o combustibles, o donde se guarden grandes cantidades de productos combustibles son ocupaciones de riesgo extra, grupo 1.

Según NFPA13 4-2

La superficie máxima a proteger por un sistema de rociadores cuando se trate de riesgo extra será de 40.000ft^2 (3.716m^2).

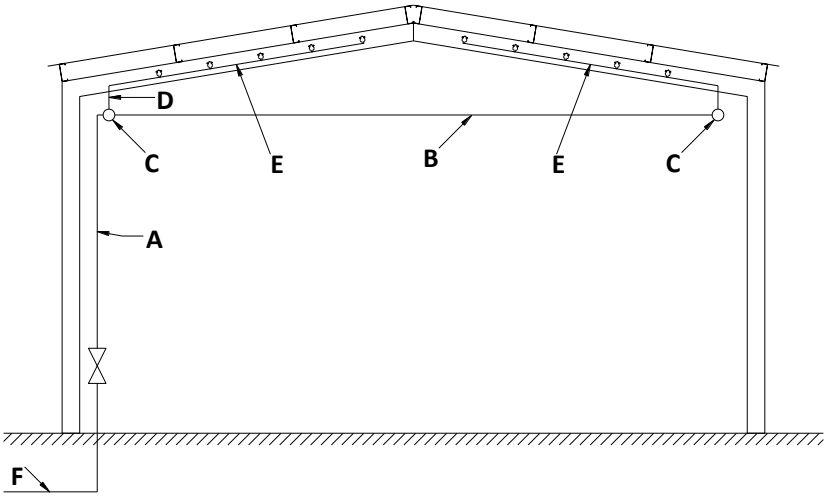


FIGURA 4.7.- ESQUEMA DE SISTEMA ROCIADORES

Elementos de un Sistema de Rociadores Automáticos

En un sistema de rociadores, como se ve en la figura 4.7, se distinguen las siguientes partes:

Ramales (E)

Son tuberías en los cuales se colocan los rociadores ya sean directamente o a través de niples ascendentes o descendentes.

Tuberías principales transversales (C)

Son tuberías que alimentan a los ramales, ya sea directamente o a través de tuberías ascendentes o montantes.

Tuberías Principales de Alimentación (B)

Son tuberías que alimentan a las tuberías principales transversales, directamente o a través de tuberías de alimentación verticales.

Acople Flexible para Tuberías (D)

Acople o accesorio listado, que permite el desplazamiento axial, rotación y minimo 1° de rotación angular de la tubería sin daño.

Tubería Vertical de Alimentación (A)

Las tuberías verticales de alimentación de un sistema de rociadores.

Montante

Una línea que sube verticalmente y alimenta a un único rociador.

Dispositivos de supervisión

Dispositivos dispuestos para supervisar la condición operativa del sistema de rociadores.

Tallo del Sistema (F)

La tubería vertical u horizontal ubicada sobre la superficie, entre el suministro de agua y las tuberías principales (transversales o de alimentación), que contiene una válvula de control (conectada ya

sea directamente sobre la misma tubería o en su tubería de alimentación) y un dispositivo sensor de flujo de agua.

Selección de Rociadores

Como se vio anteriormente que el método para extinguir el fuego es el agua pulverizada, entonces se va a utilizar rociadores pulverizadores de cobertura extendida, tipo montante, ya que estos son usados para controlar incendios de gran intensidad en bodegas de almacenamiento en pallets o estantes.

Áreas y Distancias entre Rociadores

Los rociadores deben cumplir las siguientes condiciones:

La tabla 22 tomada de la NFPA13 tabla 16, indica lo siguiente:

Para instalaciones de riesgo extra y gran almacenamiento, el área máxima de protección de un rociador será 144 ft^2 o 196 ft^2 y el espaciamiento máximo será 12 ft o 14ft.

Según NFPA 13 4-8.2.2

El área máxima de cobertura de un rociador debe ser 37,10m^2.

Según NFPA13 4-8.3.2,

La distancia máxima de los rociadores a la pared, no debe ser mayor a la mitad de la distancia máxima entre rociadores.

Según NFPA13 4-8.3.3

La distancia mínima de rociadores a la pared, será de 102mm.

Según NFPA13 4-8.3.4

La separación mínima, entre rociadores no debe ser menor a 8 ft.

Según NFPA13 4-8.4.1

La distancia entre el cielo raso y el deflector del rociador, no debe ser menos de 1" y ni mayor a 12".

Según NFPA13 4-8.4.1.3

Los rociadores ubicados debajo del techo, deben estar a una distancia vertical no mayor a 3ft.

Según NFPA13 4-8.6

El espacio libre entre el deflector y la parte superior del almacenamiento debe ser mayor de 18".

Aplicando todas las consideraciones anteriores, para el área A_1 los rociadores van a tener una separación S= 2795mm. L=3680mm. y en el área A_2 van a estar separados S=2370mm. y L=3680mm.

El área máxima a proteger de un rociador se halla usando la ecuación 4.1.

$A = S * L$ Ec. (4.1)

$A1 = S * (L) = 2.795 * (3.68) = 10{,}286 m^2 = 110.72 ft^2$.

$A2 = S * (L) = 2.37 * (3.68) = 8{,}72 m^2 = 93{,}86 ft^2$.

Estas valores son menores que los detallados en la tabla 12.

TABLA 12

ÁREA COBERTURA Y SEPARACIÓN DE ROCIADORES

PULVERIZADORES

Tipo	Riesgo ligero		Riesgo ordinario		Riesgo extra		Almacenamiento	
Construcción	Área	Distancia	Área	Distancia	Área	Distancia	Área	Distancia
	ft^2	ft	ft^2	ft	ft^2	ft	ft^2	ft
Sin obstrucción			400	20				
			324	18				
	400	20	256	16				
	324	18	196	14	196	14	196	14
	256	16	144	12	144	12	144	12
Con obstrucción			400	20				
no combustible			324	18				
	400	20	256	16				
	324	18	196	14	196	14	196	14
	256	16	144	12	144	12	144	12

Se asume que la temperatura máxima en el interior del galpón, específicamente en el techo, estará alrededor de los 50°C.

De la tabla 7 tomada de la NFPA13 tabla 10.

Los rociadores seleccionados serán los que tengan un rango de temperatura de 79 - 107°C, tendrán una clasificación de

temperatura intermedia, el código de color será blanco y el color de la ampolla de vidrio será amarillo o verde, tal como la figura 4.8.

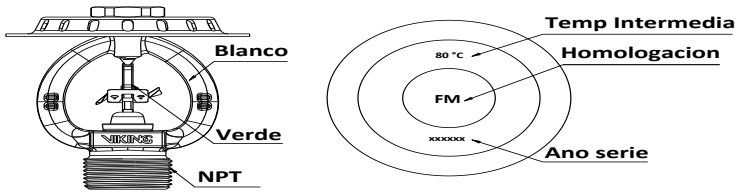


FIGURA 4.8.- CARACTERÍSTICAS DEL ROCIADOR SELECCIONADO.

Rociadores en Estanterías

Según NFPA 13 4-12

El área máxima protegida por un sistema de rociadores en estanterías, será de 40.000ft2 de la superficie de piso ocupada por las estanterías, incluyendo pasillos, sin tener en cuenta el número de niveles de los rociadores en estanterías.

Cuando existan rociadores instalados en estanterías debe instalarse válvulas de control y drenajes independientes para los rociadores del cielorraso y los rociadores en estanterías.

Los rociadores en estanterías deben ser rociadores de temperatura normal, de ½" (12.7mm.) o 17/32 (13.5mm.).

Debe mantenerse un espacio mínimo libre vertical de 6” entre el deflector del rociador y el nivel más alto de almacenamiento.

El espaciamiento máximo entre rociadores debe ser de 10ft.

El primer nivel de rociadores en estanterías debe ubicarse a una altura igual o mayor que la mitad de la altura del almacenamiento.

Según NFPA 13 5-4.1

La presión mínima de operación será de15 psi.

Cuando se instale un nivel intermedio de rociadores en estanterías, la demanda de agua debe basarse en la operación simultánea de los 4 rociadores adyacentes de mayor demanda hidráulica.

Para los cálculos hidráulicos se debe tener en cuenta el suministro de agua para sistemas de rociadores y para las mangueras.

Para obtener la cantidad de agua necesaria para los rociadores se acude a la norma NFPA13 5-3.5.4, que dice, que el área mínima de diseño debe ser 89m2.

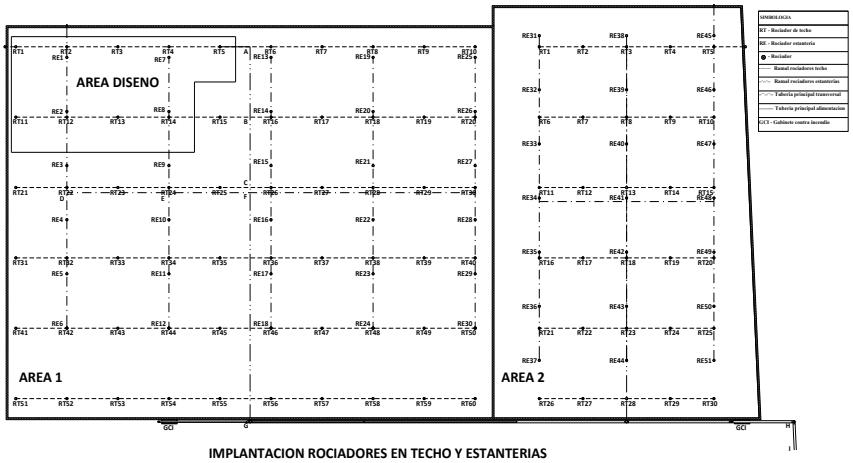


FIGURA 4.9.- UBICACIÓN DEL ÁREA DE DISEÑO.

$A_{diseño} = 89m^2 = 958ft^2$.

$A_{cobertura\ c/rociador} = S * L = (2,795) * (3,68) = 10,29m^2$.

$No._{rociadores} = 89 / 10,29 = 8,65 = 9$ rociadores.

Para hallas la cantidad de rociadores a usar en cada ramal, usamos la ecuación 4.2

$No._{rociadores\ c/línea} = 1,2 * \sqrt{A} / S$ Ec. (4.2)

$No._{rociadores\ c/línea} = 1,2 * \sqrt{A} / S = 1,2 * (\sqrt{89}) / 2,795 = 4,05 = 5$

El área de diseño a considerar será el área de 9 rociadores con la mayor demanda hidráulica, considerando a 2 ramales de 5 y 4 rociadores respectivamente, y además 4 rociadores de estanterías, tal como se muestra en la figura 4.9, la cual está más ampliada en el plano 5.

De la Figura 4.10, que son las curvas de área / densidad, tomada de la NFPA13 figura 5.2.3, se observa que para el riesgo extra 1, el valor de la mínima área es 2500ft^2 (232m^2) se toma el valor correspondiente a dicha área, es decir 12.2 lt/min/m^2 (0.30gpm/ft^2).

$Q_{rociador}$ = Densidad * $A_{cobertura}$ =

.$Q_{rociador}$ = (12,2 lt/min/m^2) * (10.29m^2) = 125.538 lt/min = 33,12gpm.

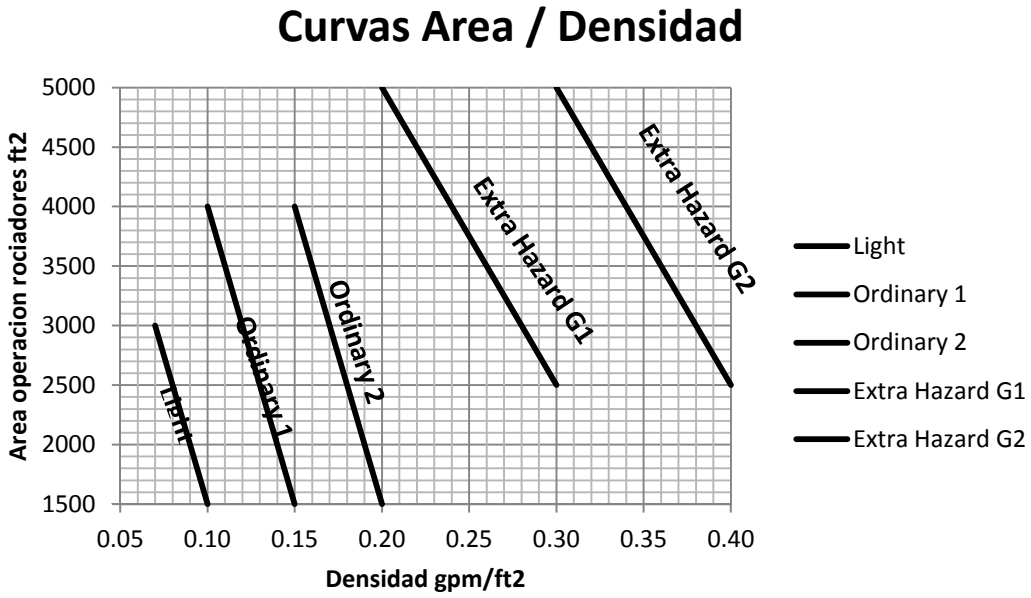


FIGURA 4.10.- CURVAS ÁREA / DENSIDAD

De la Tabla 13, tomada del catálogo del fabricante VIKING, se ve que el rociador tendrá, un diámetro orificio ½" (13mm.), un factor descarga k=80.6, rosca NPT ½", un caudal de descarga Q =125,56 lt/min, una presión de salida P= 2,47 kg/cm^2 y un ángulo θ=120°.

Para hallar el caudal necesario en el área de diseño, se multiplica el caudal de cada rociador por los 9 rociadores que existen en el área.

$Q_{Total} = Q_{rociador} * (\#\ rociadores) = (33,13) * (9) = 298,17\ gpm = 1130,06\ lt/min.$

TABLA 13

VALORES DE DESCARGA DE ROCIADOR CON DIÁMETRO ORIFICIO ½" (15mm.) K=5.6 (80 MÉTRICO)

PRESION		CAUDAL		PRESION		CAUDAL	
Psi	Kg/cm^2	Gpm	Lt/min	Psi	Kg/cm^2	Gpm	Lt/min
1	0.07	5.60	21.22	26	1.83	28.55	108.22
2	0.14	7.92	30.02	27	1.90	29.10	110.28
3	0.21	9.70	36.76	28	1.97	29.63	112.31
4	0.28	11.20	42.45	29	2.04	30.16	114.29
5	0.35	12.52	47.46	30	2.12	30.67	116.25
6	0.42	13.72	51.99	31	2.19	31.18	118.17
7	0.49	14.82	56.15	32	2.26	31.68	120.06
8	0.56	15.84	60.03	33	2.33	32.17	121.92
9	0.63	16.80	63.67	34	2.40	32.65	123.76
10	0.71	17.71	67.12	35	2.47	33.13	125.56
11	0.78	18.57	70.39	36	2.54	33.60	127.34
12	0.85	19.40	73.52	37	2.61	34.06	129.10
13	0.92	20.19	76.52	38	2.68	34.52	130.83
14	0.99	20.95	79.41	39	2.75	34.97	132.54
15	1.06	21.69	82.20	40	2.82	35.42	134.23
16	1.13	22.40	84.90	41	2.89	35.86	135.90
17	1.20	23.09	87.51	42	2.96	36.29	137.55
18	1.27	23.76	90.05	43	3.03	36.72	139.18
19	1.34	24.41	92.51	44	3.10	37.15	140.78
20	1.41	25.04	94.92	45	3.17	37.57	142.37
21	1.48	25.66	97.26	46	3.24	37.98	143.95
22	1.55	26.27	99.55	47	3.31	38.39	145.50
23	1.62	26.86	101.79	48	3.38	38.80	147.04
24	1.69	27.43	103.98	49	3.45	39.20	148.57
25	1.76	28.00	106.12	50	3.53	39.60	150.08

CAJETINES MANGUERAS

Se instalará 2 gabinetes de clase III, como se ve en la figura 4.11.

El cual consta de una manguera de lino 1 ½" de diámetro y de longitud 30 m. y tiene conexiones por medio de una válvula de ángulo de 1½" para presión de 250psi., para uso de la brigada contra incendios de la empresa y otra conexión de 2½" para uso exclusivo del cuerpo de bomberos,

Además contarán con un extintor de 10lbs de polvo químico seco ABC, un hacha de tipo bombero, de 2 ¾ libras de peso y mango de 36" de longitud, una llave tensora spanner para conexión de 1½".

FIGURA 4.11.- CAJETÍN DE MANGUERAS CLASE III.

Los gabinetes estarán ubicados en la fachada frontal de la bodega, con una separación de 30m. y a una altura máxima de 1.50m. desde el piso hasta la válvula angular de diámetro 1½".

TABLA 14
DEMANDA DE MANGUERAS Y DURACIÓN

SUMINISTRO AGUA.

Clasificación Ocupación	Mangueras interiores	Total combinado de mangueras int y ext	Tiempo Duración
	gpm	gpm	min
Riesgo Leve	0 - 50 - 100	100	30
Riesgo Ordinario	0 - 50 - 100	250	60 - 90
Riesgo Extra	0 - 50 - 100	500	90 - 120

De la Tabla 14, tomada de la NFPA13 Tabla 5.2.3, para una ocupación con riesgo extra se necesitará un caudal de 500gpm. para mangueras interiores y exteriores y la duración debe de estar entre 90 y 120 minutos. Como solo se necesitan colocar 2 cajetines para cubrir el área total de almacenamiento, entonces se considerará el mayor flujo de la tabla es decir 100gpm. por cada cajetín.

La presión de mínima y máxima será de 2 bar y 5 bar, en el cajetín.

Entonces el flujo a la entrada de la tubería de alimentación será:

Q = 398gpm + 200gpm = 598gpm = 2.266,42 lt/min.

Conexión a Siamesa

En un lugar claramente visible, en la fachada principal de la planta, se instalará una toma Siamesa para uso exclusivo del cuerpo de Bomberos, tal como se ve en la figura 4.12, que permitirá alimentar los cajetines contra incendios de la planta a partir del carro con Bombas del Cuerpo de Bomberos.

Tendrá dos entradas, construidas en bronce de 2 ½" x 2 ½" x4" de cuerpo recto con sus tapas, tapones y cadenas correspondientes, salida inferior interna en ángulo de 90° para conexión a la línea de agua de 4", placa exterior integrada al cuerpo de la pieza.

Adicional se debe colocar una válvula de control y una válvula de retención.

FIGURA 4.12.- CONEXIÓN SIAMESA TÍPICA.

Tuberías

Generalmente en la red de tuberías se admiten materiales como la fundición dúctil y el acero protegido contra la corrosión exterior e interior como el que proporciona el acero galvanizado pero debido a que este incrementa el costo del sistema, mejor se utilizará la tubería de acero normal sin costura, comercialmente conocida como ASTM A53 cedula 40, debido a su alta resistencia mecánica, ya que tienen una presión de ruptura de 3000psi y en los sistemas contra incendios se manejan presiones alrededor de los 100psi, de esta forma se asegura un factor de seguridad muy alto.

Las tuberías serán sometidas a una prueba de hidrostático a 250 psi de presión, por 4 horas mínimo, donde no debe existir indicio de filtración.

Además todas las tuberías, después de ser probadas serán pintadas a brocha o soplete con doble capa de pintura anticorrosiva y luego se aplicará una capa de pintura esmalte brillante rojo, para fines de identificación. Igualmente se pintarán todos los soportes y accesorios.

En la NFPA 24, se encuentra la siguiente tabla que relaciona el flujo requerido con la tubería que soporta ese flujo.

TABLA 15

FLUJO REQUERIDO EN LAS TUBERÍA PARA UNA V=3 M/S.

Tubería (pulg)	Flujo (gpm)	Flujo (lt/min)
4	390	1476
6	880	3331
8	1560	5905
10	2440	9285
12	3520	13323

De la Tabla 15 se ve que la tubería de 6 y 4 pulgadas respectivamente sirve para soportar los 661gpm. que alimentan al sistema completo y los 461 gpm. que abastecen únicamente al sistema de rociadores.

Accesorios de tuberías.

En las tuberías de diámetro hasta 2” se usarán accesorios roscados de acero reforzado y en diámetros mayores de 2” se usarán accesorios de acero con sistema de unión Vitaulic, como se ve en la figura 4.13, empaquetadura grado E, para una presión de 175 psi.

Para accesorios roscados para cambios de diámetros se usarán uniones de copa. Se permitirá el uso de bushings en sitios en que el espacio no permite usar reducciones de copa.

Las roscas en los tubos serán cónicas y de longitud exacta.

FIGURA 4.13.- UNIÓN VITAULIC.

Soportes de Tuberías

Para tuberías horizontales aéreas se usarán soportes metálicos de 1”x1/8” sujetas con varillas de ½” empernadas a la estructura, con una separación máxima de 2 m., como se ve en la figura 4.14.

Las tuberías verticales deben fijarse en la estructura del galpón cada 2,5 m. por medio de abrazaderas metálicos tipo U con diámetro d=1/4”, aseguradas a un ángulo metálico de 2”x1/4”.

FIGURA 4.14.- SOPORTE TUBERÍA TIPO CLEVIS

Según NFPA 13 2-6, los soportes serán diseñados para una carga de 5 veces el peso del tubo lleno de agua más 250 lb en cada apoyo. En las tablas 16, 17, 18, se muestran especificaciones adicionales para los soportes de las tuberías.

TABLA 16

DISTANCIA MÁXIMA ENTRE SOPORTES.

Diámetro nom tubería	Máxima distancia entre soportes (ft)									
pulg	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	6"	8"
Tubo acero	N/A	12	12	15	15	15	15	15	15	15
Tubo acero roscado	N/A	12	12	12	12	12	12	N/A	N/A	N/A
Tubería Cobre	8	8	8	12	12	12	15	15	15	15

TABLA 17

DIÁMETRO DE VARILLAS DE LOS SOPORTES.

Diámetro tubería	Diámetro de varillas de soportes	
pulg	pulg	mm
≤ 4"	3/8	9.5
5" - 6" - 8"	1/2	12.7
10" - 12"	5/8	15.9

TABLA 18

DIÁMETRO DE VARILLAS DE LOS SOPORTES TIPO U.

Diámetro tubería	Diámetro de arillas de gancho	
pulg	pulg	mm
hasta 2"	5/16	7.9
2 1/2" - 6"	3/8	9.5
8"	1/2	12.7

Según NFPA 13 4-14.2.1.2, cuando se instalen tuberías para rociadores en estanterías para almacenamiento, las tuberías deben soportarse de la estructura de la estantería de almacenamiento.

Perdidas por Fricción en Tuberías

En este parte se tratará la pérdida de energía que sufre un fluido, en su trayectoria dentro de una tubería debido a la fricción de este con las paredes de la misma, la pérdida de energía de un fluido dentro de una tubería se expresa como pérdida de presión en el mismo.

Según NFPA13 6-4.2.1

Las pérdidas se calculan con la fórmula de Hazen-Williams.

$$\Delta P = \frac{605000 * Q^{1.85}}{C^{1.85} d^{4.87}} \quad \text{Ec. (4.3)}$$

P = resistencia por fricción (kg/cm^2 / $m_{tubería}$).

Q= flujo (lt/min)

d=diámetro interior real tubería (mm).

C= coeficiente de perdida por fricción = 120 (tubería ced 40).

La velocidad de un fluido dentro de una tubería debe ser mayor a 0,6m/s para evitar la sedimentación y menor a 3m/s para evitar ruidos en la tubería.

Para calcular la pérdida de presión total debido a la fricción se aplica la fórmula anterior en todos los tramos del circuito y se usará la tabla 19, que fue tomada de la NFPA 13 tabla 6-43.1.

TABLA 19

LONGITUDES EQUIVALENTES DE TUBERÍA ACERO CED 40

Accesorios y Valvulas	Accesorios y Valvulas en pies equiv de tuberia												
	1/2"	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	6"	8"	3/4"	5"	10"	12"
Codo a 45°		1	2	2	3	3	4	7	9	1	5	11	13
Codo standard a 90°	1	2	4	5	6	7	10	14	18	2	12	22	27
Codo largo a 90°	0.5	2	2	3	4	5	6	9	13	1	8	16	18
Te o cruz (giro flujo de 90°)	3	5	8	10	12	15	20	30	35	4	25	50	60
Valvula mariposa				6	7	10	12	10	12		9	19	21
Valvula cortina				1	1	1	2	3	4		2	5	6
Valvula retencion tipo charnela		5	9	11	14	16	22	32	45		27	55	65

$Q_{rociador}$ = Densidad * Area $_{cobertura}$ Ec. (4.4)

$P_{rociador} = Q / k^2$ Ec. (4.5)

Tramo RT_1 - RT_2

$d_{interior}$ = 40,94 mm

L = 2,8 m

Q_{roc} = Densid * A_{cober} = (12,2 lt/min/m^2) * (10.29m^2) = 125,48 lt/min

$P_{rociador} = (Q / k)^2 = (125,49 / 80.6)^2 = 2,424$ kg/cm^2.

$$\Delta P = \frac{605.000\ (125,48)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (40,94)^{4.87}} = 0,0093 \text{ kg/cm}^2\text{/m}$$

Codo 90° → L_{eq} = 1 * (1,2) = 1,2 m

$L = L_{tubería} + L_{eq} = 2,80 + 1,2 = 4$ m

$P = \Delta P * L = (0,0093) * (4) = 0,0372$ kg/cm^2.

Tramo $RT_2 – RT_3$

$d_{interior} = 40,94$ mm

$L = 2,8$ m

$P_{rociador} = 2,424 + 0,0372 = 2,4612$ kg/cm^2.

$Q_{rociador} = k * \sqrt{P} = (80,6) * (\sqrt{2,46}) = 126,44$ lt/min.

$Q_{total} = 125,48 + 126,44 = 251,92$ lt/min

$$\Delta P = \frac{605.000\ (251,92)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (40,94)^{4.87}} = 0,0336 \text{ kg/cm}^2\text{/m}$$

Te $\rightarrow L_{eq} = 1 * (0,45) = 0,45$ m

$L = L_{tubería} + L_{eq} = 2,80 + 0,45 = 3,25$ m

$P = \Delta P * L = (0,0336) * (3,25) = 0,1092$ kg/cm^2

Tramo $RT_3 – RT_4$

$d_{interior} = 40,94$ mm

$L = 2,8$ m

$P_{rociador} = 2,4612 + 0,1092 = 2,5704$ kg/cm^2.

$Q_{rociador} = k * \sqrt{P} = (80,6) * (\sqrt{2,5704}) = 129,21$ lt/min.

Q_{total} = 251,92 + 129,21 = 381,14 lt/min

$$\Delta P = \frac{605.000\ (381,14)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (40,94)^{4.87}} = 0,0723\ kg/cm^2/m$$

Te → L_{eq} = 1 * (0,45) = 0,45 m

Reducción → L_{eq} = 1 * (0,5) = 0,5 m

L = $L_{tubería}$ + L_{eq} = 2,80 + 0,95 = 3,75 m

P = ΔP * L = (0,0723) * (3,75) = 0,2711 kg/cm^2

Tramo RT_4 – RT_5

$d_{interior}$ = 52,48 mm

L = 2,8 m

$P_{rociador}$ = 2,5704 + 0,2711 = 2,8415 kg/cm^2.

$Q_{rociador}$ = k * √P = (80,6) * (√2,8415) =135,86 lt/min.

Q_{total} = 381,14 + 135,86 = 517 lt/min

$$\Delta P = \frac{605.000\ (517)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (52,48)^{4.87}} = 0,0379\ kg/cm^2/m$$

Te → L_{eq} = 1 * (0,6) = 0,6 m

L = $L_{tubería}$ + L_{eq} = 2,80 + 0,6 = 3,4 m

P = ΔP * L = (0,0379) * (3,4) = 0,1289 kg/cm^2

Tramo RT_5 – A

$d_{interior}$ = 52,48 mm

L = 1,4 m

$P_{rociador}$ = 2,8415 + 0,1289 = 2,9704 kg/cm^2.

$Q_{rociador}$ = k * √P = (80,6) * (√2,9704) =138,91 lt/min.

Q_{total} = 517 + 138,91 = 655,91 lt/min

$$\Delta P = \frac{605.000\ (655,91)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (52,48)^{4.87}} = 0,0589 \text{ kg/cm}^2\text{/m}$$

Te → L_{eq} = 1 * (0,6) = 0,6 m

L = $L_{tubería}$ + L_{eq} = 1,4 + 0,6 = 2 m

P = ΔP * L = (0,0589) * (2) = 0,1178 kg/cm^2

Tramo A – A_1

$d_{interior}$ = 52,48 mm

L = 1 m

$P_{rociador}$ = 2,9704 + 0,1178 = 3,0882 kg/cm^2.

Q_{total} = 655,91 lt/min

$$\Delta P = \frac{605.000\ (655,91)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (52,48)^{4.87}} = 0,0589 \text{ kg/cm}^2\text{/m}$$

Codo → L_{eq} = 1 * (1,5) = 1,5 m

Reducción → L_{eq} = 1 * (0,61) = 0,61 m

L = $L_{tubería}$ + L_{eq} = 1 + 2,11 = 3,11 m

P = ΔP * L = (0,0589) * (3,11) = 0,1832 kg/cm^2

Tramo A_1 – B_1

$d_{interior}$ = 77,92 mm

L = 3,68 m

$P_{rociador}$ = 3,0882 + 0,1832 = 3,2714 kg/cm^2.

Q_{total} = 655,91 lt/min

$$\Delta P = \frac{605.000\ (655{,}91)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (77{,}92)^{4.87}} = 0{,}0086 \text{ kg/cm}^2\text{/m}$$

Codo → L_{eq} = 1 * (2,1) = 2,1 m

L = $L_{tubería}$ + L_{eq} = 3,68 + 2,1 = 5,78 m

P = ΔP * L = (0,0086) * (5,78) = 0,0497 kg/cm^2

Tramo RT_{11} – RT_{12}

$d_{interior}$ = 40,94 mm

L = 2,8 m

Q_{rociad} = Densid * A_{cobert} = (12,2 lt/min/m^2) * (10.29m^2) = 125,48 lt/min

$P_{rociador}$ = (Q / k)^2 = (125,49 / 80.6)^2 = 2,424 kg/cm^2.

$$\Delta P = \frac{605.000\ (125{,}48)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (40{,}94)^{4.87}} = 0{,}0093 \text{ kg/cm}^2\text{/m}$$

Codo 90° → L_{eq} = 1 * (1,2) = 1,2 m

L = $L_{tubería}$ + L_{eq} = 2,80 + 1,2 = 4 m

P = ΔP * L = (0,0093) * (4) = 0,0372 kg/cm^2.

Tramo RT_{12} – RT_{13}

$d_{interior}$ = 40,94 mm

L = 2,8 m

$P_{rociador}$ = 2,424 + 0,0372 = 2,4612 kg/cm^2.

$Q_{rociador}$ = k * √P = (80,6) * (√2,46) =126,44 lt/min.

Q_{total} = 125,48 + 126,44 = 251,92 lt/min

$$\Delta P = \frac{605.000\ (251{,}92)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (40{,}94)^{4.87}} = 0{,}0336 \text{ kg/cm}^2\text{/m}$$

Te → L_{eq} = 1 * (0,45) = 0,45 m

L = $L_{tubería}$ + L_{eq} = 2,80 + 0,45 = 3,25 m

$P = \Delta P * L = (0,0336) * (3,25) = 0,1092 \text{ kg/cm}^2$

Tramo $RT_{13} – RT_{14}$

$d_{interior} = 40,94 \text{ mm}$

$L = 2,8 \text{ m}$

$P_{rociador} = 2,4612 + 0,1092 = 2,5704 \text{ kg/cm}^2.$

$Q_{rociador} = k * \sqrt{P} = (80,6) * (\sqrt{2,5704}) = 129,21 \text{ lt/min.}$

$Q_{total} = 251,92 + 129,21 = 381,14 \text{ lt/min}$

$$\Delta P = \frac{605.000\ (381,14)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (40,94)^{4.87}} = 0,0723 \text{ kg/cm}^2\text{/m}$$

Te → $L_{eq} = 1 * (0,45) = 0,45 \text{ m}$

Reducción → $L_{eq} = 1 * (0,5) = 0,5 \text{ m}$

$L = L_{\text{tubería}} + L_{eq} = 2,80 + 0,95 = 3,75 \text{ m}$

$P = \Delta P * L = (0,0723) * (3,75) = 0,2711 \text{ kg/cm}^2$

Tramo $RT_{14} – B$

$d_{interior} = 52,48 \text{ mm}$

$L = 4,2 \text{ m}$

$P_{rociador} = 2,5704 + 0,2711 = 2,8415 \text{ kg/cm}^2.$

$Q_{rociador} = k * \sqrt{P} = (80,6) * (\sqrt{2,8415}) = 135,86$ lt/min.

$Q_{total} = 381,14 + 135,86 = 517$ lt/min

$$\Delta P = \frac{605.000\ (517)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (52,48)^{4.87}} = 0,0379 \text{ kg/cm}^2\text{/m}$$

Te → $L_{eq} = 1 * (0,6) = 0,6$ m

$L = L_{tubería} + L_{eq} = 4,20 + 0,6 = 4,8$ m

$P = \Delta P * L = (0,0379) * (4,8) = 0,1819$ kg/cm^2

Tramo B – B_1

$d_{interior} = 52,48$ mm

$L = 1$ m

$P_{rociador} = 2,8415 + 0,1819 = 3,0234$ kg/cm^2.

$Q_{total} = 517$ lt/min

$$\Delta P = \frac{605.000\ (517)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (52,48)^{4.87}} = 0,0379 \text{ kg/cm}^2\text{/m}$$

Codo → $L_{eq} = 1 * (1,5) = 1,5$ m

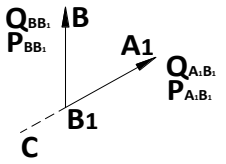
Reducción → $L_{eq} = 1 * (0,61) = 0,61$ m

$L = L_{tubería} + L_{eq} = 1 + 2,11 = 3,11$ m

$P = \Delta P * L = (0,0379) * (3,11) = 0,1179$ kg/cm^2

Balance en punto H

Se usará la fórmula $Q_2 = Q_1 * (\sqrt{P_2} / P_{1)}$



$Q = Q_{BB1} * (\sqrt{P_{A1B1}} / P_{BB1}) = 517 * (\sqrt{3,321} / 3,141) = 531,57$

$Q = Q_{A1B1} * (\sqrt{P_{BB1}} / P_{A1B1}) = 655,91 * (\sqrt{3,141} / 3,321) = 637,92$

$Q_R = 517 + 637,92 = 1.154,92$

$Q_R = 655,91 + 531,57 = 1.187,48$

$Q_{B1C} = 1.187,48$ Lt/min.

$P_{B1C} = 3,321$ Kg/cm^2.

TRAMO B_1 – C

$d_{interior} = 77,92$ mm

L = 3,95 m

$P_{rociador} = 3,321$ kg/cm^2.

Q_{total} = 1.187,48 lt/min

$$\Delta P = \frac{605.000\ (1.187,48)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (77,92)^{4.87}} = 0,0258\ kg/cm^2/m$$

Te → L_{eq} = 1 * (0,9) = 0,9 m

L = $L_{tubería}$ + L_{eq} = 3,95 + 0,9 = 4,85 m

P = ΔP * L = (0,0258) * (4,85) = 0,1251 kg/cm^2

Tramo RE_1 - RE_2

$d_{interior}$ = 40,94 mm

L = 2,83 m

Q_{roc} = Densid * A_{cober} = (12,2 lt/min/m^2) * (10.29m^2) = 125,48 lt/min

$P_{rociador}$ = $(Q / k)^2$ = $(125,48 / 80.6)^2$ = 2,424 kg/cm^2.

$$\Delta P = \frac{605.000\ (125,48)^{1,85}}{(120)^{1,85}\ (40,94)^{4,87}} = 0,0093\ kg/cm^2/m$$

Codo 90° → L_{eq} = 1 * (1,2) = 1,2 m

L = $L_{tubería}$ + L_{eq} = 2,83 + 1,2 = 4,03 m

P = ΔP * L = (0,0093) * (4,03) = 0,0375 kg/cm^2.

Tramo RE_2 – D

$d_{interior}$ = 40,94 mm

L = 4,25 m

$P_{rociador}$ = 2,424 + 0,0375 = 2,4615 kg/cm^2.

$Q_{rociador}$ = k * √P = (80,6) * (√2,46) =126,44 lt/min.

Q_{total} = 125,48 + 126,44 = 251,92 lt/min

$$\Delta P = \frac{605.000\ (251,92)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (40,94)^{4.87}} = 0,0336 \text{ kg/cm}^2\text{/m}$$

Te → L_{eq} = 1 * (0,45) = 0,45 m

Reducción → L_{eq} = 1 * (0,5) = 0,5 m

L = $L_{\text{tubería}}$ + L_{eq} = 4,25 + 0,95 = 5,2 m

P = ΔP * L = (0,0336) * (5,2) = 0,1747 kg/cm^2

Tramo D - D_1

$d_{interior}$ = 52,48 mm

L = 3,19 m

$P_{rociador}$ = 2,4615 + 0,1747 = 2,6362 kg/cm^2.

Q_{total} = 251,92 lt/min

$$\Delta P = \frac{605.000\ (251,92)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (52,48)^{4.87}} = 0,01003 \text{ kg/cm}^2\text{/m}$$

Codo → L_{eq} = 1 * (1,5) = 1,5 m

Reduccion → L_{eq} = 1 * (0,61) = 0,61 m

L = $L_{tubería}$ + L_{eq} = 3,19 + 2,11 = 5,3 m

P = ΔP * L = (0,01003) * (5,2) = 0,0522 kg/cm^2

Tramo D_1 – E_1

$d_{interior}$ = 77,92 mm

L = 5,54 m

$P_{rociador}$ = 2,6362 + 0,0522 = 2,6884 kg/cm^2.

Q_{total} = 251,92 lt/min

$$\Delta P = \frac{605.000\ (251,92)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (77,92)^{4.87}} = 0,0015 \text{ kg/cm}^2\text{/m}$$

Codo → L_{eq} = 1 * (2,1) = 2,1 m

L = $L_{tubería}$ + L_{eq} = 5,54 + 2,1 = 7,64 m

P = ΔP * L = (0,0015) * (7,64) = 0,0115 kg/cm^2

Tramo RE_7 – RE_8

$d_{interior}$ = 40,94 mm

L = 2,83 m

Q_{rociad} = Densid * A_{cober} = (12,2 lt/min/m^2) * (10.29m^2) = 125,48 lt/min

$P_{rociador} = (Q / k)^2 = (125,48 / 80.6)^2 = 2,424$ kg/cm^2.

$$\Delta P = \frac{605.000\ (125,48)^{1,85}}{(120)^{1,85}\ (40,94)^{4,87}} = 0,0093 \text{ kg/cm}^2\text{/m}$$

Codo 90° → L_{eq} = 1 * (1,2) = 1,2 m

$L = L_{tubería} + L_{eq} = 2,83 + 1,2 = 4,03$ m

$P = \Delta P * L = (0,0093) * (4,03) = 0,0375$ kg/cm^2.

Tramo RE_8 – E

$d_{interior}$ = 40,94 mm

L = 4,25 m

$P_{rociador} = 2,424 + 0,0375 = 2,4615$ kg/cm^2.

$Q_{rociador} = k * \sqrt{P} = (80,6) * (\sqrt{2,46}) = 126,44$ lt/min.

$Q_{total} = 125,48 + 126,44 = 251,92$ lt/min

$$\Delta P = \frac{605.000\ (251,92)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (40,94)^{4.87}} = 0,0336 \text{ kg/cm}^2\text{/m}$$

Te → L_{eq} = 1 * (0,45) = 0,45 m

Reducción → L_{eq} = 1 * (0,5) = 0,5 m

$L = L_{\text{tubería}} + L_{eq} = 4,25 + 0,95 = 5,2$ m

$P = \Delta P * L = (0,0336) * (5,2) = 0,1747$ kg/cm^2

Tramo E - E_1

$d_{interior} = 52,48$ mm

$L = 3,19$ m

$P_{rociador} = 2,4615 + 0,1747 = 2,6362$ kg/cm^2.

$Q_{total} = 251,92$ lt/min

$$\Delta P = \frac{605.000\ (251,92)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (52,48)^{4.87}} = 0,01003 \text{ kg/cm}^2\text{/m}$$

Codo → $L_{eq} = 1 * (1,5) = 1,5$ m

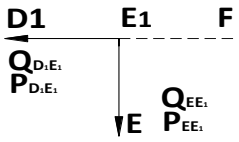
Reducción → $L_{eq} = 1 * (0,61) = 0,61$ m

$L = L_{\text{tubería}} + L_{eq} = 3,19 + 2,11 = 5,3$ m

$P = \Delta P * L = (0,01003) * (5,2) = 0,0522$ kg/cm^2

Balance en punto E_1

Se vuelve a usar la ecuación 4.6



$Q = Q_{D1E1} * (\sqrt{P_{EE1}} / P_{D1E1}) = 251,92 * (\sqrt{2,7} / 2,689) = 252,45$

$Q = Q_{EE1} * (\sqrt{P_{D1E1}} / P_{EE1}) = 251,92 * (\sqrt{2,689} / 2,7) = 251,40$

$Q_R = 251,92 + 251,40 = 503,32$

$Q_R = 251,92 + 252,45 = 504,37$

$Q_{E1F} = 504,37$ Lt/min.

$P_{E1F} = 2,7$ Kg/cm^2.

TRAMO E_1 - F

$d_{interior} = 77,92$ mm

L = 5,54 m

$P_{rociador} = 2,7$ kg/cm^2.

$Q_{total} = 504,37$ lt/min

$$\Delta P = \frac{605.000\ (504,37)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (77,92)^{4.87}} = 0,0053 \text{ kg/cm}^2\text{/m}$$

Te → L_{eq} = 1 * (0,9) = 0,9 m

L = $L_{tubería}$ + L_{eq} = 5,54 + 0,9 = 6,44 m

P = ΔP * L = (0,0053) * (6,44) = 0,0341 kg/cm^2

TRAMO F - C

$d_{interior}$ = 77,92 mm

L = 0,6 m

$P_{rociador}$ = 2,7 + 0,0341 = 2,7341 kg/cm^2.

Q_{total} = 504,37 lt/min

$$\Delta P = \frac{605.000\ (504,37)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (77,92)^{4.87}} = 0,0053 \text{ kg/cm}^2\text{/m}$$

Codo → L_{eq} = 1 * (2,1) = 2,1 m

Válvula alarma → L_{eq} = 1 * (4) = 4 m

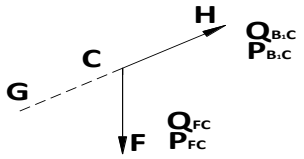
Válvula compuerta → L_{eq} = 1 * (0,3) = 0,3 m

L = $L_{tubería}$ + L_{eq} = 0,6 + 6,4 = 7 m

P = ΔP * L = (0,0053) * (7) = 0,0371 kg/cm^2

Balance en punto C

Se vuelve a usar la ecuación 4.6



$Q = Q_{B1C} * (\sqrt{P_{FC}} / P_{B1C}) = 1.187,48 * (\sqrt{2,771} / 3,446) = 1.064,95$

$Q = Q_{FC} * (\sqrt{P_{B1C}} / P_{FC}) = 504,37 * (\sqrt{3,446} / 2,771) = 562,40$

$Q_R = 1.187,48 + 562,40 = 1.749,88$

$Q_R = 504,37 + 1.064,95 = 1.569,32$

$Q_{CG} = 1.749,88$ Lt/min.

$P_{CG} = 3,446$ Kg/cm^2.

TRAMO C - G

$d_{interior} = 77,92$ mm

L = 13,36 m

$P_{rociador} = 3,446$ kg/cm^2.

$Q_{total} = 1.749,88$ lt/min

$$\Delta P = \frac{605.000\ (1.749,88)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (77,92)^{4.87}} = 0,0528\ kg/cm^2/m$$

Codo → $L_{eq} = 1 * (2,1) = 2,1$ m

Te → $L_{eq} = 1 * (0,9) = 0,9$ m

Reducción → $L_{eq} = 1 * (0,87) = 0,87$ m

Válvula alarma → $L_{eq} = 1 * (4) = 4$ m

Válvula compuerta → $L_{eq} = 1 * (0,3) = 0,3$ m

$L = L_{\text{tubería}} + L_{eq} = 13,36 + 8,17 = 21,53$ m

$P = \Delta P * L = (0,0528) * (21,53) = 1,1368\ kg/cm^2$

TRAMO G - H

$d_{interior} = 102,26$ mm

L = 34,45 m

$P_{rociador} = 3,446 + 1,1368 = 4,5828\ kg/cm^2$.

$Q_{total} = 1.749,88$ lt/min

$$\Delta P = \frac{605.000\ (1.749,88)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (102,26)^{4.87}} = 0,0140\ kg/cm^2/m$$

Codo → $L_{eq} = 2 * (3) = 6$ m

Reducción → $L_{eq} = 1 * (1,15) = 1,15$ m

Válvula alarma → L_{eq} = 1 * (6) = 6 m

Válvula compuerta → L_{eq} = 1 * (0,6) = 0,6 m

$L = L_{\text{tubería}} + L_{eq}$ = 34,45 + 13,75 = 48,2 m

$P = \Delta P * L$ = (0,0140) * (48,2) = 0,6748 kg/cm^2

TRAMO H - I

$d_{interior}$ = 154,08 mm

L = 59,4 m

$P_{rociador}$ = 4,5828 + 0,6748 = 5,2576 kg/cm^2.

Q_{total} = 1.749,88 lt/min

$$\Delta P = \frac{605.000\ (1.749,88)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (154,08)^{4.87}} = 0,0019 \text{ kg/cm}^2\text{/m}$$

Codo → L_{eq} = 1 * (4,2) = 4,2 m

Te → L_{eq} = 1 * (1,8) = 1,8 m

Válvula alarma → L_{eq} = 1 * (10,4) = 10,4 m

Válvula compuerta → L_{eq} = 1 * (0,9) = 0,9 m

$L = L_{\text{tubería}} + L_{eq}$ = 59,4 + 17,3 = 76,7 m

$P = \Delta P * L$ = (0,0019) * (76,7) = 0,1457 kg/cm^2

Punto Descarga Bomba

P=5,2576 + 0,1457 = 5,403 kg/cm^2; Q= 1.749,88 lt/min.

Luego se calcula la presión por elevación, mediante la ecuación 4.7

Pe = h / 10,192 Ec. (4.7)

Pe = 7,51 / 10,1092 = 0,7378 kg/cm^2.

La bomba deberá tener una presión y caudal de salida igual a:

P = Pt + Pe Ec. (4.8)

P = 5,403 + 0,7378 = 6,143 kg/cm2 = 88 psi

Q= 1750 lt/min = 462gpm.

Resumen cálculos hidráulicos de tuberías de rociadores de techo y estanterías

En la tabla 20, se muestran todos los resultados de los cálculos hechos anteriormente.

TABLA 20

RESUMEN DE CÁLCULO HIDRÁULICO ROCIADORES.

Sep. ramales	3.7	Densidad	12.2	lt/min/m2	Superf	555	m2	Tipo r	Up-Right	K	80.6
Sep. rociadores	2.8	Area cober	10.29	m2	Area d	89	m2	No. ro	9	C	120

Boquilla Tipo y Ubicación		Flujo Lt/min	Diámetro interior tubería mm	Accesorios Elementos tubería m	Longitud equivalente tubería m		Perdida x fricción kg/cm2/m	Presión requerida kg/cm2		Presión normal kg/cm2	Velocid m/s
RT1-RT2	q	0	40.94	1E - 1.2	L_{tramo}	2.8		Pt	2.424		
					L_{eq}	1.2		Pe			
	Q	125.48			L_{total}	4	0.0093	Pf	0.037		1.5887
RT2-RT3	q	126.44	40.94	1T - 0.45	L_{tramo}	2.8		Pt	2.461		
					L_{eq}	0.45		Pe			
	Q	251.92			L_{total}	3.25	0.0336	Pf	0.109		3.1895
RT3-RT4	q	129.21	40.94	1T - 0.45	L_{tramo}	2.8		Pt	2.570		
				1R - 0.5	L_{eq}	0.95		Pe			
	Q	381.14			L_{total}	3.75	0.0723	Pf	0.271		4.8254
RT4-RT5	q	135.86	52.48	1T - 0.6	L_{tramo}	2.8		Pt	2.841		
					L_{eq}	0.6		Pe			
	Q	517.00			L_{total}	3.4	0.0379	Pf	0.129		3.9833
RT5-A	q	138.91	52.48	1T - 0.6	L_{tramo}	1.4		Pt	2.970		
					L_{eq}	0.6		Pe			
	Q	655.90			L_{total}	2	0.0589	Pf	0.118		5.0536
A-A1	q	0.00	52.48	1E - 1.5	L_{tramo}	1		Pt	3.088		
				1R - 0.61	L_{eq}	2.11		Pe			
	Q	655.90			L_{total}	3.11	0.0589	Pf	0.183		5.0536
A1B1	q	0.00	77.92	1E - 2.1	L_{tramo}	3.68		Pt	3.271		
					L_{eq}	2.1		Pe			
	Q	655.90			L_{total}	5.78	0.0086	Pf	0.050	3.321	2.2924
RT11-RT12	q	0	40.94	1E - 1.2	L_{tramo}	2.8		Pt	2.424		
					L_{eq}	1.2		Pe			
	Q	125.48			L_{total}	4	0.0093	Pf	0.037		1.5887
RT12-RT13	q	126.44	40.94	1T - 0.45	L_{tramo}	2.8		Pt	2.461		
					L_{eq}	0.45		Pe			
	Q	251.92			L_{total}	3.25	0.0336	Pf	0.109		3.1895
RT13-RT14	q	129.21	40.94	1T - 0.45	L_{tramo}	2.8		Pt	2.570		
				1R - 0.5	L_{eq}	0.95		Pe			
	Q	381.14			L_{total}	3.75	0.0723	Pf	0.271		4.8254
RT14-B	q	135.86	52.48	1T - 0.6	L_{tramo}	4.2		Pt	2.841		
					L_{eq}	0.6		Pe			
	Q	517.00			L_{total}	4.8	0.0379	Pf	0.182		3.9833
B-B1	q	0	52.48	1E - 1.5	L_{tramo}	1		Pt	3.023		
				1R - 0.61	L_{eq}	2.11		Pe			
	Q	517.00			L_{total}	3.11	0.0379	Pf	0.118		3.9833
B1C	q	0	77.92	1T - 0.9	L_{tramo}	3.95		Pt	3.141		
					L_{eq}	0.9		Pe			
	Q	1187.48			L_{total}	4.85	0.0258	Pf	0.125	3.446	4.1502
RE1-RE2	q	0	40.94	1E - 1.2	L_{tramo}	2.83		Pt	2.424		
					L_{eq}	1.2		Pe			
	Q	125.48			L_{total}	4.03	0.0093	Pf	0.037		1.5887
RE2-D	q	126.45	40.94	1T - 0.45	L_{tramo}	4.25		Pt	2.461		
				1R - 0.5	L_{eq}	0.95		Pe			
	Q	251.93			L_{total}	5.2	0.0336	Pf	0.175		3.1896
D-D1	q	0	52.48	1E - 1.5	L_{tramo}	3.19		Pt	2.636		
				1R - 0.61	L_{eq}	2.11		Pe			
	Q	251.93			L_{total}	5.3	0.0100	Pf	0.053		1.9411
D1-E1	q	0	77.92	1E - 2.1	L_{tramo}	5.54		Pt	2.689		
					L_{eq}	2.1		Pe			
	Q	251.93			L_{total}	7.64	0.0015	Pf	0.011	2.700	0.8805
RE7-RE8	q	0	40.94	1E - 1.2	L_{tramo}	2.83		Pt	2.424		
					L_{eq}	1.2		Pe			
	Q	125.48			L_{total}	4.03	0.0093	Pf	0.037		1.5887
RE8-E	q	126.45	40.94	1T - 0.45	L_{tramo}	4.25		Pt	2.461		
				1R - 0.5	L_{eq}	0.95		Pe			
	Q	251.93			L_{total}	5.2	0.0336	Pf	0.175		3.1896
E-E1	q	0	52.48	1E - 1.5	L_{tramo}	3.19		Pt	2.636		
				1R - 0.61	L_{eq}	2.11		Pe			
	Q	251.93			L_{total}	5.3	0.0100	Pf	0.053		1.9411
E1-F	q		77.92	1T- 0.9	L_{tramo}	5.54		Pt	2.689		
					L_{eq}	0.9		Pe			
	Q	504.4			L_{total}	6.44	0.0053	Pf	0.034038		1.7629
F-C	q	0	77.92	1E- 2.1	L_{tramo}	0.6		Pt	2.734		
				1ALV - 4	L_{eq}	6.4		Pe			
	Q	504.4		1GV - 0.3	L_{total}	7	0.0053	Pf	0.037		1.7629
C-G	q	0	77.92	1E - 2.1	L_{tramo}	13.36		Pt	2.771		
				1T - 0.9	L_{eq}	8.17		Pe			
				1R - 0.87							
				1ALV - 4							
	Q	1749.88		1GV - 0.3	L_{total}	21.53	0.0528	Pf	1.136		6.1158
G-H	q	0	102.26	2E - 6	L_{tramo}	34.45		Pt	4.582		
				1R - 1.15							
				1ALV - 6	L_{eq}	13.75		Pe			
	Q	1749.88		1GV - 0.6	L_{total}	48.2	0.0140	Pf	0.677		3.5509
H-I	q	0	154.08	1E - 4.2	L_{tramo}	59.4		Pt	5.259		
				1T - 1.8	L_{eq}	17.3		Pe			
				1CV - 10.4							
	Q	1749.88		1GV - 0.9	L_{total}	76.7	0.0019	Pf	0.146		1.5641
								Pt	5.406		
								Pe	0.74		
								Pt	6.143		

Análisis del Circuito para los Gabinetes contra Incendio

Aplicando las mismas fórmulas y siguiendo el mismo procedimiento del cálculo del circuito de rociadores, se puede determinar la presión y caudal necesario a la salida de la bomba para poder operar los gabinetes contra incendio a la presión y caudal que indica la norma NFPA. En la figura 4.15 se muestra el isométrico con el cual se trabajará.

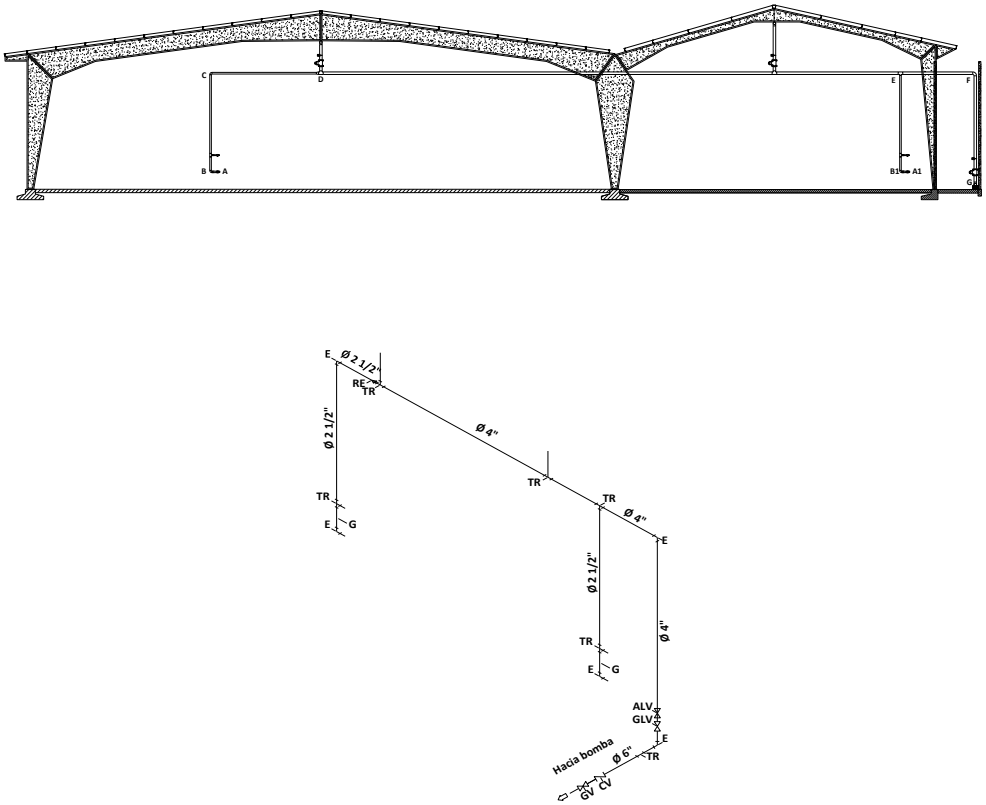


FIGURA 4.15.- ISOMÉTRICO TUBERÍAS DE GABINETES CONTRA INCENDIO.

Tramo A - B

$d_{interior}$ = 62,68 mm

L = 0,32 m

Q = 380 lt/min = 100gpm

P = 4,57 kg/cm^2= 65 psi

$$\Delta P = \frac{605.000\ (380)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (62,68)^{4.87}} = 0,00903\ kg/cm^2/m$$

$L = L_{tubería} + L_{eq} = 0,32 + 0 = 0,32$ m

$P = \Delta P * L = (0,00903) * (0,32) = 0,00289\ kg/cm^2$.

Tramo B – C

$d_{interior}$ = 62,68 mm

L = 4,53 m

$P = 4,57 + 0,00289 = 4,5729\ kg/cm^2$.

Q = 380 lt/min.

$$\Delta P = \frac{605.000\ (380)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (62,68)^{4.87}} = 0,00903\ kg/cm^2/m$$

Codo → $L_{eq} = 1 * (1,8) = 1,8$ m

$L = L_{tubería} + L_{eq} = 4,53 + 1,8 = 6,33$ m

$P = \Delta P * L = (0,00903) * (6,33) = 0,0572 \text{ kg/cm}^2$

Tramo C – D

$d_{interior} = 62,68 \text{ mm}$

$L = 5,11 \text{ m}$

$P = 4,5729 + 0,0572 = 4,6301 \text{ kg/cm}^2.$

$Q = 380 \text{ lt/min.}$

$$\Delta P = \frac{605.000\ (380)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (62,68)^{4.87}} = 0,00903 \text{ kg/cm}^2/\text{m}$$

Codo → $L_{eq} = 1 * (1,8) = 1,8 \text{ m}$

Reducción → $L_{eq} = 1 * (0,74) = 0,74 \text{ m}$

$L = L_{\text{tubería}} + L_{eq} = 5,11 + 2,54 = 7,65 \text{ m}$

$P = \Delta P * L = (0,00903) * (7,65) = 0,0691 \text{ kg/cm}^2$

Tramo D – E

$d_{interior} = 102,26 \text{ mm}$

$L = 26,12 \text{ m}$

$P = 4,6301 + 0,0691 = 4,6992 \text{ kg/cm}^2.$

$Q = 380 \text{ lt/min.}$

$$\Delta P = \frac{605.000\ (380)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (102{,}26)^{4.87}} = 0{,}0008\ kg/cm^2/m$$

$L = L_{tubería} + L_{eq} = 26{,}12 + 0 = 26{,}12\ m$

$P = \Delta P * L = (0{,}0008) * (26{,}12) = 0{,}0209\ kg/cm^2.$

Tramo $A_1 – B_1$

$d_{interior} = 62{,}68\ mm$

$L = 0{,}32\ m$

$Q = 380\ lt/min = 100gpm$

$P = 4{,}57\ kg/cm^2 = 65\ psi$

$$\Delta P = \frac{605.000\ (380)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (62{,}68)^{4.87}} = 0{,}00903\ kg/cm^2/m$$

$L = L_{tubería} + L_{eq} = 0{,}32 + 0 = 0{,}32\ m$

$P = \Delta P * L = (0{,}00903) * (0{,}32) = 0{,}00289\ kg/cm^2.$

Tramo $B_1 – E$

$d_{interior} = 62{,}68\ mm$

$L = 4{,}53\ m$

$P = 4{,}57 + 0{,}00289 = 4{,}5729\ kg/cm^2.$

Q = 380 lt/min.

$$\Delta P = \frac{605.000\ (380)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (62{,}68)^{4.87}} = 0{,}00903\ kg/cm^2/m$$

Codo → $L_{eq} = 1 * (1{,}8) = 1{,}8$ m

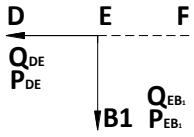
Reducción → $L_{eq} = 1 * (0{,}74) = 0{,}74$ m

$L = L_{\text{tubería}} + L_{eq} = 4{,}53 + 2{,}54 = 7{,}07$ m

$P = \Delta P * L = (0{,}00903) * (7{,}07) = 0{,}0638\ kg/cm^2$.

Balance en Punto E

Se vuelve a usar la ecuación 4.6



$Q = Q_{DE} * (\sqrt{P_{B1E}} / P_{DE}) = 380 * (\sqrt{4{,}639} / 4{,}721) = 376{,}70$

$Q = Q_{B1E} * (\sqrt{P_{DE}} / P_{B1E}) = 380 * (\sqrt{4{,}721} / 4{,}639) = 383{,}33$

$Q_R = 380 + 383{,}33 = 763{,}33$

$Q_R = 380 + 376{,}70 = 756{,}70$

Q_{EF} = 763,33 Lt/min.

P_{EF} = 4,721 Kg/cm^2.

Tramo E – F

$d_{interior}$ = 102,26 mm

L = 3,38 m

P = 4,721 kg/cm^2.

Q = 763,33 lt/min.

$$\Delta P = \frac{605.000\ (763,33)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (102,26)^{4.87}} = 0,0030 \text{ kg/cm}^2\text{/m}$$

Te → L_{eq} = 1 * (1,2) = 1,2 m

L = $L_{tubería}$ + L_{eq} = 3,38 + 1,2 = 4,58 m

P = ΔP * L = (0,0030) * (4,58) = 0,0137 kg/cm^2.

Tramo F – G

$d_{interior}$ = 102,26 mm

L = 4,82 m

P = 4,721 + 0,0137 = 4,7347 kg/cm^2.

Q = 763,33 lt/min.

$$\Delta P = \frac{605.000\ (763,33)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (102,26)^{4.87}} = 0,0030\ kg/cm^2/m$$

Codo → $L_{eq} = 1 * (3) = 3$ m

Reducción → $L_{eq} = 1 * (1,15) = 1,15$ m

Válvula alarma → $L_{eq} = 1 * (6) = 6$ m

Válvula compuerta → $L_{eq} = 1 * (0,6) = 0,6$ m

$L = L_{\text{tubería}} + L_{eq} = 4,82 + 10,75 = 15,57$ m

$P = \Delta P * L = (0,0030) * (15,57) = 0,0467\ kg/cm^2$.

Tramo G – H

$d_{interior} = 154,08$ mm

L = 59,4 m

$P = 4,7347 + 0,0467 = 4,7814\ kg/cm^2$.

Q = 763,33 lt/min.

$$\Delta P = \frac{605.000\ (763,33)^{1.85}}{(120)^{1.85}\ (154,08)^{4.87}} = 0,0004\ kg/cm^2/m$$

Codo → $L_{eq} = 1 * (4,2) = 4,2$ m

Te → $L_{eq} = 1 * (1,8) = 1,8$ m

Válvula alarma → $L_{eq} = 1 * (10,5) = 10,4$ m

Válvula compuerta → L_{eq} = 1 * (0,9) = 0,9 m

L = $L_{tubería}$ + L_{eq} = 59,4 + 17,3 = 76,7 m

P = ΔP * L = (0,0004) * (76,7) = 0,0307 kg/cm^2.

Punto Descarga Bomba

P = 4,7814 + 0,0307 = 4,8121 kg/cm^2 . Q = 763,33 lt/min.

Luego se calcula la presión por elevación.

Pe = h / 10,192 = 4,82 / 10,1092 = 0,4729 kg/cm_2.

La bomba deberá tener una presión y caudal de salida igual a:

P = Pt + Pe = 4,8121 + 0,4729 = 5,285 kg/cm2 = 77 psi

Q= 764 lt/min = 202gpm.

Resumen Cálculos Hidráulicos de Tuberías de Rociadores de Techo y Estanterías-

En la tabla 21, se muestran los resultados de los cálculos anteriores.

TABLA 21

RESUMEN DE CÁLCULOS HIDRÁULICOS GABINETES

Boquilla Tipo y Ubicación		Flujo Lt/min	Diámetro interior tubería mm	Accesorios Elementos tubería m	Longitud equivalente tubería m		Perdida x fricción kg/cm2/m	Presión requerida kg/cm2		Presión normal kg/cm2	Velocid m/s
A-B	q	380	62.68		L_{tramo}	0.32		Pt	4.570		
					L_{eq}			Pe			
	Q	380.00			L_{total}	0.32	0.0090	Pf	0.003		2.05
B-C	q	0.00	62.68	1E - 1.8	L_{tramo}	4.53		Pt	4.573		
					L_{eq}	1.8		Pe			
	Q	380.00			L_{total}	6.33	0.0090	Pf	0.057		2.05
C-D	q	0.00	62.68	1E - 1.8	L_{tramo}	5.11		Pt	4.630		
				1R - 0.74	L_{eq}	2.54		Pe			
	Q	380.00			L_{total}	7.65	0.0090	Pf	0.069		2.05
D-E	q	0.00	102.26		L_{tramo}	26.12		Pt	4.699		
					L_{eq}			Pe			
	Q	380.00			L_{total}	26.12	0.0008	Pf	0.022	4.721	0.77
A1-B1	q	380.00	62.68		L_{tramo}	0.32		Pt	4.570		
					L_{eq}			Pe			
	Q	380.00			L_{total}	0.32	0.0090	Pf	0.003		2.05
B1-E	q	0.00	62.68	1E - 1.8	L_{tramo}	4.53		Pt	4.573		
				1R - 0.74	L_{eq}	2.54		Pe			
	Q	380.00			L_{total}	7.07	0.0090	Pf	0.064		2.05
E-F	q	763.33	102.26	1T - 1.2	L_{tramo}	3.38		Pt	4.721		
					L_{eq}	1.2		Pe			
	Q	763.33			L_{total}	4.58	0.0030	Pf	0.014		1.55
F-G	q	0	102.26	1E - 3	L_{tramo}	4.82		Pt	4.735		
				1R - 1.15	L_{eq}	10.75		Pe			
				1ALV - 6							
	Q	763.33		1GV - 0.6	L_{total}	15.57	0.0030	Pf	0.047		1.55
G-H	q	0.00	154.08	1E - 4.2	L_{tramo}	59.4		Pt	4.782		
				1T - 1.8	L_{eq}	17.3		Pe			
				1CV - 10.4							
	Q	763.33		1GV - 0.9	L_{total}	76.7	0.0004	Pf	0.032		0.68
								Pt	4.813		
								Pe	0.47		
								Pt	5.286		

4.5. Selección del Sistema de Bombeo.

Potencia motor

Se parte calculando la potencia del motor a través de la ecuación 4.9.

$Potencia = H_B * Q * \rho * g$ Ec. (4.9)

HB = Altura dinámica (m)

Q = Caudal (m^3/s)

ρ = densidad agua = $1000kg/m^3$

g = gravedad = 9, 8 m/s^2

HB= 6,143 kg/cm^2 = 61,43 mca

Q = 2514 lt/min = 0,042 m^3/s

Potencia = (61,43) * (0,042) * (1000) * (9,8) =

Potencia = 25224,39 W = 33,81Hp

Si el motor tiene un eficiencia del 85%, entonces:

$P_{real} = P_{teorica} / eficiencia$ Ec. (4.10)

P_{real} = 33,81 / 0,85 =39,77 = 40 hp.

Selección de la Bomba

Se usará una bomba de tipo centrífuga, con carcasa dividida horizontalmente y tendrá succión positiva, impulsores tipo cerrado

y provista de empaquetaduras (hilos carbono-grafitados) y estará a la intemperie.

Según NFPA 20 5.6.5.1

La cabeza disponible de un suministro de agua debe calcularse sobre la base de un caudal de 150% de capacidad nominal de la bomba contra incendio.

Según NFPA 20 5.8.1

La bomba centrifuga contra incendio para protección contra incendios deberá seleccionarse para funcionar al 150% o menos de la capacidad nominal.

Según NFPA 20 5.8.2

Las bombas centrífugas contra incendio deberán tener una de las capacidades nominales identificadas en la tabla 22.

TABLA 22

CAPACIDADES DE BOMBAS CENTRIFUGAS

CONTRA INCENDIO.

GPM	Lt/min	GPM	Lt/min
25	95	1000	3785
50	189	1250	4731
100	379	1500	5677
150	568	2000	7570
200	757	2500	9462
250	946	3000	11355
300	1136	3500	13247
400	1514	4000	15140
450	1703	4500	17032
500	1892	5000	18925
750	2839		

La tabla 22, tomada del catálogo de un proveedor local de bombas, detalla los diferentes caudales y presiones que maneja la bomba centrífuga de carcasa dividida horizontalmente.

TABLA 22

VALORES DE BOMBA DE CARCASA DIVIDA HORIZONTALMENTE.

CAPACIDAD NOMINAL gpm	IMPULSION NOMINAL psi
250	40 - 167
500	40 - 278
750	40 - 266
1000	40 - 244
1250	43 - 236
1500	40 - 228
2000	53 - 210
2500	50 - 213
3000	60 - 165
3500	94 - 151
4000	94 - 223
4500	90 - 223
5000	88 - 221

Anteriormente se encontró que el caudal necesario para alimentar los rociadores y los gabinetes era de 663gpm., se acude a la tabla 17 y se da cuenta que la bomba contra incendio será una que tenga un caudal de 750gpm.

Mientras que en la tabla 18 se ve que la bomba se manejará en un rango de presión 40 – 266 psi.

La bomba que se utilizará será una marca Fairbanks Morse modelo 6”-1922AF, tipo carcasa partida, listada por UL (Underwriters Laboratories) y aprobada por FM (Factory Mutual).

El equipo está considerado para una capacidad de 750gpm. y un rango presión de 80 - 175 psi.

Características de la Bomba Principal

- Carcasa de hierro.
- Impulsor de bronce.
- Camisas de je en bronce.
- Eje en acero al carbono.
- Un manómetro por el lado de descarga.
- Válvula eliminadora de aire.
- Placa de asentamiento.
- Acople flexible.
- Guarda acople.
- Sellos correspondientes a UL y FM.
- Motor eléctrico ODP.
- Potencia 40hp.
- Velocidad 3500rpm
- Tensión trifásico 230v, 6ohz
- Factor servicio 1.15

Controlador para Bomba Principal

- Potencia Nema tipo 2.
- Potencia a manejar: 40hp.
- Característica: arranque estrella – delta abierto.
- Tensión entrada trifásica 230v a 60hz.
- Transductor de presión de 0 – 300 psi.

Bomba Jockey

La bomba Jockey se utiliza para mantener la presión del sistema evitando que trabajen las bombas principales para reponer las pequeñas fugas.

Por lo general su capacidad variará entre el 1% y el 5% con respecto a la capacidad de la bomba principal, por lo tanto el caudal de la bomba Jockey

Será de 252 lt/min.

La presión de la bomba Jockey será 10 psi. más que la presión de la bomba principal por lo tanto la bomba tendrá una presión de 98 psi.

La bomba Jockey tendrá las siguientes características.

- Motor eléctrico ODP.
- Potencia nominal 2hp.
- Número de etapas: 7 etapas.
- Tensión trifásica, 230v a 60 hz.
- Factor de servicio: 1.15
- Velocidad: 3550rpm.

Controlador para Bomba Jockey

- Potencia a manejar: 2hp.
- Protección Nema tipo 2.
- Tensión entrada trifásica 230v a 60hz.

ACCESORIOS

Los siguientes elementos son básicos para una instalación en concordancia con la norma NFPA 20.

- Válvula eliminadora de aire.
- Reductor excéntrico para succión de 6” a 5”.
- Incrementador concéntrico para descarga de 4” a 6”.
- Cabezal de descarga para pruebas.
- Una válvula para prueba con tapa y cadena.

Accesorios

Descarga

Un manómetro de presión con un cuadrante menor a 3.5” deberá conectarse de la fundición de descarga con una válvula para manómetro de 0,25” nominal.

Succión

Un manómetro de presión y vacío con un cuadrante menor a 3,5”deberá estar conectado a la tubería succión cerca de la bomba con una válvula reguladora nominal de 0,25”.

Todas las bombas deberán contar con una válvula de alivio automática listada para el servicio contra incendio, instalada y ajustada por debajo de la presión de apagado a la presión de succión mínima esperada,

Esta válvula deberá estar instalada en el lado de descarga de la bomba antes de la válvula de retención de descarga.

La válvula de alivio deberá tener un tamaño nominal de 0,75” para bombas con una capacidad nominal que no supere los 2500gpm.

Tuberías

Deberá utilizarse tubería de acero galvanizado cuando va a ubicarse la tubería sobre la tierra.

De la tabla 24, se encuentra que el diámetro de la tubería de succión y descarga será de 6”.

TABLA 24

INFORMACIÓN DE BOMBAS CENTRIFUGA CONTRA INCENDIO.

Clasificación de bomba gpm	Succión (pulg)	Descarga (pulg)	Válvula alivio (pulg)	Descarga válvula alivio (pulg)	Dispositivo de medición (pulg)	Cantidad y tamano valvulas manguera(pulg)	Suministro de cabezal de manguera (pulg)
25	1	1	3/4"	1	1 1/4	1 - 1 1/2	1
50	1 1/2	1 1/4	1 1/4	1 1/2	2	1 - 1 1/2	2
100	2	2	1 1/2	2	2 1/2	1 - 2 1/2	3
150	2 1/2	2 1/2	2	2 1/2	3	1 - 2 1/2	3
200	3	3	2	2 1/2	3	1 - 2 1/2	3
250	3 1/2	3	2	2 1/2	3 1/2	1 - 2 1/2	3
300	4	4	2 1/2	3 1/2	3 1/2	1 - 2 1/2	3
400	4	4	3	5	4	2 - 2 1/2	4
450	5	5	3	5	4	2 - 2 1/2	4
500	5	5	3	5	5	2 - 2 1/2	4
750	6	6	4	6	5	3 - 2 1/2	6
1000	8	6	4	8	6	4 - 2 1/2	6
1250	8	8	6	8	6	6 - 2 1/2	8
1500	8	8	6	8	8	6 - 2 1/2	8
2000	10	10	6	10	8	6 - 2 1/2	8
2500	10	10	6	10	8	8 - 2 1/2	10
3000	12	12	8	12	8	12 - 2 1/2	10
3500	12	12	8	12	10	12 - 2 1/2	12
4000	14	12	8	14	10	16 - 2 1/2	12
4500	16	14	8	14	10	16 - 2 1/2	12
5000	16	14	8	14	10	20 - 2 1/2	12

4.6. Cálculo de Dimensiones del Reservorio de Alimentación

Según NFPA13, 5-3.5.5, la duración del suministro de agua en caso de incendio no debe ser menor de 60 minutos.

Si el caudal necesario para abastecer los rociadores es Q=462 gpm., entonces el volumen de agua que se necesita para que funcionen los rociadores durante el tiempo que exige la norma será:

t=60min entonces V= 27.720 gal = 105.059 lt = 105,06 m^3.

Si el caudal necesario para alimentar los gabinetes es Q=200 gpm., entonces el volumen de agua necesario para que funciones los gabinetes durante el tiempo que exige la norma será:

t= 60min entonces V= 12.000 gal = 45.480 lt = 45,48 m^3.

Entonces el volumen que debe tener el tanque para abastecer al sistema será la suma de los volúmenes más críticos, es decir:

V_{total} = 105,06 + 45,48 = 150,54 m^3.

Como el tanque que existe actualmente tiene una capacidad de 106m3, como no hay espacio para ubicar un tanque adicional y

dado que el tanque actual posee más de 40 años de vida, se tendrá que demoler el viejo y construir uno nuevo

Las dimensiones del tanque se obtienen de la siguiente forma, como se va a usar el mismo espacio del tanque anterior el diámetro será de 5.73m. y la altura 7.5m. lo que da un volumen de 193.4m^3, el cual es suficiente para alimentar el anterior y nuevo sistema contra incendio.

Se utilizará el acero comercial A36 con límite de fluencia de 36000lb/pulg2.

La norma API 650 dice que para placas del fondo el espesor mínimo debe ser 6mm.

Para calcular el espesor de las paredes del tanque se usará la fórmula:

$$t = \frac{2.6\,(D)\,(H-1)\,(G)}{(E)\,(21000)} + C.A. \qquad \text{Ec. (4.11)}$$

Donde:

t= espesor mínimo requerido (pulg).

D= diámetro medio del tanque (ft).

H= altura tanque (ft).

G= densidad relativa del liquido a almacenar, ningún caso menor a 1.

E= eficiencia de la junta, 0.85 cuando es radiografiado.

C.A.= margen por corrosión = 0.125pulg.

$$t = \frac{2.6\ (18,8)\ (24,61-1)\ (1)}{(0,85)\ (21000)} + 0,125$$

t= 0,19 pulg = 4,8mm

Para calcular el espesor del techo, se usa la fórmula:

$$T = D / 400\ (\text{sen}\theta) \qquad \text{Ec. (4.12)}$$

Donde;

D= diámetro tanque (ft).

Θ = ángulo inclinación del techo (rad).

El techo será auto soportado y tendrá una inclinación de 11 °.

t= 18,8 / (400 sen (0,19)) =

t= 0,25pulg = 6mm.

Para calcular el área del ángulo que soportará el techo se usa la ecuación 4.13

$A = D^2 / (3000\ \text{sen}\theta) = (18,8)^2 / (3000\ \text{sen}\ (0,19)) =$

$A = D^2 / (3000\ \text{sen}\theta)$ Ec. (4.13)

Esto da un ángulo de L50x5mm, que tiene un área de $4,75 cm^2$

CAPÍTULO 5

5. PROGRAMACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

5.1. Programación de la Construcción y Montaje.

Las actividades a realizar previas a la construcción y el montaje del sistema contra incendio, se las ha detallado en forma general en un diagrama de Gantt., tal como se ve en la figura 5.1. En el apéndice 7 se encuentra más ampliado.

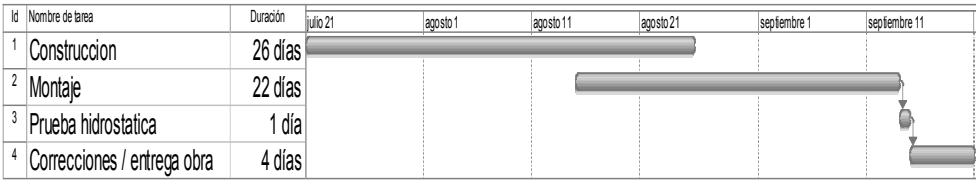


FIGURA 5.1 DIAGRAMA GANTT

5.2. Pruebas y Ajustes.

Registros

Los registros de las inspecciones, pruebas y mantenimientos del sistema y sus componentes deben estar a disposición de la autoridad competente cuando lo requiera.

Deben indicar el procedimiento realizado, (inspección, prueba o mantenimiento), la empresa que realizó el trabajo, los resultados y la fecha.

El propietario debe guardar los registros durante la vida del sistema.

Los registros típicos incluyen pero no se limitan a, inspecciones de válvulas: pruebas de flujo, desagüe y bombas: y pruebas de desconexión de tuberías secas, válvulas de diluvio y pre acción.

Inspección

Las inspecciones y pruebas periódicas determinan, si es el caso, que se requieran acciones de mantenimiento para conservar la operatividad del sistema de protección de incendios.

Los componentes del sistema deben ser inspeccionados a los intervalos especificados más adelante.

Pruebas

Todos los componentes y sistemas deben probarse para verificar que funcionen como se desea.

Las frecuencias de las pruebas se las detallará más adelante.

Los resultados de las pruebas deben compararse con los de las pruebas de aceptación original y con los resultados de las pruebas más recientes.

Sistema de Rociadores

Inspección

Los rociadores deben inspeccionarse desde el nivel del suelo anualmente.

Los rociadores no deben mostrar señales de filtraciones, deben estar libres de corrosión, materias extrañas, pintura y daño físico, caso contario deben reemplazarse, y deben estar instalados en la orientación correcta.

Los rociadores de ampolla de vidrio deben reemplazarse si las ampollas se han vaciado.

En caso de incendio, se debería hacer una inspección post-incendio de todos los rociadores dentro del área de incendio.

Se debe reemplazar los rociadores cubiertos por hollín porque estos depósitos pueden causar corrosión de las partes operativas.

En caso de incendio de consideración se debería prestar atención especial al reemplazo del primer anillo de rociadores que rodeen los rociadores usados.

El surtido de rociadores de repuesto debe inspeccionarse anualmente para lo siguiente:

1.- El número y tipo adecuado de rociadores.

2.- Una llave de rociadores para cada tipo de rociador.

Tuberías y accesorios

Se deben inspeccionar anualmente.

La tubería y accesorios deben estar en buenas condiciones y libres de daños mecánicos, filtraciones, corrosión y desalineación.

No deben someterse a cargas externas de materiales.

La tubería y accesorios instalados en espacios ocultos como sobre cielorrasos suspendidos no requieren inspección.

Soportes Colgantes.

Deben inspeccionarse anualmente.

No deben estar dañados o sueltos, caso contrario deben reemplazarse.

Los que están instalados en espacios ocultos no necesitan inspección.

Indicadores.

Los indicadores de sistemas de rociadores de tubería húmeda deben inspeccionarse mensualmente para garantizar que estén en buen estado y que se mantiene la presión correcta en el suministro de agua.

Los indicadores en sistemas secos, de pre acción e inundación deben inspeccionarse semanalmente para asegurarse que se mantienen las presiones normales de aire y agua.

Cuando la supervisión de la presión del aire está conectada a un sitio permanentemente atendido, los indicadores deben inspeccionarse mensualmente.

Dispositivos de alarma

Deben inspeccionarse trimestralmente para verificar que no tengan daño mecánico.

Pruebas

Rociadores

Los rociadores que han pasado la inspección visual deberían entonces someterse a prueba de laboratorio para determinar sensibilidad y funcionalidad.

Los conductos de agua deberían despejarse cuando se prueban para sensibilidad y funcionalidad a 0.4 bar (5psi) o a la presión de operación mínima listada para rociadores secos.

Se deben probar cada 5 anos.

Indicadores

Los indicadores deben reemplazarse cada 5 años o probarse cada 5 años por comparación con un indicador calibrado.

Dispositivos de Alarma

Los dispositivos de flujo de agua deben probarse trimestralmente.

Los dispositivos de flujo de agua tipo veleta deben probarse 2 veces al año.

Las pruebas de alarma de flujo de agua o sistemas de tubería húmeda deben realizarse abriendo la conexión de prueba de inspección.

Mantenimiento

Rociadores

Los rociadores de reemplazo deben tener las características adecuadas para la aplicación deseada. Éstas deben incluir lo siguiente:

1. Estilo.

2. Diámetro de orificio y factor k.
3. Margen nominal de temperatura.
4. Revestimiento, si lo tiene.
5. Tipo de deflector.
6. Estipulaciones de diseño.

Se permite reemplazar rociadores de estilo antiguo con rociadores de aspersión corrientes.

Se debe mantener una provisión de rociadores de repuesto (no menos de seis) en las instalaciones para que cualquier rociador que haya sido operado o dañado de alguna forma pueda ser reemplazado prontamente.

Se deben guardar en un gabinete situado donde la temperatura a la cual estén sujetos no exceda los 38°C (100°F).

SISTEMAS DE COLUMNA Y MANGUERAS

Inspección

Los componentes de sistemas de columna y mangueras deben inspeccionarse visualmente cada trimestre.

Pruebas

Las pruebas deben ser realizadas por una persona calificada. Cuando hay posibilidad de daño por agua, debe hacerse una

prueba de aire en el sistema a 1.7 bar (25psi) antes de introducir agua al sistema.

Pruebas de flujo

Debe realizarse una prueba de flujo cada 5 años en la conexión de mangueras hidráulicamente más remota de cada zona del sistema de columna para verificar que el suministro de agua continua proporcionando la presión de diseño requerida.

Pruebas hidrostáticas

Se deben hacer pruebas cada 5 años a los sistemas de columna seca y las partes secas de sistemas de columna húmeda a no menos de 13.8bar (200psi) de presión durante 2 horas, o a 3.4 bar (50 psi) por encima de la presión máxima, cuando la presión máxima es mayor de 10.3bar (150 psi).

Se debe hacer prueba hidrostática en cualquier sistema que haya sido modificado o reparado.

Mantenimiento

Conexiones de mangueras

Después de cada uso, todas las mangueras conectadas al sistema de rociadores deben limpiarse y escurrirse y secarse completamente antes de ponerlas en servicio.

TUBERÍAS DE SERVICIO PRIVADO DE INCENDIO

Inspección

Las tuberías principales de servicio privado de incendios y sus accesorios deben inspeccionarse a los intervalos especificados más adelante.

Todos los procedimientos deben llevarse a cabo de acuerdo a las instrucciones del fabricante, cuando sea el caso.

Las tuberías expuestas deben inspeccionarse anualmente.

Las tuberías expuestas instaladas en lugares inaccesibles por razones de seguridad debido a operaciones de proceso deben inspeccionarse durante cada cierre programado.

Las tuberías subterráneas no pueden inspeccionarse en forma regular. Sin embargo, las pruebas de flujo pueden mostrar el estado de las tuberías subterráneas.

Los hidrantes de cilindro seco y de pared deben inspeccionarse anualmente.

Los hidrantes de cilindro húmedo deben inspeccionarse anualmente y después de cada operación.

Las boquillas monitoras deben inspeccionarse semi-anualmente.

Las casetas de mangueras deben inspeccionarse trimestralmente.

Pruebas.

Deben probarse las tuberías subterráneas y expuestas para verificar el estado interno de las tuberías a intervalos mínimos de 5 años.

Las pruebas de flujo deben hacerse con flujos representativos de los que se espera durante un incendio.

Los hidrantes deben probarse anualmente.

Cada hidrante se debe abrir completamente y dejar fluir el agua hasta que se haya limpiado de todas las materias extrañas.

El flujo debe mantenerse durante no menos de 1 minuto.

Mantenimiento

Todos los equipos deben mantenerse en condiciones de funcionamiento, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Los filtros de la tubería principal deben limpiarse anualmente y después de cada operación.

Los hidrantes deben lubricarse anualmente para garantizar que todas las tapas, canas, cierres y roscas estén en condiciones de funcionamiento adecuadas.

Las boquillas monitoras deben lubricarse anualmente.

Debe hacerse mantenimiento anual de las casetas de mangueras.

BOMBAS DE INCENDIO.

Inspección.

El objeto de la inspección será verificar que el equipo de la bomba aparece en condiciones de operación y está libre de daño físico.

Pruebas.

Debe realizarse una prueba semanal de los equipos de bombas de incendio sin flujo de agua. Esta prueba de conducirse iniciando la bomba automáticamente.

La bomba eléctrica debe funcionar por un mínimo de 10 minutos.

La bomba a diesel debe funcionar por un mínimo de 30 minutos.

Debe permitirse que una válvula instalada para abrir como elemento de seguridad descargue agua.

Pruebas semanales.

Debe estar presente un operador calificado.

Procedimiento para el sistema de bombas.

a) Registrar lecturas del indicador de presión de succión y descarga.
b) Revisar sellos, empaquetadura bomba para detectar goteo.
c) Ajustar la tuerca de los sellos.
d) Detectar ruido o vibración inusual.

e) Revisar las cajas de empaquetaduras, cojinetes o la caja de la bomba para detectar sobrecalentamiento.
f) Registrar la presión inicial de la bomba.

Procedimiento para el Sistema Eléctrico.

a) Observar el tiempo que toma el motor para acelerar a velocidad plena.
b) Registrar el tiempo que el regulador esta en el primer paso.
c) Registrar el tiempo que la bomba funciona después de arrancar.

Procedimiento para el Motor Diesel.

a) Observar el tiempo que toma el motor para arrancar.
b) Observar el tiempo que toma el motor para alcanzar velocidad total.
c) Observar periódicamente el indicador de presión del aceite del motor, el indicador de velocidad, indicadores de temperatura de agua y aceite mientras el motor está funcionando.
d) Registrar cualquier anormalidad.
e) Revisar el flujo de agua de enfriamiento en el conmutador térmico.

Pruebas Anuales.

Debe hacerse una prueba anual de cada equipo de bomba a flujo mínimo, nominal y máximo de la bomba de incendio, controlando la cantidad de agua descargada por medio de dispositivos de prueba aprobados.

Si las fuentes de succión disponibles no permiten el flujo al 150% de la capacidad nominal de la bomba, se permite operar la bomba a la descarga máxima permisible.

Después del flujo de agua durante la prueba anual o de activaciones del sistema de protección de incendios, los filtros de succión deben inspeccionarse y limpiarse de cualquier desecho u obstrucción.

Mantenimiento.

Se debe establecer un programa de mantenimiento preventivo para todos los componentes del equipo de bombas de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Se debe llevar un registro de todos los trabajos realizados en la bomba, impulsor, regulador y equipo auxiliar.

El programa de mantenimiento preventivo debe iniciarse después de que el conjunto de bombas haya pasado las pruebas de aceptación.

TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA.

Inspección.

Los tanques equipados con alarmas supervisadas de nivel de agua conectadas a un sitio con atención constante se deben inspeccionar trimestralmente.

Los tanques no equipados con alarmas supervisadas de nivel de agua conectados a un sitio con atención constante deberán inspeccionarse mensualmente.

Los tanques a presión con suministro de presión de aire supervisado se deberán inspeccionar trimestralmente.

El exterior del tanque, estructura de soporte, desfogues, cimientos y pasarelas o escaleras, donde las haya, se deben inspeccionar trimestralmente para buscar señales de daño o debilitamiento.

Las juntas de expansión, donde las hay, se deben inspeccionar anualmente para detectar filtraciones y grietas.

Las superficies exteriores pintadas, revestidas o aisladas del tanque y la estructura de soporte, donde la haya, deben inspeccionarse anualmente para buscar señales de degradación.

El interior de los tanques de acero sin protección contra la corrosión debe inspeccionarse cada 3 años.

El interior de los otros tipos de tanques debe inspeccionarse cada 5 anos.

Los tanques sobre cimientos tipo anillo con arena en el medio deben inspeccionarse para detectar vacios debajo del piso.

Pruebas.

Los indicadores de nivel deben probarse cada 5 años para exactitud y libertad de movimiento.

Las alarmas de nivel alto y bajo de agua se deben probar 2 veces al año.

Los indicadores de presión deben probarse cada 5 años con un indicador calibrado de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Los indicadores inexactos dentro de 3 por ciento de la escala del indicador que se prueba deben ser recalibrados o reemplazados.

Mantenimiento.

El tanque debe mantenerse lleno a nivel de agua designado.

Los sedimentos deben retirarse durante las inspecciones de interiores o más frecuentemente según se necesite para evitar acumulación hasta el nivel de la salida del tanque.

5.3. Mantenimiento del Sistema.

Debe practicarse el mantenimiento para mantener operable el equipo del sistema o para hacer reparaciones.

Deben guardarse los planos de construcción, registros de pruebas de aceptación originales y boletines de mantenimiento del fabricante para ayudar al cuidado adecuado del sistema y sus componentes.

A continuación se detalla las operaciones a realizar a través del personal de mantenimiento de la empresa donde se instaló el sistema contra incendio o por el personal de una empresa de mantenimiento autorizada.

Extintores de Incendio.

Cada tres meses.

- Comprobación de accesibilidad, señalización, buen estado aparente de conservación.
- Inspección ocular de seguros, precintos, inscripciones, etc.
- Comprobación de peso y presión en su caso.

- Inspección ocular del estado externo de las partes mecánicas como boquillas, válvula, manguera, etc.

Sistema de Abastecimiento de Agua contra Incendios.

Cada tres meses.

- Verificación por inspección de todos los elementos, depósitos, válvulas, mandos alarmas, motobombas, accesorios, señales, etc.
- Comprobación de funcionamiento automático y manual de las instalaciones de acuerdo con las instrucciones del fabricante o instalador.
- Mantenimiento de acumuladores, limpieza de bornas, reposición de agua destilada, etc.
- Verificación de niveles de combustible, agua, aceite, etc.
- Verificación de accesibilidad a elementos, limpieza general, ventilación de salas de bombas.

Cada seis meses.

- Accionamiento y engrase de válvulas.
- Verificación y ajuste de prensa estopas.
- Verificación de velocidad de motores con diferentes cargas.
- Comprobación de alimentación eléctrica, líneas y protecciones.

Cada año.

- Mantenimiento de motores y bombas de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Limpieza de filtros y elementos de retención de suciedad en alimentación de agua.
- Prueba, en las condiciones de su recepción, con realización de curvas del abastecimiento con cada fuente de agua y de energía.

Gabinetes de Incendio Equipados

Cada tres meses

- Comprobación de la buena accesibilidad y señalización de los equipos.
- Comprobación por inspección de todos los componentes, procediendo a desenrollar la manguera en toda su extensión y accionamiento de la boquilla en caso de ser de varias posiciones.
- Comprobación por lectura del manómetro de la presión del servicio.
- Limpieza del conjunto y engrase de cierres y bisagras en puertas de armarios.

Cada año

- Desmontaje de la manguera y ensayo de esta en su lugar adecuado.
- Comprobación del correcto funcionamiento de la boquilla en sus distintas posiciones y del sistema de cierre.
- Comprobación de la estanqueidad de los racores y manguera y estado de las juntas.
- Comprobación de la indicación del manómetro con otro de referencia acoplado en el racor de conexión de la manguera.

Cada cinco anos

- La manguera debe ser sometida a una presión de prueba de 200psi.

Hidrantes

Cada tres meses

- Comprobar la accesibilidad en su entorno y la señalización en los hidrantes enterrados.
- Inspección visual comprobando la estanqueidad del conjunto.
- Quitar las tapas de las salidas, engrasar las roscas y comprobar el estado de las juntas de los racores.

Cada seis meses

- Engrasar la tuerca de accionamiento o rellenar la cámara de aceite del mismo.
- Abrir y cerrar el hidrante, comprobando el funcionamiento correcto de la válvula principal y del sistema de drenaje.

Sistema Manual de Alarma de Incendios.

Cada tres meses.

- Comprobación del funcionamiento de las instalaciones.
- Mantenimiento de acumuladores, limpieza de bornas, reposición de agua destilada.

Cada ano

- Verificación integral de la instalación.
- Limpieza de sus componentes.
- Verificación de uniones roscadas o soldadas.
- Prueba final de instalación con cada fuente de suministro eléctrico.

Sistemas automáticos de detección y alarma de incendios

Cada tres meses

- Comprobación del funcionamiento de las instalaciones.

- Sustitución de pilotos, fusibles defectuosos.
- Mantenimiento de acumuladores, limpieza de bornas, reposición de agua destilada, etc.

Cada ano

- Verificación integral de la instalación.
- Limpieza de centrales y accesorios.
- Verificación de uniones roscadas o soldadas.
- Limpieza de relés.
- Regulación de voltajes e corriente.
- Verificación de los equipos de transmisión de alarma.
- Prueba final de la instalación con cada fuente de suministro eléctrico.

Sistemas fijos de extinción

Rociadores de agua, polvo, espuma, CO2 y agua pulverizada

Cada tres meses

- Comprobación de las boquillas del extintor, de los rociadores que estén en buen estado y libres de obstáculos.
- Comprobación del buen estado del sistema, sobre todo la válvula de prueba en los sistemas de rociadores o de los

mandos manuales de la instalación de los sistemas de polvo o gaseosos.

- Comprobación del estado de carga del agente extintor y gas propulsor de la instalación.
- Comprobación de la señalización, pilotos en los sistemas con indicaciones de control
- Limpieza general de todos los componentes.

Cada año.

- Comprobación integral de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Verificación de los componentes del sistema, especialmente los dispositivos de disparo y alarma.
- Comprobación de carga de agente extintor y del indicador de la misma.
- Comprobación del estado del agente extintor.
- A continuación detallaremos unos cuadros en donde se resume las inspecciones, pruebas y mantenimiento de los sistemas de protección contra incendios a base de agua.

TABLA 25

RESUMEN DE INSPECCIÓN, PRUEBA Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS ROCIADORES

En la tabla 25, se muestra el resumen de las actividades a realizar

Item	Actividad	Frecuencia
Indicadores (secos, preacción, inundación)	Inspección	Semanal / Mensual
Válvulas de control	Inspección	Semanal / Mensual
Dispositivos de alarma	Inspección	Trimestral
Indicadores (sist. de tubería húmeda)	Inspección	Mensual
Rotulo hidráulico	Inspección	Trimestral
Edificios	Inspección	Anual
Abrazaderas / soportes sísmicos	Inspección	Anual
Tubos y conexiones	Inspección	Anual
Rociadores	Inspección	Anual
Rociadores de repuesto	Inspección	Anual
Conexiones de cuerpo de bomberos	Inspección	Trimestral
Válvulas (todos los tipos)	Inspección	Mensual
Dispositivos de alarma	Prueba	Trimestral / Semestral
Desagüe principal	Prueba	Anual
Solución anticongelante	Prueba	Anual
Manómetros	Prueba	5 años
Rociadores - temperatura extra alta	Prueba	5 años
Rociadores - respuesta rápida	Prueba	c / 10 años
Rociadores	Prueba	c / 10 años
Válvulas (todos los tipos)	Mantenimiento	Anual
Investigación de obstrucciones	Mantenimiento	5 años
Drenaje de punto bajo (sist. tubería seca)	Mantenimiento	Anual

TABLA 26

RESUMEN DE INSPECCIÓN, PRUEBA Y MANTENIMIENTO DE SISTEMA DE COLUMNA Y MANGUERAS

En la tabla 26, se muestra el resumen de las actividades a realizar

Item	Actividad	Frecuencia
Válvulas de control	Inspección	Semanal / Mensual
Dispositivos de control de presión	Inspección	Trimestral
Tuberías	Inspección	Trimestral
Conexiones de mangueras	Inspección	Trimestral
Gabinetes	Inspección	Anual
Mangueras	Inspección	Anual
Dispositivos de almacenamiento de mangueras	Inspección	Anual
Dispositivos de alarma	Prueba	Trimestral
Boquilla de manguera	Prueba	Anual
Dispositivos de almacenamiento de mangueras	Prueba	Anual
Mangueras	Prueba	5 años / 3 años
Válvula de control de presión	Prueba	5 años
Válvula reductora de presión	Prueba	5 años
Prueba hidrostática	Prueba	5 años
Prueba de flujo	Prueba	5 años
Prueba de desagüe principal	Prueba	Anual
Conexiones de mangueras	Mantenimiento	Anual
Válvulas (todos los tipos)	Mantenimiento	Anual

TABLA 27

RESUMEN DE INSPECCIÓN, PRUEBA Y MANTENIMIENTO DE TUBERÍAS PRINCIPALES DE SERVICIO PRIVADO DE INCENDIOS.

En la tabla 27, se muestra el resumen de las actividades a realizar.

Item	Actividad	Frecuencia
Casetas de mangueras	Inspección	Trimestral
Hidrantes (cilindro seco y de pared)	Inspección	Anual
Boquillas monitoras	Inspección	Semestral
Hidrantes (cilindro húmedo)	Inspección	Anual
Filtros en tubería principal	Inspección	Anual
Tuberías (expuestas)	Inspección	Semestral
Tuberías (subterráneas)	Inspección	Anual
Boquillas monitoras	Prueba	Anual
Hidrantes	Prueba	Anual
Tubería (expuestas y subterráneas)	Prueba de flujo	5 años
Filtros en tubería principal	Mantenimiento	Anual
Casetas de mangueras	Mantenimiento	Anual
Hidrantes	Mantenimiento	Anual
Boquillas monitoras	Mantenimiento	Anual

TABLA 28

RESUMEN DE INSPECCIÓN, PRUEBA Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS DE INCENDIO

En la tabla 28, se muestra el resumen de las actividades a realizar

Item	Actividad	Frecuencia
Caseta de bombas	Inspección	Semanal
Rejilla de ventilación de calefacción	Inspección	Semanal
Sistema de bombas de incendio	Inspección	Semanal
Operación de la bomba sin flujo	Prueba	Semanal
Operación de la bomba con flujo	Prueba	Anual
Hidráulico	Mantenimiento	Anual
Transmisión mecánica	Mantenimiento	Anual
Sistema eléctrico	Mantenimiento	Variable
Regulador, diferentes componentes	Mantenimiento	Variable
Motor	Mantenimiento	Anual
Sistema maquina diesel, diferentes componentes	Mantenimiento	Variable

TABLA 29

RESUMEN DE INSPECCIÓN, PRUEBA Y MANTENIMIENTO DE TANQUES DE ALIMENTACIÓN DE AGUA

En la tabla 29, se muestra el resumen de las actividades a realizar

Item	Actividad	Frecuencia
Estado del agua en el tanque	Inspección	Mensual / Trimestral
Temperatura del agua	Inspección	Diaria / Semanal
Sistema de calefacción	Inspección	Diaria / Semanal
Válvulas de control	Inspección	Semanal / Trimestral
Agua - nivel	Inspección	Mensual / Trimestral
Presión de aire	Inspección	Mensual / Trimestral
Exterior del tanque	Inspección	Trimestral
Estructura de soporte	Inspección	Trimestral
Pasarelas y escaleras	Inspección	Trimestral
Área circundante	Inspección	Trimestral
Aros y enrejados	Inspección	Anual
Superficies pintadas y revestidas	Inspección	Anual
Juntas de expansión	Inspección	Anual
Interior	Inspección	5 años / 3 años
Válvulas de retención	Inspección	5 años / 3 años
Alarmas de temperatura	Prueba	Mensual
Interruptores de limite de alta temp.	Prueba	Mensual
Alarmas de nivel de agua	Prueba	Semestral
Indicadores de nivel	Prueba	5 años
Indicadores de presión	Prueba	5 años
Nivel de agua	Mantenimiento	Trimestral
Desagüe del sedimento	Mantenimiento	Semestral
Válvulas controladoras	Mantenimiento	Anual
Válvulas retención	Mantenimiento	Trimestral

CAPÍTULO 6

6. COSTOS.

6.1. Costos del Sistema de Bombeo

PROYECTO	SISTEMA CONTRA INCENDIO
FECHA	MAYO 2012
ITEM	1
RUBRO	GRUPO BOMBEO Y TANQUE ALIMENTACION SCI
UNIDAD	UNIDAD
ESPECIFIC	

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	SUBTOTAL
Bomba principal	unidad	1.00	$9,000.00	$9,000.00
Bomba jockey	unidad	1.00	$1,500.00	$1,500.00
Motor	unidad	1.00	$3,500.00	$3,500.00
Pl/HN 6000x1500x6mm	unidad	4.00	$450.00	$1,800.00
Pl/HN 6000x1500x6mm	unidad	3.00	$450.00	$1,350.00
Pl/HN 6000x1500x5mm	unidad	9.00	$375.00	$3,375.00
Pl/HN 6000x1500x4mm	unidad	3.00	$300.00	$900.00
Pl/HN 6000x1500x6mm	unidad	4.00	$450.00	$1,800.00
L 50x6m	unidad	3.00	$31.00	$93.00
tubo H/N 1 1/4" L=6m e=2mm	unidad	4.00	$12.00	$48.00
tubo H/N 3/4" L=6m e=1.5mm	unidad	2.00	$6.00	$12.00
platina 2" e=6mm	unidad	3.00	$17.00	$51.00
platina 1 1/2" e=6mm	unidad	9.00	$13.00	$117.00
Pl/HN 2440x1220x10mm	unidad	1.00	$258.00	$258.00
pernos galv d=5/8" L= 2"	unidad	20.00	$0.35	$7.00
tuerca galv 5/8"	unidad	20.00	$0.30	$6.00
anillo presión 5/8"	unidad	20.00	$0.30	$6.00
nivel	global	1.00	$200.00	$200.00
accesorios	global	1.00	$200.00	$200.00
soldadura E-6011	5kg	6.00	$16.00	$96.00
soldadura mig 1.2mm	15kg	8.00	$75.00	$600.00
diluyente	gal	10.00	$6.00	$60.00
pintura epoxica	gal	26.00	$25.00	$650.00
pintura esmalte	gal	26.00	$12.00	$312.00
disco pulir	unidad	12.00	$6.00	$72.00
disco corte	unidad	12.00	$6.00	$72.00
oxigeno	bot 12m3	5.00	$25.00	$125.00
guantes	pares	5.00	$3.00	$15.00
cinturón seguridad	unidad	5.00	$10.00	$50.00
gafas	unidad	5.00	$3.00	$15.00
camisetas	unidad	10.00	$2.00	$20.00
tapones	unidad	5.00	$1.00	$5.00
				$26,315.00

6.2. Costos de Accesorios Mecánicos.

PROYECTO	SISTEMA CONTRA INCENDIO
FECHA	MAYO 2012
ITEM	2
RUBRO	TUBERIAS SISTEMA CONTRA INCENDIO
UNIDAD	UNIDAD
ESPECIFIC	

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	SUBTOTAL
Tuberia 6" ced 40	unidad	10	$217.00	$2,170.00
Codo ranurado 90° Φ=6"	unidad	1	$49.50	$49.50
Reduccion 6"- 4"	unidad	1	$35.00	$35.00
T reduccion 6"- 4"	unidad	1	$55.97	$55.97
Union ranurada 6"	unidad	12	$27.40	$328.80
Brida deslizable Φ6"	unidad	1	$38.68	$38.68
Tuberia 4" ced 40	unidad	6	$135.00	$810.00
Codo ranurado 90° Φ=4"	unidad	2	$17.71	$35.42
T reduccion 4"- 3"	unidad	4	$39.00	$156.00
T reduccion 4" - 2 1/2"	unidad	1	$36.00	$36.00
Reduccion 4" - 2 1/2"	unidad	1	$35.00	$35.00
Union ranurado 4"	unidad	14	$10.15	$142.10
Tuberia 3" ced 40	unidad	16	$91.00	$1,456.00
Codo ranurado 90° Φ=3"	unidad	7	$9.88	$69.16
T reduccion 3"- 2"	unidad	12	$32.00	$384.00
Reduccion 3" - 2"	unidad	10	$26.87	$268.70
Cruz ranurada 3"	unidad	2	$45.00	$90.00
T ranurada 3"	unidad	2	$35.00	$70.00
Union ranurado 3"	unidad	80	$9.15	$732.00
Tuberia 2 1/2" ced 40	unidad	4	$73.00	$292.00
Codo ranurado 90° Φ= 2 1/2"	unidad	3	$8.50	$25.50
Te reduccion 2 1/2" - 1 1/2"	unidad	2	$13.99	$27.98
Union ranurado 2 1/2"	unidad	12	$8.30	$99.60
Tuberia 2" ced 40	unidad	18	$55.00	$990.00
Reduccion ranurada 2" - 1 1/4"	unidad	12	$8.50	$102.00
Te ranurada 2" ced 40	unidad	20	$13.99	$279.80
T reduccion 2" - 1 1/2"	unidad	24	$11.90	$285.60
Reduccion ranurada 2" - 1 1/2"	unidad	28	$18.00	$504.00
Union ranurado 2"	unidad	30	$8.00	$240.00
Tuberia 1 1/2" ced 40	unidad	40	$37.00	$1,480.00
Codo ranurado 1 1/2"	unidad	27	$6.50	$175.50
Reduccion 1 1/2" - 1"	unidad	3	$10.00	$30.00
T reduccion 1 1/2" - 1/2"	unidad	59	$5.86	$345.74
Tuberia 1 1/4" ced 40	unidad	12	$30.00	$360.00

Codo ranurado 1 1/2"	unidad	11	$6.00	$66.00
Reduccion 1 1/4" - 1"	unidad	1	$9.00	$9.00
T 1 1/4"	unidad	12	$7.00	$84.00
Tuberia 1" ced 40	unidad	5	$24.00	$120.00
Codo 90° roscado H/N Φ= 1"	unidad	4	$0.85	$3.40
Tuberia 1/2" ced 40	unidad	3	$13.00	$39.00
Siamesa 4" incluida placa	unidad	1	$295.00	$295.00
Cajetin metalico 1x0.8x0.22m incluida chapa	unidad	2	$130.00	$260.00
Manguera doble chaqueta d= 1 1/2" L=30m	unidad	2	$198.89	$397.78
Piton bronce d= 1 1/2" UL/FM	unidad	2	$28.00	$56.00
Porta manguera bronce d= 1 1/2 UL/FM	unidad	2	$38.00	$76.00
Valvula angular d= 2 1/2" UL/FM	unidad	2	$198.87	$397.74
Valvula angular d= 1 1/2" UL/FM	unidad	2	$85.00	$170.00
Neplo bronce d= 1 1/2 UL/FM	unidad	2	$12.09	$24.18
Neplo H/N 2 1/2 L=15cm	unidad	2	$5.00	$10.00
Neplo H/N 1 1/2 L=15cm	unidad	2	$3.98	$7.96
Extintor 10lbs	unidad	2	$28.00	$56.00
Rociadores up right pendent 1/2" k=5.6	unidad	141	$10.00	$1,410.00
L 60x5mm	unidad	1	$30.00	$30.00
Abrazadera d=9mm L=260mm	unidad	11	$3.00	$33.00
Pernos expnsion 3/8" L=2"	unidad	22	$1.00	$22.00
platina 30x3	unidad	1	$5.00	$5.00
pernos galv 3/8x1 1/2"	unidad	4	$1.00	$4.00
L 60x5mm	unidad	3	$30.00	$90.00
Abrazadera d=9mm L=260mm	unidad	11	$3.00	$33.00
Pernos expnsion 3/8" L=2"	unidad	26	$1.00	$26.00
varilla roscada d=3/8" L=1m	unidad	14	$3.00	$42.00
tuercas galv d=3/8"	unidad	42	$0.30	$12.60
soporte tipo clevis	unidad	14	$5.00	$70.00
viga cargadora C 125x50x3mm	unidad	24	$30.00	$720.00
varilla roscada d=3/8" L=1m	unidad	28	$3.00	$84.00
tuercas galv d=3/8"	unidad	192	$0.30	$57.60
soporte tipo clevis	unidad	84	$3.00	$252.00
viga cargadora C 125x50x3mm	unidad	64	$30.00	$1,920.00
Valvula bola d=1"	unidad	4	$50.00	$200.00
Valvula compuerta d=3"	unidad	4	$320.00	$1,280.00
Valvula detectora flujo d=3"	unidad	4	$150.00	$600.00
Valvula compuerta d=4"	unidad	2	$420.00	$840.00
Valvula detectora flujo d=4"	unidad	1	$250.00	$250.00
Valvula retencion d=4"	unidad	1	$300.00	$300.00
Valvula compuerta d=6"	unidad	1	$686.00	$686.00
Valvula retencion d=6"	unidad	1	$599.00	$599.00
				$23,838.31

6.3. Costos de Accesorios Eléctricos

PROYECTO	SISTEMA CONTRA INCENDIO
FECHA	MAYO 2012
ITEM	3
RUBRO	ACCESORIOS ELECTRICOS
UNIDAD	UNIDAD
ESPECIFIC	

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	SUBTOTAL
Panel control bomba principal	unidad	1.00	$2,500.00	$2,500.00
Panel control bomba jockey	unidad	1.00	$1,000.00	$1,000.00
cable 1/0 Cu TTU	m	150.00	$9.00	$1,350.00
cable #2 Cu TTU	m	50.00	$6.00	$300.00
breaker 125 amp trifasico	unidad	1.00	$97.00	$97.00
tuberia rigida d= 2 1/2	unidad	15.00	$61.00	$915.00
condult LL 2 1/2"	unidad	4.00	$24.00	$96.00
terminal talon cable 1/0	unidad	4.00	$1.00	$4.00
soporteria	unidad	30.00	$10.00	$300.00
cinta aislante	unidad	5.00	$1.00	$5.00
empaques	unidad	1.00	$36.00	$36.00
pernos	unidad	10.00	$1.00	$10.00
guantes	pares	5.00	$3.00	$15.00
cinturón seguridad	unidad	5.00	$10.00	$50.00
gafas	unidad	5.00	$3.00	$15.00
camisetas	unidad	10.00	$2.00	$20.00
tapones	unidad	5.00	$1.00	$5.00
				$6,718.00

6.4. Costos de Instalación del Sistema

PROYECTO	SISTEMA CONTRA INCENDIO			
FECHA	MAYO 2012			
ITEM	1			
RUBRO	GRUPO BOMBEO Y TANQUE ALIMENTACION SCI			
UNIDAD	UNIDAD			
ESPECIFIC				
MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS		**HORAS - EQUIPO**	**COSTO x HORA**	**SUBTOTAL**
soldadora		171.00	$0.24	$41.04
amoladora		123.00	$0.18	$22.14
compresor		28.00	$0.28	$7.84
equipo corte		32.00	$0.34	$10.88
herramientas menores		136.00	$0.14	$19.04
andamios		58.00	$0.20	$11.60
tronzadora		24.00	$0.28	$6.72
taladro		8.00	$0.14	$1.12
				$120.38
MANO OBRA	**CATEGORIA**	**HORAS - HOMBRE**	**COSTO x HORA**	**SUBTOTAL**
maestro		158.00	$3.62	$571.96
soldador		64.00	$3.02	$193.28
pintor		24.00	$2.71	$65.04
oficial		284.00	$2.47	$701.48
				$1,531.76
TRANSPORTE	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO TRANSP**	**SUBTOTAL**
Transporte a obra	flete	1.00	$400.00	$400.00
Grua	horas	4.00	$80.00	$320.00
Rolado	kg	5300.00	$0.50	$2,650.00
Sandblasting	m2	400.00	$2.50	$1,000.00
alquiler planta	dias	20.00	$17.00	$340.00
				$4,710.00
COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)				**$6,362.14**
COSTOS INDIRECTOS (25%)				**$1,590.54**
PRECIO UNITARIO				**$7,952.68**

PROYECTO	SISTEMA CONTRA INCENDIO			
FECHA	MAYO 2012			
ITEM	2			
RUBRO	TUBERIAS SISTEMA CONTRA INCENDIO			
UNIDAD	UNIDAD			
ESPECIFIC				
MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS		**HORAS - EQUIPO**	**COSTO x HORA**	**SUBTOTAL**
soldadora		46.00	$0.24	$11.04
amoladora		30.00	$0.18	$5.40
tronzadora		23.00	$0.28	$6.44
compresor		66.00	$0.34	$22.44
taladro		14.00	$0.14	$1.96
herramientas menores		137.00	$0.20	$27.40
andamios		118.00	$0.34	$40.12
ranuradora		40.00	$0.34	$13.60
roscadora		40.00	$0.34	$13.60
				$142.00
MANO OBRA	**CATEGORIA**	**HORAS - HOMBRE**	**COSTO x HORA**	**SUBTOTAL**
maestro		227.00	$3.62	$821.74
soldador		46.00	$3.02	$138.92
pintor		82.00	$2.71	$222.22
oficial		358.00	$2.47	$884.26
albanil		27.00	$3.02	$81.54
				$2,148.68
TRANSPORTE	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO TRANSP**	**SUBTOTAL**
Transporte a obra	flete	3.00	$50.00	$150.00
alquiler planta	dias	15.00	$17.00	$255.00
				$405.00
COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)				**$2,695.68**
COSTOS INDIRECTOS (25%)				**$673.92**
PRECIO UNITARIO				**$3,369.60**

PROYECTO	SISTEMA CONTRA INCENDIO			
FECHA	MAYO 2012			
ITEM	3			
RUBRO	ACCESORIOS ELECTRICOS			
UNIDAD	UNIDAD			
ESPECIFIC				
MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS		**HORAS - EQUIPO**	**COSTO x HORA**	**SUBTOTAL**
taladro		24.00	$0.14	$3.36
herramientas menores		24.00	$0.20	$4.80
				$8.16
MANO OBRA	**CATEGORIA**	**HORAS - HOMBRE**	**COSTO x HORA**	**SUBTOTAL**
electricicsta		24.00	$3.62	$86.88
oficial		24.00	$2.47	$59.28
				$146.16
TRANSPORTE	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO TRANSP**	**SUBTOTAL**
alquiler planta	dias	3.00	$17.00	$51.00
				$51.00
COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)				**$205.32**
COSTOS INDIRECTOS (25%)				**$51.33**
PRECIO UNITARIO				**$256.65**

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La existencia y utilización de las normas de la NFPA, son la mejor herramienta al momento de diseñar, construir e instalar un sistema contra incendios, ya que permite tener consideraciones técnicas para diferentes situaciones que se puedan presentar.

Otra herramienta fundamental que se debe tomar en cuenta son la variedad de métodos de evaluación de riesgo que existen y que son útiles, cuando se quiera saber si las consideraciones hechas para la selección del método de extinción de incendio, fueron suficientes para el riesgo existente en el área de estudio.

Al momento de diseñar el sistema contra incendio, las normas de la NFPA son muy conservadoras, esto por esto que si se lo hace siguiendo las recomendaciones que da la norma, se tendrá un buen margen de seguridad en este sistema.

Los altos costos del equipo de bombeo, motor a diesel (si fuera el caso), tanque de almacenamiento, hacen que instalar un sistema contra incendio en una planta, sea una inversión muy alta, que no todos los empresarios quieren hacer y en ocasiones esperan a que ocurra un siniestro de grandes proporciones para iniciarla.

RECOMENDACIONES

Debido a la antigüedad de la empresa y al crecimiento no planificado, es decir si la empresa se ampliaba lo mismo se hacía con el sistema contra se le añadía metros de tubería sin tener un estudio base para estar seguro de lo que se hacía, es por esto que se debería hacer un rediseño general del sistema contra incendio actual.

Existen partes de la fábrica que aún no tienen protección contra incendios por lo tanto es recomendable que inmediatamente se instalen sistemas de protección contra incendio en dichas áreas.

No se puede jugar a ser ingeniero al momento de contratar la instalación de un sistema contra incendio y hacerlo con cualquier trabajador o contratista de la empresa, sino que se debe contratar con empresas calificadas para dicho trabajo.

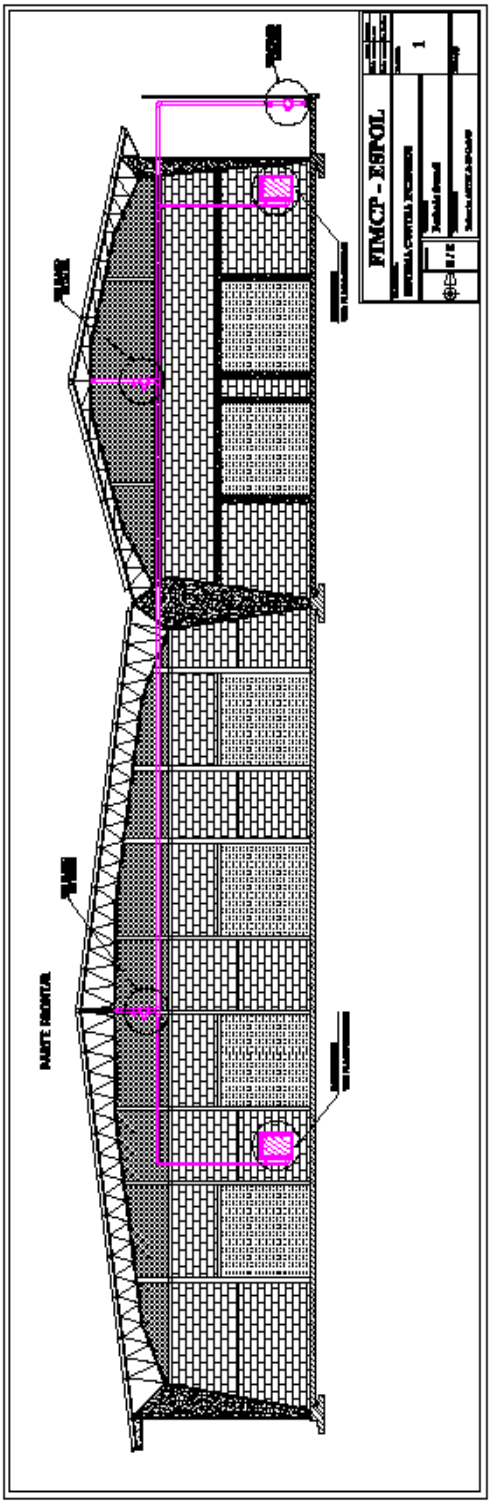
No tener restricciones técnicas y económicas al momento de contratar la instalación de un sistema contra incendios, ya que al momento de un siniestro todas las restricciones hechas se verán reflejadas en las pérdidas sean estas económicas o humanas todas las restricciones hechas.

Es necesario tomar conciencia de la importancia que tiene un sistema contra incendio en la vida de una fábrica, por ende se debe evitar aprobar de manera fraudulenta las inspecciones que el cuerpo de bomberos realiza anualmente.

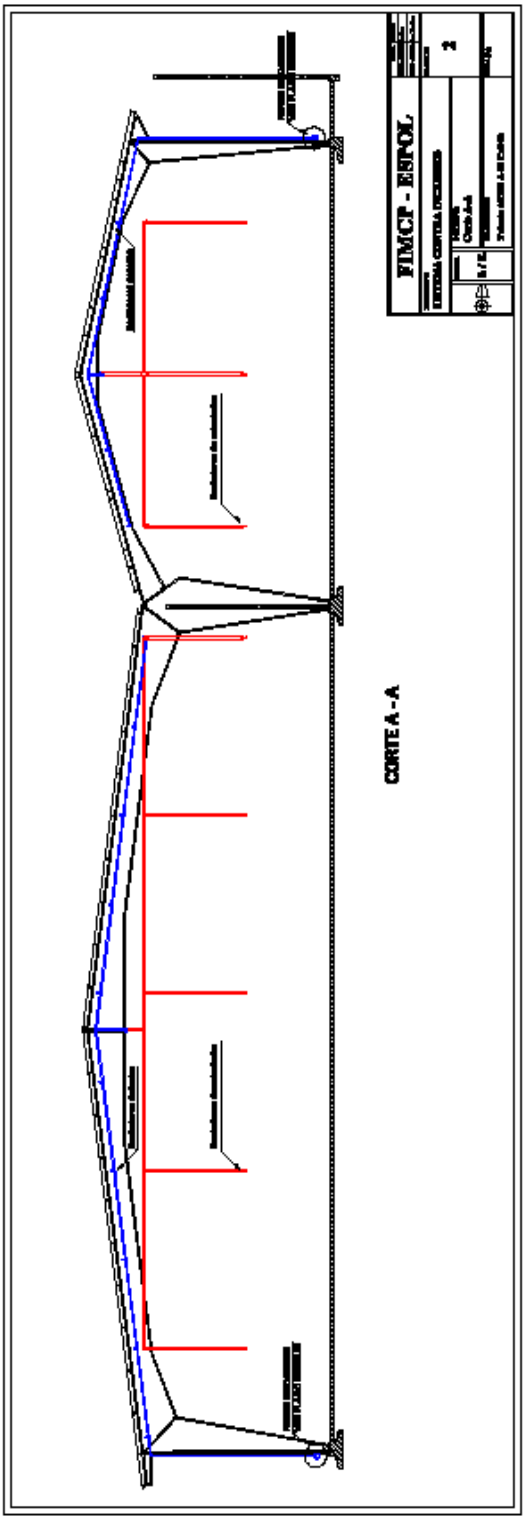
Se debe capacitar a los empleados de la empresa para formar verdaderas brigadas contra incendio, ya que estas pueden ayudar a disminuir las pérdidas ya sean estas económicas o vidas humanas.

PLANOS

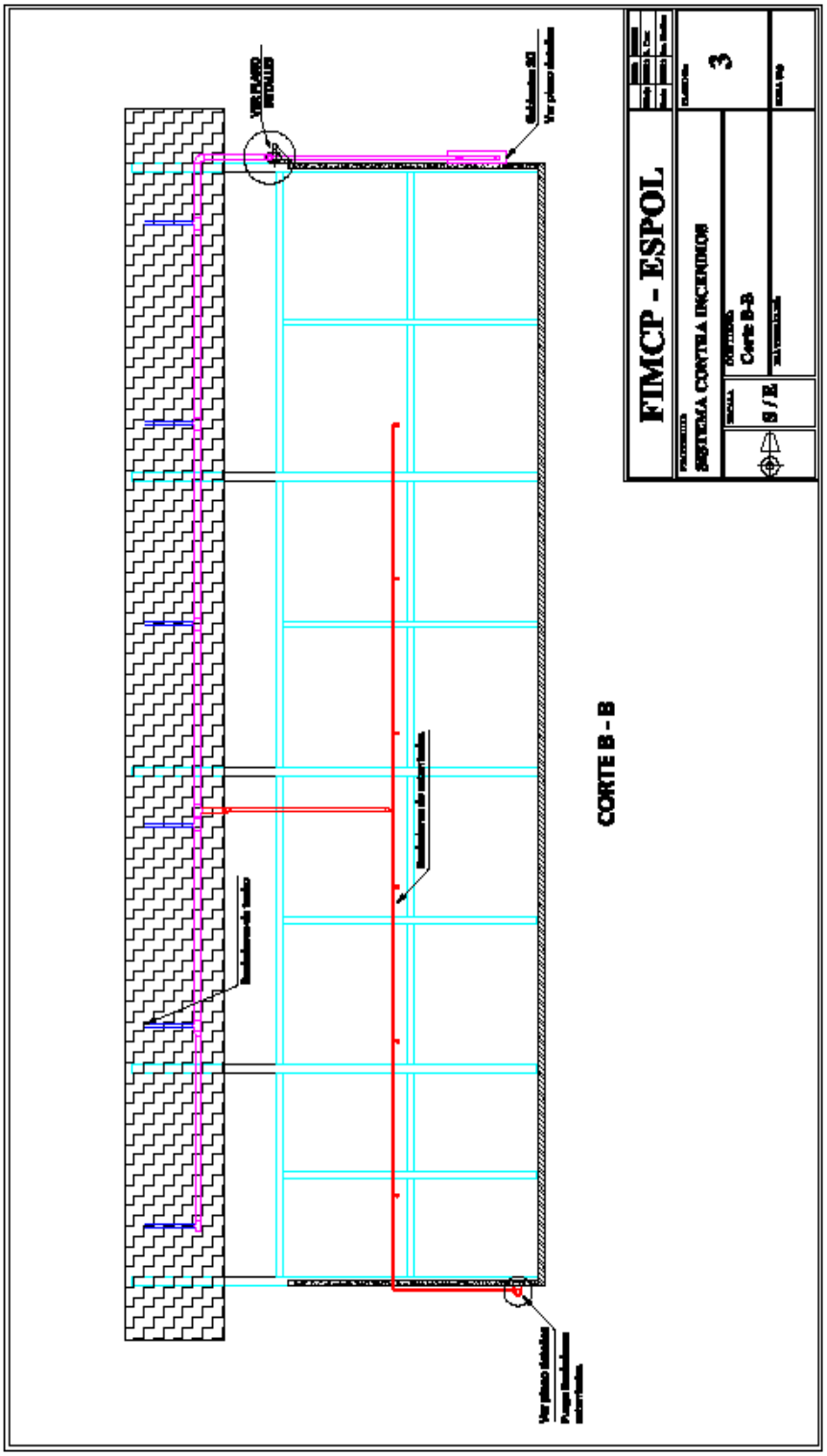
PLANO No. 1



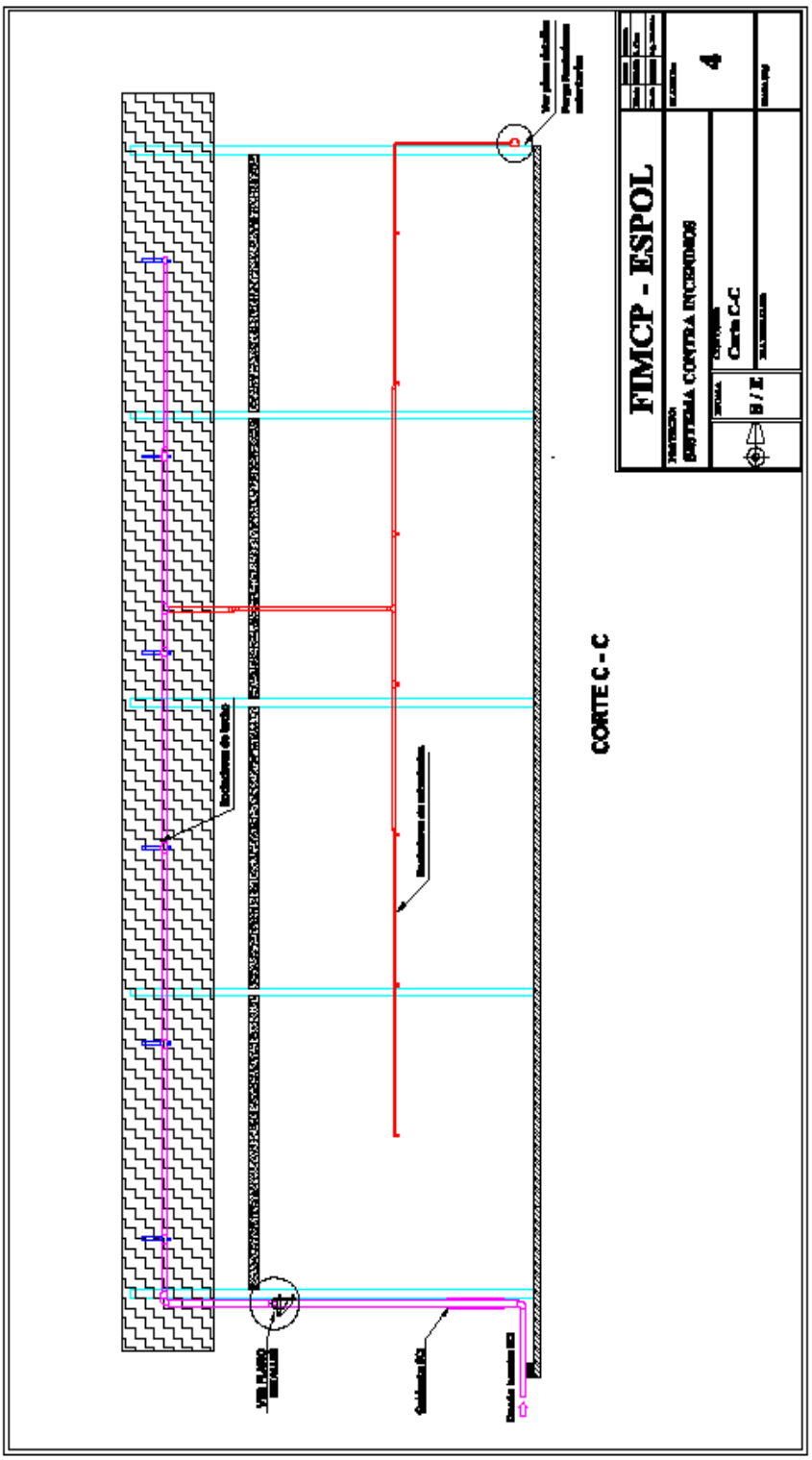
PLANO No. 2



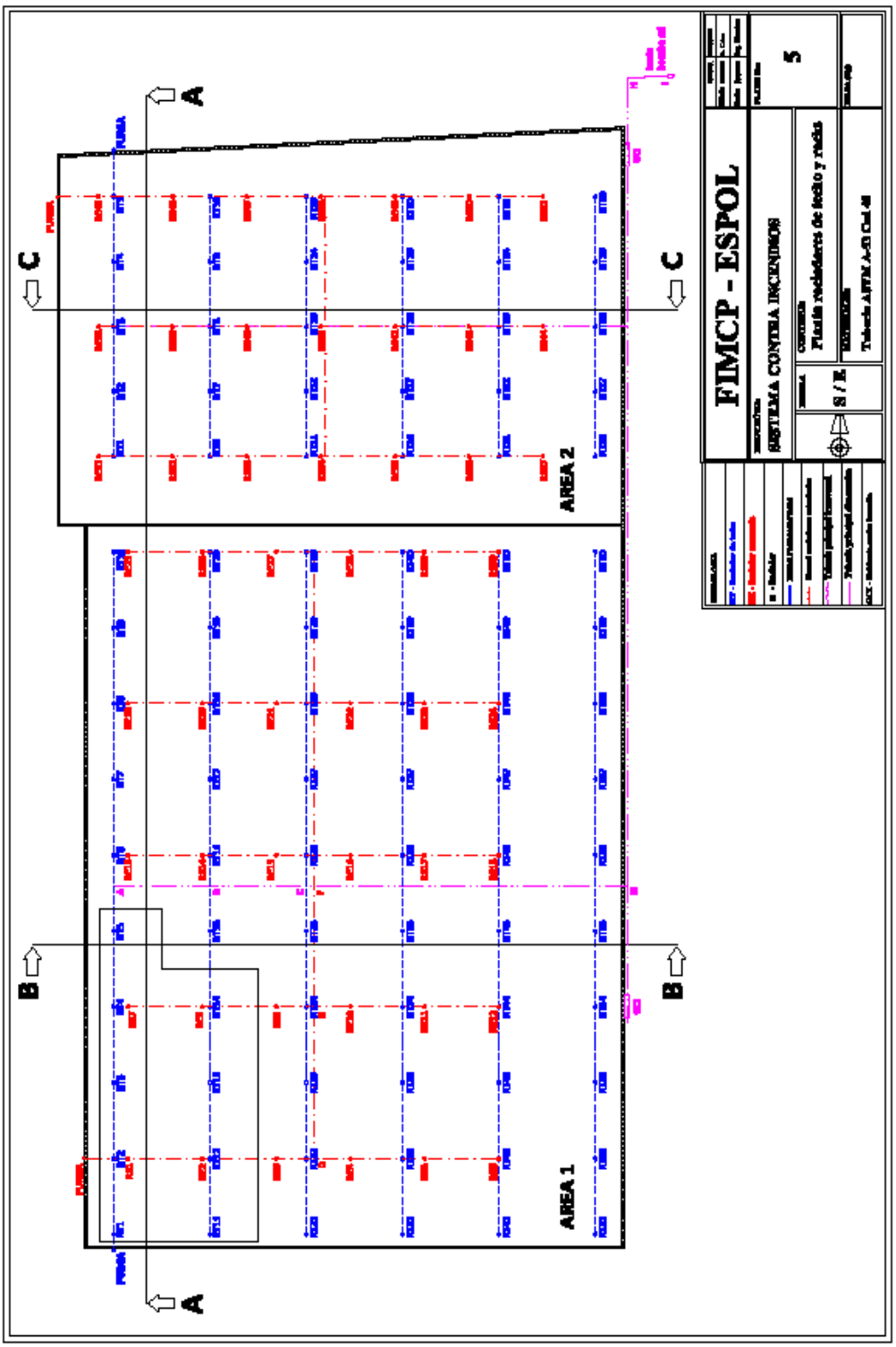
PLANO No. 3



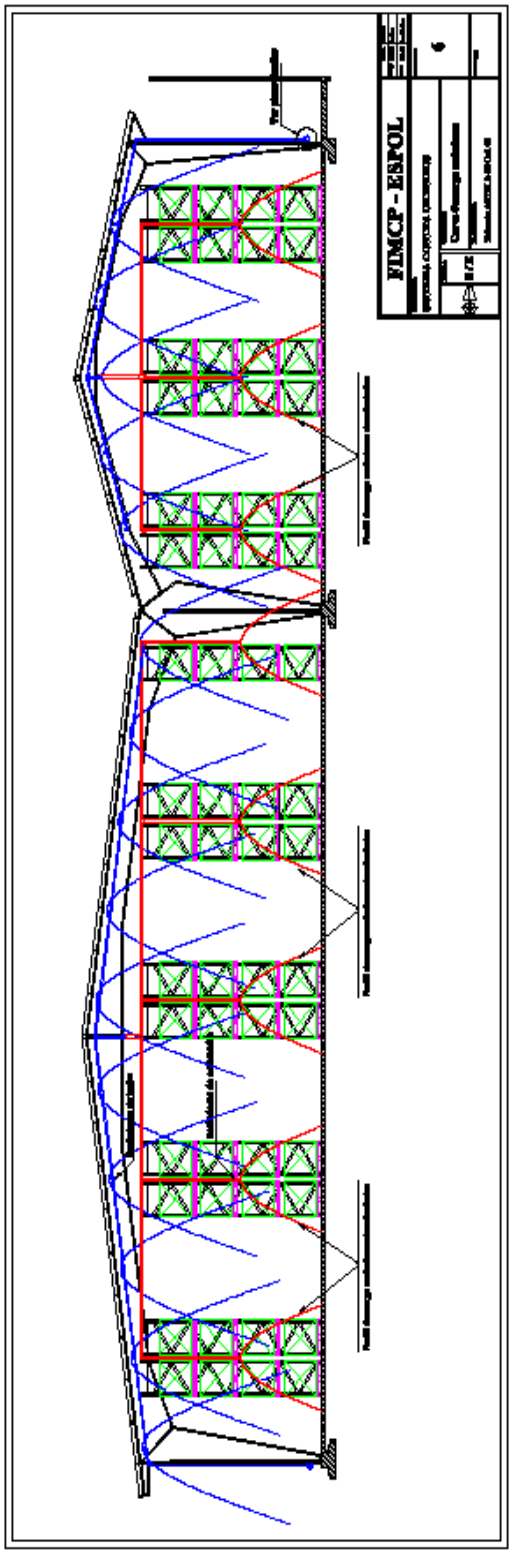
PLANO No. 4


FIMCP - ESPOL
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS
4
Corte C-C
B / E
CORTE C - C

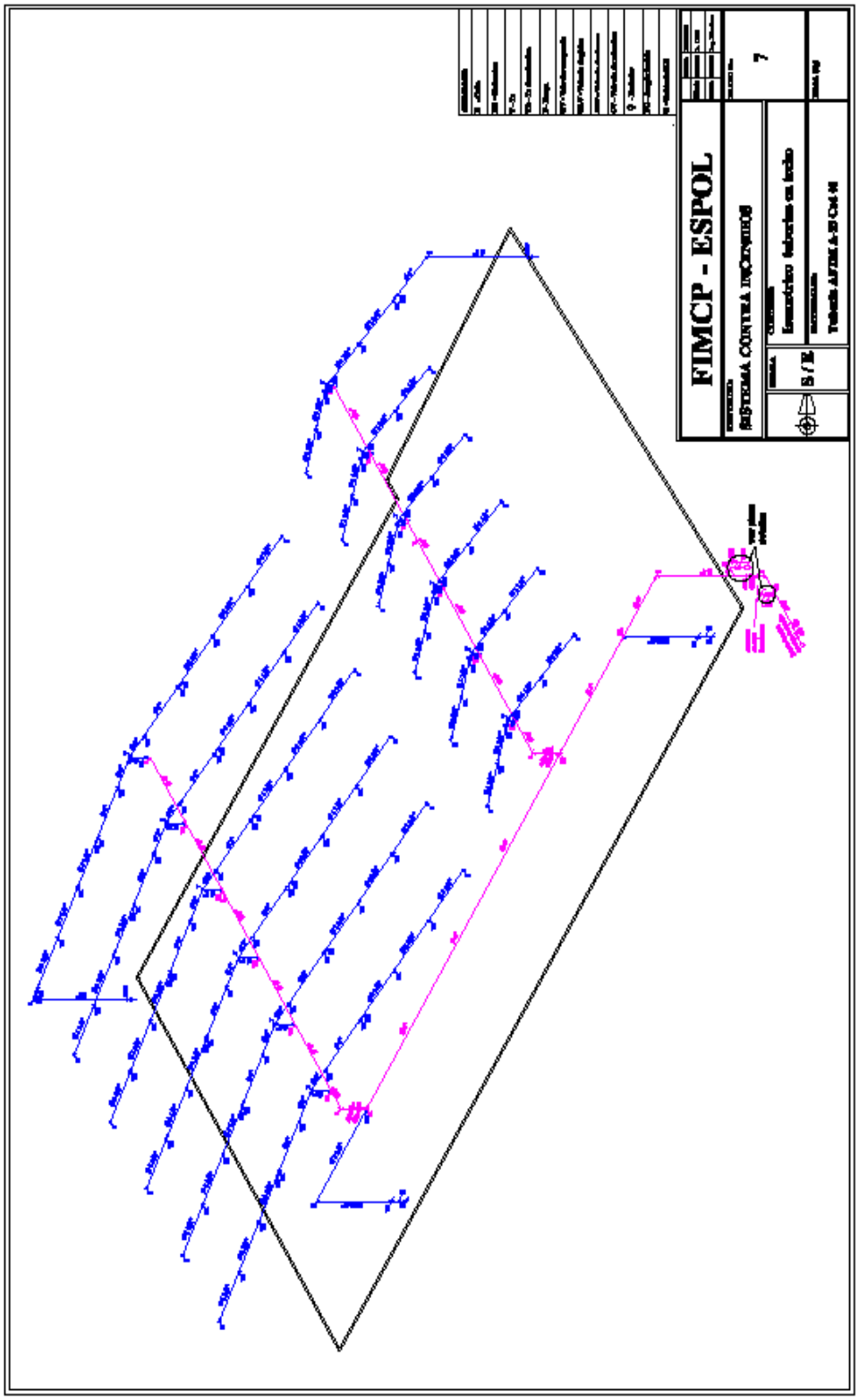
PLANO No. 5



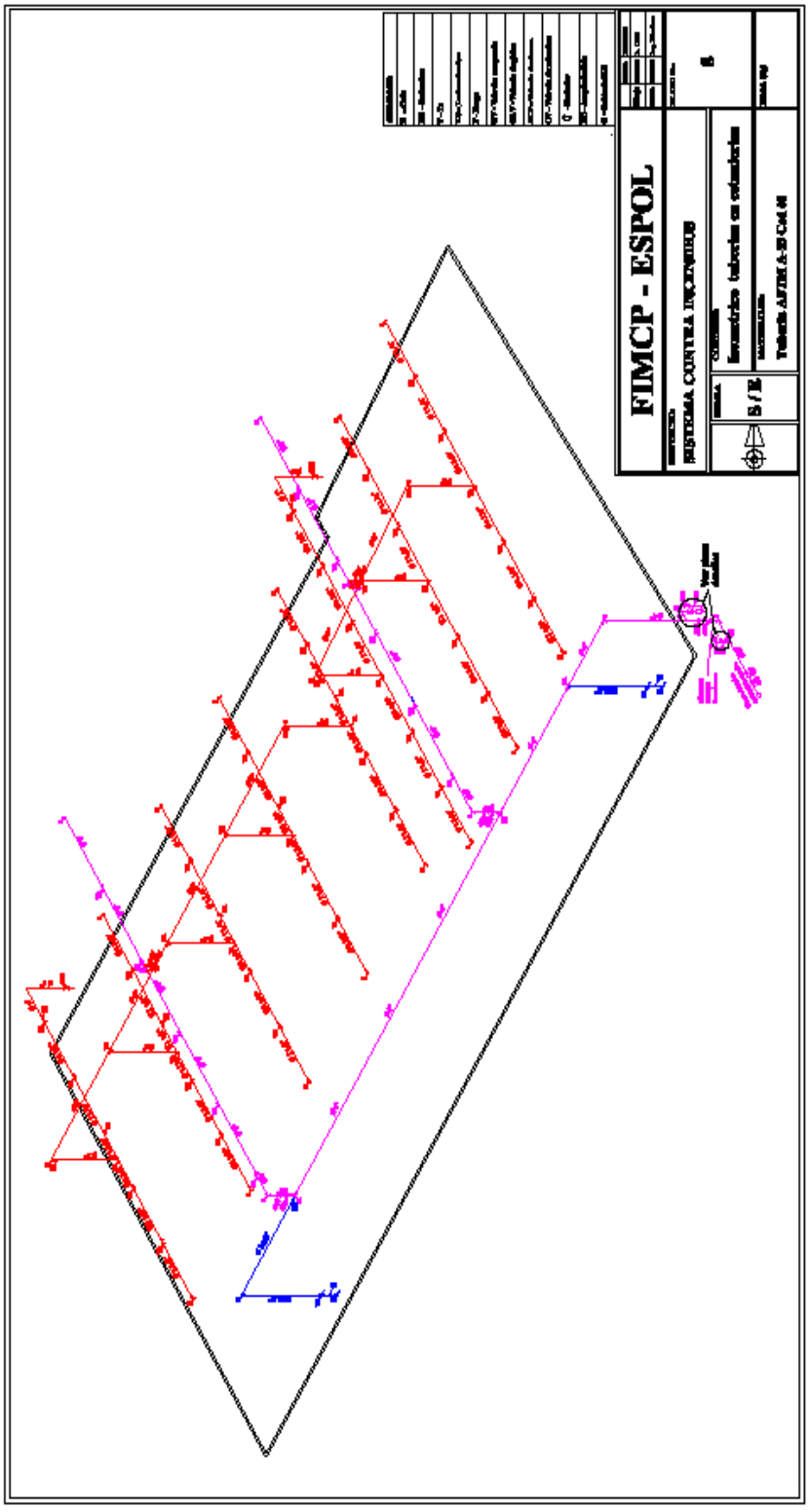
PLANO No. 6



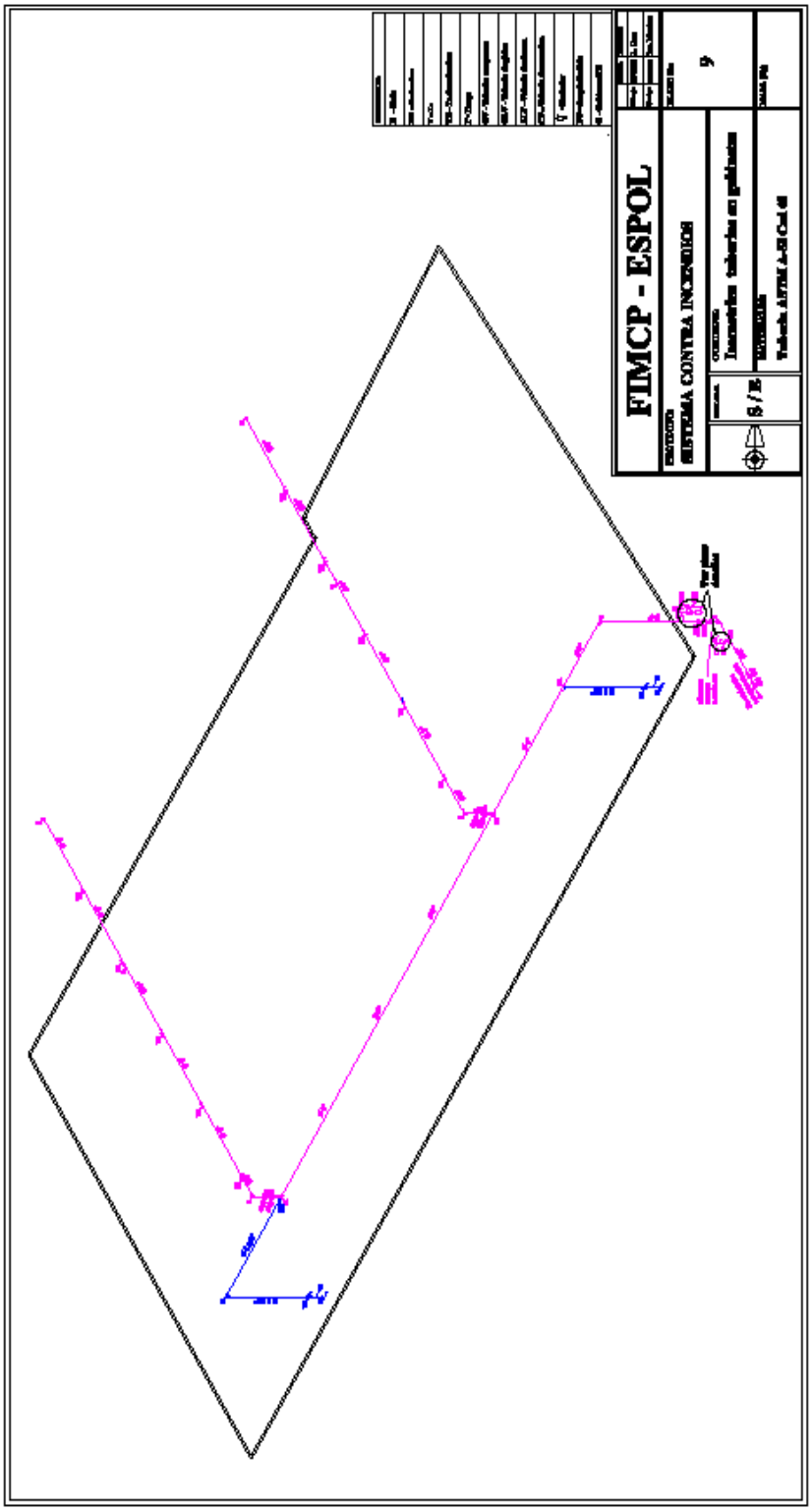
PLANO No. 7



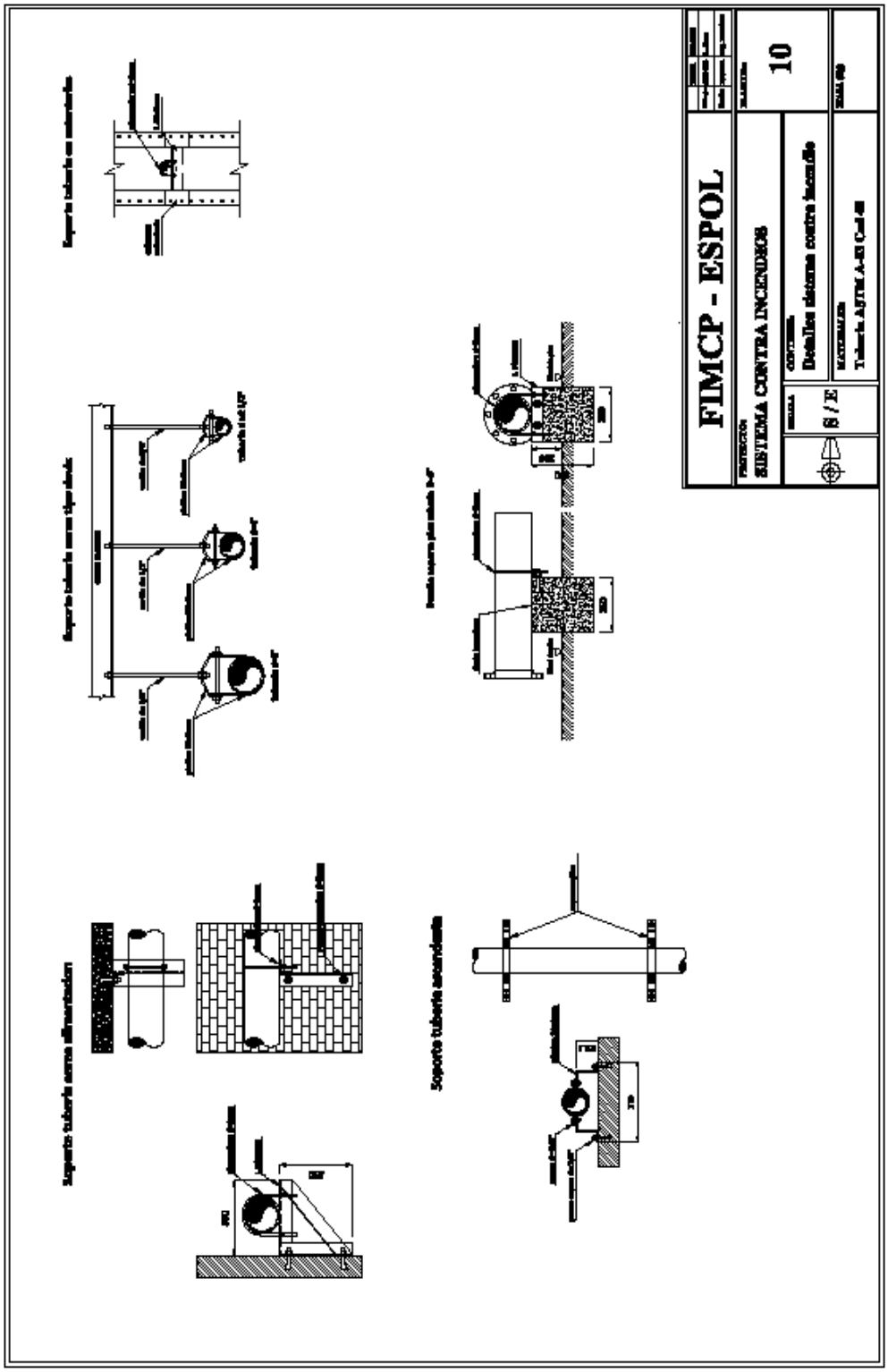
PLANO No. 8



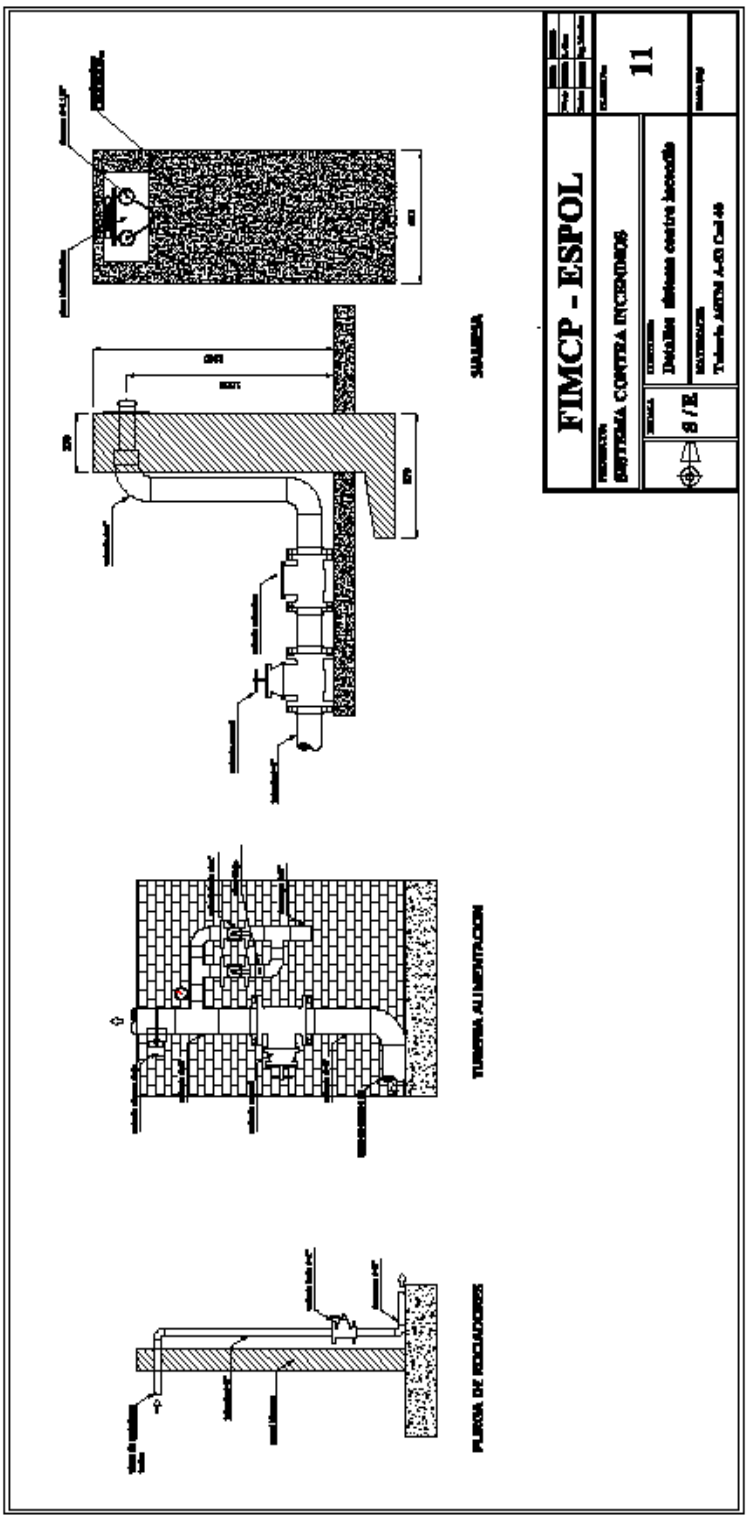
PLANO No. 9



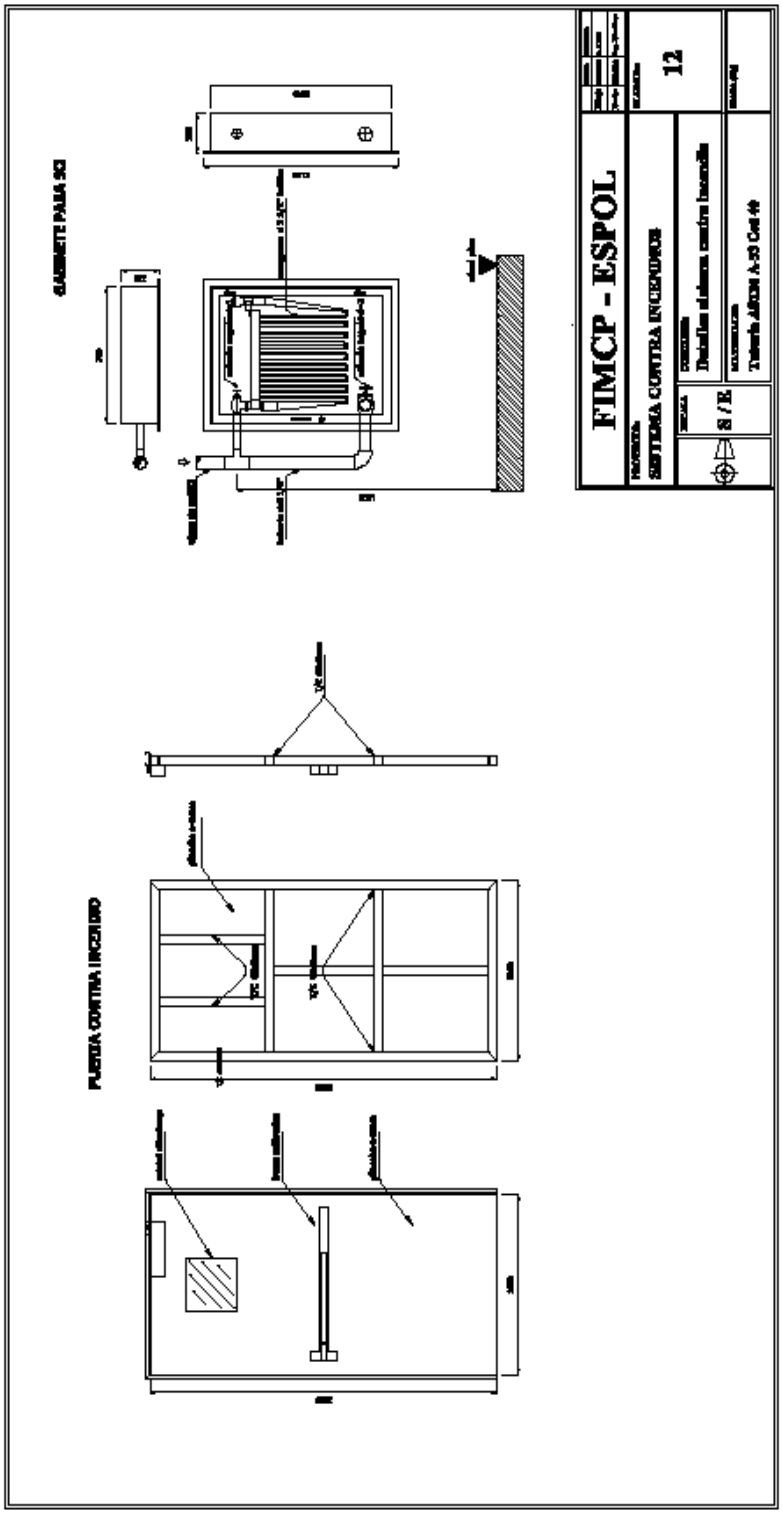
PLANO No. 10


FIMCP - ESPOL
SISTEMA CONTRA INCENDIOS
10
S / E
Detalles sistema contra incendio
Tubería ASTM A-53 Ced 40

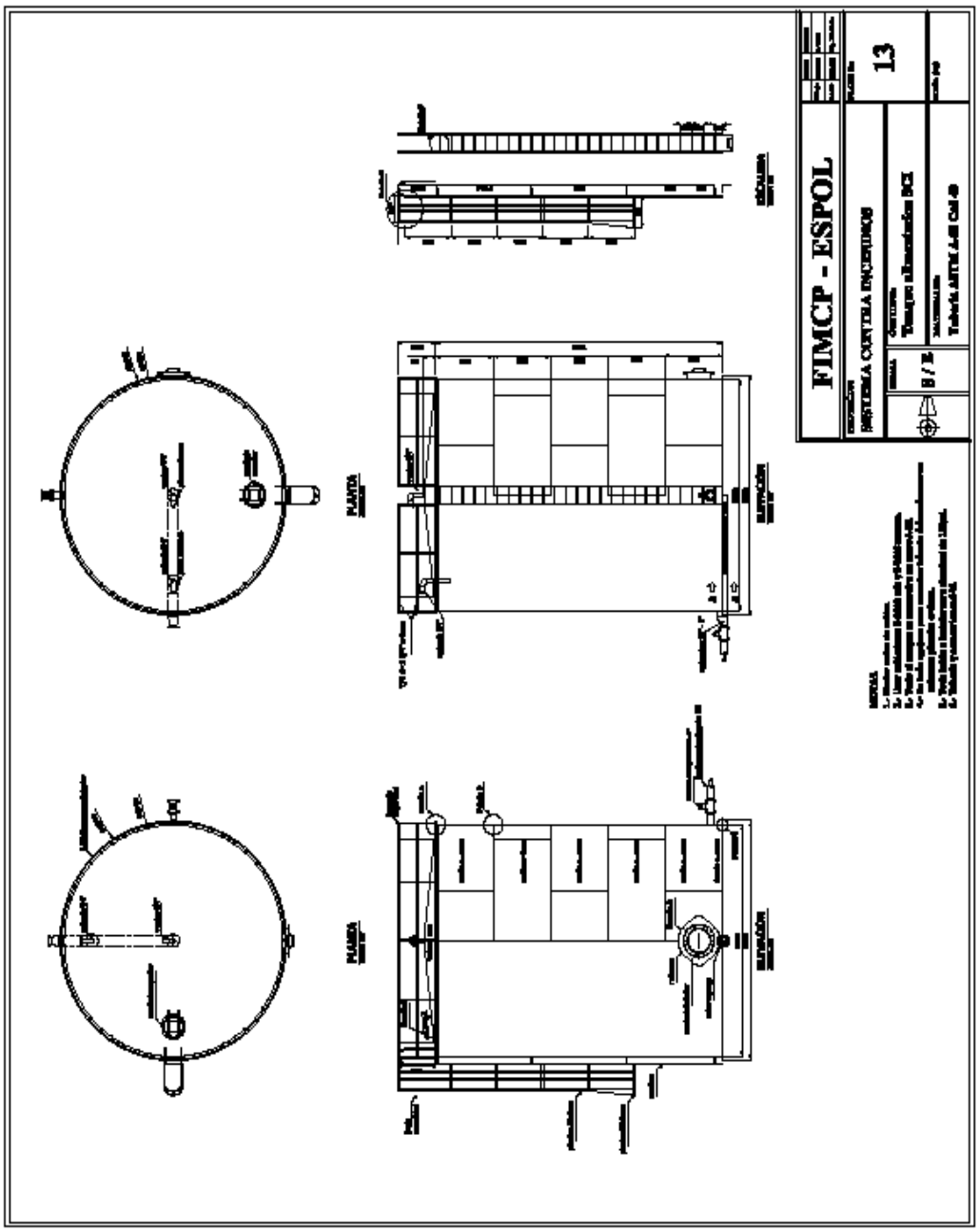
PLANO No. 11


FIMCP - ESPOL
SISTEMA CONTRA INCENDIOS
11
S / E
Detalles sistema contra incendio
Tubería ASTM A-53 Ced 40
SIAMESA
TUBERIA ALIMENTACION
PLANTA DE ROCIADORES

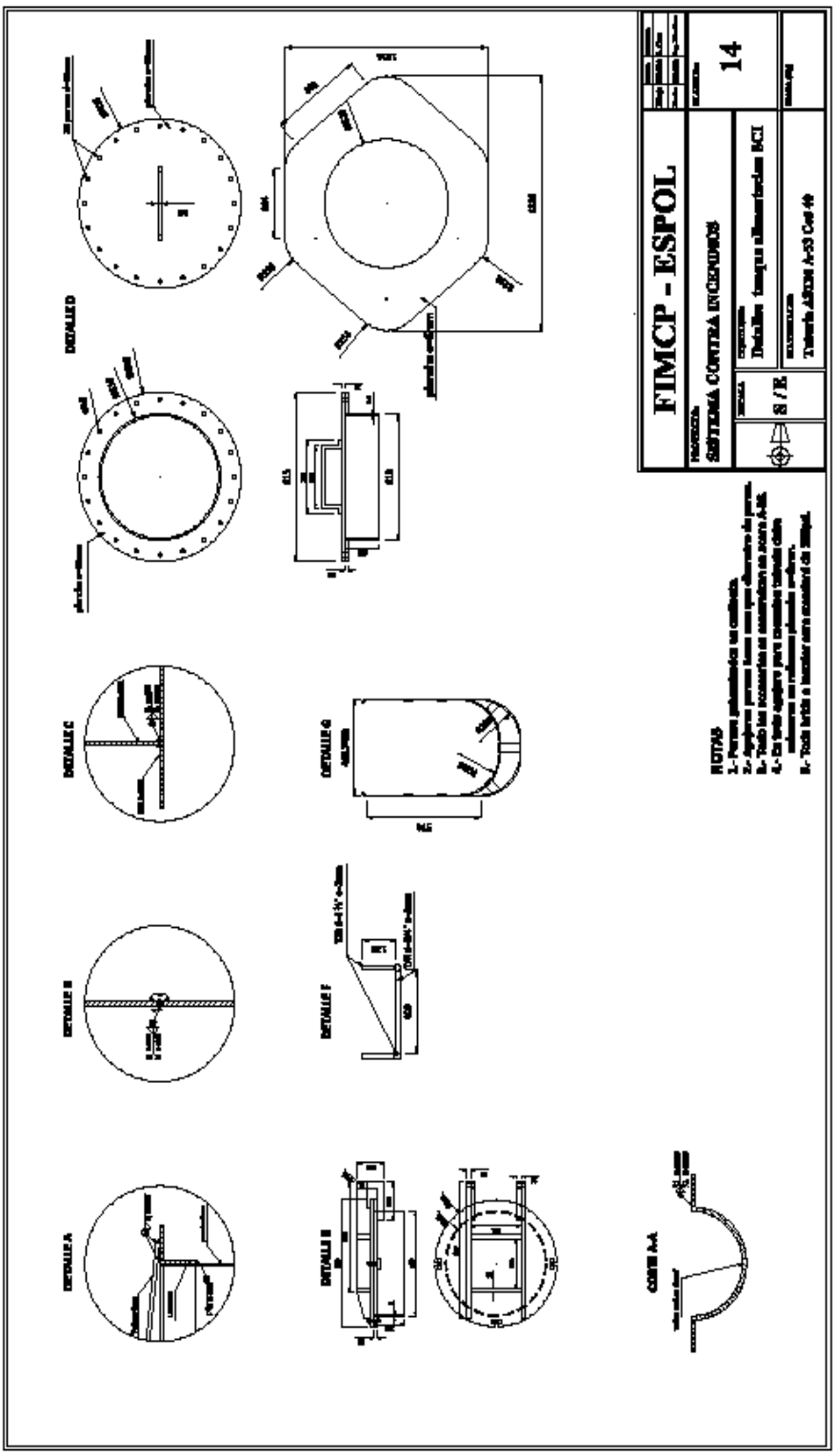
PLANO No. 12



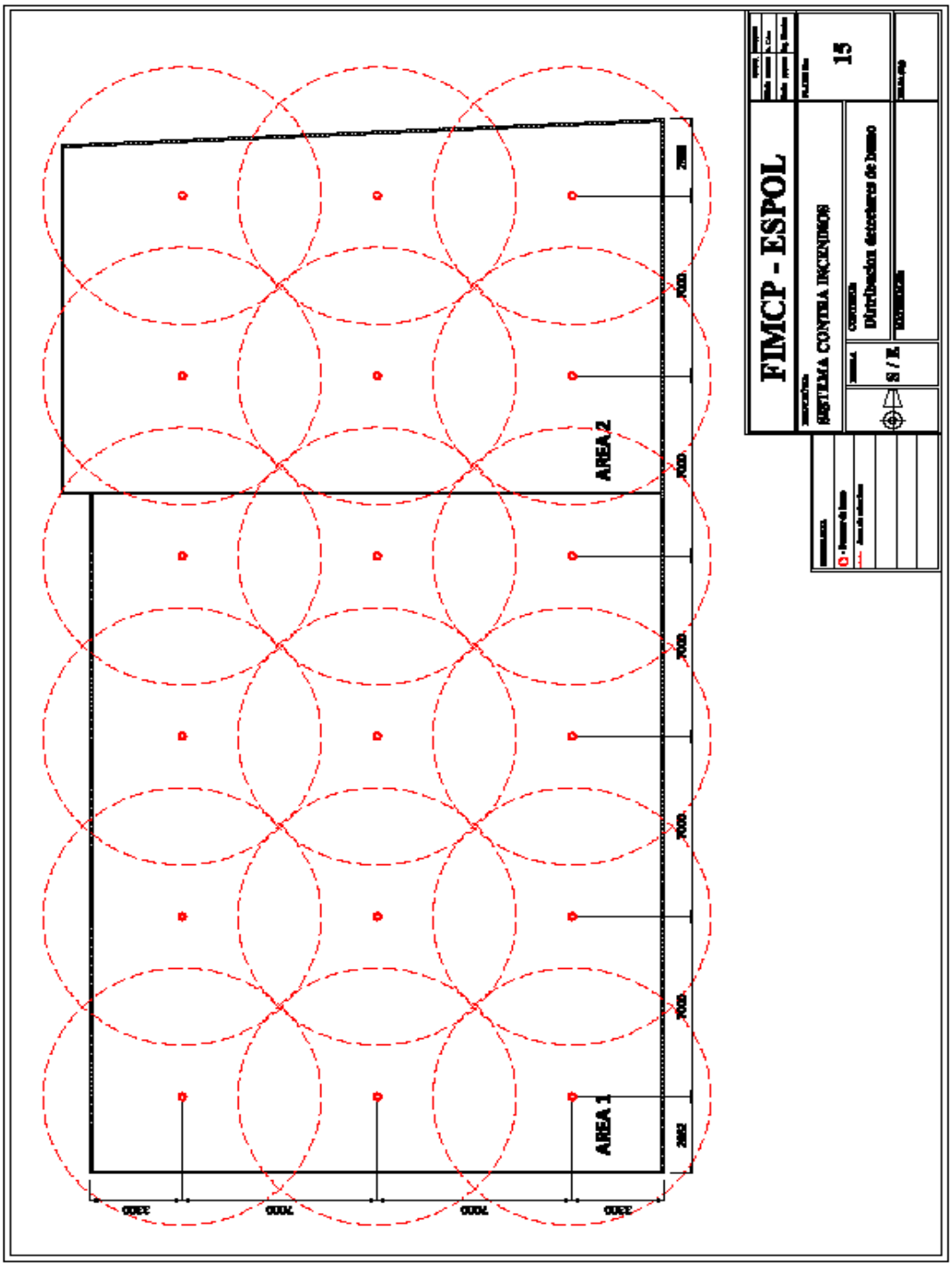
PLANO No. 13



PLANO No. 14


FIMCP - ESPOL
SISTEMA CONTRA INCENDIOS
14
S / E
DETALLE A
DETALLE B
DETALLE C
DETALLE D
DETALLE E
DETALLE F
DETALLE G
CORTE A-A
NOTAS

PLANO No. 15


FIMCP - ESPOL
SISTEMA CONTRA INCENDIOS
15
S / E
AREA 2
AREA 1
7000
3300

APÉNDICES

APÉNDICE 1

ESPECIFICACIONES TECNICAS BOQUILLAS PULVERIZADORAS

VIKING | TECHNICAL DATA | FRAME STYLE SPRAY NOZZLES

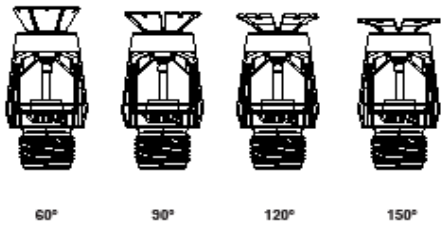
The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Drive, Hastings MI 49058
Telephone: 269-945-9501 Technical Services: 877-384-5464 Fax: 269-818-1680 Email: techsvcs@vikingcorp.com

1. DESCRIPTION

Viking Frame Style Spray Nozzles are small, directional spray nozzles for use on water spray systems. They are thermosensitive glass bulb style nozzles, however they may be ordered OPEN (glass bulb and pip cap assembly removed) for use on deluge systems.

These Frame Style Spray Nozzles are available in various finishes, temperature ratings, orifice sizes, and spray pattern discharge angles to meet design requirements. When spraying, the nozzles discharge a cone-shaped spray pattern. The deflector determines the included angle of spray pattern discharge. A special ring provides uniform distribution throughout the spray pattern.

Other features include the small frame, which allows proper nozzle positioning even in congested areas, and the nominal 3 mm glass bulb contained entirely inside the frame for protection from most mechanical damage. The glass bulb operating elements are resistant to more corrosive atmospheres than metal elements. The special Teflon® coating has been investigated for installation in corrosive atmospheres and is cULus listed as corrosion resistant as indicated in the Approval Chart.



Nozzles are shown with deflectors in the upright position for clarity. May be installed in any position to meet design requirements.

2. LISTINGS AND APPROVALS

cULus Listed: Category VGYZ
NYC Approved: MEA 89-92-E, Volume 29

NOTE: International approval certificates are available upon request. Refer to the Approval Chart on page 31d and Design Criteria on page 31e for cULus listing requirements that must be followed.

3. TECHNICAL DATA

Viking Technical Data may be found on The Viking Corporation's Web site at http://www.vikinggroupinc.com. The Web site may include a more recent edition of this Technical Data Page.

Specifications:
Minimum Operating Pressure: 7 PSI (0.5 bar)
Rated to 175 PSI (12 bar) water working pressure.
Factory tested hydrostatically to 500 PSI (34.5 bar)
Refer to page 31e-i for spray patterns.
Frame Style Spray Nozzles are available in various orifice sizes. The smallest nozzle passage is 1/4" (6 mm) for Part Nos. 16964-16967; 5/16 (8 mm) for Part Nos. 16960-16963; 3/8" (10 mm) for Part Nos. 16956-16959; 7/16" (11 mm) for Part Nos. 16952-16955; 1/2" (13 mm) for Part Nos. 16948-16951.
The spray nozzle deflector is identified with the U.S. K-Factor, spray angle, and temperature rating.
Thread size: 1/2" (13 mm) NPT
Nominal K-Factors: Refer to the Approval Chart
Glass-bulb fluid temperature rated to -65 °F (-55 °C)
Overall Length: Refer to the Approval Chart

Spray Nozzle Material Standards:
Frame Casting: Brass UNS-C84400
Deflector: Copper UNS-C19500
Ring: Copper UNS-C19500
Bulb: Glass, nominal 3 mm diameter
Belleville Spring Sealing Assembly: Nickel Alloy, coated on both sides with Teflon Tape
Screw: Brass UNS-C36000
Bushing (Small Orifice Nozzles): Brass UNS-C36000
Pip Cap: Brass UNS-C31600
For Teflon® Coated Nozzles: Belleville Spring-Exposed, Screw-Nickel Plated (painted black for appearance only), Pip Cap-Teflon® Coated

Replaces page 31a-e, dated April 16, 2010. (New part numbers, changed 5 mm bulb to 3 mm, removed SIN numbers, revised pip cap material, replaced image.)

APÉNDICE 2

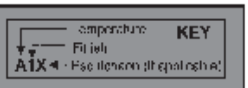
ESPECIFICACIONES TECNICAS BOQUILLAS PULVERIZADORAS

VIKING | TECHNICAL DATA | FRAME STYLE SPRAY NOZZLES

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

Approval Chart

Frame Style Spray Nozzles[2]
Open or Automatic



Base Part Number[1] (Specify Open or Automatic)	Pattern	Thread Size		Nominal Orifice		Nominal K-Factor		Overall Length		Listings and Approvals[4] (Refer also to Design Criteria on page 31d.)	
		NPT	BSP	Inches	mm	U.S.	metric[3]	Inches	mm	cULus[5]	NYC[6]
1/2" (13 mm) Orifice											
16948	60°	1/2"	13 mm	1/2"	13 mm	5.6	80.6	2-11/16	68.3	A1, B1	A1, B1
16949	90°	1/2"	13 mm	1/2"	13 mm	5.6	80.6	2-9/16	65.1	A1, B1	A1, B1
16950	120°	1/2"	13 mm	1/2"	13 mm	5.6	80.6	2-17/32	64.3	A1, B1	A1, B1
16951	150°	1/2"	13 mm	1/2"	13 mm	5.6	80.6	2-1/2	63.5	A1, B1	A1, B1
7/16" Orifice[7]											
16952	60°	1/2"	13 mm	7/16"	--	4.2	57	2-11/16	68.3	A1, B1	A1, B1
16953	90°	1/2"	13 mm	7/16"	--	4.2	57	2-9/16	65.1	A1, B1	A1, B1
16954	120°	1/2"	13 mm	7/16"	--	4.2	57	2-17/32	64.3	A1, B1	A1, B1
16955	150°	1/2"	13 mm	7/16"	--	4.2	57	2-1/2	63.5	A1, B1	A1, B1
3/8" (10 mm) Orifice[7]											
16956	60°	1/2"	13 mm	3/8"	10 mm	2.8	40.3	2-11/16	68.3	A1, B1	A1, B1
16957	90°	1/2"	13 mm	3/8"	10 mm	2.8	40.3	2-9/16	65.1	A1, B1	A1, B1
16958	120°	1/2"	13 mm	3/8"	10 mm	2.8	40.3	2-17/32	64,3	A1, B1	A1, B1
16959	150°	1/2"	13 mm	3/8"	10 mm	2.8	40.3	2-1/2	63.5	A1, B1	A1, B1
5/16" Orifice[7]											
16960	60°	1/2"	13 mm	5/16"	--	1.9	27.4	2-11/16	68.3	A1, B1	A1, B1
16961	90°	1/2"	13 mm	5/16"	--	1.9	27.4	2-9/16	65.1	A1, B1	A1, B1
16962	120°	1/2"	13 mm	5/16"	--	1.9	27.4	2-17/32	64.3	A1, B1	A1, B1
16963	150°	1/2"	13 mm	5/16"	--	1.9	27.4	2-1/2	63.5	A1, B1	A1, B1
1/4" Orifice											
16964	60°	1/2"	13 mm	1/4"	--	1.4	20.2	2-11/16	68.3	A1, B1	A1, B1
16965	90°	1/2"	13 mm	1/4"	--	1.4	20.2	2-9/16	65.1	A1, B1	A1, B1
16966	120°	1/2"	13 mm	1/4"	--	1.4	20.2	2-17/32	64.3	A1, B1	A1, B1
16967	150°	1/2"	13 mm	1/4"	--	1.4	20.2	2-1/2	63.5	A1, B1	A1, B1

Approved Temperature Ratings

A - 135 °F (57 °C), 155 °F (68 °C), 175 °F (79 °C), 200 °F (93 °C), and 286 °F (141 °C)
B - Open (glass bulb and pip cap removed)

Approved Finishes

1 - Brass and Black Teflon® for use on water-based deluge and water spray systems.

Footnotes

[1] Base part number is shown. When ordering, specify either open or automatic. For complete part number, see current Viking price schedule.
[2] The spray nozzle deflector is identified with the U.S. K-Factor, spray angle, and temperature rating.
[3] Metric K-factor shown is for use when pressure is measured in bar. When pressure is measured in kPa, divide the metric K-factor shown by 10.0.
[4] This chart shows the listings and approvals available at the time of printing. Other approvals may be in process. Check with the manufacturer for any additional approvals.
[5] Listed by Underwriters Laboratories Inc. for use in the U.S. and Canada.
[6] Accepted for use, City of New York Department of Buildings, MEA 89-92-E, Vol. 29.
[7] The orifice is bushed.

APÉNDICE 3

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA BOMBA CONTRA INCENDIO

List Price Sheet
Horizontal Split Case Fire Pump
Component and Package Pricing
Electric Motor Drive

Electric Driven									
Flow	Pressure		Required Motor HP Rating			Pump Size & Model	Motor Frame	Unit Weight
	(PSI)	(TDH)	UL Listed & FM Approved	Speed (RPM)	Horse Power (BHP)			
750 GPM	40	92	25	1770	28	4"-1823AF	284T	820
	45	104	25	1770	28	4"-1823AF	284T	820
	50	116	30	1770	33	4"-1823AF	286T	880
			30	1770	34	5"-1823F	286T	1020
	55	127	40	1770	39	5"-1823F	324T	1111
	60	139	40	1770	45	5"-1823F	324T	1111
	65	150	50	1770	50	5"-1823F	326T	1161
			40	3560	42	4"-1823CF	286TS	880
	70	162	50	1770	55	5"-1823F	326T	1161
			50	3560	48	4"-1823CF	324TS	980
	75	173	50	1770	54	4"-1824F	326TS	1046
			50	3560	52	4"-1823CF	324TS	980
	80	185	60	1770	59	4"-1824F	364TS	1135
			50	3560	53	4"-1823CF	324TS	980
	81	187	50	3560	51	4"-1823DF	324TS	980
	85	196	60	1770	65	4"-1824F	364TS	1135
			50	3560	55	4"-1823DF	324TS	980
	90	208	60	1770	69	4"-2823CF	364TS	1590
			75	1770	70	4"-1824F	365TS	1190
			60	3560	59	4"-1823DF	326TS	1021
	95	219	75	1770	76	4"-1824F	365TS	1190
			60	3560	63	4"-1823DF	326TS	1021
	100	231	75	1770	75	4"-5824F	365TS	1500
			100	1770	98	5"-2824AF	404TS	2160
			75	3550	70	4"-2876AF	364TS	1648
			60	3560	66	4"-1823DF	326TS	1021
	105	243	75	1770	84	4"-5824F	365TS	1500
			100	1770	111	5"-2824AF	404TS	2160
			75	3560	71	4"-1823DF	364TS	1110
	110	254	100	1770	89	4"-5824F	404TS	1700
			100	1770	111	5"-2824AF	404TS	2160
			75	3560	75	4"-1823DF	364TS	1110
	115	266	100	1770	93	4"-5824F	404TS	1700
			125	1770	119	5"-2824AF	405TS	2255
			75	3560	79	4"-1823DF	364TS	1110
	120	277	100	1770	98	4"-5824F	404TS	1700
			125	1770	127	5"-2824AF	405TS	2255
			75	3560	85	4"-1823DF	364TS	1110
	125	289	100	1770	100	4"-5824F	404TS	1700
			125	1770	135	5"-2824AF	405TS	2255
			100	3560	91	4"-1823DF	365TS	1165
	130	300	150	1770	147	5"-2824AF	444TS	2525
			100	3560	94	4"-1823DF	365TS	1165
	135	312	150	1770	152	5"-2824AF	444TS	2525
			100	3560	100	4"-1823DF	365TS	1165
	140	323	150	1770	161	5"-2824AF	444TS	2525
			100	3560	105	4"-1823DF	365TS	1165
	145	335	125	1770	135	6"-1922AF	405TS	2140
			100	3560	109	4"-1823DF	365TS	1165

* UL listed only.

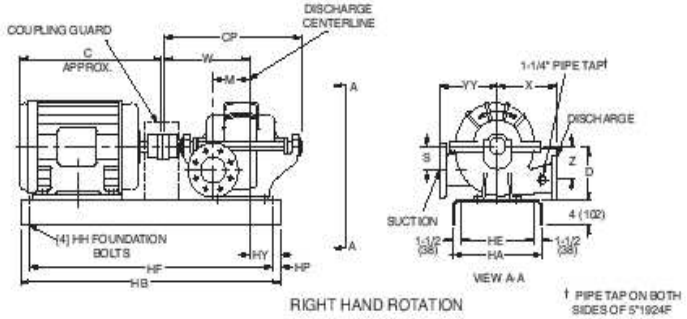
APÉNDICE 4

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA BOMBA CONTRA INCENDIO

Section 912 Page 232
Date July 2009
Supersedes Section 912 Page 232
Dated June 2008

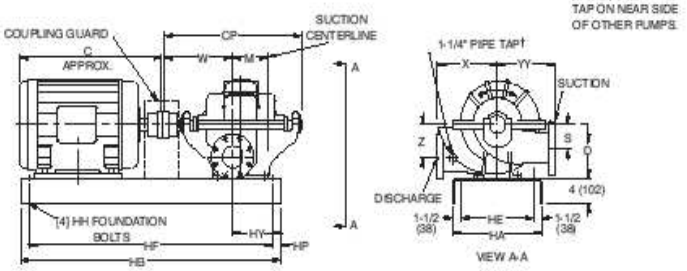
FAIRBANKS MODEL 1900 PUMPS

ON STANDARD STEEL BASE



RIGHT HAND ROTATION

† PIPE TAP ON BOTH SIDES OF 5"1924F AND 6"1924F. PIPE TAP ON NEAR SIDE OF OTHER PUMPS.



LEFT HAND ROTATION

☐ STANDARD* 125# SUCTION AND 250# DISCHARGE FLANGE ☐ OPTIONAL* 250# SUCTION AND DISCHARGE FLANGES

PUMP SIZE DISCH	MODEL	CASE BORE	SUCTION	POWER SERIES	D	M	S	RIGHT HAND ROTATION W	LEFT HAND ROTATION W	X	Z	CP	RIGHT HAND ROTATION HY	LEFT HAND ROTATION HY	YY	C	MOTOR FRAME	326US	326S	364US	364S	365US	365S	404US	404S	405US	405S	444US	444S	445US	445S	447US	447S	449US
																		26 (660)	28 (711)	27 (686)	29 (736)	28 (711)	30 (761)	30 (761)	33 (838)	32 (813)	36 (914)	34 (863)	36 (914)	38 (965)	39 (991)	45 (1143)		
4	4"1923F	15	5	3	11 (279)	7-7/8 (181)	5 (127)	18-7/8 (479)	15-1/8 (384)	13 (330)	6-1/2 (165)	31 (787)	4-1/8 (105)	7-7/8 (200)	13-1/2 (343)	BASE	12	12	12	12	12	12	15	15	15	15	15						
5	5"1924F	12	5	4A	14 (356)	6-6/8 (168)	7 (178)	20-7/8 (530)	18-3/8 (460)	13 (330)	7 (178)	35-3/8 (899)	11-1/8 (283)	13-7/8 (352)	13 (330)	BASE							16		16		16	16	17	17			
5	5"1923F	15	6	4	12-1/2 (317)	9-1/8 (232)	5-1/2 (140)	21-1/8 (536)	16-7/8 (428)	15 (381)	7-1/2 (190)	34-1/2 (876)	4-7/8 (124)	9-1/8 (232)	15-3/16 (382)	BASE	12	12	12	12	12	13	15	15	15	15	15	16					
6	6"1924F	12	6	5A	15 (381)	7-1/2 (191)	8 (203)	22-7/8 (581)	19-5/8 (498)	14 (356)	8 (203)	38-1/2 (978)	10-7/8 (276)	14-1/8 (359)	14 (356)	BASE									16		16	16	17	17			
6	6"1923F	16/18	8	5	16.5 (419)	10.5 (267)	8.25 (210)	25.63 (651)	18.38 (467)	19 (483)	7.75 (197)	37.88 (962)	5 (127)	10.25 (260)	17 (432)	BASE						13	13	16	16	16	16	16	16	17	17		
6	6"1923AF	17A	8	5	14-3/4 (374)	11 (279)	7 (178)	24-1/2 (622)	17-1/2 (444)	16 (406)	9 (229)	38 (964)	3-1/2 (89)	10-1/2 (266)	16-1/2 (419)	BASE	13	13	13	13	13	13	15	15	15	16	16	16					

BASE	SIZE	HA	HB	HE	HF	HH	HP
12	18x54 (559)	18 (457)	54 (1372)	15 (381)	52 (1321)	5/8 (16)	1 (25)
13	18x60 (660)	18 (457)	60 (1524)	15 (381)	35 (889)	5/8 (16)	24 (609)
15	22x60 (660)	22 (559)	60 (1524)	19 (483)	58 (1473)	3/4 (19)	1 (25)
16	22x72 (660)	22 (559)	72 (1829)	19 (483)	70 (1777)	5/8 (16)	1 (25)
17	22x84 (660)	22 (559)	84 (2134)	19 (483)	80 (2083)	5/8 (16)	1 (25)

NOTES
1. All dimensions are in inches (mm).
2. Dimensions may vary ± 3/8" (10).
3. Not for construction purposes unless certified.
4. Coupling gap may vary 1/8" thru 1".
5. Conduit box is shown in approximate location. Dimensions are not specified as they vary with each motor manufacturer.
6. Suction and discharge flanges are ANSI standard flat face.

* 150# AND 300# FOR 300# AND 300# SUCTION AND DISCHARGE DUCTILE IRON FOR 5"1924F AND 6"1924F

Fairbanks Morse Pentair Water

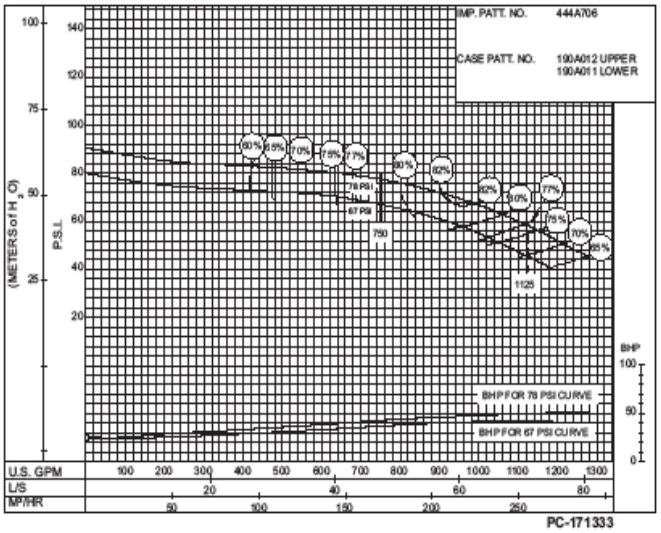
APÉNDICE 5

CURVAS DE RENDIMIENTO DE LA BOMBA CONTRA INCENDIO

750 G.P.M. 912 SERIES
50 HERTZ ELECTRIC MOTOR DRIVE

Section **912** Page **605**
Date **April 2006**
Supersedes Section 912 Page 605
Dated August 1992

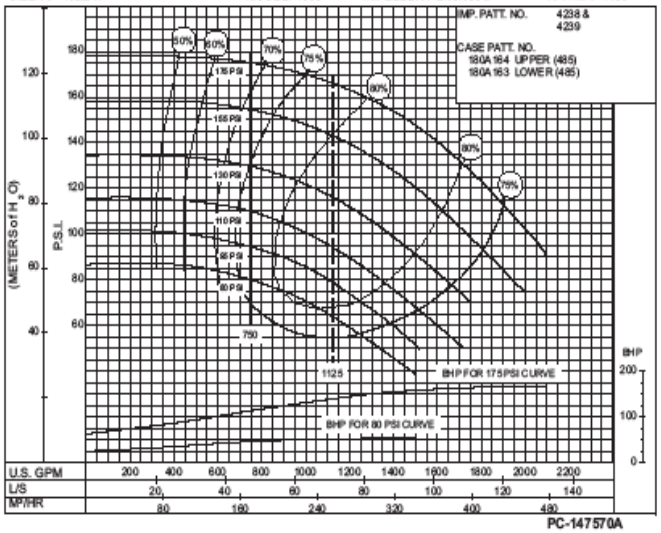
SIZE : 4" 2873AF MODEL: 2800 IMPELLER : Enclosed R. P. M. : 3000



PC-171333

67 to 78 P.S.I.

SIZE : 6" 1922AF MODEL: 1900 IMPELLER : Enclosed R. P. M. : 1480



PC-147570A

80 to 175 P.S.I.

Fairbanks Morse
Pentair Water

APÉNDICE 6

CAUDALES DE LAS BOMBAS DE CARZAZA PARTIDA

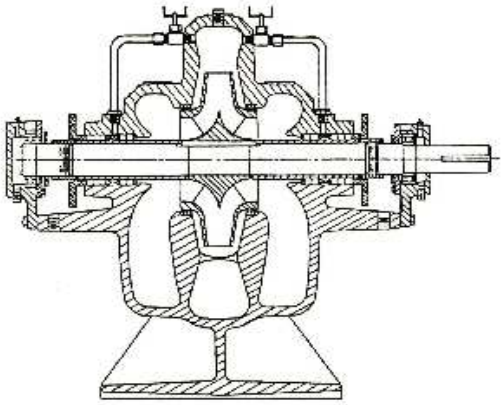
Long established as a leading fire pump manufacturer, Fairbanks Morse Pump offers a broad range of horizontal split case, vertical in-line and vertical turbine designs over a wide range of rated capacities and pressures...pumps for every fire pump application. Split case and vertical turbine pumps have the option of being driven via either an electric motor or diesel engine, and are furnished as a complete package with controller, jockey pump and its controller, as well as standard fire pump system accessories.

Units are Underwriters Laboratories Listed and Factory Mutual Approved specifically for fire pump service continually meeting their stringent inspection, testing and record-keeping standards. Split case rated capacities range from 250 GPM through 5000 GPM, vertical in-line rated capacities range from 50 GPM through 750 GPM, and vertical turbine fire pumps cover 250 GPM through 4500 GPM, all with a wide range of rated pressures.

The Fairbanks Morse Pump sales family includes highly qualified distributors and representatives well versed in fire pump systems, who provide prompt and accurate quotations, submittals and acceptance testing as required. These sales professionals stand ready to address and meet your fire pump needs, and are backed by many years of factory knowledge and experience.

HORIZONTAL SPLIT CASE

RATED CAPACITY	RATED HEAD
250 GPM	40 – 167 PSI
500 GPM	40 – 278 PSI
750 GPM	40 – 266 PSI
1000 GPM	40 – 244 PSI
1250 GPM	43 – 236 PSI
1500 GPM	40 – 228 PSI
2000 GPM	53 – 210 PSI
2500 GPM	50 – 213 PSI
3000 GPM	60 – 165 PSI
3500 GPM	94 – 151 PSI
4000 GPM	94 – 223 PSI
4500 GPM	90 – 223 PSI
5000 GPM	88 – 221 PSI

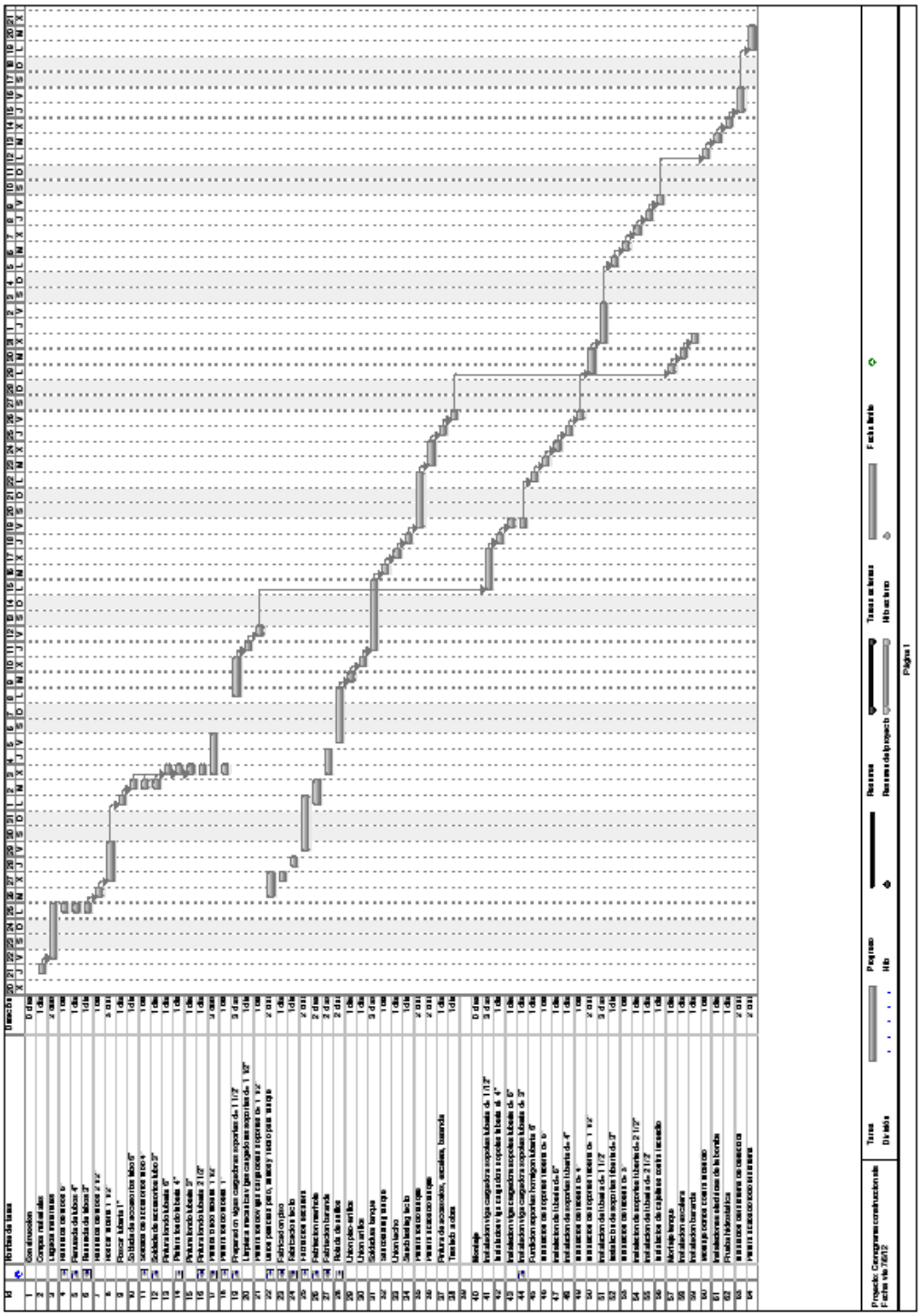


Pump Features:

- ***Bronze impeller keyed to shaft***
- ***Horizontal split case, cast iron***
- ***Clockwise or counterclockwise rotation (electric only)***
- ***Casing wear rings***
- ***Renewable shaft sleeves***
- ***Grease lubricated long life bearings***
- ***Packed stuffing box***

APÉNDICE 7

DIAGRAMA DE GANTT



BIBLIOGRAFÍA

1. MANUAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS, Editorial MAPFRE, 1era Reedición, Septiembre, 1980.

2. Manual de Recipientes a Presión, Editorial Grupo Noriega, Edición 1999.

3. NORMA API 650, Welded Tanks for Oil Storage, Edición 2009.

4. NATIONAL FIRE PROTECCION ASSOCIATION NFPA 10, Norma para extintores portátiles contra incendios. Edición 2007.

5. NATIONAL FIRE PROTECCION ASSOCIATION NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistema de Rociadores, Edición 2007.

6. NATIONAL FIRE PROTECCION ASSOCIATION NFPA 14, Norma para la Instalación de Tubería Vertical y de Mangueras, Edición 2007.

7. NATIONAL FIRE PROTECCION ASSOCIATION NFPA 20, Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias contra Incendios, Edición 2007.

8. NATIONAL FIRE PROTECCION ASSOCIATION NFPA 25, Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendios a base de agua, Edición 2002.

9. NATIONAL FIRE PROTECCION ASSOCIATION NFPA 101, Código de Seguridad Humana, Edición 2000.