



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN**

**“ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD
CONTRA INCENDIO PARA UNA PLANTA
DE ESTIRENO”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTA:
JOEL MARTÍNEZ SIMÓN**

**ASESOR:
IQ. ARIEL SAMUEL BAUTISTA SALGADO.**

CUAUTILÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Quiero mostrar mi agradecimiento de una manera muy especial a todas aquellas personas que me han brindado su apoyo durante el recorrido de este camino que llega a su fin y me pone de frente ante nuevos desafíos.

A mis padres y hermanos, que siempre estuvieron presentes para poder ayudarme y alentarme hacia adelante en todo momento, les agradezco por respetar mis decisiones y confiar siempre en mí.

A mis compañeros, con los cuales compartí incontables horas de trabajo, estudio y convivencia, y por los buenos y malos momentos que pasamos juntos.

A mi jurado de tesis, en especial al Ing. Julio Mondragón Illescas por ayudarme a resolver mis dudas y por ceder horas de su descanso a mis consultas.

Al Ing. Ariel Samuel Bautista Salgado por brindarme siempre su apoyo incondicional y entrega en la realización de este trabajo.

Al Ing. Carlos Alberto Barrera Díaz por haberme apoyado con información valiosa para el desarrollo de mi trabajo de tesis.

A todo el personal docente de la Facultad por haber contribuido a que mi formación humana y profesional fuera lo más completa.

ÍNDICE

Objetivos

Justificación

Introducción.

CAPÍTULO 1: ANÁLISIS DE RIESGO

1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ESTIRENO Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE SU PROCESAMIENTO.

1.1.1	Características generales del estireno.....	16
1.1.2	Descripción general del procesamiento del estireno.....	17
1.1.2.1	Deshidrogenación del etilbenceno.....	17
1.1.2.1.1	Alquilación.....	18
1.1.2.1.2	Proceso en fase líquida con cloruro de aluminio.....	18
1.1.2.1.3	Deshidrogenación.....	20
1.1.2.1.4	Fraccionamiento.....	20
1.1.2.2	Proceso de etilbenceno Mobil / Badger.....	22
1.1.2.3	Pirólisis del petróleo.....	23
	Diagrama de proceso para la obtención del estireno.....	24

1.2 ANTECEDENTES DE INCENDIOS QUE SE PRODUJERON EN LOS ÚLTIMOS AÑOS.

1.2.1	Caso 1. Petroquímica Cangrejera.....	25
1.2.2	Caso 2. Distribuidora de productos químicos.....	26
1.2.2.1	La recuperación del río de agua contaminada	27

1.3 COMPORTAMIENTO DEL FUEGO Y CÓMO SE DESARROLLAN LOS INCENDIOS.

1.3.1	Cómo se producen los incendios.....	29
1.3.2	Componentes de la combustión.....	29
1.3.3	Etapas en el desarrollo del incendio.....	30

1.3.4	Métodos de extinción para combatir los incendios.....	31
1.3.4.1	Agua.....	31
1.3.4.2	Espuma.....	31
1.3.4.3	Dióxido de carbono (CO ₂).....	32
1.3.4.4	Polvo químico seco.....	32
1.3.5	Clases de fuego.....	32

1.4 ANÁLISIS DE RIESGO

1.4.1	Accidentes de Alto Riesgo.....	33
1.4.2	Clasificación de las actividades riesgosas.....	33
1.4.3	Criterios para definir el nivel de riesgo de las empresas.....	34
1.4.4	Identificación y evaluación de riesgos.....	34
1.4.5	Índice de DOW de incendio y explosión.....	35
1.4.5.1	Determinación del Índice de DOW.....	35

1.5 DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGO EN LA PLANTA DE ESTIRENO PROPUESTA

1.5.1	Medidas de las áreas que conforman la planta de estireno propuesta.....	37
	Plano de distribución general de la planta de estireno.....	39
1.5.2	Propiedades físicas, químicas y toxicológicas de las sustancias químicas empleadas en una planta de estireno.....	40
1.5.3	Grado y tipo de riesgo de las sustancias químicas conforme a lo establecido en la NOM-018-STPS-2000.....	41
1.5.4	Identificación de zonas de riesgo en la planta de estireno propuesta.....	43
1.5.5	Clasificación de los escenarios de incendio en un análisis de riesgo.....	43
1.5.6	Determinación de la categoría, grupo y riesgo potencial de los escenarios de incendio de la planta de estireno propuesta.....	44
	Plano de ubicación de bloques y escenarios de incendio en la planta de estireno.....	46

CAPITULO 2: DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES PARA UNA PLANTA DE ESTIRENO Y GUÍA PARA ELABORAR UN PLAN DE RESPUESTA A EMERGENCIAS.

2.1 GUIA PARA LA ELABORACION DEL PROGRAMA PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES.....	47
2.2 PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES PARA UNA PLANTA DE ESTIRENO.	
2.2.1 Lista de sustancias peligrosas que intervienen en el procesamiento del estireno y descripción de las hojas de seguridad de cada una de ellas.....	52
2.2.2 Identificación de medidas preventivas para controlar, mitigar o eliminar las consecuencias y reducir su probabilidad en la planta de estireno propuesta.....	57
2.2.3 Programa de actividades a realizar derivadas del análisis de riesgo ambiental presentado por el establecimiento o instalación.....	58
2.3 GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE RESPUESTA A EMERGENCIA. PARA UNA PLANTA QUÍMICA.....	60

CAPÍTULO 3: PLAN DE RESPUESTA A EMERGENCIA PARA UNA PLANTA DE ESTIRENO.

3.1 PLAN DE EMERGENCIA.	
3.1.1 Políticas.....	66
3.1.2 Objetivo.....	67
3.1.3 Alcance del plan.....	67
3.1.4 Definición de situaciones de emergencia.....	67
3.1.5 Funciones asignadas a miembros de la estructura organizacional del Plan de Emergencias.....	70
3.1.5.1 Departamento de Relaciones Públicas.....	71
3.1.5.2 Director de Brigada o Jefe de Brigada o Líder de Emergencia.....	71
3.1.6 Mantenimiento del Plan de Emergencias.....	72

3.1.7	Respuesta.....	73
3.1.7.1	Respuesta a los incidentes.....	73
3.1.7.2	Reconocimiento.....	73
3.1.7.3	Evaluación.....	74
3.1.7.4	Control.....	74
3.1.7.5	Información.....	74
3.1.7.6	Seguridad.....	76

3.3 SISTEMAS DE DETECCIÓN DE CONTINGENCIAS.

3.3.1	Evaluación de riesgo.....	76
3.3.2	Sistema de supresión.....	77
3.3.3	Descripción de los elementos que integran un SAAFAR.....	77

3.4 SISTEMAS DE ALARMAS

3.4.1	Características de las alarmas.....	79
3.4.2	Alarmas Audibles.....	79
3.4.3	Identificación de riesgos mediante alarmas sonoras.....	79
3.4.4	Alarmas visibles.....	80
3.4.5	Estaciones manuales de alarma.....	81

3.5 PLAN DE RESPUESTA DE EMERGENCIA PARA LA PLANTA DE ESTIRENO PROPUESTA.

3.5.1	Señalización y descripción de las normas sobre el uso de extintores.....	82
3.5.2	Descripción de la normatividad de la STPS (Secretaría de Trabajo y Previsión Social) para extintores.....	82
3.5.2.2	Extintores a base de polvo químico seco.....	82
3.5.2.3	Extintores a base de bióxido de carbono (CO ₂).....	83
3.5.2.4	Extintores a base de agua a presión contenida.....	84
3.5.2.5	Extintores de espuma mecánica.....	84
3.5.2.6	Extintores portátiles de halón.....	84

3.5.3	Descripción de los códigos de la NFPA para la distribución de extintores conforme al riesgo.....	85
3.5.3.2	Distribución de extintores contra incendio.....	85
3.5.3.4	Manejo de extintores.....	87
3.5.4	Distribución de extintores en la planta de estireno propuesta	88
	Plano de Distribución de Extintores de la planta de proceso para la obtención del estireno.....	92
3.5.5	Detectores.....	93
3.5.5.1	Detectores de humo.....	93
3.5.5.2	Detectores de Calor.....	94
3.5.5.3	Detectores de llama.....	95
3.5.5.4	Detectores de mezclas explosivas.....	96
3.5.6	Sistemas de detección.....	96
3.5.6.1	Distribución e instalación de detectores.....	97
3.5.6.2	Activación de los sistemas de detección de incendios.....	97
3.5.6.3	Sistemas de detección a partir de alarmas contra incendio.....	98
	Plano de localización de detectores y alarmas en la planta de estireno.....	99
3.5.7	Plan de respuesta para el control de flujo de las líneas de proceso en el área de producción de la planta de estireno propuesta.....	100
	Plano de válvulas de control de flujo de las líneas de proceso en la planta de estireno.....	101
3.5.7.1	Procedimientos, por escrito, para actuar con seguridad frente a un posible derrame o fuga.....	103
3.5.7.2	Manejo ambiental en caso de un incidente.....	103
3.5.7.3	Sistemas de escape y/ o rutas de evacuación.....	103
 3.6 CONSTITUCIÓN DE BRIGADAS Y CAPACITACIÓN DEL PERSONAL.		
3.6.1	Brigada Contra Incendios.....	104
3.6.2	Brigada de Evacuación.....	105
3.6.3	Brigada de Primeros Auxilios.....	105
3.6.4.	Plan de respuesta para la operación de la red fija contra incendio para la planta de estireno propuesta.....	106

CAPÍTULO 4: CÁLCULO DE LA RED FIJA CONTRA INCENDIO DE LA PLANTA DE ESTIRENO

4.1 DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS QUE CONFORMAN UNA RED CONTRA INCENDIO.

4.1.1	Definición de una red contra incendio.....	108
4.1.2	Descripción de los equipos que conforman una red contra incendio.....	108
4.1.2.1	Descripción de los elementos técnicos.....	110
4.1.2.1	Central de detección de alarma	111
4.1.2.1.2	Pulsadores direccionales.....	112
4.1.2.1.3	Inundación mediante gas de salas técnicas	112
4.1.2.1.4	Bocas de Incendio equipadas	113
4.1.2.1.5	Columnas de hidrantes exteriores.....	113
4.1.2.1.6	Sistemas automáticos de rociadores de agua	113
4.1.2.1.7	Grupo de presión contra incendio	113
4.1.3	Criterios y detalles básicos de diseño de tubería que se deben considerar en una red contra incendio.....	115
4.1.3.1	Definición y componentes de un sistema de tubería.....	115
4.1.3.2	Distribución y arreglo general de tubería.....	116

4.2 SEÑALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS NORMAS PARA UTILIZAR EL AGUA CONTRA INCENDIO.

4.2.1	Descripción de la NOM-002-STPS. Sistemas fijos contra incendio.....	117
4.2.2	Descripción de los códigos de la NFPA para el uso de agua contra incendio.....	118
4.2.2.1	Evaluación del abastecimiento de agua contra incendios y su distribución....	120

4.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPUMAS QUE SE UTILIZAN COMO AGENTES DE EXTINCIÓN EN UNA SISTEMA CONTRA INCENDIO.

4.3.1 Mecanismos de extinción de las espumas.....	122
4.3.2 Generación de espuma.....	123
4.3.3 Clasificación de las espumas.....	123
4.3.4 Dispositivos proporcionadores o dosificadores de espumígenos.....	125
4.3.5 Tipos de espumas.....	125
4.3.6 Características de una buena espuma.....	127
4.3.7 Porcentajes de la espuma.....	127
4.3.8 Limitaciones de las espumas.....	128
4.3.9 Sistemas de espuma.....	129

4.4 SEÑALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS NORMAS SOBRE EL USO DE HIDRANTES Y ROCIADORES.

4.4.1. Descripción del código NFPA 14: Sistemas de mangueras contra incendios o hidrantes.....	130
4.4.1 Descripción del código NFPA13: Instalación de sistemas de rociadores.....	131

4.5 CÁLCULO DE LA RED FIJA CONTRA INCENDIO DE LA PLANTA DE ESTIRENO PROPUESTA

4.5.1 Distribución de la red de rociadores en la planta de estireno propuesta.....	132
4.5.2 Distribución de hidrantes e hidrantes monitores en la planta de estireno propuesta.....	134
4.5.3 Requerimientos de agua para los equipos contra incendio utilizados en la planta de estireno propuesta.....	136
4.5.4 Cálculo del caudal de la cisterna y el tanque de agua contra incendio.....	139
4.5.5 Condiciones de diseño para una red contra incendio.....	140
4.5.5 Memoria de cálculo de la red fija contra incendio para una planta de estireno propuesta.....	141

4.5.5.1 Funcionamiento de la red fija contra incendio de la planta de estireno propuesta.....	165
Plano de la red fija contra incendio de la planta de estireno propuesta.....	168
Plano del cuarto de bombas contra incendio.....	169

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

OBJETIVO GENERAL

- Elaborar un sistema de seguridad contra incendio para una planta de estireno.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Aplicar las normas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social en el desarrollo de este proyecto, así como los códigos de la National Fire Protection Association (NFPA).
- Describir las características físicas y químicas del estireno, y detallar las diferentes etapas de su procesamiento.
- Desarrollar un análisis de riesgo en las áreas principales que conforman una planta de estireno propuesta.
- Elaborar un Programa de Prevención de Accidentes y un Plan de Respuesta a Emergencias para una planta de estireno propuesta.
- Realizar la Memoria de cálculo para el sistema contra incendio de la planta de estireno propuesta.

JUSTIFICACIÓN

Debido a que en las plantas de proceso donde se maneja el estireno, existe un alto índice de riesgo de que se produzca un incendio, resulta totalmente necesario contar con un sistema de seguridad contra incendio el cual pueda actuar de una manera eficiente en caso de que se origine un incendio o una explosión. Para ello se elaborará un sistema de seguridad contra incendio a partir de una planta de estireno propuesta.

El estireno es un aromático muy inflamable y explosivo, en caso de incendio regularmente desprende humos o gases tóxicos e irritantes y por encima de los 31°C forma una serie de mezclas vapor/aire extremadamente explosivas, las cuales pueden provocar consecuencias lamentables, tanto a la planta de proceso como al medio ambiente.

La falta de un Programa de Prevención de Accidentes (PPA) en las plantas industriales, ha venido a demostrar durante los últimos años, la incidencia de accidentes ocurridos en las mismas derivados principalmente por incendios y/o otro tipo de incidentes, los cuales han tenido como resultado consecuencias terribles, que han afectado la integridad física de los trabajadores y ocasionado pérdidas considerables en los activos fijos de las empresas que se han visto afectadas por estos siniestros.

En este sentido, el solo hecho de que una planta industrial cuente con un Programa de Prevención de Accidentes, no va a ser factor fundamental para evitar la presencia de incidentes, debido a que estos se originan en la mayoría de los casos por factores aleatorios que se salen fuera del control de las acciones y/o medidas planificadas que buscan evitar su presencia.

Sin embargo, las experiencias acumuladas durante los últimos años, han demostrado plenamente que las acciones planificadas de prevención de accidentes, son elementos fundamentales que disminuyen de manera considerable la ocurrencia de incidentes que puedan desembocar en accidentes de consecuencias fatales.

Sobre la base de lo anterior, se ha buscado documentar las acciones planificadas de la prevención de accidentes a través de los estudios y análisis que permitan mediante

procedimientos y normas establecidas definir los controles necesarios para disminuir considerablemente la presencia de eventos no deseados.

En este orden, la metodología que genera la documentación de las acciones planificadas de prevención de accidentes, está conformada por la generación secuencial de los siguientes instrumentos de análisis:



El primer estudio tiene como objeto identificar sobre la base de las condiciones de operación de los procesos que se llevan a cabo dentro de la planta de estireno propuesta, todos aquellos puntos que por su naturaleza constituyen o presentan una condición de riesgo.

Dentro de este mismo análisis se lleva a cabo su clasificación jerárquica, en función del impacto que pueden desencadenar, en caso de que se originase un incidente, generando así la simulación de escenarios que muestren los alcances de afectación de aquellas situaciones que por sus condiciones de operación pudiesen ser las más devastadoras.

Con la información derivada del Estudio de Análisis de Riesgo se desarrollará el Programa de Prevención de Accidentes, tomando en consideración los incidentes probables que pudiesen presentarse según lo estimado en el Análisis de Riesgo.

Derivado del PPA, se establecerá el Plan de Respuesta a Emergencias (PRE) que es un documento, en el cual se detalla a través de procedimientos e indicaciones precisas las acciones que deben de llevarse a cabo para controlar y/o mitigar cada uno de los incidentes que pudieran presentarse en las instalaciones, según lo establecido en el Plan de Prevención de Accidentes.

Dentro del PRE se contempla el diseño de la red fija contra incendio así como el sistema de detección de contingencias y el sistema de alarmas incluyendo las estructuras organizativas y los procedimientos básicos para el control de las posibles contingencias que pudieran generarse por la manifestación de fuego y/o explosión en una planta de estireno.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, se ha visto como se han suscitado un sinnúmero de incendios de una gran magnitud en las diferentes plantas proceso de nuestro país, al analizar las causas por las cuales se propiciaron dichos incendios, se cae inmediatamente en la razón de que fue por la falta de un plan de respuesta a emergencia adecuado, por tal motivo se ha decidido desarrollar un plan de respuesta a emergencia que cubra las necesidades que se requieren enfocado a una planta de estireno propuesta.

Como punto de partida se analizarán las causas más comunes que pueden provocar un incendio en una planta de estireno a través de un análisis de riesgo, luego mediante los resultados obtenidos se plantearán las consideraciones de seguridad que se deben tomar en cuenta en una planta de estireno propuesta, para ello se describirán las características físicas y químicas del estireno así como su procesamiento, cada uno de los productos químicos que se utilizan en el proceso de obtención del estireno; se elaborará un plan de respuesta a emergencia sofisticado el cual va ayudar de manera muy importante a bajar el nivel de riesgo en la planta de estireno. El sistema de seguridad contra incendio, se elaborará de acuerdo a las normas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, con apoyo de la NFPA (National Fire Protection Association) y va a ser parte principal en dicho plan.

CAPÍTULO I: ANÁLISIS DE RIESGO

1.1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ESTIRENO.

El estireno es un líquido transparente e incoloro, que puede obtenerse como derivado del petróleo y del gas natural, pero que también se encuentra en la naturaleza como tal.

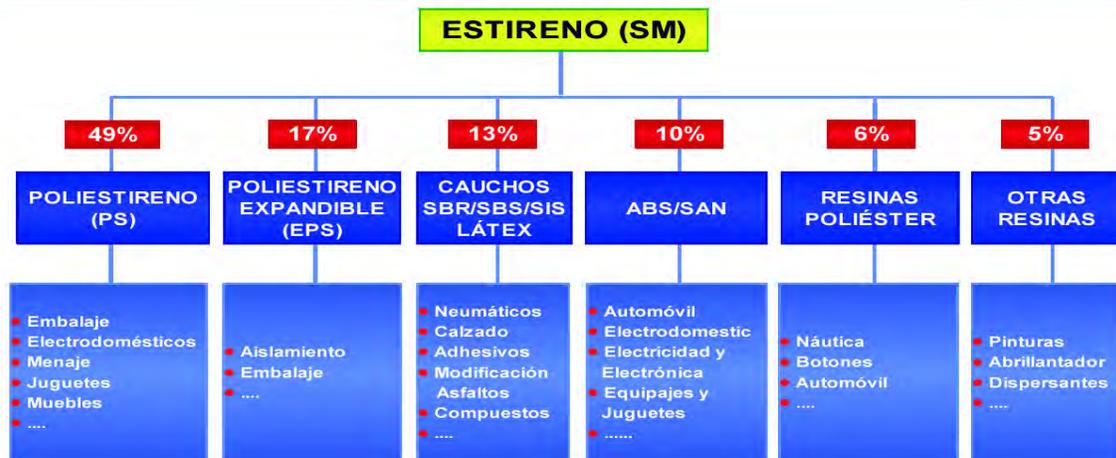
El estireno ayuda a producir materiales plásticos utilizados en miles de productos que se caracterizan por su bajo peso, su flexibilidad y su extraordinaria resistencia, y que son vitales para nuestra salud y bienestar.

El estireno se utiliza para casi todo: desde envases alimentarios hasta componentes de automóviles, barcos y ordenadores.

El estireno empleado en esos productos es sintético y se fabrica en plantas petroquímicas. Sin embargo, el estireno también aparece en la naturaleza como componente natural de numerosos alimentos comunes, como son, las fresas, la canela, la carne de vacuno, el café en grano, los cacahuetes, el trigo, la avena y los melocotones. Algunas personas confunden el estireno con el poliestireno, el cual es un plástico sólido fabricado con estireno polimerizado. El poliestireno es inerte y no tiene el olor del estireno; por eso se utiliza con frecuencia en aplicaciones en las que la higiene es importante, por ejemplo, en productos sanitarios y de manipulación alimentaria.

La mayoría de las personas se exponen a cantidades pequeñas de estireno, que pueden existir en el aire o en los alimentos; generalmente estas cantidades no pasan de ser trazas y antes de los últimos avances tecnológicos era difícil detectarlas.

También es posible reconocer el estireno por su olor característico, cuando se utilizan ciertos productos que lo contienen, como pueden ser las disoluciones de resinas de poliéster. A continuación se presentan las principales aplicaciones del estireno.



1.1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESAMIENTO DEL ESTIRENO

Aunque el estireno puede prepararse en el laboratorio por muchos procedimientos sólo tres se emplean en escala industrial.

- 1) Deshidrogenación del etilbenceno
- 2) Proceso de etilbenceno Mobil/ Badger
- 3) Pirolisis del petróleo.

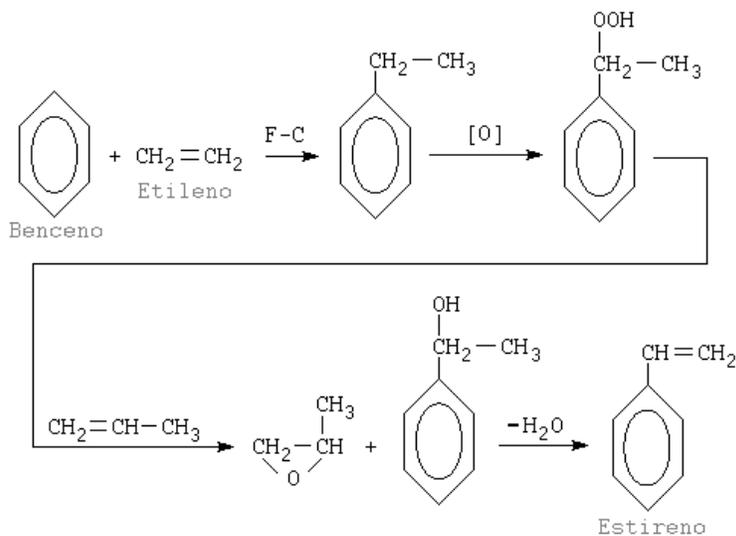
1.1.2.1 DESHIDROGENACIÓN DEL ETILBENCENO

La obtención del estireno por **deshidrogenación** se da siguiendo los siguientes pasos que a continuación se enumeran:

- 1) La etapa de la producción del etilbenceno (Alquilación)
- 2) La conversión del etilbenceno en estireno (Deshidrogenación)
- 3) La separación del monómero puro (Fraccionamiento)

1.1.2.1.1 Alquilación

Las rutas comerciales que se basan en el etilbenceno, se producen por la alquilación de benceno con etileno mediante la reacción de Friedel Crafts, como se muestra a continuación:



F-C: catalizador de Friedel-Crafts

La reacción catalítica del benceno y el etileno se producen también como subproductos tales como el dietilbenceno y los polietilbencenos, en consecuencia los métodos tienden a reducir al mínimo la formación de los bencenos altamente etilados o a convertirlos en el deseado monoetilbenceno, la reacción de alquilación es exotérmica y libera 967 Kcal / kilogramo de etileno adicionado termodinámicamente, el equilibrio de la reacción se desplaza tanto a la derecha y para todos los fines prácticos reacciona todo el etileno.

Proceso en fase líquida con cloruro de aluminio

En el procedimiento de fase líquida más extensamente empleado, la alquilación se lleva a cabo ordinariamente de modo continuo en condiciones moderadas típicamente a unos 95°C y 5 lb/in² manométricas de presión del reactor; el calor de reacción es eliminado por condensadores de los vapores del reactor en reflujo, dos reacciones ocurren en el reactor, una es la reacción del etileno gaseoso con el benceno (y bencenos etilados) para formar derivados etílicos. La segunda de ellas es la llamada desalquilación o reacción de intercambio, en la cual reaccionan los polietilbencenos con el benceno para formar el etilbenceno.

En condiciones apropiadas de reacción la absorción del etileno es virtualmente instantánea, pero la reacción de intercambio es mucho menos rápida sobre todo por debajo de 60°C aproximadamente.

El efluente del reactor comprende dos fases líquidas: Una grande que es la capa de hidrocarburos esencialmente libre de catalizador, y otra menor más viscosa, que es la capa oscura de alta densidad, que contiene casi todo el catalizador. Las dos capas son enfriadas y separadas, y la mayor parte del complejo catalizador o capa de lodo es devuelta a la torre de alquilación con algo de catalizador nuevo. Parte del complejo catalizador puede ser introducido en un desalquilador separado donde los bencenos altamente etilados son tratados a unos 200° C. Para efectuar una mayor conversión a etilbenceno. Una parte del complejo catalizador es apartada continuamente del sistema de reacción, para compensar las adiciones de catalizador fresco. Como resultado de la recirculación del catalizador, el consumo total de cloruro de aluminio se reduce.

El producto crudo de la reacción se neutraliza con álcali cáustico concentrado y el aceite libre de catalizador, se hace pasar por una serie de columnas de fraccionamiento continuo. Aunque los detalles del proceso varían en el procedimiento de recuperación, las separaciones básicas son:

- 1) Benceno no reaccionado para devolverlo al reactor
- 2) Etilbenceno producido (>99% puro).
- 3) Polietilbencenos (hasta aproximadamente 230-250°C.) que se devuelven al reactor.
- 4) Residuo, que contiene bencenos muy altamente etilados los cuales pueden ser desetilados separadamente en un reactor a alta temperatura.

El polietilbenceno recirculado en la torre de etilación para reacción de intercambio contiene de ordinario en primer lugar, dietilbenceno con cantidades menores de trietilbenceno y tetraetilbenceno. Estos polietilbencenos se emplean para lavar los gases que salen de la torre de etilación y recuperar el benceno, etilbenceno y ácido clorhídrico arrastrados, para devolverlos a la torre. Ordinariamente el contenido de etileno en tales gases es insignificante. En el proceso de fraccionamiento el etilbenceno debe ser cuidadosamente liberado de dietilbenceno, porque éste en la etapa de deshidrogenación subsiguiente produce divinilbenceno el cual, incluso en pequeñas cantidades es una impureza perjudicial para el estireno pues tiende a formar copolímeros infusibles. Existe el peligro de la formación de éstos en la parte superior de las columnas de separación del estireno. Todos los procedimientos de fabricación de etilbenceno por catálisis con cloruro de aluminio operan con los mismos principios básicos únicamente difieren en detalles.

1.1.2.1.3 Deshidrogenación

La reacción de deshidrogenación es reversible y endotérmica, y está de izquierda a derecha:

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3 \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2$$

Para obtener conversiones por paso industrialmente aceptables, es necesario operar a temperaturas superiores, en las cuales el equilibrio es aún más favorable sin embargo dan como resultado la formación de excesivas cantidades de gas, carbón y subproductos líquidos de cracking. Como las altas temperaturas y el largo tiempo que favorecen la reacción de deshidrogenación, que se desea y las reacciones de degradación indeseables, es necesario elegir una serie de condiciones que permitan una razonable conversión en estireno por peso y un razonable rendimiento. El uso de mejores catalizadores de la deshidrogenación ha permitido obtener en la industria rendimientos alrededor del 90% de estireno en concentración de 40%.

Se distinguen dos clases de catalizadores que proporcionan rendimientos buenos los cuales son: regenerables por aire y regenerables por vapor.

Un ejemplo de catalizador regenerable por aire es el óxido de cromo que está conformado (aproximadamente de 11 al 13% de Cr_2O_3 , 85% de Al_2O_3 y 2% de MgO). Se ha dicho que este catalizador es envenenado por el vapor, y se regenera haciendo pasar sobre él aire en el proceso cíclico, en el cual, los ciclos de acción, purga y regeneración son regulados por válvulas automáticas. Los catalizadores regenerables por vapor son de dos clases: En la primera están los que funcionan en base cíclica con el etilbenceno y vapor durante la producción y con vapor solamente durante la regeneración. Los de la segunda clase son verdaderamente autoregeneradores. Este tipo de catalizador se mantiene en estado activo durante largo tiempo sin ciclo de regeneración, pero se eleva muy lentamente la temperatura de la reacción para compensar un ligero decrecimiento gradual en la actividad.

1.1.2.1.4 Fraccionamiento

La separación del estireno puro del deshidrogenado líquido crudo es muy fácil con respecto al benceno, tolueno y alquitrán, pero la separación que pudiera parecer moderadamente difícil, en la práctica ha mostrado extrema dificultad, la diferencia en las temperaturas de ebullición es pequeña y la propensión del estireno a polimerizarse hace imposible el fraccionamiento a presión atmosférica.

Al intentar el fraccionamiento a presión reducida, se halló que la caída de presión en la columna requerida para la separación era tan grande que la temperatura de la caldera era excesiva, cualesquiera que fuesen la temperatura y la presión en la parte superior.

Hay muchos inhibidores de la polimerización que son eficaces a temperaturas moderadas, pero pierden su eficacia y aún pueden convertirse en aceleradores a altas temperaturas. A 90^o es la temperatura máxima en la que puede calentarse sin riesgo un estireno concentrado con un inhibidor en el fraccionamiento industrial. En la práctica se necesitaron unos 70 platos para la separación, una caída de presión de 3mm por placa, en toda la columna correspondería una presión de 210mm. Una presión de 1mm en la parte alta, y una temperatura mayor de 100^o en la caldera.

La solución a estos problemas fue la adición de azufre a la carga en el sistema de fraccionamiento y particularmente al reflujo del etilbenceno y el rígido control de la temperatura en los fondos a lo largo de todo el sistema son las claves del éxito de la *producción norteamericana* de estireno por éste método. El rendimiento es del más del 95% y la pérdida de estireno en el sistema es del 0.6% aproximadamente.

Los *sistemas alemanes* de destilación para separar el estireno diferían en varios aspectos del método norteamericano. (Lo más importante era el empleo de presiones de operación bajas, que permitían bajas temperaturas, la hidroquinona era el único inhibidor empleado y no se añadía al reflujo).

El sistema de destilación Hüls se compone esencialmente de tres columnas continuas los fondos de cada una eran la alimentación siguiente:

Columna	Nº de platos	Plato de alimentación	Parte superior de la columna		Fondo de la columna		Relación de reflujo	Composición de destilado
			mm	°C	mm	°C		
1	45	15-21	25-30	40-45	175	100	4:1	Benceno, Tolueno, Etilbenceno
2	24-28	10-20	15-20	35-40	70-75	80-85	8 ó 10:1	40% de estireno, 60% de etilbenceno
3	20	10	10	35	40-45	80-85	5:1	99% de estireno

El producto destilado de la primera columna, se dividía sucesivamente en condensadores parciales y totales, el primer condensado se devolvía a la unidad de deshidrogenación y el benceno, tolueno y el resto de los etilbenceno se condensaban a unos 2°C y se extraían del sistema por fraccionamiento en alambiques separados. El destilado de la segunda columna se devolvía al primer alambique. Los fondos de la tercera columna contenían algo de estireno que era separado en un alambique de alquitrán y devuelto al alambique de estireno puro.

El estireno producido por deshidrogenación tiene purezas del 99.5% o más de la especie química.

1.1.2.2 PROCESO DE ETILBENCENO MOBIL / BADGER

El proceso para fabricar monómero de estireno por deshidrogenación de etilbenceno a estireno consiste en que la alimentación del etilbenceno es producida por la alquilación de benceno con etileno usando el proceso Mobil / Badger.

El etilbenceno es deshidrogenado a estireno por un catalizador de potasio y óxido de hierro en presencia de vapor. La reacción endotérmica se hace bajo condiciones de vacío y altas temperaturas. A un ratio de peso de 1.00 de vapor para la alimentación del etilbenceno y una conversión moderada de etilbenceno, la selectividad de la reacción a estireno es del más del 97%. Los productos de reacción benceno y tolueno, son recuperados vía destilación con la fracción de benceno, siendo recirculados a la unidad de etilbenceno. El etilbenceno vaporizado fresco y recirculado es mezclado con vapor sobrecalentado y alimentado a un reactor multi-etapas adiabático.

Entre las etapas de deshidrogenación el calor es añadido para llevar la conversión de etilbenceno, típicamente entre 60 y 75%, el calor puede ser añadido indirectamente usando métodos convencionales o directamente usando una tecnología de calor directa desarrollado por Sell. El efluente del reactor es enfriado en una serie de intercambiadores para recuperar calor perdido y condensar los hidrocarburos y el vapor. El gas incondensable principalmente hidrógeno es comprimido. Después se elige a un sistema de adsorción para recuperar trazas de aromáticos, luego de la recuperación de aromáticos, el gas rico en hidrógeno es consumido como combustible por los calentadores del proceso. Los hidrocarburos condensados y el estireno crudo es enviado a la sección de destilación, mientras el condensado del proceso es separado para remover aromáticos disueltos y gases. El condensado limpio del proceso es regresado

como agua para generar vapor. En el fraccionamiento se separan primero los productos de reacción benceno / tolueno de la corriente principal de estireno crudo. El etilbenceno sin convertir es separado del estireno y es recirculado a la sección de reacción. Varios esquemas de recuperación de calor son usados para recuperar energía de la columna del sistema etilbenceno / monómero de estireno. En el paso final de purificación las trazas de componentes C_9 son separados por el monómero de estireno terminado. Para minimizar la polimerización en el equipo de destilación, un inhibidor tipo dinitrofenólico es coalimentado con la alimentación de crudos de la sección de reacción. La pureza típica del monómero de estireno, está entre 99.90 y 99.95%.

1.1.2.3 PIRÓLISIS DEL PETRÓLEO

El estireno puede producirse por cracking térmico directo del etilbenceno sin embargo también éste puede ser producido por pirólisis del petróleo. Durante la segunda Guerra Mundial una pequeña unidad industrial que empleaba el proceso Ugitte utilizaba petróleo crudo seleccionado como material de carga en condiciones que favorecían la formación de aromáticos y productos no saturados. Una fracción de aceite ligero obtenida en este proceso con ebullición desde unos 13,5 hasta 1,500C, contenía etilbenceno, xilenos y estireno.

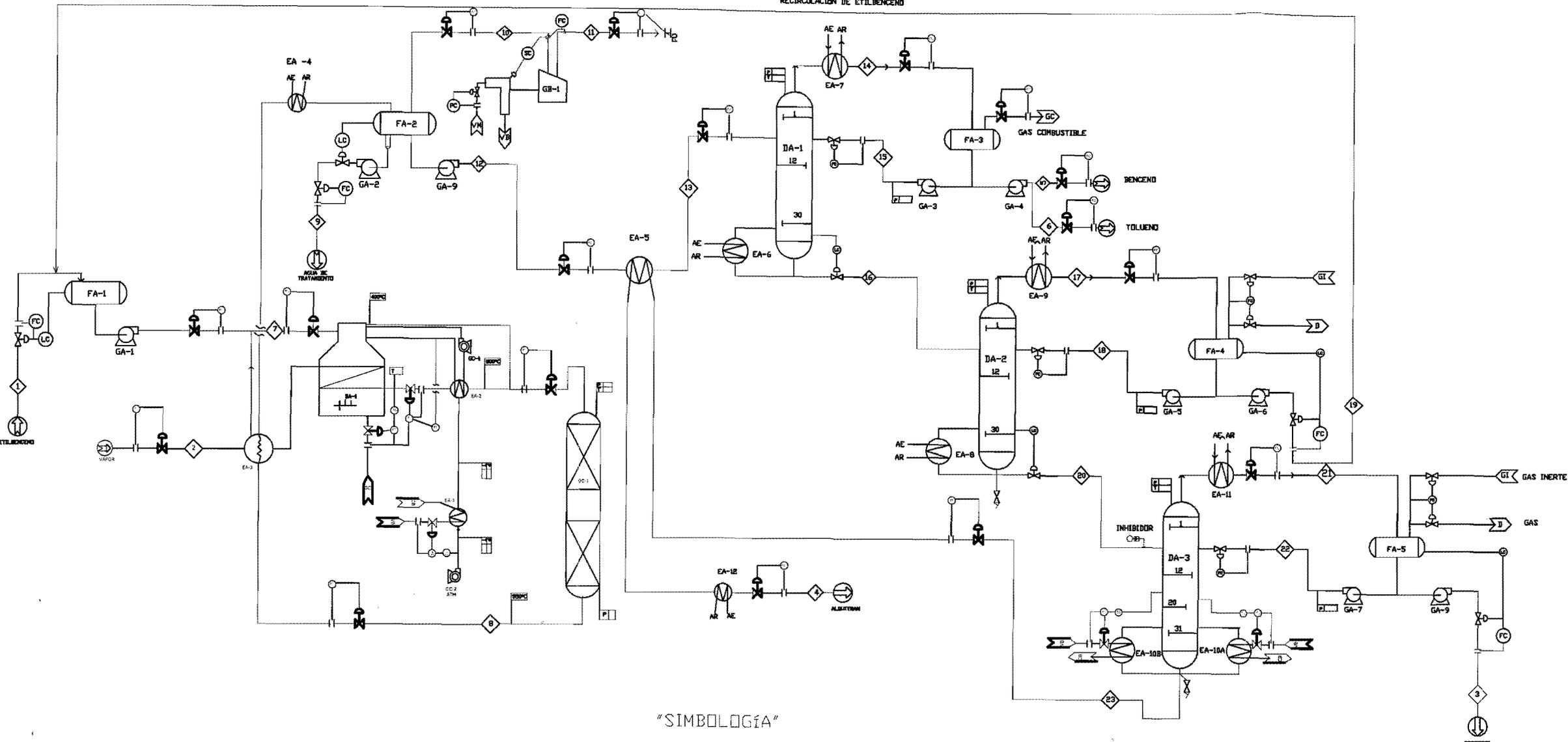
El fraccionamiento eficiente concentraba el estireno hasta 60% aproximadamente y en este punto el diluyente era esencialmente o-xileno. La etapa esencial en la concentración del producto en este método o en cualquier otro que parta del petróleo, es la separación del estireno, con un punto de ebullición de 144.4°C de o-xileno. Es difícil separar el etilbenceno del estireno con una diferencia de 9°C. En las temperaturas de ebullición es claro que se separa por fraccionamiento directo o-xileno del estireno con una diferencia de 0,89 °C. No es común que se realice industrialmente. Con los recientes adelantos en el fraccionamiento azeotrópico con disolventes, este procedimiento de producción del estireno puede muy bien ser ingresado, puesto que es barato y no emplea benceno, ni ninguna otra materia prima crítica. Un procedimiento semejante a este, es el proceso Catarola el cual es empleado en Inglaterra.

A continuación se presenta el Diagrama de Proceso para la obtención del Estireno.

DIAGRAMA

"DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL ESTIRENO"

RECIRCULACIÓN DE ETILBENCENO



"SIMBOLOGÍA"

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| EA= INTERCAMBIADOR DE CALOR | AE=AGUA DE ENFRIAMIENTO |
| FA= TANQUE BALANCE O ALMACENAMIENTO | GC=VENTILADOR |
| BA=CALENTADOR A FUEGO DIRECTO | GA=BOMBA |
| DA= TORRE DE DESTILACION | VM=VAPOR DE MEDIA |
| DC=REACTOR | |
| GB=COMPRESOR | |
| LC=CONTROL DE NIVEL | |
| FC= CONTROL DE FLUJO | |
| CB= CONDENSADO DE BAJA | |
| vA= VAPOR DE BAJA | |
| AR=AGUA DE RECIRCULACION. | |

1.2 ANTECEDENTES DE INCENDIOS QUE SE PRODUJERON EN LOS ÚLTIMOS AÑOS.

1.2.1 CASO 1. PETROQUÍMICA CANGREJERA

Industria: Petroquímica

Tipo: Accidentes

Fuente: Excélsior

06-Junio-2005

Al menos 100 trabajadores de **Petroquímica Cangrejera** fueron evacuados de las áreas de aromáticos y de productos químicos, al producirse una fuga de gas combustible en uno de los ductos aéreos de la planta fraccionadora de hidrocarburos que abastece a ocho plantas de la citada planta de PEMEX.

- Alrededor de 20 elementos del personal de Seguridad Industrial de Petroquímica Cangrejera, procedieron de inmediato a colocar una cortina de agua, para evitar que el gas llegara hasta un calentador de fuego directo, de la planta de estireno que se localiza a cerca de cien metros de la tubería en donde se registró la fuga.
- Personal de la empresa **SIAM**, especialista en el control de fugas, intervino en la reparación del ducto dañado, colocando una abrazadera con neopreno, para sellar la perforación, procediendo a reparar el rack de la tubería dañada.





La planificación del riesgo es esencial para una mayor seguridad ante un accidente químico

1.2.2 CASO 2. DISTRIBUIDORA DE PRODUCTOS QUÍMICOS.

En una empresa de distribución de productos químicos industriales en Veracruz, se originó una explosión de causas aún no determinadas. El 1 de septiembre del 2006 a las dos de la tarde dio inicio el incendio en un tanque de xileno que tardó tres horas en controlarse. La nube que se formó, obligó al desalojo de los trabajadores del polígono y de los edificios colindantes, y al aviso de protección civil.

Aunque fue grave, pudo empeorar más ante la presencia de una gasolinera cercana, que quedó levemente afectada en sus instalaciones auxiliares.

La destrucción que produjo el incendio provocó que diferentes productos químicos acabaran en un río cercano; entre ellos estireno, diferentes hidrocarburos, tolueno, pero también derivados bencénicos y metales pesados, todos ellos acompañados de colorantes, que tiñeron el río de un preocupante color azul turquesa. A diferencia del petróleo, que flota en el agua y se disuelve muy poco, la solubilidad de los productos químicos del agua del río en un principio fue desconocida, por lo que de inmediato se impidieron las captaciones del río para suministro humano.

1.2.2.1 La recuperación del río de agua contaminada

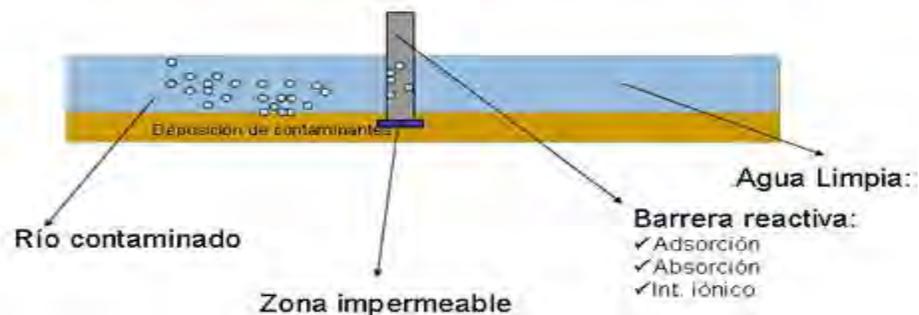
Una vez controlado el incendio y asegurado el suministro de agua, el siguiente paso fue la recuperación del río. Los hidrocarburos vertidos en el río son tóxicos para la vida piscícola; y esta toxicidad se debe a dos vías. La más grave es la película que los hidrocarburos depositan sobre las branquias de los peces, impidiendo su respiración y produciendo la muerte por asfixia. La segunda, los hidrocarburos no solubles forman una película sobre la superficie del agua, impidiendo el intercambio normal de gases, lo que lleva a la anoxia del medio y a la variación hacia pH más ácidos, lo que produce la inmediata mortalidad de las especies más sensibles a los cambios del medio.

Cuando un hidrocarburo se vierte sobre el agua se forma una mancha, en teoría elíptica, cuyo espesor es función del área y de la tensión interfacial del agua - crudo. En condiciones ideales, en ausencia de todo movimiento de la masa superficial de agua y del viento, el vertido sería circular. Pero en realidad, un hidrocarburo vertido en un río adquiere una geometría casi lenticular; se compone de dos partes, la cabeza que constituye el 90% del crudo vertido, con un espesor de varios centímetros, y que permanece en las proximidades del punto de vertido, y la cola, que contiene en su mayoría hidrocarburo emulsionado y que suele representar el 90% de la extensión de la contaminación. La cola deriva en la dirección del viento y de la corriente, y se suele romper en varias manchas. La recuperación de la cabeza se realiza con absorbentes, y la cola con una técnica que se denomina ‚barrera reactiva‘. Se utiliza cuando una corriente de agua, superficial o subterránea contiene contaminantes que se pueden eliminar por métodos físicos. Se desvía el agua contaminada, y se obliga a que atraviese una barrera de tierra (lo que disminuye su velocidad y produce una mayor superficie de transferencia) y entre en contacto con sustancias adsorbentes. En este caso se han escogido los dos mejores adsorbentes de hidrocarburos aromáticos, el carbón activo y la magnesita. Entre

sus ventajas se encuentran el bajo costo de implementación, el nulo costo de mantenimiento, la ausencia de subproductos, el no empleo de reactivos químicos solubles en el agua, la ausencia de estructuras permanentes y la facilidad de recuperación del paisaje terminado el proceso de depuración.

Barreras reactivas

Son capaces de dejar pasar el agua y retardar o impedir el paso del contaminante.



En su forma de realización, se han construido tres diques de los cuales el primero forma detrás de él una balsa de contención. Entre la tierra del dique hay enterrados carbón activo y magnesita. Los hidrocarburos quedan atrapados sobre la superficie de las partículas mediante un procedimiento físico que se denomina adsorción, que crea enlaces permanentes entre el adsorbato (el hidrocarburo) y el adsorbente (el carbón activo, la magnesita). El agua no reacciona con el adsorbente, por lo que deja a su paso el adsorbato quedando limpia de él sin capturar nada a cambio.

1.3 COMPORTAMIENTO DEL FUEGO Y CÓMO SE DESARROLLAN LOS INCENDIOS.

1.3.1 CÓMO SE PRODUCEN LOS INCENDIOS

Según la NOM-002-STPS un incendio es el fuego que se desarrolla sin control en el tiempo y el espacio; se produce cuando un material se quema o pasa por el proceso de combustión.

La combustión es denominada esencialmente como una oxidación que transcurre a alta velocidad, produciendo gases. Esos gases a alta temperatura emiten luz, siendo esa mezcla de gases emitiendo luz lo que se suele denominar como fuego.

Un incendio se produce por la presencia de cuatro elementos básicos: calor o fuente de ignición, material combustible, una concentración apropiada de oxígeno y la reacción en cadena.

1.3.2 COMPONENTES DE LA COMBUSTIÓN

El primero de estos factores necesarios es **el combustible**: Este puede ser cualquiera entre millares de materias, por ejemplo: carbón, gasolina, madera, etc. En su estado normal, ya sean sólidos o líquidos, ninguno de estos materiales arde; para que ardan necesitan convertirse antes en gas.

El segundo factor esencial para que el fuego arda es **el calor**: Este es el que nos da la temperatura necesaria para convertir en gas al combustible. Algunos combustibles se convierten en gas (se gasifican o se volatilizan) a temperaturas más altas. Por ejemplo el caso de la gasolina sabemos que necesita menor calor para volatilizar y hacer que arda, comparados con otros combustibles como son la madera o carbón.

El tercer factor para que el fuego arda, es **el oxígeno**, o también denominado **comburente**: Éste provoca la ignición y logra que el combustible comience a arder.

El último factor para que el fuego arda es **una fuente de ignición**: Éste puede ser cualquier instrumento que se encuentre alrededor del combustible, el cual tenga la capacidad de desencadenar el fuego; tales como (llamas abiertas, cigarrillos, equipo eléctrico común, etc.)

1.3.3 ETAPAS EN EL DESARROLLO DEL INCENDIO

No todos los incendios se desarrollan de la misma forma, aunque todos pueden pasar por cuatro etapas de desarrollo, si no se interrumpe a tiempo. Para detener a tiempo cualquier incendio que se desarrolle cerca de nosotros es importante saber esta información.

Etapa incipiente

Se caracteriza porque no hay llamas, hay poco humo, la temperatura es baja; se genera gran cantidad de partículas de combustión. Estas partículas son invisibles y se comportan como gases, subiéndose hacia el techo. Esta etapa puede durar días, semanas y años.

Etapa latente

Aún no hay llama o calor significativo; comienza a aumentar la cantidad de partículas hasta hacerse visibles; ahora las partículas se llaman humo. La duración de esta etapa también es variable.

Etapa de llama

Según se desarrolla el incendio, se alcanza el punto de ignición y comienzan las llamas. Baja la cantidad de humo y aumenta el calor. Su duración puede variar, pero generalmente se desarrolla la cuarta etapa en cuestión de segundos.

Etapa de calor

En esta etapa se genera gran cantidad de calor, llamas, humo y gases tóxicos.

1.3.4 MÉTODOS DE EXTINCIÓN PARA COMBATIR LOS INCENDIOS

Son variados los agentes extintores utilizados en los equipos portátiles, por lo cual, resulta también variado el grado de efectividad de cada uno de ellos y las limitaciones en cuanto a su aplicabilidad. Se pueden clasificar en:

1.3.4.1 Agua

Por su abundancia resulta el más común en las operaciones de extinción de incendios. Su acción extinguidora está fundamentada en el enfriamiento de la materia en combustión. Se aplica bajo la forma de un chorro a presión, o también como un rocío muy fino sobre toda la superficie encendida. En grandes cantidades arrojadas a través de mangueras o rociadores sobre cantidades de aceite relativamente pequeñas.

Este agente extinguidor sólo puede ser aplicado en los fuegos Clase "A" y en algunos casos en fuegos Clase "B", como los incendios de petróleo, donde se debe aplicar en la forma descrita. Nunca deben usarse en los fuegos Clase "C" y menos aun en los fuegos Clase "D".

1.3.4.2 Espuma

La espuma se puede producir mezclando una solución de sulfato de aluminio con otra de bicarbonato de Sodio y agregándole un estabilizador. En los equipos portátiles la espuma es producida por la reacción de las dos soluciones señaladas, originándose una presión interna como consecuencia de la generación de gas carbónico, capaz de impeler la espuma a una distancia de siete (7) metros. La espuma eliminará el oxígeno al formar una capa que impide el paso del aire, y además, enfría un poco. Se aplica en forma de una capa que cubra la superficie del líquido en combustión. Sin embargo, en muchos casos, los vapores que se desprenden de las sustancias en combustión atraviesan la capa de espuma y si su concentración es suficiente, arderán encima de ella. Es especialmente útil en la extinción de los fuegos Clase B, y en los que el efecto de sofocación del agente extinguidor es de gran importancia. Ciertos solventes (alcoholes, acetona, etc.) deshacen la espuma, por lo que no es conveniente emplearla en incendios de estas sustancias. Por ser conductora de electricidad nunca debe emplearse en fuegos Clase C. También está contraindicada para los fuegos Clase D.

1.3.4.3 Dióxido de carbono (CO₂)

Este gas puede almacenarse bajo presión en los extintores portátiles y descargarse a través de una boquilla especial en el sitio donde se necesita. La característica extinguidora del gas carbónico, es su efecto de sofocación acompañado de un ligero enfriamiento. No debe usarse en áreas cerradas o de escasa ventilación, ya que el usuario puede ser objeto de asfixia por insuficiencia de oxígeno, Es adecuado para fuegos Clase B y Clase C. No es adecuado para las otras clases de fuego.

1.3.4.4 Polvo químico seco

Lo constituyen mezclas incombustibles de productos finamente pulverizados, tales como Carbonatos de Sodio, Bicarbonato de Sodio, Sulfato de Sodio, Silicato de Sodio, Bentonita, etc. Actúa por ahogamiento ya que se aplica procurando formar una capa sobre la materia en combustión.

En los equipos portátiles este agente extinguidor es expulsado por la presión liberada por una cápsula de nitrógeno, ubicada en el interior del extintor y la cual es rota en el momento de su uso.

De acuerdo a la composición de la mezcla, el polvo químico es adecuado para los fuegos Clase A, B, y C. No es adecuado para los fuegos Clase D.

1.3.5 Clases de fuego

- Fuego clase "A": Son los fuegos de materiales sólidos de tipo de descarga orgánica, cuya combustión tiene lugar normalmente con formación de brazas, como madera, telas, papel, hule, plástico y similares.
- Fuego clase "B": Son los fuegos en los que intervienen líquidos y gases combustibles.
- Fuego clase "C": Son los fuegos en los que intervienen equipos eléctricos energizados donde es de importancia la no conductividad eléctrica del agente extinguidor.
- Fuego clase "D". Son los fuegos en donde están implicados ciertos metales combustibles como magnesio, titanio, circonio, sodio, potasio, etc., que requieren un medio extintor absorbente térmico no reactivo con los metales en combustión.

1.4. ANÁLISIS DE RIESGO.

1.4.1 Accidentes de Alto Riesgo

Una explosión, incendio, fuga o derrame súbito que resulte de un proceso en el curso de las actividades de cualquier establecimiento, que supongan un peligro grave (de manifestación inmediata o retardada, reversible o irreversible) para la población, los bienes y el ambiente se les llaman accidentes mayores e incluyen los siguientes tipos:

Cualquier liberación de una sustancia peligrosa en la que la cantidad total liberada sea mayor a la que se haya fijado como umbral o límite (cantidad de reporte o de control).

Cualquier fuego mayor que dé lugar a la elevación de radiación térmica en el lugar o límite de la planta o instalación, que exceda de 5 kw/m^2 por varios segundos.

Cualquier explosión de vapor o gas que pueda ocasionar ondas de sobrepresión iguales o mayores de 1 lb/pug^2 .

Cualquier explosión de una sustancia reactiva o explosiva que pueda afectar a edificios o plantas, en la vecindad inmediata, tanto para dañarlos o volverlos inoperantes por un tiempo.

Cualquier liberación de sustancias tóxicas, en la que la cantidad liberada pueda ser suficiente para alcanzar una concentración igual o por arriba del nivel que representa un peligro inmediato para la vida o la salud humana, en áreas aledañas a la fuente emisora.

En el caso de transporte, la fuga o derrame de cantidades considerables de materiales o residuos peligrosos.

Estos accidentes dependen de gran medida de tres variables básicas: Presión, temperatura y el volumen de las diversas sustancias peligrosas involucradas en la actividad.

1.4.2 Clasificación de las actividades riesgosas

La cantidad y las características físicas y químicas de las sustancias involucradas en una actividad industrial o de servicios, así como en un transporte, constituyen los factores de mayor importancia para definir su grado de riesgo. Es por ello que se han constituido listados de sustancias peligrosas reguladas para las cuales se han fijado cantidades de reporte o de control. Actualmente existen en la legislación mexicana dos listados que clasifican a las actividades altamente riesgosas. El primero publicado el 28 de marzo de

1990 que incluye sustancias tóxicas y el segundo publicado el 4 de mayo de 1992 que incluye sustancias explosivas e inflamables.

1.4.3 Criterios para definir el nivel de riesgo de las empresas

1.- Por ubicación: Clasificación de la zona y uso del suelo colindante, superficie de la empresa y condiciones externas de la empresa.

2.-Por proceso: Riesgo por manejo de sustancias peligrosas, capacidad almacenada o de manejo, propiedades físicas y químicas de las sustancias, disposición de las sustancias peligrosas.

En el riesgo por ubicación se va considerar el hecho de que la vulnerabilidad varía dependiendo de que la zona colindante sea industrial, comercial, de recreación etc., así como de acuerdo a la densidad poblacional y con el hecho de que las actividades que se realicen en esa zona ocurran intramuros o al exterior de los inmuebles. También se toma en cuenta si las empresas cuentan con una superficie en torno a ellas o de su propiedad que pueda funcionar como zona de amortiguamiento, así como las condiciones externas a las instalaciones tales como vialidad, infraestructura de servicios de emergencia, disponibilidad de agua y otros factores que contribuyen a agravar los problemas ocasionados por los accidentes o a atenuar sus efectos.

Por su parte los riesgos de proceso, están relacionados con toda una serie de variables que pueden favorecer que ocurran accidentes o que por el contrario contribuyen a prevenirlos o a controlarlos oportuna y adecuadamente. En particular se consideran los volúmenes y peligrosidad de las sustancias que se manejan y las condiciones de seguridad en que se realiza su manejo.

1.4.4 Identificación y evaluación de riesgos

El primer paso para lograr la prevención e intervención eficientes debe ser la identificación y evaluación de riesgos a los que está expuesta una región, de modo que las medidas adoptadas pueden facilitar la reducción y gestión de tales riesgos y la planificación de las intervenciones de emergencias.

1.4.5 Índice de DOW de incendio y explosión.

La aplicación del método permitirá una ordenación, en función del riesgo asociado, en las unidades en las que se haya dividido la instalación. El método puede ser de gran utilidad como paso previo para centrar la atención del analista en las unidades más críticas del proceso y decidir posteriormente las que se deban ser analizadas con mayor profundidad. En cualquier caso, es conveniente no confundir la exactitud con la que el índice de DOW facilita valores tales como el Área de Exposición o el Máximo Daño a la Propiedad, con los valores que pueden determinarse por aplicación de herramientas mucho más complejas y avanzadas, como pueden ser los modelos de simulación y vulnerabilidad.

1.4.5.1 Determinación del Índice de DOW.

La necesidad de un método sistemático para la identificación de áreas importantes de pérdida de potencial ha sido el motivo para el desarrollo de un índice de Incendio y Explosión y una guía para el Análisis de Riesgos. El concepto básico fue tomado de la guía de la Factory Mutual sobre “Clasificación de las Instalaciones Químicas”.

Procedimiento

1.- Requisitos para un sumario del análisis de riesgos:

- a) Plano a escala de arreglo general de la planta.
 - b) Diagrama de flujo de proceso y las condiciones de éste.
 - c) Hoja del trabajo del índice de Incendio y Explosión.
 - d) Hoja del trabajo del análisis de riesgos.
 - e) Hoja de trabajo de recapitulación.
 - f) Calculadora y compás del dibujo.
 - g) Guía IIE (Índice Dow) en su quinta edición.
 - h) Datos de costo para los equipos de proceso instalados en la planta.
- 2.- Identificar sobre el Lay Out las “Unidades de Proceso” que sean consideradas pertenecientes para el proceso y presente un mayor impacto o contribuyan al riesgo de incendio o explosión. Ellas serán las que usarán al calcular el índice de Incendio y Explosión.
- 3.- Determinar el Factor Material (MF), para cada una de las “Unidades de proceso”.

- 4.- Evaluar cada uno de los Factores que contribuyan al Riesgo relacionados en las hojas de trabajo del IIE bajo Riesgos Generales del Proceso como para Riesgos Especiales del Proceso.
- 5.-El producto del Factor General de Riesgo y el Factor Especial de Riesgo. Representa el “Factor de Riesgo de la Unidad”. Este mide el grado de exposición al riesgo de la “Unidad de Proceso” y se usa conjuntamente con el MF para determinar el “Factor de Daño” que representa el grado de exposición a pérdidas.
- 6.- El producto del “Factor de Riesgo de la Unidad” y el “Factor Material” da el IIE. Este se usa para determinar el “Área de Exposición” que rodea a la Unidad de Proceso que se evalúa.
- 7.-Calcular el valor en dólares de todos los equipos dentro del “Área de Exposición”. Este valor se usa para obtener el Daño Básico Máximo Probable de la Propiedad (MPPD) básico.
- 8.-El MPPD básico se puede reducir al Daño Máximo Probable de la Propiedad Efectivo mediante la aplicación de varios Factores de Bonificación” y/o la relocalización de ciertos equipos de valor alto en áreas exteriores al “Área de Exposición”.
- 9.- el Daño Efectivo Máximo Probable de la Propiedad (MPPD Efectivo) se usa para obtener los Máximos Días Probables Perdidos (MPDO). La interrupción de la Fabricación se puede evaluar a partir de estos datos.
- 10.- El MPPD Efectivo representa la pérdida probable que puede ocurrir si un incidente de una magnitud razonable aconteciera y funcionan los distintos equipos de protección. El fallo de funcionamiento de alguno de los equipos protectores revertiría el problema de la pérdida probable al MPPD Básico.

1.5.- DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGO EN LA PLANTA DE ESTIRENO
PROPUESTA.

A continuación se describirán los resultados del análisis de riesgo de la planta de estireno propuesta a partir del método Índice de DOW de incendio y explosión.

1.5.1 MEDIDAS DE LAS ÁREAS QUE CONFORMAN LA PLANTA DE ESTIRENO PROPUESTA

Tabla 1.5.1 Medidas de las áreas que conforman la planta de estireno

ÁREAS	LARGO * ANCHO	m ²
1.- Estacionamiento para autotanques.	93.78 * 15	1406.5
2.- Almacén de estireno.	40.5 * 19.88	805.2
3.- Almacén de materia prima.	36.84 * 21.75	801.5
4.- Almacén de solventes.	16.7 * 16.1	268.92
5.- Almacén general.	24 * 12.5	300
6.- Área de fraccionamiento.	168.3 * 39	6563
7.- Área de alimentación.	93.58 * 38	3556
8.- Área de reacción.	74.32 * 38	2824
9.- Área de mantenimiento.	18.5 * 11.5	212.8
10.-Almacén de subproductos del estireno.	20 * 15	300
11.-Área de bombas contra incendio.	25.42* * 15	381.5
12.-Área de laboratorios.	24.5 * 15.25	373.5
13.-Área de oficinas.	35 * 22	770
14.-Área de comedor.	20 * 15	300
15.-Áreas verdes.	143 * 135	19,305
16.-Área de vigilancia.	36 * 8	288
17.-Cisterna de agua.	95 * 34.5	3277.5

18.-Sanitario de operadores.	10 * 10	100
19.-Tanque de agua contra incendio	40 * 25.42	1017
20.- Cuarto de telecomunicaciones.	15 * 10	150
21.-Cuarto de control.	35 * 15	525
22.-Estacionamiento de visitantes.	50 * 10	600
23.-Estacionamiento de empleados.	80 * 10	800
24.-Tanques de amortiguamiento de estireno.	39.1 * 31.93	1248.5
25.-Cuarto de control eléctrico.	25 * 20	500
26.-Casa de bombas.	35 * 20	700
27.-Llenaderas.	26*16	416
28.-Plaza cívica.	40 * 22	880
29.-Patín de recibo y medición.	35 * 15	525
30.-Cobertizo del camión calibrador.	20 * 15	300
31.-Almacén temporal de residuos peligrosos	18.5 * 11.5	212.8
32.-Cobertizo de equipos contra incendio.	19.3 * 9.90	191
33.-Portón de acceso a ventas.	27.35 * 1.5	41
34.-Compresores.	12 * 12	144
35.-Oficina de seguridad e Higiene Industrial.	25 * 15	375
36.- Sistema hidráulico vickers.	43.25 * 35	1513.75
37.-Salida de emergencia.	14.6 * 1.5	22
38.-Planta de Emergencia.	20 * 12.72	254
ÁREA TOTAL DE LA PLANTA	790.61 * 390	308,338

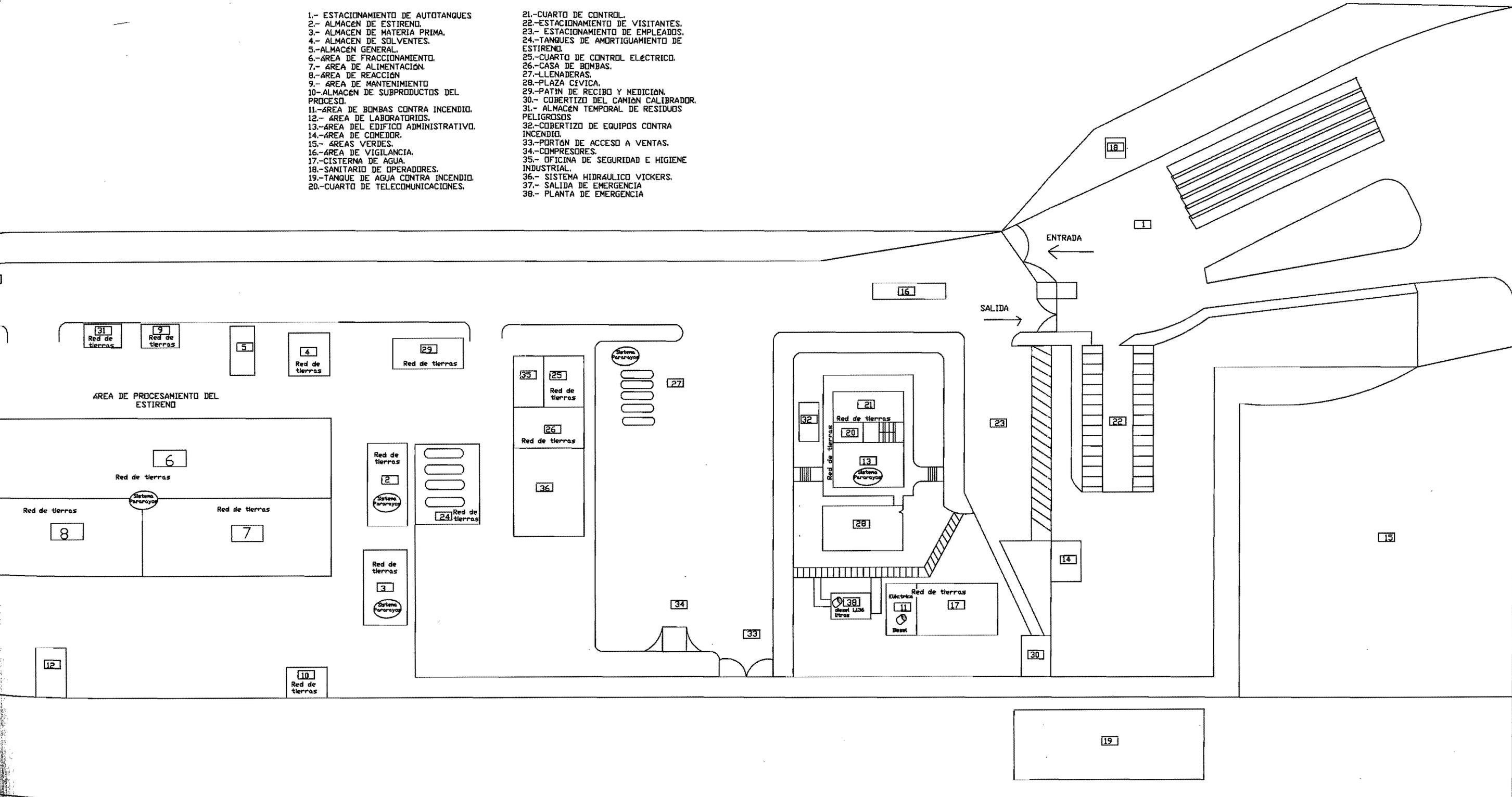
Para conocer la ubicación de cada una de las áreas mencionadas anteriormente; se presenta el “Plano de distribución general de la planta de estireno”

PLANO

'PLANO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DE LA PLANTA DE ESTIRENO'

ÁREAS

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 1.- ESTACIONAMIENTO DE AUTOTANQUES 2.- ALMACÉN DE ESTIRENO. 3.- ALMACÉN DE MATERIA PRIMA. 4.- ALMACÉN DE SOLVENTES. 5.-ALMACÉN GENERAL. 6.-ÁREA DE FRACCIONAMIENTO. 7.- ÁREA DE ALIMENTACIÓN. 8.-ÁREA DE REACCIÓN 9.- ÁREA DE MANTENIMIENTO 10.-ALMACÉN DE SUBPRODUCTOS DEL PROCESO. 11.-ÁREA DE BOMBAS CONTRA INCENDIO. 12.- ÁREA DE LABORATORIOS. 13.-ÁREA DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO. 14.-ÁREA DE COMEDOR. 15.- ÁREAS VERDES. 16.-ÁREA DE VIGILANCIA. 17.-CISTERNA DE AGUA. 18.-SANTARÍO DE OPERADORES. 19.-TANQUE DE AGUA CONTRA INCENDIO. 20.-CUARTO DE TELECOMUNICACIONES. | <ul style="list-style-type: none"> 21.-CUARTO DE CONTROL. 22.-ESTACIONAMIENTO DE VISITANTES. 23.- ESTACIONAMIENTO DE EMPLEADOS. 24.-TANQUES DE AMORTIGUAMIENTO DE ESTIRENO. 25.-CUARTO DE CONTROL ELÉCTRICO. 26.-CASA DE BOMBAS. 27.-LLENADERAS. 28.-PLAZA CÍVICA. 29.-PATÍN DE RECIBO Y MEDICIÓN. 30.- COBERTIZO DEL CAMIÓN CALIBRADOR. 31.- ALMACÉN TEMPORAL DE RESIDUOS PELIGROSOS 32.-COBERTIZO DE EQUIPOS CONTRA INCENDIO. 33.-PORTÓN DE ACCESO A VENTAS. 34.-COMPRESORES. 35.- OFICINA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL. 36.- SISTEMA HIDRÁULICO VICKERS. 37.- SALIDA DE EMERGENCIA 38.- PLANTA DE EMERGENCIA |
|--|--|



1.5.2 PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y TOXICOLÓGICAS DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS EMPLEADAS EN UNA PLANTA DE ESTIRENO.

En una planta de estireno se utiliza una serie de sustancias químicas las cuales se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 1.5.2 Propiedades fisicoquímicas de las sustancias químicas peligrosas

NOMBRE	TEMPERATURA (°C)			DENSIDAD		PM	ESTADO FÍSICO	COLOR	OLOR	SOLUBILIDAD EN AGUA
	EB.	T.F	T.I.	REL	VAP					
Alquitrán	>250	30 - 18 0	>200	1	-	-	Líquido	Pasta de negra a marrón	Característico	Ninguna
Benceno	80	6	-11	0.9	2.7	78.1	Líquido	incoloro	Característico	0.18
Etilbenceno	136	-95	18	0.9	3.7	106.2	Líquido	incoloro	Aromático	0.015
Estireno	145	- 30. 6	31	0.9	3.6	104.1	Líquido	Incoloro / amarillo	Característico	0.03
Hidroquinona	287	17 2	165	1.3	0.12	110.1	Sólido	Cristales incoloros	Característico	5.9
Tolueno	111	-95	4	0.87	3.2	92.1	Líquido	Incoloro	Característico	Ninguna

En la siguiente tabla se menciona su número CAS (es el número asignado por el "Chemical Abstract Service para la identificación de sustancias químicas peligrosas) y las características de peligrosidad de las sustancias que intervienen en el proceso de obtención del estireno. Así como también la cantidad de reporte de cada sustancia para ser considerada como de alto riesgo al ambiente según la SEMARNAT y la cantidad de almacenamiento de cada sustancia química que se considera tener en la planta de proceso para la obtención del estireno.

Tabla 1.5.2.1 Análisis de sustancias químicas

NOMBRE DE LA SUSTANCIA	NO. CAS	CARACTERÍSTICA DE PELIGROSIDAD	CANTIDAD DE REPORTE (SEMARNAT)	CANTIDAD MÁXIMA ALMACENADA
Alquitrán	65996-93-2	TIE	8000Kg. Estado líquido	9000Kg. Estado líquido.
Benceno	71-43-2	RTIE	10000 Kg. Estado líquido	8000Kg. Estado líquido.
Etilbenceno	100-41-4	TIE	20000Kg. Estado líquido	26000 Kg. Estado líquido
Estireno	100-42-4	TIE	20000Kg. Estado líquido	24000 Kg. Estado líquido
Hidroquinona	123-31-9	TIE	5000 Kg. Estado sólido	4000Kg. Estado sólido.
Tolueno	108-88-3	TIE	10000 Kg. Estado líquido	8000Kg. Estado líquido.

C: Corrosivo, R: Reactivo, E: Explosivo, T: Tóxico, I: Inflamable

Se aplica en los lugares de almacenamiento en donde se encuentran cada una de las sustancias químicas señaladas en la tabla anterior.

1.5.3.- GRADO Y TIPO DE RIESGO DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS CONFORME A LO ESTABLECIDO EN LA NOM-018-STPS-2000

A continuación se enuncian los riesgos que representan las sustancias químicas peligrosas de acuerdo a lo establecido en la NOM-018-STPS-2000. En tabla se encuentran las sustancias peligrosas con grado de riesgo **cuatro (extremo), tres (alto), dos (medio) y uno**, así como la descripción del riesgo potencial que representa.

Tabla 1.5.3 Riesgo Potencial de las Sustancias Químicas Peligrosas

NOMBRE	S	I	R	Riesgo mayor	Descripción del Riesgo Potencial
ALQUITRAN	0	1	0	INFLAMABILIDAD	Inflamabilidad: La sustancia se descompone al calentarla intensamente por encima de 400°C, produciendo humos tóxicos.
BENCENO	3	4	2	INFLAMABILIDAD	Inflamabilidad: El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante.
ETILBENCENO	2	3	0	INFLAMABILIDAD	Inflamabilidad: El vapor se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.
ESTIRENO	2	3	2	INFLAMABILIDAD	Inflamabilidad: En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.
HIDROQUINONA	2	1	0	SALUD	Salud: Causa tos, dificultad respiratoria. Piel azulada, vértigo, dolor de cabeza, náuseas, jadeo, convulsiones, vómitos, pitidos en los oídos. Inflamabilidad: Las partículas finamente dispersas forman mezclas explosivas en el aire.
TOLUENO	2	3	0	INFLAMABILIDAD	Inflamabilidad: Sustancia que puede arder bajo casi todas las condiciones de temperatura ambiente. Puede formar mezclas explosivas con el aire y que se dispersan con facilidad en el aire. Se quema con extrema rapidez.

S: Salud; **I:** Inflamabilidad; **R:** Reactividad;

1.5.4 IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RIESGO EN LA PLANTA DE ESTIRENO PROPUESTA

Tabla 1.5.4 Identificación de zonas de riesgo en la planta de estireno propuesta.

ZONAS DE RIESGO
Almacén de estireno
Almacén de materia prima
Almacén de solventes
Almacén temporal de residuos peligrosos
Área de procesamiento del estireno (Área de fraccionamiento, Área de Alimentación y Área de reacción).
Almacén de subproductos del proceso
Patín de recibo y medición
Tanques de Amortiguamiento
Llenaderas

1.5.5 CLASIFICACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO EN UN ANÁLISIS DE RIESGO.

Los escenarios riesgo específicamente para los incendios se clasifican en tres categorías:

- Categoría I. Duración del incendio hasta 10 minutos.
- Categoría II. Duración del incendio del orden de 15 a 60 minutos.
- Categoría III Duración del incendio más de 60 minutos.

Otro parámetro a determinar es el área total afectada por el incendio. Para estimarla se pueden considerar los "Niveles Máximos de Exposición de la Radiación Térmica" de la norma del Institute of Petroleum (IP - Codes). En ella se encuentra el valor umbral de 32 kW/m² para los daños estructurales producidos por radiación de calor. Con la base de este valor se puede realizar una ordenación de los escenarios de incendio según la siguiente clasificación:

- Categoría A - El contorno de los 32 kW/m² afecta a otro bloque cercano de incendio, por ejemplo: unidad de proceso, instalaciones de almacenamiento, etc.

- Categoría B - El contorno de los 32 kW/m² afecta a más del 25% del equipo localizado dentro del bloque de incendio considerado.
- Categoría C - El contorno de los 32 kW/m² afecta al 25% o menos del equipo localizado dentro del bloque de incendio considerado.

Grupo 1 de escenarios de riesgo: Representa los peores casos de incendio que requieren unas medidas de protección especial. Los casos típicos de este grupo son los incendios de larga duración, por ejemplo: incendios de tanques y también aquellos incendios que son consecuencia de una fuga de algún fluido formándose así grandes áreas de líquido derramado e incendiado (pool fires).

Grupo 2 de escenarios de riesgo: Son incendios con una duración del orden de diez minutos o también los que solamente afectan a una parte del bloque de incendio seleccionado. Estos casos de incendio no suelen requerir ninguna medida de protección adicional.

CATEGORÍA	A	B	C
I	IA	IB	IC
II	IIA	IIB	IIC
III	IIIA	IIIB	IIIC

Grupo 1
 Grupo 2

Fig. 1.4. 6: Cuadro resumen de grupos de escenarios de riesgo

1.5.6 DETERMINACIÓN DE LA CATEGORÍA, GRUPO Y RIESGO POTENCIAL DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO DE LA PLANTA DE ESTIRENO PROPUESTA.

Tomando en consideración lo explicado en el punto anterior, se muestra la siguiente tabla, en donde se describe la categoría, el grupo y el riesgo potencial de los escenarios de riesgo de la planta de estireno propuesta.

Tabla 1.5.6 Clasificación de la categoría, grupo y descripción del riesgo potencial a la que pertenece cada de escenario de riesgo de la planta de estireno propuesta.

ESCENARIO DE RIESGO	CATEGORÍA	GRUPO	DESCRIPCIÓN
Almacén de estireno	IIIA	1	Su riesgo potencial del estireno es que es inflamable y puede formar mezclas explosivas vapor/aire.
Almacén de solventes	IIIA	1	En el almacén de solventes se maneja una gran cantidad de sustancias muy inflamables, mientras tanto en el almacén de materia prima existen reactivos como el etilbenceno que es altamente inflamable. En el Almacén temporal de residuos peligrosos el riesgo es alto debido a las características de las sustancias que se encuentran ahí.
Almacén de materia prima	IIIA	1	
Almacén temporal de residuos peligrosos.			
Alimentación	IIIA	1	Estas áreas forman parte de proceso para la obtención del estireno, por lo tanto el riesgo de que se presente un incendio es alto, debido a que aquí se manejan tanto reactivos, subproductos y se obtiene el producto principal que es el estireno y son altamente inflamables.
Reacción	IIIA	1	
Fraccionamiento	IIIA	1	
Almacén de subproductos del proceso	IIIA	1	En esta área el riesgo es alto debido a que los subproductos obtenidos como son: (el alquitrán, tolueno y benceno), son altamente inflamables.
Tanques de amortiguamiento	IIIA	1	En estas áreas el riesgo es alto debido a que aquí pasa el producto para poder ser transportado, si no se tienen las condiciones de seguridad adecuadas, puede ser un motivo suficiente para provocar un incendio.
Patín de recibo y medición	IIIA	1	
Llenaderas	IIIB	1	

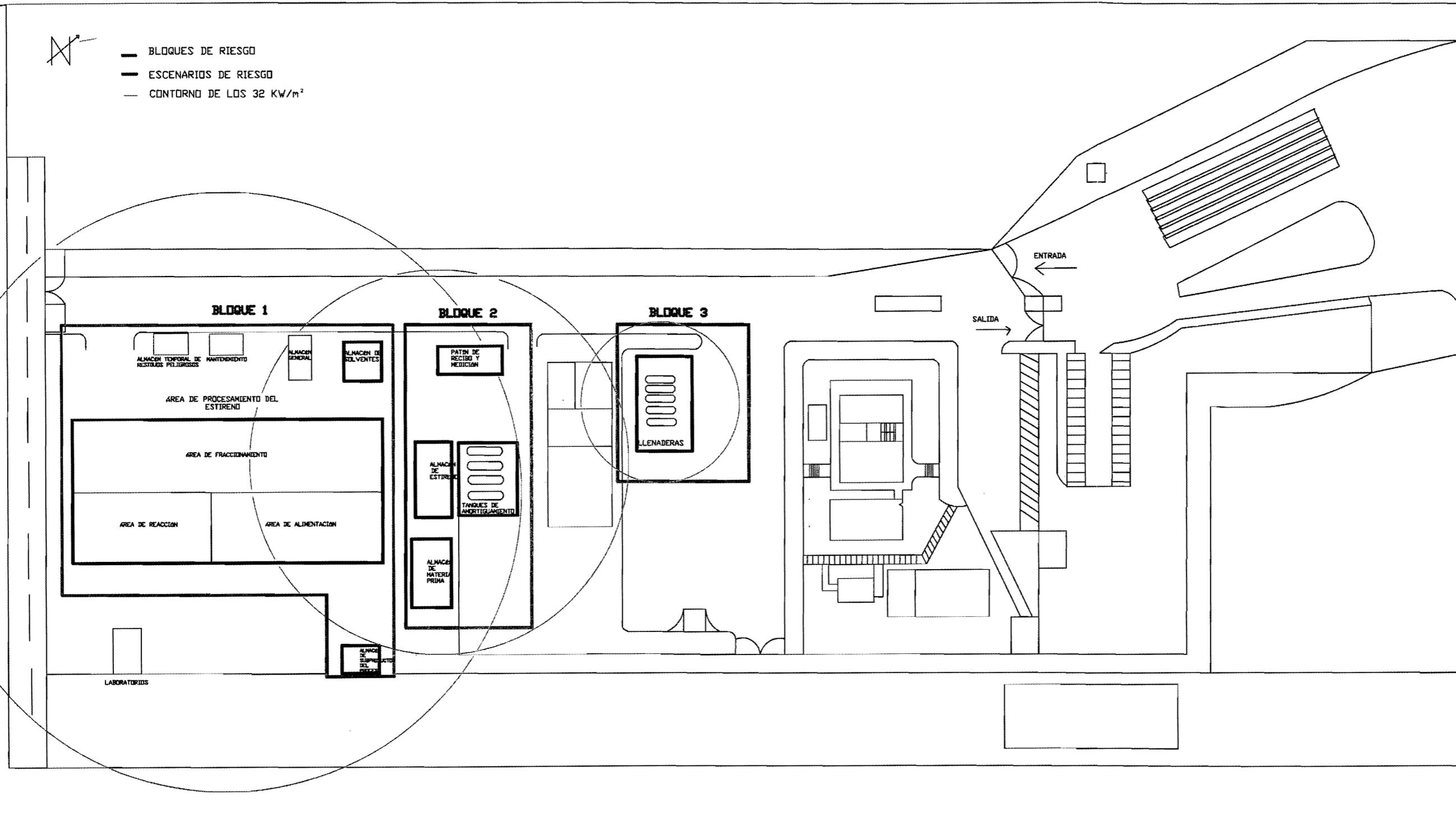
Después de haber identificado las zonas de riesgo en la planta de estireno, determinaremos los bloques de riesgo y los escenarios de riesgo. Cada bloque de riesgo representa un área definida con peligros potenciales de incendio o explosión. A continuación se presenta el Plano de la ubicación de bloques y escenarios de riesgo en la planta de estireno.

PLANO

'PLANO DE UBICACION DE BLOQUES Y ESCENARIOS DE INCENDIO EN LA PLANTA DE ESTIRENO'



- BLOQUES DE RIESGO
- ESCENARIOS DE RIESGO
- CONTORNO DE LOS 32 KW/m²



CAPITULO 2: DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES PARA UNA PLANTA DE ESTIRENO Y GUÍA PARA ELABORAR UN PLAN DE RESPUESTA A EMERGENCIAS.

2.1 GUIA PARA LA ELABORACION DEL PROGRAMA PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES.

DATOS GENERALES DEL ESTABLECIMIENTO O INSTALACIÓN, DEL REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA Y DEL RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL PROGRAMA PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES.

Establecimiento o Instalación.

Nombre o Razón Social.

Para el caso de personas morales deberá indicar el nombre o Razón social tal y como está registrado en el acta constitutiva de la Empresa.

Actividad principal productiva del establecimiento.

Para personas morales, escriba el nombre tal cual se encuentra en el acta constitutiva, para personas físicas, tal como se encuentra en el alta ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Clave Mexicana de Actividades Productivas (CMAP) de INEGI.

Para obtener la clave correspondiente, Utilizar el catálogo de 1999.

Código ambiental

Es el Código asignado a las empresas que han realizado algún trámite ante la SEMARNAT, (registro ambiental). Este campo será respondido siempre y cuando la empresa haya realizado trámites anteriores ante SEMARNAT.

Domicilio del Establecimiento o Instalación

Calle, número exterior, número interior, Colonia o barrio, Código Postal, municipio o delegación, entidad federativa, teléfonos. En caso de ubicarse en un Parque o Puerto industrial, deberá indicar además de lo anterior, indicar el número de entrada (en su caso), y especificar el número que corresponda a la administración en el caso de que existan varias instalaciones; asimismo debe indicar las coordenadas geográficas o UTM y altitud sobre el nivel del mar Donde se localiza la instalación o establecimiento. En el caso de carecer de dirección postal, señalar un rasgo geográfico de referencia.

Nombre y cargo del Representante Legal o Datos del Registro Único de Personas Acreditadas (RUPA).

Indicar el Nombre completo y cargo del Representante Legal de la Empresa, conforme al poder otorgado.

Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones.

Indicar el nombre de la calle, número exterior, número interior, o bien, lugar o rasgo geográfico de referencia en caso de carecer de dirección postal. Colonia o barrio, Código Postal, municipio o delegación, entidad federativa, teléfonos. Indique el fax y correo electrónico a través de los cuales acepta recibir comunicados oficiales por parte de la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas.

Responsable de la información contenida en el Programa para la Prevención de Accidentes

Puesto o cargo dentro de la organización de la empresa

Indicar el Nombre completo y cargo del Responsable de la información contenida en el Programa.

DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO DEL ESTABLECIMIENTO O INSTALACION DONDE SE DESARROLLAN LAS ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS

Descripción de las características físicas del entorno

Esta sección se deberá señalar el uso de suelo en un radio de 500 m en torno a la instalación, señalando la existencia y ubicación de: cuerpos, zonas naturales protegidas, especies de flora y fauna en peligro de extinción, asentamientos humanos (caseríos, poblaciones, etc.), características climáticas de la zona con base en el comportamiento histórico de los últimos diez años (temperaturas medias, humedad promedio, dirección de vientos dominantes <Rosa de vientos>, velocidad promedio de vientos); señalar si el establecimiento se localiza en una zona sísmica (indicar su clasificación), señalar si la instalación se localiza en una zona de huracanes. La información antes descrita deberá estar incluida en un plano a escala no mayor a 1:20 000, con escala gráfica y norte indicado. La información presentada en este apartado debe ser sustentada y referenciada en fuentes confiables y actualizadas, debiéndose señalar dicha referencia.

Descripción de las características socio-económicas

En este apartado se deberá describir el tipo de construcciones ubicadas en un radio de 500 m, la densidad de población y nivel socioeconómico.

Infraestructura, Servicios de Apoyo y Zonas Vulnerables

En este apartado se deberá hacer una relación de la infraestructura y servicios con la que se cuenta en el Municipio o localidad, para la atención de emergencias (Bomberos, Hospitales, Clínicas, Servicios de Emergencia, Etc.).

Asimismo, identificar y relacionar aquellas zonas vulnerables (Escuelas, Centros comerciales, Templos, unidades habitacionales de alta densidad, etc.), localizadas en torno a la instalación y que derivado de la evaluación de riesgos realizada en el Estudios de Riesgo Ambiental, se encuentren en la zona de afectación. La información antes descrita debe ser representada en un plano a escala no mayor a 1:20,000, con simbología, escala gráfica y norte indicado.

MATERIALES PELIGROSOS MANEJADOS Y ZONAS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

Este apartado es de importancia para las autoridades y personal involucrado en la atención a contingencias, ya que al conocer los materiales manejados, se podrán implementar mejores procedimientos para atender la emergencia.

Listado de materiales peligrosos.

Listar en una tabla cada uno de los materiales peligrosos (conforme a los listados publicados, que clasifican a las actividades altamente riesgosas) utilizados en el establecimiento o instalación, señalando la capacidad máxima en almacenamiento o proceso, la cantidad de reporte establecida en los listados, No. CAS o No. ONU, peso molecular, Limite Inferior y Superior de Inflamabilidad y/o Límites de Toxicidad (IDHL, TLV15 MIN, TLV8). Las cantidades deben ser expresadas en masa.

Es importante señalar que el responsable de la Instalación está obligado a contar con las Hojas de Datos de Seguridad de las sustancias identificadas como peligrosas, así como de darlas a conocer a todas aquellas instituciones u organizaciones que han sido identificadas como posibles apoyos en caso de una contingencia.

Eventos detectados en el Estudio de Riesgo Ambiental.

Tomando como base la evaluación y jerarquización de los riesgos identificados en el Estudio de Riesgo Ambiental, desarrollado para la Instalación, se indicará en un plano o fotografía aérea los radios potenciales de afectación de cada uno de los eventos evaluados, considerando únicamente el más probable y el catastrófico, debiendo señalar las sustancias involucradas en cada evento y los límites bajo los que se simuló. Para el caso de sustancias tóxicas se deberá indicar además las concentraciones esperadas en cada una de las zonas vulnerables (LC50, IDHL, TLV15, TWA, etc.), el tiempo estimado en alcanzar dichas concentraciones.

El área a cubrir no deberá ser menor al área mayor de afectación y la escala no deberá ser mayor a 1:10,000, asimismo deberá contar con escala gráfica y norte indicado.

IDENTIFICACIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS PARA CONTROLAR, MITIGAR O ELIMINAR LAS CONSECUENCIAS Y REDUCIR SU PROBABILIDAD.

Sistemas de seguridad

Relacionar las medidas, equipos, dispositivos o sistemas de seguridad, implantados para disminuir la probabilidad de ocurrencia de los eventos identificados en el Estudio de Riesgo Ambiental.

Medidas preventivas

Indicar las medidas preventivas, enfocadas a eliminar o disminuir la frecuencia y/o severidad de los eventos identificados en el Estudio de Riesgo Ambiental.

En este apartado se podrán incluir los programas de mantenimiento e inspección, Programas de Capacitación y Adiestramiento, Programas de simulacros, etc.

Si se incluye el programa de mantenimiento, este debe identificar claramente el equipo y su localización para que sea fácilmente identificado, área operativa en donde se localiza, calificación del responsable que realizará el mantenimiento y fecha programada.

Si se incluye el programa de capacitación se deberá presentar aquellos que se considere contribuirán a minimizar los riesgos identificados en el Estudio de Riesgo Ambiental asimismo se debe señalar nombre del tema impartido, los puestos de trabajo que asistirán, fecha de programación y su registro ante la STPS.

Los Programas de Simulacros deben identificar el tipo de simulacro (sismo, incendio, fuga de material tóxico, derrame de material inflamable, etc.), fecha programada y área o departamento donde se realizará el simulacro.

El Responsable de la instalación debe contar con los documentos de cada uno de los programas presentados en la instalación (la información debe contener las firmas de los responsables de las áreas o departamentos involucrados); dicha documentación podrá ser verificada por la autoridad competente en la materia.

PROGRAMA DE ACTIVIDADES A REALIZAR DERIVADAS DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL PRESENTADO POR EL ESTABLECIMIENTO O INSTALACIÓN.

Este apartado debe estar integrado por un programa de actividades a realizar para la reducción de los riesgos identificados en análisis de riesgo, la jerarquización y las recomendaciones u observaciones contenidas en el Estudio de Riesgo Ambiental presentado. El citado Plan debe ser presentado con la estructura presentada a continuación y deberá contener un número de referencia, descripción de la actividad, tipo de recomendación (preventiva, correctiva, de mejora, etc.), fecha de inicio y fecha de terminación y área responsable de su realización.

Se deberán considerar como mínimo todas aquellas acciones necesarias identificadas en el Estudio de Riesgo Ambiental presentado.

PLAN DE ACCIÓN

<i>Actividades a Desarrollar derivadas de la de recomendaciones del Estudio de Riesgo Ambiental.</i>					
No.	Descripción de la Actividad	Tipo de Recomendación	Fecha de inicio	Fecha de Terminación	Personal Responsable

2.2 PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES PARA UNA PLANTA DE ESTIRENO.

A continuación se presenta un Programa de Prevención de Accidentes para una planta de estireno, considerando que los datos del nombre, ubicación y entorno, son exclusivos de cada empresa en particular.

2.2.1 LISTA DE SUSTANCIAS PELIGROSAS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESAMIENTO DEL ESTIRENO Y DESCRIPCIÓN DE LAS HOJAS DE SEGURIDAD DE CADA UNA DE ELLAS.

Lista de sustancias peligrosas
Alquitrán
Benceno
Estireno
Etilbenceno
Hidroquinona
Tolueno

Tabla 1. Medios de extinción adecuados, Primeros Auxilios/Lucha contra incendios y Prevención para las sustancias peligrosas en una planta de estireno.

Sustancias	Medios de extinción adecuados	Primeros auxilios/ Lucha contra incendios
Alquitrán	Espuma, polvo, dióxido de carbono	<p>PRIMEROS AUXILIOS</p> <p>Inhalación: Aire limpio, reposo.</p> <p>Piel: Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.</p> <p>Ojos: Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica. Ingestión: Dar a beber agua abundante. Proporcionar asistencia médica.</p>
Benceno	Polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono	<p>En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.</p> <p>PRIMEROS AUXILIOS</p> <p>Inhalación: Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica</p> <p>Piel: Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.</p> <p>Ojos: Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.</p> <p>Ingestión: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.</p>
Estireno	Polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono.	<p>En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.</p> <p>PRIMEROS AUXILIOS</p> <p>Inhalación: Aire limpio, reposo.</p> <p>Piel: Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón.</p> <p>Ojos: Enjuagar con agua abundante durante varios minutos y proporcionar asistencia médica.</p> <p>Ingestión: Enjuagar la boca, NO provocar el vómito, dar a beber agua abundante y guardar reposo.</p>

Sustancias	Medios de extinción adecuados	Primeros auxilios/ Lucha contra incendios
Etilbenceno	Polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono.	<p>En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.</p> <p>PRIMEROS AUXILIOS</p> <p>Inhalación: Aire limpio, reposo y proporcionar asistencia médica</p> <p>Piel: Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón. Ojos: Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.</p> <p>Ingestión: Enjuagar la boca, dar a beber una papilla de carbón activado y agua y proporcionar asistencia médica.</p>
Hidroquinona	Polvo, agua pulverizada, espuma, dióxido de carbono	<p>PRIMEROS AUXILIOS</p> <p>Inhalación: Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.</p> <p>Piel: Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón. Ojos: Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.</p> <p>Ingestión: Enjuagar la boca, provocar el vómito (¡UNICAMENTE EN PERSONAS CONSCIENTES!) y proporcionar asistencia médica</p>
Tolueno	Polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono.	<p>En caso de incendio Evacuar y aislar el área de peligro. Ubicarse a favor del viento. Retirar los envases expuestos si no hay riesgo, en caso contrario enfriarlos con agua desde una distancia segura. Utilizar protección respiratoria.</p> <p>PRIMEROS AUXILIOS</p> <p>Inhalación: Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica. Piel: Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón.</p> <p>Ojos: Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.</p>

Tabla 2 Riesgos a la Salud de las Sustancias Químicas peligrosas.

Riesgos a la Salud
<p><u>Alquitrán</u></p> <p>La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.</p> <p>Efectos de exposición de corta duración</p> <p>La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La exposición al sol puede acentuar el efecto irritante del alquitrán de hulla sobre la piel ojos, produciendo quemazón.</p> <p>Efectos de exposición prolongada o repetida</p> <p>El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis e hiperpigmentación de la piel. Esta sustancia es carcinógena para los seres humanos.</p>
<p><u>Benceno</u></p> <p>La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.</p> <p>Efectos de exposición de corta duración:</p> <p>La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y la consiguiente neumonitis química. La sustancia puede causar efectos en sistema nervioso central, dando lugar a disminución del estado de alerta. La exposición muy por encima del valor límite de exposición profesional puede producir pérdida del conocimiento y muerte.</p> <p>Efectos de exposición prolongada o repetida: El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afectar a la médula ósea y al sistema inmune, dando lugar a una disminución de células sanguíneas. Esta sustancia es carcinógena para los seres humanos.</p>
<p><u>Estireno:</u></p> <p>La sustancia se puede absorber por inhalación y a través de la piel.</p> <p>Efectos de exposición de corta duración:</p> <p>La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y el consiguiente riesgo de neumonitis química. La exposición podría causar disminución de la conciencia.</p> <p>Efectos de exposición prolongada o repetida</p> <p>El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. El contacto prolongado o repetido puede producir sensibilización de la piel. La inhalación prolongada o repetida puede originar asma. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central.</p>

Etilbenceno:

La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor, a través de la piel y por ingestión.

Efectos de exposición de corta duración

La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y la consiguiente neumonitis química. La sustancia puede causar efectos en el sistema nervioso central. La exposición por encima del LEL podría causar disminución de la consciencia.

Efectos de exposición prolongada o repetida

El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.

Hidroquinona:

La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.

Efectos de exposición de corta duración

La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La exposición por ingestión puede producir fallo respiratorio.

Efectos de exposición prolongada o repetida

El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. El contacto prolongado o repetido puede producir sensibilización de la piel. La sustancia puede afectar a los ojos y la piel, dando lugar a una decoloración de la conjuntiva y la córnea y a una despigmentación de la piel. Puede originar lesión genética en los seres humanos.

Tolueno:

La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.

Exposición Corta La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La exposición podría causar depresión del sistema nervioso central. La exposición a altas concentraciones puede producir arritmia cardíaca, pérdida del conocimiento y muerte

Exposición Prolongada El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central, dando lugar a desórdenes psicológicos y dificultad en el aprendizaje. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.

2.2.2 IDENTIFICACIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS PARA CONTROLAR, MITIGAR O ELIMINAR LAS CONSECUENCIAS Y REDUCIR SU PROBABILIDAD EN LA PLANTA DE ESTIRENO PROPUESTA.

Sistemas de seguridad

Extintores

En las instalaciones de la planta de estireno se cuenta con 102 extintores distribuidos en las diversas áreas de la misma, en la siguiente tabla se presentan sus características.

EXTINTOR	NÚMERO
POLVO QUÍMICO SECO DE 9 KG.	39
POLVO QUÍMICO SECO DE 13 KG.	8
POLVO QUÍMICO SECO DE 68 KG.	4
CO ₂ DE 9KG.	51

Red contra incendio

En la planta de estireno propuesta se cuenta con una red fija contra incendio constituida por equipos contra incendio como son: rociadores, hidrantes y monitores que protegen las áreas que cuentan con un índice alto de riesgo. La red fija contra incendio se presenta detalladamente en el Capítulo 4.

Sistema de alarmas

Se cuenta con un sistema de alarmas local audible que permite realizar el aviso de que ha ocurrido una emergencia.

Detectores

Para proteger de forma específica en los puntos estratégicos se tiene instalado un sistema de detectores de humo, de fuego y de mezclas explosivas, una vez que exista alguna anomalía debe entrar en acción el equipo contra incendio establecido. El sistema de detectores y alarmas se encuentra en el capítulo 3.

Brigadas de Atención de emergencias

En una planta de estireno debe haber forzosamente brigadas: Contra incendio, Búsqueda y Rescate, Comunicación e Información, Evacuación del inmueble y Primeros auxilios.

2.2.3 PROGRAMA DE ACTIVIDADES A REALIZAR DERIVADAS DEL ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL PRESENTADO POR EL ESTABLECIMIENTO O INSTALACIÓN.

En la siguiente tabla se muestran las actividades realizadas para prevenir que se presente algún incidente detectado en el análisis de riesgo para una planta de estireno.

Tabla 3. Actividades a Desarrollar derivadas del Estudio de Riesgo Ambiental.

No	Descripción de la Actividad	Tipo de Recomendación
1	Presencia de una fuga, derrame o incendio.	<p>Preventiva <u>Revisar que haya:</u> Entrenamiento, simulacros operacionales y contra incendio para todo el personal. Capacitación constante a todo el personal sobre los diversos programas de prevención. Entrenamiento y comunicación constante de las diferentes brigadas, para poder actuar de manera rápida y efectiva.</p>
2	Presencia de un incendio	<p>Preventiva Revisión periódica sobre el estado de cada uno de los equipos contra incendio, así como sistemas de detección y alarmas. <u>Verificar que haya:</u> Entrenamiento y capacitación constante a todo el personal. Una capacitación especializada a las diferentes brigadas, para poder actuar en efectivamente en cualquier momento que se requiera.</p>
3	Problemas con equipos, instrumentos o soportes eléctricos.	<p>Preventiva Realizar los mantenimientos programados de acuerdo al programa de mantenimiento preventivo y verificar su cumplimiento. Verificar que exista protección sobre la exposición al fuego de puentes de tuberías, cables de instrumentos, así como soportes.</p>

No	Descripción de la Actividad	Tipo de Recomendación
4	Descargas eléctricas	<p>Preventiva</p> <p>Revisar que haya Sistema Pararayos y que los equipos eléctricos estén conectados a tierra.</p> <p>Basarse en la NOM-022-STPS.</p>
5	Contención de líquidos o agua contra incendio de monitores, mangueras, rociadores, espumas, etc.	<p>Preventiva</p> <p>Revisar que los diques de contención y zanjas estén bien diseñados.</p>
6	Fuga en algún tanque de amortiguamiento, llenaderas o tubería, etc.	<p>Preventiva</p> <p>Revisar que las válvulas de bloqueo accesibles en límites de tuberías para poder bloquear el paso del flujo determinado.</p> <p>Llevar a cabo inspecciones de riesgo, así como efectuar calibraciones y control de desgaste de las placas.</p>
7	Fuga de etilbenceno en tanques del Almacén de materia prima	<p>Preventiva</p> <p>Llevar a cabo inspecciones de riesgo, así como efectuar calibraciones y control de desgaste de las placas.</p>
8	Fuga de estireno en tanques del Almacén de Producto terminado.	<p>Preventiva</p> <p>Llevar a cabo inspecciones de riesgo, así como efectuar calibraciones y control de desgaste de las placas.</p>
9	Fuga de fluidos en el área de proceso	<p>Preventiva</p> <p>Llevar a cabo inspecciones de riesgo, revisar continuamente que las válvulas, las tuberías, instrumentación, accesorios, equipos de proceso estén en buenas condiciones.</p>

2.3 GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE RESPUESTA A EMERGENCIAS PARA UNA PLANTA QUÍMICA.

En este apartado se deberán relacionar todos los procedimientos establecidos para la atención de emergencias al interior y al exterior de la instalación. Asimismo se debe relacionar los equipos y servicios con que cuenta la instalación para la atención de emergencias, señalando en un plano a escala 1:5,000 (o a una escala adecuada) su localización, así como las rutas de evacuación, tanto al interior como al exterior de la instalación.

Procedimientos Específicos para la Respuesta a los Posibles Eventos de Riesgo Identificados dentro de la instalación.

En este apartado se deben relacionar los Procedimientos establecidos para la notificación a autoridades competentes, sobre aquellos eventos determinados en Estudio de Riesgo Ambiental, tales como procedimiento para dar aviso de un incidente, solicitar ayuda, notificar sobre un evento “fuera de control”, etc. Asimismo listar aquellos procedimientos específicos para la Atención de Emergencias, para los diferentes eventos identificados en el Estudio de Riesgo Ambiental, tales como: Fugas de materiales Tóxicos, Derrames de Materiales Peligrosos, Incendios, etc.; tomando en consideración las características físicas y químicas de los materiales involucrados.

Directorio de la estructura funcional para la respuesta a emergencias

En este apartado se debe proporcionar la estructura con la que cuenta la empresa para la atención de emergencias las 24 hrs. del día, sin importar el número de turnos o días laborables y listar aquellas empresas, instituciones o servicios públicos que pudiesen proporcionar asistencia en caso de un evento.

Plan para revertir los efectos de las liberaciones potenciales de los materiales peligrosos, en las personas en y en el ambiente (cuerpos de agua, flora, fauna, suelo)

A partir de la identificación de riesgos derivados de análisis de riesgos realizado a la instalación, se deben desarrollar e implementar una serie de procedimientos que den atención a la población y áreas afectadas, con el objeto de revertir o restaurar los daños provocados.

Métodos de limpieza y/o descontaminación en el interior y exterior de la planta.

Para aquellos casos en los que derivado del análisis de riesgo, se identificó la posibilidad de una contaminación de suelo o agua, dentro o fuera de las instalaciones, se deben desarrollar los procedimientos para su limpieza, debiendo señalar lo siguiente:

- _ Tipo y/o características de la afectación
- _ Acciones a desarrollar
- _ Nombre de la técnica y/o método de limpieza o descontaminación
- _ Equipo y materiales a utilizar.

Cumplimiento de la normatividad en materia de seguridad, prevención y atención de emergencias emitidas por las dependencias del gobierno federal que conforman la comisión, en términos del artículo 147 de la LGEEPA.

En esta sección se presenta una breve reseña del cumplimiento de aquellos artículos normativos que están relacionados con la administración de riesgos, prevención de accidentes y atención de emergencias, que debe cumplir la planta de estireno.

REQUERIMIENTO	LEGISLACIÓN FEDERAL	NORMAS OFICIALES MEXICANAS	SE CUMPLE
Autorización del Estudio de Análisis de Riesgo y elaboración de un Programa de Prevención de Accidentes	Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección del ambiente, Título IV, Capítulo V, Artículo 147. Primer y Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas emitido por la Secretaría de Gobernación y SEMARNAP (publicado en el DOF el 28 de marzo de 1990 y el 4 de mayo de 1994 respectivamente).	N.A.	Si
Contar con medidas preventivas y sistemas de atención de emergencias para el manejo, transporte y almacenamiento de los materiales y sustancias químicas peligrosas.	Reglamento Federal de Seguridad Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, Título Primero, Capítulo Segundo, Artículo 17, Fracción XI.	NOM-005-STPS-1998, fracción 8.g.	Si
Programa anual de simulacros.	N.A.	NOM-002-STPS-2000, fracción 5.9.	Si
Medidas específicas de prevención y protección para evitar incendios.	Reglamento Federal de Seguridad Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, Título Segundo, Capítulo Segundo, Artículo 28, Fracción II	NOM-002-STPS-2000, Fracción 5.7.	Si
Plan de emergencia para casos de incendio que contenga las actividades a desarrollar por los integrantes de las brigadas.	Reglamento Federal de Seguridad Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, Título Primero, Capítulo Segundo, Artículo 17, Fracción V, XI, Título Segundo, Capítulo Segundo, Artículo 28, Fracción III.	NOM-002-STPS-2000, Fracción 7.h.	Si

Tienen instalado equipo contra incendio. Los extintores están colocados en lugares visibles, en sitios de fácil acceso y libres de obstáculos, cuentan con su placa o etiqueta de identificación.	Reglamento Federal de Seguridad Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, Título Primero, Capitulo Segundo, Artículo 17, Fracción V, XI, Título Segundo, Capitulo Segundo, Artículo 28, Fracción III.	NOM-002-STPS-2000, fracciones 5.4 y 5.5.	Si
Las salidas de emergencia dan acceso a espacios libres de riesgo de incendio.	N.A.	NOM-002-STPS-2000, Fracción 7.	Si
Contar con una brigada para atención a emergencias.	Reglamento Federal de Seguridad Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, Título Segundo, Capitulo Segundo, Artículo 28, Fracción V.	NOM-002-STPS-2000, Fracción 5.10.	Si
Proporcionar a los trabajadores capacitación para la prevención de incendios y combate de conatos de incendio.	Reglamento Federal de Seguridad Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, Título Primero, Capitulo Primero, Artículo 15, Capitulo Segundo, Artículo 17, Fracción VII.	NOM-002-STPS-2000, Fracción 5.8.	Si
Contar con registro del cumplimiento de la revisión mensual y del mantenimiento preventivo anual realizado a equipo contra incendios para garantizar su funcionamiento y operación.	Reglamento Federal de Seguridad Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, Título Primero, Capitulo Segundo, Artículo 17, Fracción XI, Título Segundo, Capitulo Segundo, Artículo 28, Fracción III.	NOM-002-STPS-2000, Fracción 7.g.	Si

PLAN DE RESPUESTA A EMERGENCIAS QUÍMICAS A NIVEL EXTERNO.

Identificación de Grupos o instituciones de apoyo

Relacionar los Grupos o Instituciones que hayan sido identificadas para brindar apoyo en caso de una emergencia, señalando tipo de servicio que ofrecen, ubicación y tiempo estimado de arribo a la instalación.

Procedimientos Específicos para la Respuesta a Emergencias cuando el nivel de afectación rebasa los límites de propiedad de la instalación.

En este apartado se deben señalar los Procedimientos Específicos para alertar a la comunidad, Evacuación, Atención de la Emergencia, Término de la Emergencia, Evaluación de los posibles impactos. Retorno de la población evacuada, etc.; dentro de los procedimientos deberán estar integradas las autoridades competentes y si existen los Grupos Locales de Ayuda Mutua.

Inventario de equipo y servicios con que se cuenta para la atención de emergencias.

Relacionar los equipos y servicios de apoyo con que se cuenta para la atención de la emergencia externa, señalando las características principales de cada uno de ellos, asimismo incluir un plano de localización de los equipos.

Principales vialidades identificadas para el ingreso de grupos de ayuda externa.

Señalar en un Plano a escala adecuada las principales vialidades identificadas como viables para ser utilizadas como rutas de evacuación o rutas para recibir apoyo externo. La información contenida en el plano antes señalado, debe estar sustentada por el estudio correspondiente.

Procedimientos Específicos para la comunicación de Riesgos.

Es este apartado, se deben señalar las estrategias utilizadas para la difusión de aquellos procedimientos con los que cuenta la empresa para comunicar a la población potencialmente afectada los riesgos a los que está expuesta, así como las medidas de seguridad instrumentadas para su reducción. En el Programa de Respuesta a Emergencia se considera la necesidad de efectuar la comunicación de riesgos tanto a los trabajadores como a los vecinos que pudieran verse afectados por alguna emergencia durante el manejo de los productos químicos.

Procedimientos para el desarrollo de simulacros con la población aledaña.

En este apartado deberá presentar una relación de los procedimientos con que cuenta la instalación para el desarrollo de simulacros que involucren a la población aledaña y organismos municipales, estatales o federales. Deberán incluir una descripción no mayor a cinco líneas.

Programa de simulacros.

Incluir el programa de simulacros para el año en el que se presente este documento, se deberá mantener una copia actualizada de dicho programa dentro del establecimiento o instalación

CAPÍTULO 3: PLAN DE RESPUESTA A EMERGENCIAS PARA UNA PLANTA DE ESTIRENO

3.1 PLAN DE EMERGENCIA

INTRODUCCIÓN

La naturaleza de los procesos industriales y operaciones que se realizan en planta implican riesgos de ocurrencia de incidentes industriales, tales como incendios, explosiones, fugas o derrames. Estas emergencias se pueden prevenir aplicando normas legales y técnicas relacionadas con el manejo adecuado de combustibles, equipos eléctricos, fuentes de calor y sustancias peligrosas, propias de la actividad económica de una organización.

No obstante el cumplimiento de lo anterior, siempre se debe estar preparado para responder ante una emergencia.

La preparación ante emergencias debe llevarse a cabo indistintamente del tamaño de la organización o del riesgo que esta genere.

Para dar pronta respuesta a una emergencia, la organización debe tener diseñado y planeado un Plan de Emergencia.

Este es aquel en el cual se definen las políticas, la organización y los métodos, que indican la manera de enfrentar una situación de emergencia o desastre tanto en lo general como en lo particular. Su objetivo es proporcionar un conjunto de directrices e información destinadas a la adopción de procedimientos técnicos y administrativos estructurados para facilitar respuestas rápidas y eficientes en situaciones de emergencia. En términos generales, un plan debe tener las siguientes características:

- Posibilitar la restricción de los daños a un área determinada, previamente designada para evitar que los impactos sobrepasen los límites de seguridad preestablecidos.
- Contemplar las acciones necesarias para evitar que situaciones (internas o externas), de las instalaciones involucradas en el accidente, contribuyan a su agravamiento.

- Ser un instrumento práctico que facilite respuestas rápidas y eficaces en situaciones de emergencia.
- Ser lo más sucinto posible y contemplar, clara y objetivamente, las atribuciones y responsabilidades de las personas involucradas.

Un plan de emergencias se divide en dos etapas principales: Preparación y Respuesta:

PREPARACIÓN

A continuación se presentan las etapas que se deben tratar durante la preparación:

- 1.- Realización del análisis de riesgos.
- 2.- Organización del Plan de Emergencias.
- 3.- Implementación y mantenimiento del Plan de Emergencias.

RESPUESTA

Para tener éxito en las operaciones durante las situaciones de emergencia se debe tratar de actuar de manera coordinada, con la participación de todas las personas y organismos involucrados.

Tan pronto como ocurra una emergencia se debe colocar en marcha el Plan de Emergencia diseñado por la organización, siguiendo los procedimientos allí establecidos. Todo el personal debe estar capacitado para reaccionar rápidamente y activar este Plan.

3.1.1 POLÍTICAS

- Actualizar el Plan de Respuesta a Emergencias por cada cambio de Localización ó cuando se realicen modificaciones que afecten los Sistemas de Seguridad.
- El Plan General de Emergencia de esta instalación deberá ser activado por el Superintendente en el momento que se presente cualquier emergencia de las descritas en el presente Plan.
- Cumplir con las disposiciones que contiene este Plan, las cuales son de observancia obligatoria general para todo el personal de la empresa, cualesquiera que sea su categoría o designación.
- Deberán participar la administración, sus representantes y todos los trabajadores integrantes del Plan de Respuesta de Emergencia.

- Es obligatorio que las autoridades encargadas de la instalación o centro de trabajo se coordinen con los Comités del plan externo, para la atención de emergencias a nivel local y regional, cuando así proceda.
- Al ordenar o dirigir la ejecución de un trabajo, se deberá comprobar que todos los trabajadores tengan un claro entendimiento de las condiciones en que se ejecutará el trabajo y de los riesgos a que estarán expuestos durante el desarrollo del mismo; así como también de las medidas de seguridad que deberán aplicar para evitar cualquier evento no deseado.
- Todo el personal deberá participar en las prácticas y/o simulacros que se organicen en esta plataforma, para estar en posibilidades de dar cumplimiento a lo establecido en el Plan de Respuestas a Emergencias.

3.1.2 OBJETIVO

Dar forma y sentar la directriz y lineamientos del Plan de Respuesta a Emergencia como un instrumento útil y suficiente en la prevención, control y mitigación de pérdidas por desastres catastróficos en las instalaciones de nuestra empresa y garantizar la integridad física de sus trabajadores, las instalaciones y medio ambiente acorde con la normatividad oficial vigente.

3.1.3 ALCANCE DEL PLAN.

Son las instalaciones de la planta a las cuales comprende el plan

3.1.4 DEFINICIÓN DE SITUACIONES DE EMERGENCIA.

Accidente.-Es un evento no deseado y repentino que altera la actividad productiva de una Instalación o Centro de Trabajo, con daño físico a las plantas o equipos, a los trabajadores, a terceros, a los bienes de terceros y/o al medio ambiente.

Alarma. Fase inicial de los procedimientos que ponen en funcionamiento el plan de emergencia frente a una amenaza de desastre o un desastre.

Análisis de Riesgo.- Es el análisis y evaluación de situaciones peligrosas, mediante el empleo de metodologías y técnicas de simulación, que permiten identificar las consecuencias que se derivan de dichas situaciones. Este análisis puede ser de naturaleza cualitativa y/o cuantitativa, según aplique.

Brigadas de Emergencia.- Es el grupo de personas designadas y preparadas con propósitos específicos, para manejar las situaciones de emergencia y que actúan en auxilio de la organización de ésta en la instalación, de acuerdo al imprevisto que se presente como manifestación de la emergencia, por ejemplo brigadas de contra incendio, brigadas de primeros auxilios, etc.

Contingencia.- Conjunto de condiciones físicas adversas derivadas de actividades humanas o fenómenos naturales que incrementan la posibilidad de que ocurra un incidente o accidente que de origen a una emergencia.

Emergencia.- Es aquella situación que se deriva de un incidente / accidente y por su naturaleza de riesgo activa una serie de acciones para inhibir o mitigar las consecuencias de un incidente / accidente en la Instalación o Centro de Trabajo.

Escenario de Emergencia.- Son los equipos o instalaciones y sus áreas y circunstancias donde puede ocurrir un accidente y que son analizados por medio de un estudio de riesgo y que se utilizan como base para determinar operaciones y recursos que deben realizar y emplear los grupos de emergencia con la finalidad de obtener el control de la situación lo más inmediato posible.

Incendio.- Fuego que se escapa del control humano y que puede producir daño, tales como la pérdida de vidas humanas, la destrucción de bienes materiales y el deterioro ambiental.

Incidente.- Es un evento no deseado y repentino que altera la actividad productiva de una Instalación o Centro de Trabajo, sin daño físico a las plantas o equipos, a los trabajadores, a terceros, a los bienes de terceros, o al medio ambiente, y que generalmente se asocia con una pérdida económica de producción.

Mitigación.- Conjunto de acciones para disminuir las consecuencias por la ocurrencia de un accidente.

Plan.- Documento que prevé y determina anticipadamente los cursos de acción a seguir y que fundamenta las decisiones en hechos para aproximar a los objetivos previamente.

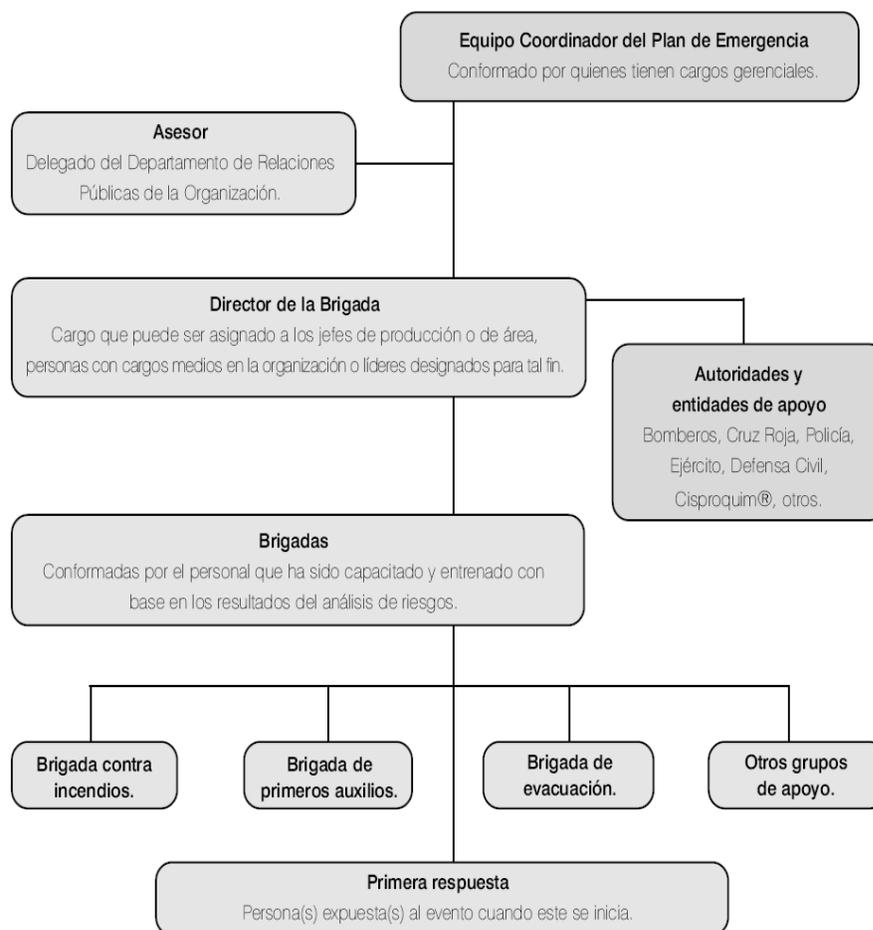
Riesgo Mayor.- Probabilidad de ocurrencia de un accidente, que significaría el mayor daño por sus consecuencias, por el número de personas afectadas, por la magnitud de los daños materiales, afectación al ambiente, o por la combinación de estos.

Riesgo.- Es la probabilidad de ocurrencia de un daño a instalaciones, al personal, a terceros o al medio ambiente.

Simulacro.- Representación de un evento en la cual se ponen en práctica las acciones contenidas en un Plan de Emergencia, con la finalidad de evaluar el conocimiento, desempeño y eficacia de los participantes en el combate, control y eliminación de la causa de la emergencia.

Unidad de Respuesta a Emergencias (URE).- Es la organización interna de la Instalación o Centro de Trabajo, formada por trabajadores, que tiene la finalidad de responder con acciones y responsabilidades específicas en la atención a una emergencia en su Instalación o Centro de Trabajo.

Figura 3. Estructura organizacional para la prevención y atención de emergencias



3.1.5 FUNCIONES ASIGNADAS A MIEMBROS DE LA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL PLAN DE EMERGENCIAS

Equipo coordinador del Plan de Emergencia

Tiene como misión garantizar el cumplimiento del programa de preparación para Emergencia y Contingencias asegurando los medios técnicos y logísticos necesarios para su implementación, mantenimiento y puesta en práctica.

En situaciones de emergencia es el responsable por la toma de decisiones que corresponden a altos niveles jerárquicos (evacuación parcial o total, suspensión de actividades, retorno de actividades). Sus funciones específicas son:

- Avalar las directrices, procedimientos, programas y actividades propias del Plan de Emergencia y Contingencias en las fases de planeación, implementación y seguimiento.
- Ejercer el control y seguimiento sobre el desarrollo y continuidad del programa de preparación para emergencia y contingencias garantizando su divulgación y mantenimiento.
- Coordinar la realización de simulacros periódicos con todos los niveles de la organización.
- Aprobar los programas de capacitación para los grupos operativos de emergencia (Brigadas) y la adquisición y mantenimiento de los equipos básicos que se utilizan en el control de emergencias.
- Garantizar la capacitación de las personas que conforman la estructura organizacional.
- Cuando no exista un grupo específico para apoyo de comunicación en emergencias, debe suministrar la información necesaria sobre el desarrollo del evento.
- Tener el registro e información acerca de las personas que se trasladen a hospitales o que a causa de la emergencia hayan fallecido.

3.1.5.1 Departamento de Relaciones Públicas

Es el responsable de servir de portavoz oficial de la empresa. Sus funciones específicas son:

- Establecer con el equipo coordinador del Plan de Emergencia, los lineamientos para suministrar información pública.
- Asesorar al jefe de brigada sobre el tipo y forma de la información que debe divulgarse en caso de emergencia.
- Desarrollar criterios, técnicas y procedimientos de comunicación efectiva en caso de emergencia.
- Mantener en forma permanente una lista actualizada con los nombres y direcciones de todos los medios de comunicación reconocidos.
- Servir de portavoz oficial de la organización ante la comunidad y los medios de comunicación.
- Preparar conjuntamente con los funcionarios involucrados en la emergencia, los comunicados oficiales de la organización en caso de una emergencia.
- Divulgar los comunicados oficiales de la organización a los diferentes medios de comunicación.
- Coordinar las actividades de relaciones públicas posteriores al siniestro.
- Llevar un archivo de toda la información periodística obtenida.
- Presentar a la gerencia un informe del impacto que la emergencia ha tenido sobre la opinión pública y proponer estrategias de información orientadas a la minimización del impacto sobre la imagen de la organización y para la recuperación de la misma.

3.1.5.2 Director de Brigada o Jefe de Brigada o Líder de Emergencia

Es la persona encargada de determinar y dirigir las acciones necesarias para el control de una situación al interior de las instalaciones de la organización, reporta sus actividades directamente al equipo coordinador de emergencia. Sus funciones específicas son:

- De acuerdo con la magnitud del evento recibe la alarma y activa el Plan de Emergencia y Contingencias. Indaga con el Brigadista de área sobre el tipo y características del evento.

- Establece comunicación permanente con los Brigadistas de cada área.
- Está atento a las indicaciones sobre acciones y requerimientos del Brigadista de área coordinando y apoyando las labores de control.
- Define con el equipo coordinador de emergencias las decisiones y acciones extraordinarias no contempladas en el planeamiento para el efectivo control de la situación.
- En orden de prioridad evalúa y comunica las necesidades de evacuación, intervención de la brigada, intervención de equipos de socorro y rescate exteriores.
- Establece el retorno a la normalidad.

3.1.6.- MANTENIMIENTO DEL PLAN DE EMERGENCIAS

El éxito de una operación de atención de eventos mayores, depende de las acciones de respuesta previstas y desarrolladas en el Plan de Emergencias. De esta manera, para lograr los resultados esperados a través de las acciones previstas en el plan durante la ocurrencia de situaciones de emergencia, es necesario divulgarlo debidamente, dentro de la organización, e integrarlo a otros planes locales y regionales, así como a otras entidades que deberán actuar conjuntamente en la respuesta a los accidentes.

Además de la debida divulgación, la implementación del plan está relacionada con la disponibilidad de los recursos humanos, además de los materiales necesarios y compatibles con la gravedad de los posibles eventos que se atenderán. El plan también debe considerar la implementación y mantenimiento de un programa de capacitación en diferentes niveles de dificultad, incluidos:

- Capacitación teórica.
- Capacitación individual.
- Ejercicios en campo.
- Operaciones simuladas de coordinación.

Después de la etapa de implementación, el plan de emergencias se debe actualizar y revisar periódicamente, con base en la experiencia adquirida a lo largo del tiempo, tanto durante las ocurrencias reales como durante la capacitación y los simulacros. El mantenimiento del plan debe contemplar las siguientes actividades:

- Sistema de actualización de la información.
- Registro de los casos atendidos.
- Reevaluación periódica de los procedimientos.
- Reemplazo y renovación de recursos.

3.1.7- RESPUESTA

Para tener éxito en las operaciones durante las situaciones de emergencia se debe tratar de actuar de manera coordinada, con la participación de todas las personas y organismos involucrados.

Tan pronto como ocurra una emergencia se debe colocar en marcha el Plan de Emergencia diseñado por la organización, siguiendo los procedimientos allí establecidos. Todo el personal debe estar capacitado para reaccionar rápidamente y activar este Plan.

3.1.7.1 Respuesta a los incidentes

Existen actividades básicas para el sistema de respuesta al incidente que se pueden dividir en cinco segmentos amplios que interactúan entre sí:

3.1.7.2 Reconocimiento

Por lo general, uno de los primeros pasos que se debe seguir en la atención de una emergencia, es el reconocimiento del tipo y grado de riesgo presente del incidente. Es necesario identificar las sustancias implicadas y determinar sus propiedades químicas y físicas. Como un paso preliminar, se deben revisar las Hojas de Seguridad las cuales brindan información sobre las propiedades, los riesgos y la forma adecuada de tratar las sustancias.

El reconocimiento implica el uso de toda la información disponible, resultados de muestras, datos históricos, observación visual, análisis instrumental, rótulos, etiquetas, documentos de transporte y otras fuentes para identificar las sustancias implicadas.

3.1.7.3 Evaluación

El reconocimiento facilita la información básica referente a las sustancias involucradas en la emergencia. La evaluación implica la determinación de sus efectos o potencial impacto en la salud pública, propiedades y el ambiente.

Su potencial de impacto real depende de la localización del incidente, tiempo y otras condiciones específicas del lugar. Para evaluar completamente los efectos de una emergencia con productos peligrosos, se deben identificar las sustancias, establecer sus patrones de dispersión y determinar las concentraciones de los productos tóxicos. El riesgo se evalúa con base en la exposición del público y otros receptores críticos.

3.1.7.4 Control

El control se realiza a través de métodos destinados a la prevención o reducción del impacto del incidente. Por lo general, se establecen acciones preliminares de control tan rápido como sea posible. Al obtener información adicional a través del reconocimiento y evaluación, se modifican las acciones iniciales de control o se establecen otras. Las fugas que no requieren una acción inmediata, permiten más tiempo para planificar e implementar las medidas correctivas. Las medidas de control incluyen tratamientos químicos, físicos y biológicos, así como técnicas de descontaminación, con el objetivo de restablecer las condiciones normales. También se incluyen medidas sobre la salud pública, por ejemplo, el abandono o corte del suministro de agua potable para prevenir la contaminación causada por la sustancia en las personas.

3.1.7.5 Información

La información es un componente importante del Plan de Emergencias. Todas las actividades que componen el plan de emergencias, se basan en el proceso de recibir y transmitir información. Esta es un elemento de apoyo al reconocimiento, evaluación y control. Además, es un elemento de soporte para los elementos de acción que ofrece datos para la toma de decisiones. Así mismo, es el resultado del balance de los demás elementos. La muestra de un determinado producto puede ofrecer información para determinar las opciones de tratamiento del incidente. La información proviene de tres fuentes:

- Inteligencia: información obtenida de registros o documentos existentes, letreros, etiquetas, rótulos, configuración de los recipientes, observación visual, informes técnicos y otros.
- Instrumentos de lectura directa: información obtenida con relativa rapidez a través de instrumentos.
- Muestreo: información obtenida a través de la recolección de porciones representativas del medio o materiales para su posterior análisis en los laboratorios de campo o fijos.
- La adquisición de información, el análisis y la toma de decisiones, son procesos interactivos que definen la extensión del problema y la selección de posibles acciones de respuesta al incidente. Para que la atención del incidente sea efectiva, es necesario establecer una base de información precisa, válida y oportuna. Durante el desarrollo del incidente, se reúne, procesa y aplica un flujo intenso de información.

3.1.7.6 Seguridad

Todas las intervenciones para atender emergencias presentan diversos riesgos para los que responden a estos. Para establecer un programa de protección contra tales riesgos, se deben analizar las características fisicoquímicas de los productos y relacionarlas con cada operación de respuesta. Las consideraciones de seguridad contribuyen a la ejecución de cada actividad que se inicia y a la vez son producto de cada intervención realizada. Toda organización de atención de emergencias químicas debe contar con un programa efectivo de seguridad, incluidos los exámenes médicos, equipos de seguridad apropiados, procedimientos operacionales estandarizados y un activo programa de capacitación. Los elementos anteriormente mencionados no son necesariamente pasos secuenciales del proceso de atención. En algunas situaciones, se puede comenzar por la adopción de las medidas de control antes de identificar todas las sustancias. En otros, se debe realizar una evaluación más completa de la dispersión de los materiales, antes de determinar las acciones correctivas de control.

3.3 SISTEMAS DE DETECCIÓN DE CONTINGENCIAS

Con el propósito de elevar el nivel de seguridad de las instalaciones, se hace necesario contar con Sistemas Automáticos de Alarma por detección de Fuego o Atmósferas Riesgosas (SAAFAR) en instalaciones industriales, que permitan aumentar la velocidad de respuesta para el combate del siniestro por parte del personal involucrado, además de la operación automática de los sistemas fijos para la protección contra incendio, lo cual permitirá disminuir significativamente los daños a las instalaciones, el ahorro en los recursos utilizados para su control y la salvaguarda de los recursos humanos y materiales. El SAAFAR es comúnmente conocido a nivel internacional como Sistema de Fuego y Gas (Fire and Gas System).

El SAAFAR puede complementarse al interconectarse o ubicarse junto con otros sistemas, tales como:

- Sistemas fijos automáticos para protección por enfriamiento del equipo.
- Sistema integral para notificación de emergencias (SINE)
- Sistemas fijos automáticos para extinción de fuego.
- Sistemas de válvulas de aislamiento de activación remota (AGV), para aislamiento de grandes volúmenes de productos inflamables.
- Circuito cerrado de televisión (CCTV).
- Sistema de paro por emergencia. (ESD)
- Sistema de Control (BCPS)

Las características del SAAFAR, deben de incluir:

- Una ingeniería técnicamente soportada.
- La fácil integración a otros sistemas en la planta
- De fácil operación, alta disponibilidad y confiabilidad.
- De fácil mantenimiento en el ciclo de vida útil definido.

3.3.1 Evaluación de riesgo.

La evaluación de riesgo debe ser entregada con el paquete de ingeniería básica. De acuerdo a los alcances del análisis de riesgo, se determinarán los alcances del SAAFAR en las instalaciones destinadas a realizar operaciones con:

- Gases o vapores de los productos derivados del petróleo u otros que se producen o intervienen en los procesos y que pueden mezclarse para formar atmósferas explosivas.
- Productos petroquímicos manejados en forma gaseosa o de vapores.
- Subestaciones eléctricas.
- Aquellas que presenten riesgo de contaminación por estos productos en el ambiente.

El análisis de riesgo debe realizarse desde la ingeniería del proyecto con verificaciones desde la procura, construcción y el inicio de operación de las nuevas instalaciones; así como verificaciones periódicas a instalaciones en operación, en particular cuando ocurran modificaciones del proceso.

3.3.2 Sistema de supresión.

El SAAFAR debe tener la facultad de poderse conectar a los sistemas de supresión, a través de la unidad de control o del tablero de control contra incendio.

3.3.3 Descripción de los elementos que integran un SAAFAR:

- Unidad de control (PLC).
- Tablero de control contra incendio.
- Detectores.
- Detectores de gas combustible.
- Detectores de gas tóxico.
- Detectores de Humo / Flama.
- Detector de Humo.
- Detector de Flama.
- Alarmas.

Sistema Automático de Alarma por Detección de Fuego y/o por Atmósferas Riesgosas (SAAFAR).

El SAAFAR se clasifica por su aplicación, en arquitectura punto a punto y arquitectura de lazo:

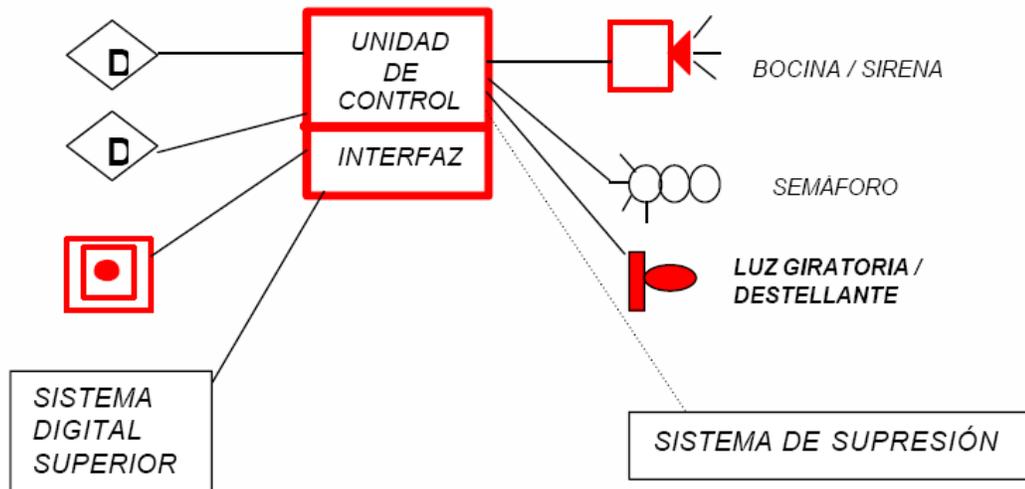


Diagrama típico del SAAFAR (Punto a Punto).

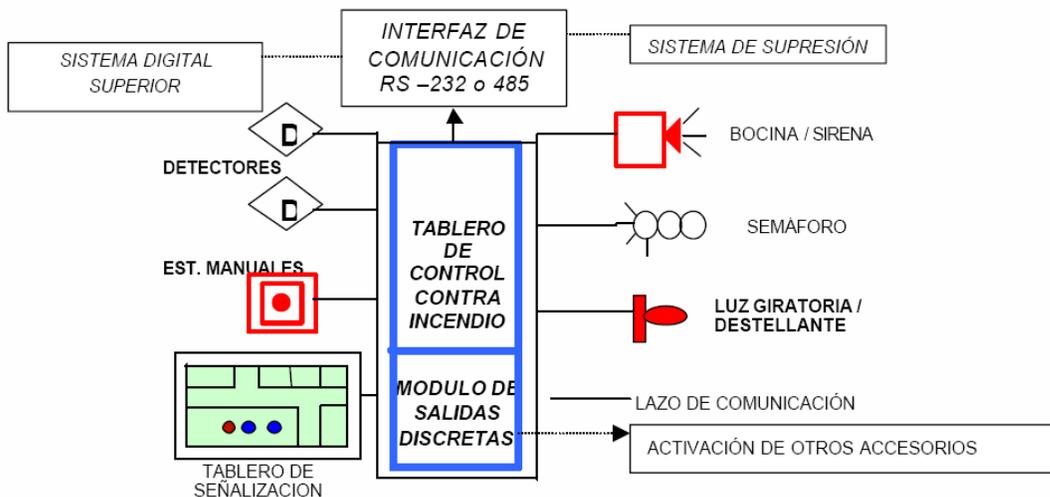


Diagrama típico del SAAFAR (Lazo de comunicación).

3.4 SISTEMAS DE ALARMAS

3.4.1 Características de las alarmas.

Las alarmas para alertar al personal pueden ser sonoras y luminosas, proporcionando la información necesaria sobre la anomalía detectada para cada tipo de riesgo, con distintos tonos y luces diferentes.

El funcionamiento de los señalizadores acústicos de las alarmas debe mantenerse activado hasta que sea “reconocida” por el personal autorizado, quien debe silenciar la alarma sonora una vez que haya confirmado el alcance de la emergencia, mientras que la alarma luminosa permanecerá activada durante todo el evento.

3.4.2 Alarmas Audibles.

El sistema de alarma sonora debe estar formado por:

- * Un generador de tonos capaz de producir varios tonos o mensajes.
- * Bocinas amplificadoras para reproducir los tonos, las cuales deben estar protegidas contra las condiciones del medio ambiente.

Los tonos que se deben utilizar según los riesgos que puedan ocurrir, son los siguientes:

RIESGO/ AVISO	TONO / SONIDO	FRECUENCIA	REPETICIÓN
Fuego	Sirena rápida	560-1055 Hz	3.3 ciclos / seg.
Gas combustible	Corneta continua	470 Hz	CONTINUO
Gas tóxico	Sirena lenta temporal	BAJO 424 Hz ALTO 77Hz	15 ciclos/ min.
Evacuación	Sirena extremadamente rápida	560-1055 Hz	6 ciclos/ seg.

3.4.3 Identificación de riesgos mediante alarmas sonoras

Para asegurar la audibilidad en áreas exteriores, el nivel mínimo de la intensidad sonora será entre 85dBA y 114 dBA a 3 metros. En el caso de áreas con nivel sonoro continuo equivalente a los 85 dBA, el nivel mínimo de la alarma debe ser 15 dBA mayor que el del área, o de 5 dBA sobre el máximo que pudiera presentarse durante 30 o más segundos,

pero nunca más de 120 dBA, salvo el caso de que se trate de evacuación. Por otro lado, la frecuencia debe estar dentro del rango de 300 a 1500 Hertz.

La alarma audible en interiores o áreas cerradas, debe ser capaz de generar un sonido con una intensidad de 70 dBA a 3 metros.

Para el caso de las bocinas y altoparlantes que emitan mensajes hablados, se requiere que la señal emitida sea clara. La alarma audible podrá recibir señales de tonos o mensajes hablados desde un punto remoto.

dBA= decibel A= Unidad de nivel sonoro medido con filtro previo que quita las bajas y muy altas frecuencias. De esta manera antes de la medición se conservan solamente los sonidos dañinos para el oído, por tal razón la exposición medida en dBA es un buen indicador de riesgo auditivo.

3.4.4 Alarmas visibles.

Son alarmas visibles que a su activación emiten luces de colores con luz intensa, permitiendo avisar al personal que se encuentra en el área, de la existencia de una condición de emergencia

La intensidad luminosa requerida en los señalizadores para indicar alarma, debe ser 10 veces superior a la ambiental.

Las alarmas visibles que indiquen condición normal deben ser de tipo continuo.

Las alarmas visibles que indiquen condición de alarma deben ser de tipo destellante/intermitente, con una frecuencia de aproximadamente 90 destellos por minuto y una intensidad luminosa de 700,000 a 1, 000,000 candelas.

El domo de las luces debe de ser resistente al impacto. Podrán existir dos o más luces encendidas a la vez, excepto la luz verde, que se debe de apagar en el momento en se active otra luz de alarma. Deben existir un letrero permanente que indique lo que signifique cada luz y alguna otra información necesaria.

Los colores que permiten identificar la condición anómala detectada, se muestra en la tabla siguiente:

COLOR	RAZÓN DE ALARMA
Verde	Condición normal
Rojo	Fuego
Amarillo	Gas combustible
azul	Gas tóxico

3.4.5 Estaciones manuales de alarma.

En un sistema de detección de incendio, es indispensable la instalación de estaciones manuales que al ser accionadas por el hombre, transmitan una señal de alarma a la unidad de control o tablero contra incendio.

Las características técnicas que debe cumplir la estación manual son las siguientes:

Tipo: "Jálese en caso de incendio", o botonera; en este caso permanece la alarma activada hasta que se restablezca (reset) normalmente.

Alimentación 24VDC proporcionada desde la unidad de control o tablero contra incendio.

Gabinete plástico de alto impacto, acabado con esmalte rojo y la palabra "FUEGO" inscrita con esmalte blanco.

Montaje para sobreponer en pared.

Condiciones ambientales: Temperatura de operación de -20 a 45° C., humedad relativa hasta 85% sin condensación.

Cableado de campo: Bloque terminal tornillos (loop de dos hilos).

3.5 PLAN DE RESPUESTA DE EMERGENCIA PARA LA PLANTA DE ESTIRENO PROPUESTA.

3.5.1 SEÑALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS NORMAS SOBRE EL USO Y COLOCACIÓN DE EXTINTORES

Las normatividad con que se cuenta para poder usar y colocar los extintores, se muestra a continuación.

- **NOM-002-STPS** Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.
- **NOM-100-STPS** Seguridad-Extintores contra incendio a base de polvo químico seco con presión contenida-Especificaciones.
- **NOM-102-STPS** Seguridad-Extintores contra incendio a base de bióxido de carbono-Parte 1: Recipientes.
- **NOM-103-STPS** Seguridad-Extintores contra incendio a base agua con presión contenida.
- **NOM-104-STPS** Seguridad-Extintores contra incendio de polvo químico seco tipo ABC, a base de fosfato mono amónico.

3.5.2 DESCRIPCIÓN DE LA NORMATIVIDAD DE LA STPS (SECRETARÍA DE TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL) PARA EXTINTORES:

Extintores contra incendio

Los extintores son aparatos de accionamiento manual que permiten proyectar y dirigir un agente extintor sobre un fuego. Se diferencian unos de otros en atención de una serie de características como agente extintor contenido, sistemas de funcionamiento, eficacia, tiempo de descarga y alcance.

3.5.2.2. Extintores a base de polvo químico seco.

Para mayor conocimiento de la capacidad nominal de los extintores de polvo químico seco, de su alcance y tiempos de descarga, referirse a lo establecido en la Tabla 3.5.2.2

Tabla 3.5.2.2 Características de los extintores de polvo químico seco

Capacidad nominal de polvo químico seco, en kg (tolerancia -6%)	Diámetro interior de la boca del recipiente, en mm	Alcance mínimo del chorro de polvo químico seco, en m	Límites del tiempo de descarga, en seg.
4.5	25	3.0	8 a 25
6.0	25	3.0	8 a 25
9.0	25	3.0	8 a 25
12.0	25	3.0	8 a 25
13.0	25	3.0	8 a 25
27.2	32	3.0	8 a 25
34.0	32	3.0	30 a 60
50.0	32	3.0	30 a 60
68.0	32	3.0	30 a 60
100.0	32	9.0	30 a 60
150.0	32	9.0	30 a 60
250.0	32	9.0	30 a 60

Al funcionar el extintor durante el tiempo de descarga continua, establecido en la Tabla 3.5.2.2, ésta debe ser igual o mayor al 90% de su capacidad nominal de polvo químico seco.

3.5.2.3 Extintores a base de bióxido de carbono (CO₂).

Su descarga debe ser en forma de una nube de gas/nieve, la cual tiene un alcance de 1 m a 2.5 m. No se debe usar al aire libre o donde haya vientos o corrientes de aire. Al funcionar el extintor durante el tiempo de descarga continua, deberá descargarse en su totalidad.

3.5.2.4 Extintores a base de agua a presión contenida.

Tabla 3.5.2.5 Especificaciones para extintores a base de agua presión contenida

Agente	Capacidad nominal, en litros (galones)	Operación	Alcance máximo, en m	Tiempo de descarga, en seg
Agua simple	9.5 (2.5)	Presión	9	60
Espumas mecánicas tipo AFFF y FFFP al 3% y 6%	9.5 (2.5)	Presión	6	50

Los extintores del tipo de presión contenida que contienen agentes extinguidores húmedos deben ser desarmados anualmente y sujetos a un mantenimiento completo. La cantidad total de agua descargada por el extintor hasta el término de su operación aprovechable debe de ser como mínimo el 95% de la capacidad nominal.

3.5.2.5 Extintores de espuma mecánica.

Los cilindros de los extintores que usen un agente extinguidor a base de espumas mecánicas de los tipos AFFF y FFFP, deben ser de acero inoxidable.

3.5.2.6 Extintores portátiles de halón.

Debido al daño comprobado que éstos ocasionan a la capa de ozono de la tierra y consecuentemente al ser humano, se recomienda: No usarse en simulacros y buscar la posibilidad de cambiarlos por otros con otro agente extinguidor que no sea de halón.

3.5.3 DESCRIPCIÓN DE LOS CÓDIGOS DE LA NFPA PARA LA DISTRIBUCIÓN DE EXTINTORES CONFORME AL RIESGO.

- **NFPA 10:** Extintores portátiles.
- **NFPA 12:** Sistemas de extintores de dióxido de Carbono.

3.5.3.1 DISTRIBUCIÓN DE EXTINTORES CONTRA INCENDIO

Distribución de extintores clase A.

Puede lograrse una mejor colocación de los extintores por medio de un estudio físico del área que va ser protegida. En general, deberían seleccionarse los lugares que: Proveen una distribución uniforme, proveen fácil acceso, estén libres de bloqueo por almacenamiento y equipos o por ambos, estén cerca de los caminos normales de recorrido, estén cerca de las puertas de entrada y salida, estén libres de un potencial daño físico y sean rápidamente visibles.

Tabla 3.5.3.1 Distribución de extintores clase A

DISTRIBUCION DE EXTINTORES CLASE A

	OCUPACION Riesgo Leve (bajo)	OCUPACION Riesgo ordinario (moderado)	OCUPACION Riesgo Extraordinario (alto)
Clasificación mínima Extintor individual	2-A	2-A	4-A
Area máxima por unidad de A	3000 pies cuadrados 280 m ²	1500 pies cuadrados 140 m ²	1000 pies cuadrados 93 m ²
Area máxima cubierta por extintor	11250 pies cuadrados 1045 m ²	11250 pies cuadrados 1045 m ²	11250 pies cuadrados 1045 m ²
Distancia máxima a recorrer hasta el extintor	75 pies 22.7 m	75 pies 22.7 m	75 pies 22.7 m

La Tabla 3.5.3.1 es una guía para determinar el número mínimo de extintores Clase A y su clasificación para proteger las áreas de riesgo. En algunos casos, a través de un análisis de las áreas específicas, de los procesos de riesgo o de las configuraciones del edificio, pueden necesitarse extintores de una clasificación más alta. Esto significa que las distancias máximas de recorrido puedan ser aumentadas. Cuando el área de un edificio es menor de 3000 pies² (279m²) debería colocarse por lo menos un extintor del tamaño mínimo recomendado.

Distribución para extintores de clase B.

Los riesgos normales de Clase B se dividen en dos categorías generales diferentes, considerando las necesidades de extintores. Una condición está dada cuando el fuego no incluye líquidos inflamables de apreciable profundidad, tal como gasolina derramada en una superficie abierta, un fuego que incluye vapores emanando de un recipiente o de un sistema de tubería, o un combustible que recorre de un recipiente roto.

La otra condición está dada donde el fuego incluye líquidos inflamables de apreciable profundidad (definiéndose como profundo un líquido de mayor tamaño que ¼ de pulgada (6.4mm), tales como fuegos de líquidos inflamables en tanques abiertos, comúnmente hallados en plantas industriales y tanques de inmersión usados para cubrimientos, terminados, tratamientos o procesos similares).

En las situaciones donde los líquidos inflamables no son de apreciable profundidad, los extintores deben proveerse de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 3.5.3.1.1 Distribución de extintores clase B

Tipo de Riesgo	Clasificación básica Mínima del extintor	Distancia máxima a recorrer hasta el Extintor (pies)	Metros
	5B	30	9.15
Leve (bajo)	10B	50	15.25
Ordinario	10B	30	9.15
(moderado)	20B	50	15.25
Extraordinario	40B	30	9.15
(alto)	80B	50	15.25

La razón por la cual la distancia máxima de recorrido para extintores de clase B es de 50 pies en oposición a los 75 de los extintores Clase A, es que los fuegos de líquidos inflamables alcanzan su máxima intensidad inmediatamente. Es imperativo que el extintor sea llevado al fuego de un período de tiempo mucho más corto que el permitido para un fuego de clase A, que se desarrolla más lentamente.

Distribución de extintores de clase C.

Para proteger a los operadores de los extintores en las situaciones donde se encuentra equipo eléctrico, son necesarios extintores de clase C. Los extintores de esta clase utilizan un agente extintor no conductor, tales como dióxido de carbono, químico seco o solkaflam (reemplaza al Halón).

Distribución de los extintores de clase D.

Para riesgos de clase D, es particularmente importante la disponibilidad de extintores portátiles (o de un equipo equivalente para contener o extinguir cualquier desarrollo del fuego de un metal ardiente). Los extintores de esta clase de fuego deben localizarse a una distancia no mayor de 75 pies del riesgo.

El uso de un extintor equivocado puede incrementar inmediatamente o expandir el fuego. Cuantitativamente, la cantidad de agente necesitado depende del área del metal combustible que pueda involucrarse, más la gravedad potencial del fuego influenciado por la clase y la forma del metal.

3.5.3.2 MANEJO DE EXTINTORES

El extintor debe estar accesible y funcionar bien cuando esté plenamente cargado, el usuario debe saber cómo utilizarlo ya que en las emergencias no hay tiempo para leer las instrucciones. Aunque no haya sido utilizado debe realizarse mantenimiento anual al equipo, después de cada uso debe ser recargado. Cada extintor se instala en un lugar visible, a una altura no mayor a 1.30m de piso, ni menor de 10 cm del piso, cerca de una vía de escape y lejos de posibles riesgos de fuego



Extintores de incendios portátiles

Están concebidos para que puedan ser llevados y utilizados a mano teniendo en condiciones de funcionamiento una masa igual o inferior a 20 Kg.

3.5.4 DISTRIBUCIÓN DE EXTINTORES EN LA PLANTA DE ESTIRENO PROPUESTA.

Para lograr la distribución de los extintores en la planta de estireno propuesta, nos basamos en la NOM-002-STPS la cual dice que lo primero que hay que saber para utilizar adecuadamente algún extintor, es conocer la clase de fuego a la cual nos vamos a enfrentar.

Por lo tanto para poder combatir el fuego de clase A, se usarán extintores de polvo químico seco. Para combatir el fuego clase B y C, se requieren extintores de dióxido de Carbono (CO₂) y polvo químico seco. Los extintores de (CO₂) se usan en los lugares que tienen aparatos y sistemas eléctricos.

Para poder realizar la distribución de extintores nos basaremos en el código 10 de la NFPA, la cual nos indica que clasifiquemos las áreas de la planta de estireno de acuerdo al riesgo que existe en ellas.

Tabla 3.5.4 Tipo de riesgo en cada área de la planta de estireno

Riesgo	Áreas
Leve	Edificio administrativo, comedor, vigilancia, estacionamiento de visitantes, estacionamiento de empleados, Cobertizo del camión calibrador. Cobertizo de equipos contra incendio.
Ordinario	Cuarto de control, cuarto de telecomunicaciones, planta de emergencia, bombas contra incendio, mantenimiento, almacén general, cuarto de bombas, cuarto de control eléctrico, área de laboratorios.
Extraordinario	Almacén de materia prima, almacén de producto terminado (estireno), patín de recibo y medición, llenaderas, tanques de amortiguamiento, almacén de solventes, almacén de subproductos del proceso.

Después de conocer el riesgo que existe en cada área el siguiente paso es realizar la distribución indicada de los extintores en cada área. Dicha distribución se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3.5.4.1 Áreas de la planta de estireno donde el riesgo es leve

Áreas	m²	Clase de Fuego	Tipo de Extintor apropiado	Cantidad de extintores requeridos
Área de oficinas. (Planta alta y baja)	770	A	Polvo Químico Seco	3 extintores en planta baja y 3 extintores en planta alta.
Área de comedor.	300	A	Polvo Químico Seco	2
Área de vigilancia.	288	A y B	Polvo Químico Seco y Dióxido de Carbono (CO ₂).	1 extintor de cada tipo
Estacionamiento de visitantes.	600	A	Polvo Químico Seco	2
Estacionamiento de empleados.	800	A	Polvo Químico Seco	3
Cobertizo del camión calibrador.	300	A	Polvo Químico Seco	2
Oficina de seguridad e Higiene Industrial.	375	A	Polvo Químico Seco	2

Tabla 3.5.4.2 Áreas de la planta de estireno donde el riesgo es ordinario

Áreas	m²	Clase de Fuego	Tipo de Extintor apropiado	Cantidad de extintores requeridos
Cuarto de control	525	C	Dióxido de Carbono (CO ₂). y Polvo Químico Seco	2 extintores de dióxido de carbono y uno de PQS.
Cuarto de telecomunicaciones	150	C	Dióxido de Carbono (CO ₂).	1
Planta de emergencia	254	C	Dióxido de Carbono (CO ₂).	2
Bombas contra incendio	381.5	C	Dióxido de Carbono (CO ₂).	2
Mantenimiento	212.8	C	Dióxido de Carbono (CO ₂).	2
Almacén general	300	A	Polvo Químico Seco	2
Casa de bombas	700	C	Polvo Químico Seco	2
Cuarto de control eléctrico	500	C	Dióxido de Carbono (CO ₂).	3
Área de laboratorios	373.5	C	Dióxido de Carbono (CO ₂).	2
Compresores	144	C	Dióxido de Carbono (CO ₂).	1
Sistema hidráulico vickers	1513.75	C	Polvo Químico Seco	4

Tabla 3.5.4.3 Áreas de la planta de estireno donde el riesgo es extraordinario

Áreas	m ²	Clase de Fuego	Tipo de Extintor apropiado	Cantidad de extintores requeridos
Almacén de estireno	805.14	B	Dióxido de Carbono (CO ₂).	5
Almacén de materia prima.	801.27	B	Dióxido de Carbono (CO ₂).	5
Almacén de solventes.	425.3	B	Polvo Químico Seco	3
Almacén temporal de residuos peligrosos	212.8	B	Dióxido de Carbono (CO ₂).	3
Área de fraccionamiento.	6563.7	B	Dióxido de Carbono (CO ₂).	10
Área de alimentación.	3556	B	Dióxido de Carbono (CO ₂).	6
Área de reacción.	2824.16	B	Dióxido de Carbono (CO ₂).	6
Almacén de subproductos del proceso	300	B	Dióxido de Carbono (CO ₂).	3 extintores de Dióxido de Carbono (CO ₂).
Tanques de amortiguamiento de estireno.	1248.5	B	Polvo Químico Seco	3
Llenaderas.	416	B	Polvo Químico Seco	8 extintores de PQS
Patín de recibo y medición.	525	B	Polvo Químico Seco	3 extintores de PQS

A continuación se presenta el Plano de Distribución de Extintores de la planta de proceso para la obtención del estireno.

PLANO

"PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE EXTINTORES Y GABINETES PORTAMANGUERAS DE LA PLANTA DE ESTIRENO"

"SIMBOLOGÍA"

- 39 EXTINTORES DE P.Q.S DE 9 KG.
- 8 EXTINTORES DE P.Q.S DE 13 KG.
- 4 EXTINTORES DE P.Q.S DE 68 KG.
- 51 EXTINTORES DE CO₂ DE 9 KG
- 9 GABINETES PORTAMANGUERAS CON 2 MANGUERAS CADA UNO DE 2 1/2" DE DIÁMETRO Y UN GABINETE CON 2 MANGUERAS DE 1 1/2" DE DIÁMETRO

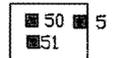
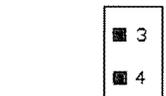
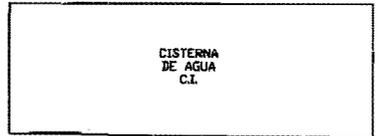
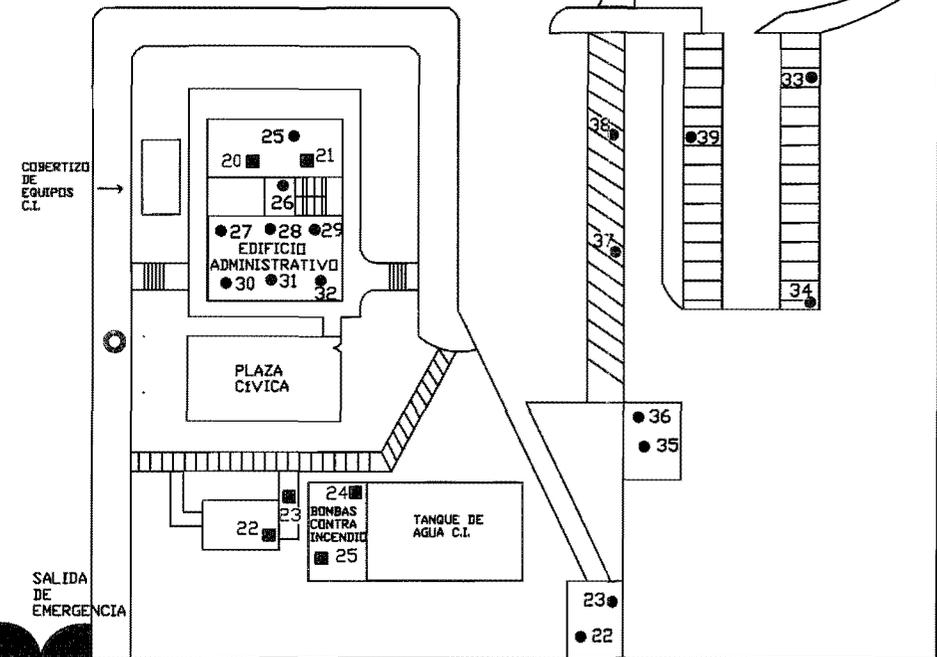
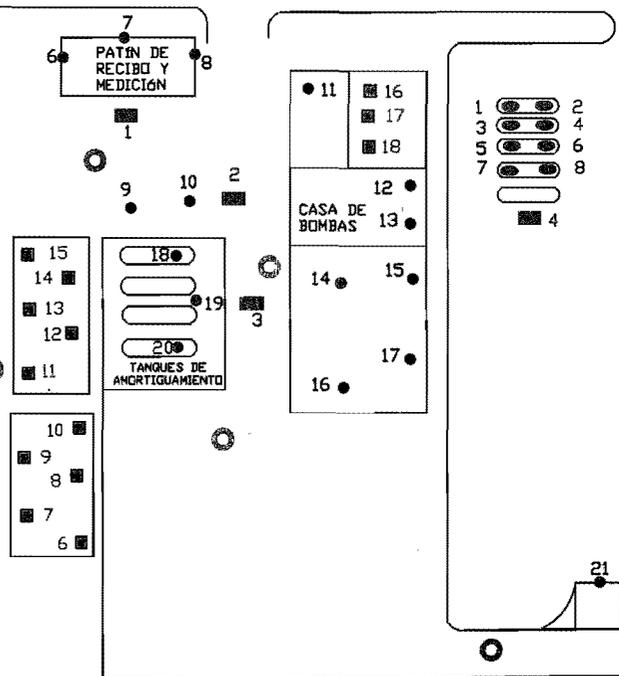
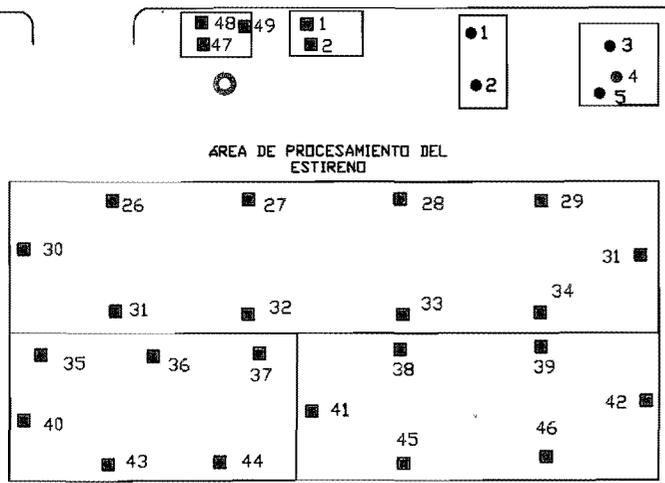


SALIDA DE EMERGENCIA

GABINETE CON 2 MANGUERAS DE 1 1/2" DE DIÁMETRO

ENTRADA

SALIDA



3.5.5 DETECTORES

Reciben las señales ambientales. Existen diferentes tipos de detección, en función de las condiciones y las variables de los ambientes a proteger, de acuerdo al principal efecto producido por el fuego: Las clases de detección que maneja un detector pueden ser de humo, calor o de mezclas explosivas. De acuerdo al tipo de detección los detectores pueden ser de tipo:

3.5.5.1 Detectores de humo

Los detectores de humo más usados son los que utilizan los principios de ionización y/o fotoelectrónicos. Las cámaras de los sensores de estos detectores tienen diferentes principios de funcionamiento para detectar las partículas de combustión visibles o invisibles liberadas en un incendio. A continuación se describen los dos tipos de detectores de humo mencionados.

A) Detectores de humo por ionización

Un detector de humo de ionización es típicamente una cámara de ionización que consiste en dos placas cargadas eléctricamente y un material radiactivo (que generalmente es Americio 241) para ionizar el aire entre las placas. El material radioactivo emite partículas que entran en colisión con las moléculas en el aire, desalojando los electrones de su órbita. Esto causa que esas moléculas se conviertan en iones cargados positivamente y las moléculas que ganaron electrones se conviertan en iones negativos. Los iones positivos son atraídos a la placa de polaridad negativa y los iones negativos a la placa de polaridad positiva. De esta manera, la ionización genera una pequeña corriente que es medida por un circuito electrónico concentrado a las placas (esta es la condición “*normal*” del detector). Las partículas liberadas en la combustión son mucho más grandes que las moléculas de aire ionizadas. Cuando ingresan a la cámara de ionización, entran en colisión con las moléculas de aire ionizadas y se combinan con ellas, como resultado de lo cual algunas partículas se cargan positivamente y otras negativamente. A medida que continúan combinándose, cada partícula grande se convierte en un punto de recombinación, así la cantidad total de iones en la cámara será menor. Al mismo tiempo, la corriente medida por el circuito también disminuirá y cuando sea inferior a un valor predeterminado, se generará una condición de alarma.

La humedad ambiente y la presión atmosférica influyen en el valor de la corriente de la cámara y crean un efecto similar al causado por el ingreso de las partículas de combustión. Para compensar la influencia de la humedad y la presión atmosférica, se creó la cámara de doble de ionización. En un detector de cámara doble, una cámara es utilizada para detección y está abierta al aire externo, por lo cual en ella hay presencia de humedad ambiente, presión atmosférica y partículas liberadas por combustión. La otra cámara suministra un valor de referencia o comparación, ya que es afectada solamente por la humedad y la presión, ya que las partículas de combustión no pueden ingresar por los orificios de pequeño tamaño de esta cámara. El circuito electrónico mide y compara la corriente de ambas cámaras. Como los cambios de humedad y presión atmosférica afectan por igual a ambas cámaras, la variación en una se compensa con la variación en la otra. Cuando las partículas de la combustión ingresan a la cámara de detección, la corriente disminuye y se produce un desfase de valores de corriente entre las dos cámaras, que es captado por el circuito de medición. Hay varios factores que pueden influir en la detección de una cámara ionizada: polvo, condensación de humedad, corrientes fuertes de aire e incluso insectos minúsculos, que podrían variar la medición de circuito como si fueran partículas de combustión.

B) Detectores de humo fotoeléctrico

El humo generado en un incendio bloquea u oscurece el medio en el que se propaga un haz de luz, también puede dispersar la luz cuando ésta se refleja y refracta en las partículas de humo. Los detectores fotoeléctricos están diseñados para utilizar estos efectos a fin de detectar la presencia de humo. A continuación se describen los detectores fotoeléctricos más comunes.

3.5.5.2 Detectores de Calor

En este tipo de detectores podemos considerar a los térmicos y a los de detección lineal de temperatura, que se describen a continuación.

Térmico: Son adecuados para la detección del fuego cuyas sustancias al arder producen una rápida elevación de la temperatura ambiental. Es útil cuando los detectores de humo o de llamas no son los adecuados. Se usan cuando la naturaleza del fuego hace que éste

tenga un desarrollo rápido (que se produzca un incremento de temperatura rápido en un breve período de tiempo. Un ejemplo de aplicación, son para líquidos inflamables. Estos detectores aguantan mejor las condiciones ambientales adversas, pero tardan más en dar respuesta.

Detección lineal de temperatura: Existen 2 clasificaciones:

Analógico: Detección regulable: Consiste en una manguera de 4 hilos cuya resistencia varía proporcionalmente a cambios de temperatura.

Digital: Detector de temperatura fija: Cable cuyo recubrimiento de PVC se deshace a una temperatura determinada provocando un corto circuito. Permite el control de cualquier central convencional.

3.5.5.3 Detectores de llama

Entre los detectores de llama podemos encontrar a los de Rayos ultravioleta/infrarrojos (UVIR) y de Multiespectro de infrarrojos.

Rayos ultravioleta/infrarrojos (UVIR): Están especialmente indicados para las aplicaciones en donde son probables los fuegos causados por hidrocarburos y puede haber fuentes de radiación ultravioleta. Estos detectores mantienen una detección constante del fuego, mientras tiene lugar la soldadura por arco. Las señales procedentes tanto de los sensores de ultravioletas como de infrarrojos son procesadas con el fin de producir una alarma de incendio, cuando ambos sensores detectan un fuego, lo que resulta ser una protección excepcional contra las fuentes de falsas alarmas.

Multiespectro de infrarrojos: Detectores de llamas ópticos diseñados para detectar fuegos causados por hidrocarburos, se utilizan técnicas de procesamiento de señales con el fin de mantener todas las capacidades de la alarma con cuerpos negros modulados, y otras fuentes de falsas alarmas.

3.5.5.4 Detectores de Mezclas explosivas.

Este tipo de detectores son utilizados para sustancias específicas, como el caso del estireno, debido a que solo necesitan una fuente de ignición para que se desencadene alguna violenta explosión, lo cual es muy factible que pueda originar algún incendio.

Por eso es fundamental que la calibración de las alarmas en los detectores de mezclas explosivas sea la adecuada para que en caso de identificar algún gas que pueda reaccionar con la sustancia, inmediatamente se ejecuten las acciones pertinentes como son: el paro de bombas, el bloqueo de válvulas, etc.; antes de llegar a la zona explosiva.

3.5.6 SISTEMAS DE DETECCIÓN

Estos sistemas deben tener detectores de tal manera ubicados que puedan percibir inmediatamente todo inicio de incendio producido en cualquiera de las áreas en donde haya sido instalado, aún en las variaciones de las temperaturas ambientales.

El sistema y el equipo deben resistir las variaciones de tensión y cambios de temperatura, vibraciones, humedad, colisiones y golpes.

Se recomienda que los sistemas de detección de incendio, cuenten con algunas de las siguientes características:

- a)** Tener un sistema de supervisión automático;
- b)** Tener dispositivos de alarma remotos, visuales y/o sonoros;
- c)** Tener un sistema de localización de la señal de alarma;
- d)** Tener suministro de energía eléctrica de corriente alterna y contar con un respaldo de baterías.

Se recomienda que los detectores de incendio funcionen con corriente alterna y/o continua, y cuenten con alarma sonora y/o visual integrada.

3.5.6.1 DISTRIBUCIÓN E INSTALACIÓN DE DETECTORES

Los detectores no se instalarán en lugares próximos a conductos de ventilación, ni en puntos donde el curso seguido por el aire en circulación puede influir desfavorablemente en su rendimiento, a continuación se presenta la siguiente Tabla, donde nos muestra el rango de detección y distancias a las que se deben colocar los detectores térmicos y de humo.

Tabla 3.5.6.1. Rango de detección y distancias a las que se debe colocar los detectores térmicos y de humo.

Tipo de detector	Rango máximo de detección	Distancia máxima entre centros
Calor	37m ²	9m
Humo	74m ²	11m

Los detectores deben colocarse a no más de 12m del riesgo que se desee supervisar. Cuando se necesite instalar detectores en los lugares distintos a los mencionados y en los que se guarde material combustible, se debe instalar en todos y en cada uno de estos lugares, al menos un detector que se active por efectos de calor, humo, flamas, productos de la combustión o cualquier combinación de ellos, como es el caso de los detectores de mezclas explosivas. En este caso se utilizarán detectores de mezclas explosivas para el estireno, etilbenceno, alquitrán y benceno que tienden a formar mezclas vapor/aire originando explosiones violentas las cuales pueden desencadenar algún incendio.

3.5.6.2 ACTIVACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DETECCIÓN DE INCENDIOS

Los detectores deben entrar en acción por efectos de calor, humo, flamas, productos de la combustión o cualquier combinación de ellos, pueden tomarse en cuenta detectores que reaccionen a otros factores que indiquen también el inicio de incendio a condición de que no sean menos sensibles

Detectores de humo:

Deben activarse antes de que la densidad del humo exceda del 12% del obscurecimiento por metro, pero no menos del 2%. Los demás detectores que se vayan a colocar en las otras áreas deben estar calibrados y funcionar dentro de los límites de sensibilidad prescritos.

Detectores de calor:

Deben activarse antes de que la temperatura exceda los 78°C, pero no antes de los 54°C, cuando la temperatura se eleve a razón de 1°C por minuto. A regímenes superiores de elevación de temperatura, el detector debe entrar en acción dentro de los límites de temperatura que sean satisfactorios, tomando en cuenta la necesidad de evitar, tanto la sensibilidad como la insensibilidad excesiva de los detectores.

En las áreas de secado y similares con temperaturas ambiente normalmente altas, la temperatura para que los detectores se activen pueden estar hasta 30°C por encima de la máxima prevista para la parte superior de estas áreas.

3.5.6.3 SISTEMAS DE DETECCIÓN A PARTIR DE ALARMAS CONTRA INCENDIO.

La inmediata respuesta a los sistemas de detección debe originar señales de alarma audibles y visuales distintas a las de cualquier otro sistema.

Adicionalmente a las alarmas automáticas se les debe instalar puestos de alarmas manuales, en pasillos, salidas de locales, en donde se debe colocar un puesto de alarma a cada 20m. Para la centralización de señales se debe tener un tablero central ubicado en el control de operaciones. Este tablero debe tener indicadores que señalen de una manera clara y precisa los lugares donde se haya activado un detector. En caso de alguna anomalía en el tablero, éste debe emitir señales visibles y audibles, distintas a las de incendio y cualquier otra situación.

En la activación de cualquier detector se debe iniciar una señal audible y visible en el tablero central y en los indicadores que para tal efecto están colocados en lugares estratégicos. Si estas señales no son atendidas al cabo de 2 minutos, inmediatamente debe sonar una señal de alarma en todos los puestos de alarmas manuales.

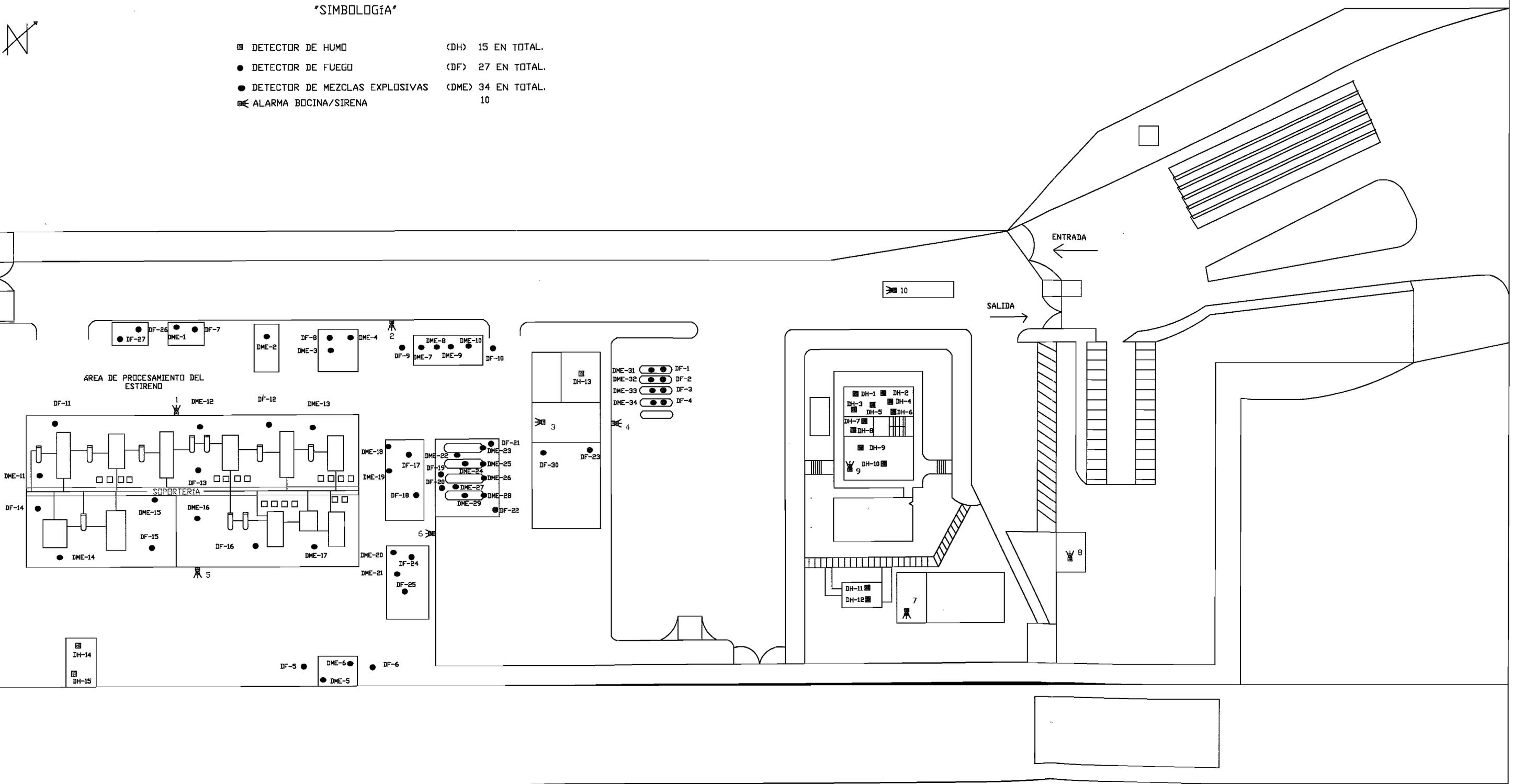
A continuación se presenta el Plano de localización de detectores de la planta de estireno.

PLANO

'PLANO DE LOCALIZACIÓN DE DETECTORES Y ALARMAS EN LA PLANTA DE ESTIRENO'

'SIMBOLOGÍA'

- ▣ DETECTOR DE HUMO (DH) 15 EN TOTAL.
- DETECTOR DE FUEGO (DF) 27 EN TOTAL.
- DETECTOR DE MEZCLAS EXPLOSIVAS (DME) 34 EN TOTAL.
- ☒ ALARMA BOCINA/SIRENA 10



3.5.7 PLAN DE RESPUESTA PARA EL CONTROL DE FLUJO DE LAS LÍNEAS DE PROCESO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA DE ESTIRENO PROPUESTA.

Simbología

FA=Tanque balance o almacenamiento

DC=Reactor

BA=Calentador a fuego directo.

DA=Torre de destilación.

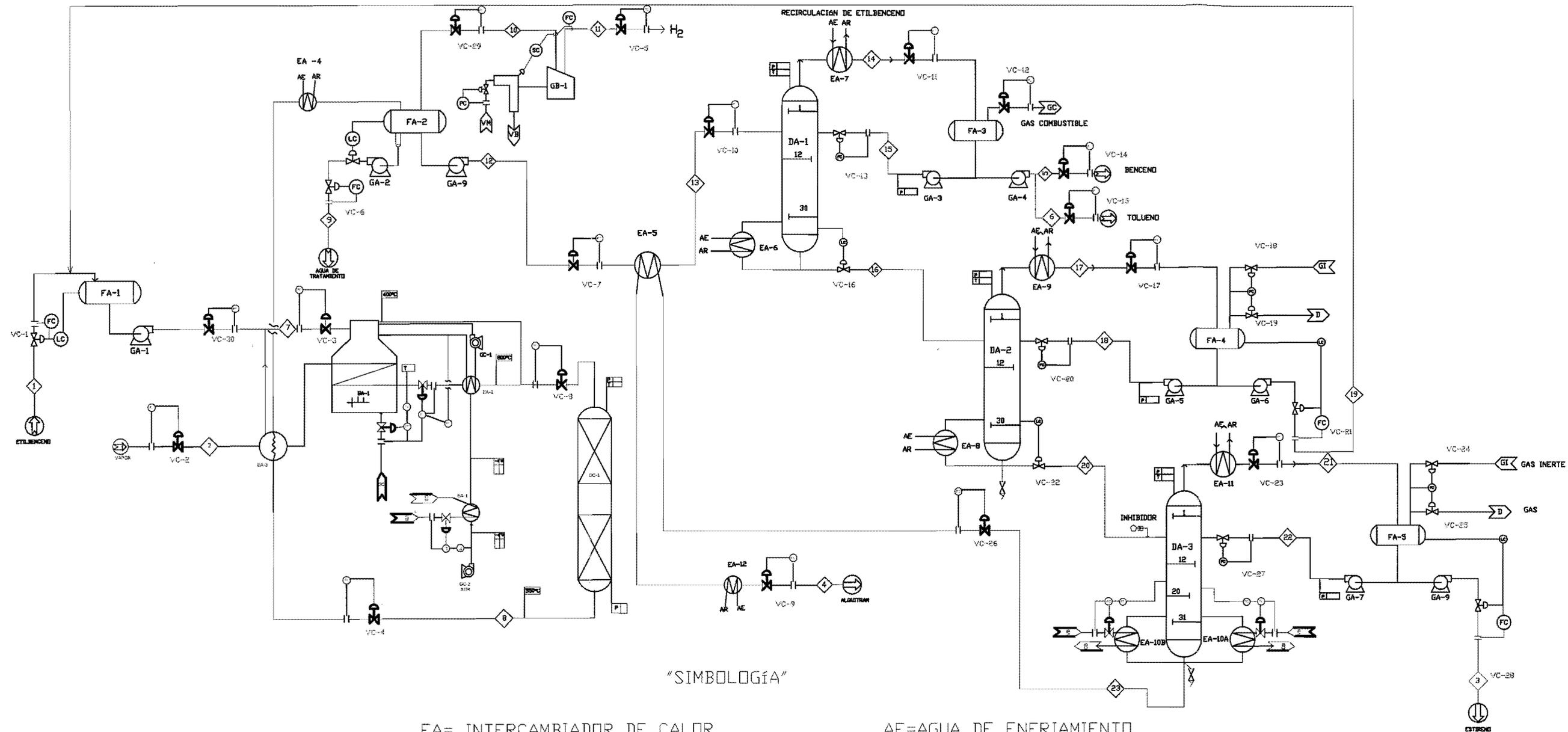
GB= Compresor

EQUIPOS EN LA PLANTA DE ESTIRENO	EMERGENCIA	ACCIÓN
FA-1	Fuga	Se cierran las válvulas 1, 30 y 21
FA-2	Fuga	Se cierran las válvulas 4,6 ,7 y 29
FA-3	Fuga	Se cierran las válvulas 11, 12, 13, 14 y 15
FA-4	Fuga	Se cierran las válvulas 17, 18, 19, 20 y 21
FA-5	Fuga	Se cierran las válvulas 23, 24, 25, 27 y 28
DC-1	Fuga	Se cierran las válvulas 8 y 4
BA-1	Fuga	Se cierran las válvulas 3 y 8
DA-1	Fuga	Se cierran las válvulas 10, 11, 13 y 16
DA-2	Fuga	Se cierran las válvulas 16, 27, 20 y 22
DA-3	Fuga	Se cierran las válvulas 22, 23,26 y 27
GB-1	Problema eléctrico	Se cierran las válvulas 29 y 5

El acomodo de las válvulas para el control del flujo de las diferentes líneas de proceso del estireno, se presenta continuación en el “Plano de válvulas de control de flujo de las líneas de proceso en la planta de estireno”.

PLANO

"PLANO DE VÁLVULAS DE CONTROL DE FLUJO DE LAS LÍNEAS DE PROCESO EN LA PLANTA DE ESTIRENO"



- "SIMBOLOGÍA"
- | | |
|---|-------------------------|
| EA= INTERCAMBIADOR DE CALOR | AE=AGUA DE ENFRIAMIENTO |
| FA= TANQUE BALANCE O ALMACENAMIENTO | GC=VENTILADOR |
| BA=CALENTADOR A FUEGO DIRECTO | GA=BOMBA |
| DA= TORRE DE DESTILACION | VM=VAPOR DE MEDIA |
| DC=REACTOR | |
| GB=COMPRESOR | |
| LC=CONTROL DE NIVEL | |
| FC= CONTROL DE FLUJO | |
| CB= CONDENSADO DE BAJA | |
| VA= VAPOR DE BAJA | |
| AR=AGUA DE RECIRCULACION | |
| VC=VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO CON ACTUADOR DE DIAFRAGMA. | |
| ◇= LÍNEA DE PROCESO. | |

3.5.7.1 Procedimientos, por escrito, para actuar con seguridad frente a un posible derrame o fuga.

- Identificar el producto y evaluar el incidente
- Evaluar el área.
- Localizar el origen del derrame o fuga.
- Buscar la etiqueta del producto químico para identificar contenido y riesgos.
- Recurrir a las Hojas de Seguridad o Tarjetas de Emergencia.
- Evite el contacto directo con la sustancia.
- Asegurar el área
- Ventilar el área.
- Acordonar con barreras, rodeando el área contaminada.
- Rodear con materiales absorbentes equipos o materiales.
- Apagar todo equipo o fuente de ignición.
- Disponer de algún medio de extinción de incendio.
- Controlar y contener el derrame
- Antes de comenzar con el control o contención del derrame, se debe colocar los elementos de protección personal necesarios.
- Localizar el origen del derrame y controlar el problema a este nivel.
- Contener con barreras o materiales absorbentes. Se pueden utilizar: esponjas, cordones absorbentes o equipos especiales como las aspiradoras. Si el problema es en el exterior, hacer barreras con tierra y zanjas.
- Evitar contaminar el medio ambiente.
- Intentar recuperar el producto.
- Absorber o neutralizar. Para el caso de ácidos o bases proceder a la neutralización.
- Señalizar los recipientes donde se van depositando los residuos. Todos los productos recogidos, deben tratarse como residuos peligrosos.

3.5.7.2 Manejo ambiental en caso de un incidente

Todos los residuos, productos de un derrame tales como materiales de empaque, estibas rotas, material absorbente, residuos acuosos, el suelo afectado, etc., se deben disponer en forma segura y responsable. Si estos elementos se encuentran contaminados con sustancias peligrosas deben considerarse como residuos peligrosos. No se debe permitir que los contaminantes derramados fluyan hacia el sistema de alcantarillado interno, a menos que su destino sea una planta de tratamiento apropiada, o que se disponga de un tanque de almacenamiento para su recolección y posterior tratamiento y disposición. En todo caso la disposición segura de estos elementos puede requerir de asesoría especializada. La empresa responsable de elaborar la Hoja de Seguridad podría indicar el método de disposición más adecuado de acuerdo con las características de las sustancias involucradas. En cuanto a los recipientes que se decida reutilizar, éstos deben descontaminarse apropiadamente; si no se les va a dar uso deben ser destruidos o dispuestos en forma responsable. Durante un incendio, los principales impactos ambientales están relacionados con la emisión de gases de combustión, el drenaje del agua de extinción contaminada y el suelo contaminado por ésta agua o sustancias peligrosas derramadas durante la combustión.

3.5.7.3 Sistemas de escape y/ o rutas de evacuación

Son las vías predeterminadas para alejarse de un evento anormal, que lo conducirá a un punto de reunión. “El plano de distribución general de la planta de estireno”, nos muestra las rutas de evacuación que existen (Capítulo 1).

3.6 CONSTITUCIÓN DE BRIGADAS Y CAPACITACIÓN DEL PERSONAL

Las brigadas son los grupos de personas organizadas y capacitadas para emergencias, mismos que serán responsables de combatirlas de manera preventiva o ante la eventualidad de un alto riesgo, emergencia, siniestro o desastre, dentro de una empresa, industria o establecimiento, y cuya función está orientada a salvaguardar a las personas, sus bienes y el entorno de los mismos.

- a) De acuerdo a las necesidades del centro de trabajo, las brigadas pueden ser multifuncionales, es decir, los brigadistas podrán actuar en dos o más especialidades.
- b) Cada una de las brigadas tendrá como mínimo tres integrantes y como máximo siete, y se integrarán por un jefe de brigada y brigadistas.
- c) Los centros de trabajo que tengan varias áreas de riesgo, determinarán el número de brigadas

Características de los brigadistas.

- a) vocación de servicio y actitud dinámica;
- b) tener buena salud física y mental;
- c) con disposición de colaboración;
- d) con don de mando y liderazgo;
- e) con conocimientos previos en la materia;
- f) con capacidad para la toma de decisiones;
- g) con criterio para resolver problemas;
- h) con responsabilidad, iniciativa, formalidad, aplomo y cordialidad;
- i) estar conscientes de que esta actividad se hace de manera voluntaria;
- j) estar motivado para el buen desempeño de esta función, que consiste en salvaguardar la vida de las personas.

3.6.1 Brigada Contra Incendios

La misión de este grupo es la de estar preparados para prevenir y controlar los conatos de incendios o apoyar en las tareas de extinción de fuegos mayores que se presenten en las instalaciones de trabajo. Sus funciones básicas son:

- Extinguir el fuego que se esté presentando en las instalaciones. Para ello debe aplicar los procedimientos de actuación en caso de incendio que previamente la organización ha establecido.
- Apoyar a los grupos de socorro externo como el cuerpo de Bomberos.
- Para zonas en las cuales existen sistemas automáticos de detección y extinción de incendios, la brigada debe conocer su funcionamiento y operación.

3.6.2 Brigada de Evacuación

La misión de este grupo es garantizar la evacuación total y ordenada de las instalaciones.

Sus funciones básicas son:

- Anunciar la evacuación del área al cual está asignado una vez se ha dado la orden general de salida.
- Guiar los ocupantes de su sector hacia las vías de evacuación que previamente se han designado.
- Mantener el orden y la rapidez al evacuar.
- Indicar el punto de reunión final.
- Ayudar a la evacuación de las personas con limitaciones físicas, heridas o con algún tipo de limitación.
- No permitir el ingreso a las áreas evacuadas hasta que no se declare como zona en condiciones normales.
- Comprobar que no hay personas atrapadas en su área de evacuación.
- Comprobar la ausencia de personas a su cargo y hacer el reporte, de tal manera que de ser necesario se inicien procedimientos específicos de búsqueda y rescate.

3.6.3 Brigada de Primeros Auxilios

Su misión es la de prestar los primeros auxilios a los lesionados. Sus funciones básicas son:

- Aplicar los procedimientos específicos para la prestación de primeros auxilios.
- Recibir y orientar al personal de ayuda externo.
- Tener el registro e información acerca de las personas que se trasladen a hospitales o que a causa de la emergencia hayan fallecido.

3.6.4. PLAN DE RESPUESTA PARA LA OPERACIÓN DE LA RED FIJA CONTRA INCENDIO PARA LA PLANTA DE ESTIRENO PROPUESTA.

El sistema de combate de incendio se tiene que apoyar de la red fija contra incendio la cual debe contar con los elementos suficientes para poder combatir satisfactoriamente la presencia de un incendio, además de una brigada contra incendio interna que coordine las operaciones de atención del incendio. Siempre que ocurra una emergencia, el personal de la instalación que detecta la emergencia es el responsable de activar la respuesta. El encargado de la emergencia, es quien tiene la atribución de hacer la comunicación a los organismos externos como a los medios de comunicación para mantener informado a todos los grupos que intervienen en la atención de una contingencia, asegurándose que la comunicación sea en tiempo real y la emergencia sea descrita de manera precisa y categórica, a la vez que se toman las acciones para su control y restauración a condiciones normales.

FUNCIONES DEL ENCARGADO DE LA INSTALACIÓN

- Efectuar el recorrido de inspección a la instalación a su cargo.
- Activar el sistema de alarma existente.
- Dar aviso de la emergencia a su jefe inmediato.
- Dar aviso de la emergencia a la central contra incendio
- Evaluar y participar en la emergencia, en tanto se presenta el coordinador de la unidad de respuesta a la emergencia y/o personal contra incendio.
- Dar aviso al personal contratista y/o mantenimiento que se encuentre en la instalación para evacuarla y/o prestar ayuda si es necesario, de acuerdo al tipo de emergencia.
- Coordinarse con la “Unidad de Respuesta de Emergencia” para la atención del incidente.
- Permanecer disponible hasta el fin de la emergencia.

Si la instalación cuenta con sistema de alarma y voceo, el sistema deberá ser activado al momento de tener que alertar al personal, así como la red de comunicación interna y externa por medio de teléfonos y radios.

FUNCIONES DE LA COORDINACIÓN DE LA EMERGENCIA.

Dirigir las operaciones de emergencias y organizar la misma en la estructura y funciones.

Asegurar que los apoyos solicitados se obtengan en tiempo y especificaciones requeridas por el encargado de la emergencia.

Autorizar las propuestas de control.

Autorizar los cambios y/o modificaciones a los programas de control.

Dirigir y controlar las acciones durante la emergencia.

Determinar las características de equipos, materiales y recursos humanos.

Gestionar la solicitud externa de equipos, materiales y recursos humanos.

Reportar las acciones, avances y evaluación final de la emergencia.

FUNCIONES DEL ENCARGADO DE LA EMERGENCIA.

Asumir el mando de la emergencia, en la escena donde ocurra; a su cargo tendrá la dirección y coordinación de las brigadas de emergencia.

Mantenerse en contacto permanente con el Coordinador de la Emergencia.

Evaluar la emergencia y elaborar los programas de acción.

Coordinar las acciones necesarias para obtener el control de la situación.

Analizar las propuestas de control.

Solicitar apoyos al coordinador de la emergencia.

Determinar los cambios y/o modificaciones requeridos a los programas de control

Evaluar el impacto ambiental.

Reportar las acciones, avances y evaluación final de la emergencia al

Coordinador de la emergencia.

Un programa de capacitación del personal que integra la Unidad de Respuesta a Emergencias y al personal del centro de trabajo facilitará la aplicación de este plan de respuesta a emergencias, con un mejor conocimiento de las técnicas y respuesta a emergencias tendremos una mejor oportunidad de estar preparados para actuar.

CAPÍTULO 4: CÁLCULO DE LA RED FIJA CONTRA INCENDIO DE LA PLANTA DE ESTIRENO

4.1 DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS QUE CONFORMAN UNA RED CONTRA INCENDIO.

4.1.1 DEFINICIÓN DE UNA RED CONTRA INCENDIO

Una red contra incendio es un conjunto formado por un depósito de agua, un sistema de bombeo y líneas de tuberías formando redes que sirven exclusivamente para conducir el agua contra incendio a los puntos necesarios en los cuales se conectan los hidrantes, monitores, tomas siamesas y otros dispositivos.

La presencia de altos índices de riesgo en centros industriales determina la probabilidad de que se desencadenen incendios, generadores de daños y pérdidas para las personas, que afectan tanto a ellos como a su entorno. Cuando se produce una situación de incendio es primordial su rápida detección y actuación. Por ello es muy importante disponer de los sistemas automáticos que permitan una actuación inmediata.

Los requisitos legales que debe reunir un establecimiento industrial determinarán los elementos técnicos, humanos y consecutivos que deberán ser parte integral del sistema o red contra incendio.

4.1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS QUE CONFORMAN UNA RED CONTRA INCENDIO.

Los elementos técnicos son necesarios para detectar la presencia de fuego y poder actuar en forma eficaz. Los elementos técnicos son los que permiten realizar el control automático mediante dispositivos y actuadores, centralizando y procesando las señales de los distintos elementos del sistema. Algunos de estos elementos son:

- Detección de incendios
- Comunicación de Alarma
- Activación de rociadores de Agua
- Extinción mediante agua pulverizada.

- Inundación de salas técnicas mediante gas.
- Cierre de puertas.
- Encendido de bombas.
- Corte de las distintas fuentes de energía.
- Otros de los elementos técnicos no automáticos son:
- Pulsadores manuales, también enlazados al sistema de control.
- Extintores.
- Bocas de incendio equipadas.
- Hidrantes exteriores
- Columna seca
- Alumbrado de emergencia.

Estos son los elementos técnicos, utilizados por los elementos humanos que deberían organizarse en equipos con funciones específicas de manera que puedan garantizar las actuaciones imprescindibles en caso de emergencia, como son:

- Coordinación de la emergencia.
- Intervención y lucha contra el fuego en el lugar del siniestro.
- Evacuación de las personas situadas en las dependencias afectadas.
- Comunicación interna y externa.
- Funciones auxiliares o de soporte.

Los elementos constitutivos que se deben manejar normalmente se citan a continuación:

- Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios, caudal y reservas.
- Sectorización de las diferentes áreas, según el nivel de riesgo intrínseco.
- Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento.

Una vez determinados todos los elementos necesarios, según los requisitos legales y el mercado adecuado para realizar este control, en los apartados correspondientes se indican las características de los distintos equipos que se utilizarían en una actividad concreta para realizar un sistema automático, cómo configurar el sistema de control para

esa instalación y, finalmente se define como organizar los recursos humanos para controlar la emergencia y la consigna de actuación de cada uno de ellos.

4.1.2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS TÉCNICOS:

Aquí se describen aquellos elementos que nos permiten realizar una protección activa. Asociado a estos, también deben considerarse algunos elementos de protección pasiva, tal como algunos elementos conductores (cables eléctricos, tubos etc.).

Los elementos técnicos pueden clasificarse en 4 grupos:

- Detectores, pulsadores, sirenas, central.
- Gases inertes CO₂, N₂.
- Hidrantes y rociadores.
- Agua nebulizada.

Algunos de ellos permiten realizar el control automático del sistema contra incendios, estando conectados a una central que los supervisa y procesa las señales recibidas, estas señales serán de entrada o salida, ya sean detectores o actuadores.

Podemos citar dos tipos de tecnologías:

- a) **Sistema convencional:** El sensor indica detección/no detección y, en caso de instalar varios en un mismo lazo, la central no puede distinguir cual es el que ha motivado la alarma.
- b) **Sistema analógico:** Los detectores incorporan un pequeño controlador para tomar decisiones o ajustar sus niveles de alarma en función del ambiente. La información proporcionada por el sensor tiene un rango de valores y puede referirse a detección, avería, suciedad etc. Cada uno de los elementos tiene una dirección asignada que permite identificarlo, desactivarlo etc.

Los elementos que pueden encontrarse son: Centrales, Detectores (Térmico, Iónico, Óptico, Láser), Pulsadores, Módulos de control (Salida relé de control, Sirenas, electroimanes (cierre de puertas), Entrada por activación de rociadores, Control de flujo en Bocas de Incendio Equipadas, Encendido de bombas, Bajo nivel de Aljibe, Módulos monitores).

Otros equipos son:

Bocas de Incendio Equipadas (BIE).
Columnas de Hidrantes Exteriores (CHE).
Sistemas automáticos de rociadores.
Equipos de bombeo.
Sistema de agua nebulizada.
Inundación mediante gas de salas técnicas.

Otras características que pueden reunir estos equipos son:

- 1.- Estancos:** Cuando deben utilizarse en exteriores y ambientes húmedos o mojados.
- 2.- Antideflagrantes:** Para evitar que el propio elemento pueda suponer un riesgo de incendio o explosión, en caso de generar una chispa.
- 3.- Intrínsecamente seguro:** Puede utilizarse incluso en los ambientes más peligrosos ya que está diseñado especialmente para no convertirse en una fuente de ignición en áreas donde sea probable la aparición de atmósferas explosivas.

4.1.2.1.1 Central de detección y alarma

Este tipo de centrales sirven para conectar los distintos elementos del sistema contra incendio, pudiendo ser capaces de controlar uno o varios.

La característica principal de las centrales analógicas es su capacidad para controlar e identificar individualmente todos los detectores, pulsadores, sirenas y módulos conectados a ella, que responden regularmente al muestreo realizado por la central, informando del tipo y estado del elemento interrogado.

Además permiten la configuración de numerosos parámetros de entrada (nivel del ruido, nivel admisible para señal), y es configurable mediante un teclado propio o conectado a PC.

Otras características de este tipo de centrales son:

- Auto programación: Reconoce los equipos instalados.
- Detección de equipos con la misma dirección.
- Pruebas de equipos por zonas.
- Desactivar un equipo concreto.
- Registro histórico de eventos.
- Funciones de retardo de salida.
- Algoritmos de verificación.
- Llamada a números de teléfonos predeterminados, indicando mensaje grabado.

También existe la posibilidad de enviar información a un panel repetidor, permitiendo tener conocimiento de cualquier incidencia en distintas dependencias.

4.1.2.1.2 Pulsadores direccionales

Es un sistema manual de detección. Cualquier persona que localice un fuego puede activar el sistema de alarma utilizando el pulsador. Si es direccionable permite conocer el equipo concreto que se ha pulsado, y por tanto el lugar específico. El propio elemento dispone de sectores mediante los cuales se le asigna la dirección. Al romper el cristal del pulsador se acciona un microinterruptor que se encuentra normalmente, en la base de cristal.

4.1.2.1.3 Inundación mediante gas de salas técnicas

Se entienden por salas técnicas aquellas donde se ubican equipos concretos, como son los compresores, los transformadores, generador de emergencia u otros. Estos en ocasiones pueden suponer por ellos mismos riesgos de incendio.

Este sistema de protección se realiza por inundación total. Desde el 31 de Diciembre del 2003 está prohibido el uso del halón. Todos los agentes extintores incluidos en las normas ISO 14520 / UNE 23530 y NFPA 2001 son adecuados para sustituirlo. En caso de inundación debe ser posible encender un letrero en los accesos al local técnico indicando esta situación. Por ejemplo si el gas es CO₂ debe iniciarse claramente la prohibición de entrar, al menos que se utilicen equipos de respiración autónomos. La automatización se

realizará mediante sistema de detección de incendios controlados por la central de detección y alarma.

4.1.2.1.4 Bocas de incendio equipadas

Están formadas por una manguera conectada a la red de abastecimiento de agua con los elementos necesarios ya montados para su utilización de forma inmediata. Está compuesto por manguera, manómetro y punta de lanza todo aquello guardado en un armario específico de fácil apertura. Estos equipos se utilizan en interiores, siendo de 25mm de diámetro cuando se instalen en oficinas y de 45mm en zonas de producción o almacenes. Los puestos de control de las redes de BIE's pueden disponer de un detector de flujo conectado a la central de detección y alarma para que avise cuando entre en funcionamiento el equipo.

4.1.2.1.5 Columnas de hidrantes exteriores

Los hidrantes exteriores suelen estar instalados en el perímetro del establecimiento industrial. Las columnas disponen de racores a los cuales se conectarán las mangueras de acuerdo a la NFPA 14.

4.1.2.1.6 Sistemas automáticos de rociadores de agua

También son conocidos por el nombre de "sprinklers". Consisten en sistemas fijos, instalados por encima de área a proteger, que automáticamente se activan cuando el calor que reciben rompe un pequeño dispositivo, que permite la salida de agua.

Los puntos de control y alarma de rociadores pueden incluir presostatos conectados a la central de detección y alarma, para detectar que el sistema de rociadores ha entrado en funcionamiento, en el caso de apertura de alguno de ellos.

4.1.2.1.7 Grupo de presión contra incendios

Para disponer de un adecuado abastecimiento de agua, la instalación debe disponer de una reserva propia de agua, un grupo de bombeo y una red exclusiva para los distintos elementos de lucha contra el fuego de agua, que se denomina combinado cuando

abastece a más de un sistema contra incendios. Los sistemas deben ser calculados íntegramente y el suministro debe ser capaz de dar la suma de caudales simultáneos máximos calculados para cada sistema. Los caudales se ajustarán a la presión requerida por el más exigente y la reserva de agua será igual o superior a la requerida por el sistema que demande más.

El arranque de cada bomba de incendios debe ser totalmente automático. Las bombas principales, que pueden ser eléctricas o de diesel, no deberán arrancar de forma periódica para mantener presurizada la red. Para este uso y la reposición de las fugas admisibles, los equipos de bombeo de abastecimiento de agua al sistema de protección contra incendios cuentan con la bomba conocida como Jockey.

Aproximadamente los caudales que suelen proporcionar son:

Bomba Jockey: 8 a 12m³/hora.

Bomba principal: 400 a 600 m³/hora.

4.1.3 CRITERIOS Y DETALLES BÁSICOS DE DISEÑO DE TUBERÍA QUE SE DEBEN CONSIDERAR EN UNA RED CONTRA INCENDIO

Para poder desarrollar el diseño, la ingeniería y la construcción de los circuitos de tubería, se deben respetar los requisitos que vienen especificados en las Normas Oficiales Mexicanas, normas ISO, Normas de Referencia de PEMEX, así como cumplir con los requisitos de los códigos y estándares siguientes: ASME (American Society of Mechanical Engineers), ANSI (American National Standard Institute), ASTM (American Society for Testing and Materials), API (American Petroleum Institute), AWS (American Welding Society), AWWA (American Water Works Association), NFPA (National Fire Protection Association), NACE (National Association of Corrosion Engineers) y MSS. En caso de discrepancia entre las normas y los códigos y estándares en las especificaciones de tubería, debe prevalecer el criterio más estricto.

4.1.3.1 DEFINICIÓN Y COMPONENTES DE UN SISTEMA DE TUBERÍA

Un sistema de tubería se le llama a los elementos mecánicos soldados o bridados, para transportar, distribuir, medir y controlar fluidos generalmente a presión. Los componentes incluyen tubería, accesorios, conexiones, juntas, empaquetaduras, espárragos, válvulas, dispositivos de alivio de presión, juntas aislantes, junta de expansión y elementos de soporte.

A) Accesorios

Los acoplamientos o accesorios para conexión se clasifican en: de derivación, reducción, ampliación y desviación. Los accesorios como tees, cruces, codos con salida lateral, etc., pueden agruparse como accesorios de derivación. Los conectores de reducción o ampliación son aquellos que cambian la superficie de paso del fluido, en esta clase están las reducciones y los manguitos. Los accesorios de desvío como son curvas, codos, curvas en U, etc., son los que cambian la dirección de flujo. Se pueden combinar algunos de los accesorios de la clasificación antes mencionada.

B) Bridas

Las bridas tipo deslizable, se usan en servicios de agua de enfriamiento y contra incendio, verificando que se aplique soldadura por ambos lados.

Las dimensiones de bridas hasta 24" de diámetro van de acuerdo con la ANSI B16.5 y las bridas de 26" de diámetro o mayores con la ANSI B16.47-A.

C) Válvulas

Las válvulas no sólo sirven para regular el flujo de fluidos, sino también para aislar equipos y tuberías para el mantenimiento, sin interrumpir otras unidades conectadas. Las válvulas se emplean, por lo general, para dos funciones básicas que son el cierre y la estrangulación. Las válvulas deben cumplir con los códigos ASME/ANSI B16.34 y B16.10.

4.1.3.2 DISTRIBUCIÓN Y ARREGLO GENERAL DE TUBERÍA

La distribución de la tubería debe agruparse siempre que sea práctico y ordenarse de tal manera que su instalación sea funcional, lo más sencilla, segura y económica y que presente facilidad de construcción y mantenimiento, además la separación entre las instalaciones debe ser adecuadamente establecida para permitir un fácil acceso en caso de emergencia.

Las tuberías para conducir corrientes de proceso, servicios auxiliares y desfuegos deben proyectarse y alojarse en corredores específicos para ellas, sobre soportes elevados. Además deben incluir, patines, guías, atraques, topes, accesorios y aislamiento térmico, para permitir que se desplacen ordenadamente durante elongaciones o contracciones.

La tubería subterránea sólo se permite para servicios de drenaje, agua de enfriamiento, contra incendio y ductos para cables eléctricos. La tubería subterránea debe contar con una protección mecánica extendiéndola sobre la interfase aire suelo, hasta 50cm sobre el nivel de piso terminado; en tanto las tuberías aéreas de acero al carbón y baja aleación deben de protegerse con recubrimientos anticorrosivos.

Dentro de las áreas de proceso, los arreglos de tubería deben contar con espacios libres alrededor y entre recipientes, equipos y tubería que permitan el acceso de equipo portátil para mantenimiento. Los espacios para operación y el equipo adyacente deben ser de 75cm como mínimo.

La separación entre tuberías subterráneas paralelas debe de ser de 45cm como mínimo, exceptuando los servicios de suministro y retorno de agua de enfriamiento que debe ser de 76cm como mínimo. En cruces de líneas la separación mínima debe de ser de 30 cm.

4.2 SEÑALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS NORMAS PARA UTILIZAR EL AGUA CONTRA INCENDIO.

Las normatividad con que se cuenta para poder utilizar de forma correcta el agua de un sistema contra incendio, se señala a continuación:

NOM-002-STPS, Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.

En esta norma nos señala las especificaciones con que debe contar las redes hidráulicas de un sistema contra incendio.

También existen códigos que participan directamente en lo que se refiere al agua contra incendio. Aunque nuestra normatividad señala muchos puntos esenciales, no es completa, por lo tanto se presenta la opción de poder mejorar muchos aspectos importantes, por eso es muy recomendable que se tomen en cuenta dichos códigos internacionales.

Códigos de la NFPA para utilizar el agua contra incendio.

- **NFPA 11** Espumas de Baja, Media y Alta expansión.
- **NFPA 15** Norma para sistemas fijos de protección.

4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA NOM-002-STPS. SISTEMAS FIJOS CONTRA INCENDIO.

Las Redes hidráulicas de un Sistema fijo contra incendio deben cumplir con las siguientes características:

- Ser de circuito cerrado.
- Contar con una memoria de cálculo del sistema de red hidráulica contra incendio.
- Contar con un suministro de agua exclusivo para el servicio contra incendios, independiente a la que se utilice para servicios generales.
- Contar con un abastecimiento de agua de al menos 2 horas, a un flujo de 946 l/min, o definirse de acuerdo a los siguientes parámetros:

El riesgo a proteger; el área construida; una dotación de 5 litros por cada m² de construcción; un almacenamiento mínimo de 20 m³ en la cisterna; contar con un

sistema de bombeo para impulsar el agua a través de toda la red de tubería instalada.

- Contar con un sistema de bombeo que debe tener, como mínimo 2 fuentes de energía, a saber: eléctrica y de combustión interna, y estar automatizado.
- Contar con un sistema de bomba Jockey para mantener una presión constante en toda la red hidráulica.
- Contar con una conexión siamesa accesible y visible para el servicio de bomberos, conectada a la red hidráulica y no a la cisterna o fuente de suministro de agua.
- Tener conexiones y accesorios que sean compatibles con el servicio de bomberos (cuerda tipo NSHT).
- Mantener una presión mínima de 7 kg/cm^2 en toda la red.

Se recomienda que los sistemas fijos contra incendio tengan algunas de las siguientes características:

- Ser sujetos de activación manual o automática.
- Ser sujetos de supervisión o monitoreo para verificar la integridad de sus elementos activadores (válvula solenoide, etc.), así como las bombas.
- Tener un interruptor que permita la prueba del sistema, sin activar los elementos supresores de incendio; sin estar limitados a ellos, existen los siguientes tipos: sistema de redes hidráulicas, de rociadores con agente extinguidor de agua, bióxido de carbono, polvo químico seco, espumas, sustitutos de halón y agentes limpios.
- Todo sistema deberá ser calculado para combatir el mayor riesgo del centro de trabajo.

4.2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS CÓDIGOS DE LA NFPA PARA EL USO DE AGUA CONTRA INCENDIO

Los manuales guías generales proponen un caudal mínimo de agua de extinción de 4 -20 litros/min./m² (expresado por m² del área de la superficie proyectada). Los caudales de aplicación deben ser evaluados para cada escenario de incendio por separado. Para estos cálculos puede ser de utilidad el manual guía NFPA-11. Si dentro de la filosofía de protección contra incendios se considera que es recomendable usar espuma como medio de extinción, se deberá tener en cuenta para el cálculo de demanda total de agua contra

incendios. El sistema de actuación para plantas existentes puede ser el representado en la Figura 4.2.



Fig. 4.2.: Esquema orientativo para evaluación de abastecimiento de agua contra incendios y sistema de distribución basado en el análisis del riesgo de incendio.

El objetivo de un análisis hidráulico del sistema de distribución de agua contra incendios es verificar si las demandas de presión y agua contra incendios pueden cumplirse partiendo de las bombas contra incendios existentes o propuestas y la red de distribución existente. Mediante un programa informático en el que se introduzcan todos los parámetros indicados en el plano de la red, con especificaciones de tuberías, diámetros y las curvas correspondientes a las bombas de abastecimiento, puede efectuarse el necesario análisis hidráulico. Los cálculos hidráulicos se pueden realizar utilizando los métodos clásicos.

Para tuberías nuevas los coeficientes de rugosidad son conocidos con exactitud. Para las tuberías existentes se estiman dichos coeficientes basándose en los datos experimentales de caudal y presión conseguidos a lo largo de la vida de la instalación. Para el diseño de las instalaciones de agua contra incendios se puede tener en cuenta algunos detalles importantes como son la elección de tubería según material y tamaño, se debe procurar

que sea enterrada y en este caso el material puede ser de poliéster reforzado o acero al carbono protegido contra la corrosión y se aconseja realizar las pruebas hidráulicas necesarias para un buen control de calidad.

Todas las válvulas de cierre o de seccionamiento que deban permanecer normalmente abiertas para el correcto funcionamiento del sistema pueden ser de tipo husillo ascendente, o pueden disponer de otro dispositivo que permita verificar fácilmente si están en posición abierta. Se recomienda evitar una velocidad rápida de cierre que pueda producir un golpe de ariete.

Se tendrá en cuenta la conveniencia de dimensionar la red contra incendios previendo eventuales ampliaciones de todo el sistema de protección contra incendios.

Siempre que sea posible, y especialmente cuando existan redes específicas de hidrantes exteriores, así como en los sistemas con abastecimiento doble, se recomienda realizar la instalación en anillo, con válvulas de seccionamiento, para asegurar la máxima eficiencia del sistema incluso en el caso de avería en algún tramo.

Cada derivación de la red general de incendios para alimentar una red específica debe estar provista de una válvula de seccionamiento y una de retención.

4.2.2.1 EVALUACIÓN DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIOS Y SU DISTRIBUCIÓN

Si el abastecimiento de agua existente no cumple con las demandas de agua calculadas, pueden existir principalmente tres vías de revisión:

- Reducción de las demandas mayores de agua contra incendios por medio de la revisión de las estrategias de protección contra incendios.
- Mejora de la configuración de la red basándose en la identificación de cuellos de botella.
- Aumento de la capacidad de aporte de agua por adición de otras bombas contra incendios o por sustitución de las unidades existentes.

La estrategia de protección contra incendio y explosión en las plantas químicas, refinerías y terminales de carga o descarga puede estar basada en tres etapas consecutivas:

- Detección y alarma en caso de una fuga de producto peligroso o producción de una situación de incendio.

- Prevención de cualquier daño a las estructuras y progreso de la situación de incendio.
- Consecución del control y la extinción final del incendio.

Esta última etapa es la más importante a considerar para la previsión del agua de abastecimiento. Se puede citar que el control del incendio depende de: los posibles tiempos de respuesta, las acciones que deban tomar los operadores de proceso, el grupo de personas y su equipo requerido para la intervención en los primeros diez minutos del incendio y en su etapa posterior, la necesidad de hidrantes, monitores y/o sistemas de rociadores de agua fijos para enfriar estructuras/recipientes críticos, la confinación del fuego alrededor del área de incendio, y la posible extensión del incendio a otras áreas por desbordamiento y excesivo uso del agua contra incendio.

4.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPUMAS QUE SE UTILIZAN COMO AGENTES DE EXTINCIÓN EN UN SISTEMA CONTRA INCENDIO

Espuma: Es el elemento fundamental en la extinción de hidrocarburos livianos, como también en el sellado de vapores inflamables y en el control de otros productos químicos. La espuma como agente extintor consiste en una masa estable de burbujas pequeñas de agua, rellenas de gas (aire en el caso general) 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 (hidrocarburos y sus derivados), flota sobre éstos, produciendo una capa continua de material acuoso o manta.

4.3.1 MECANISMOS DE EXTINCIÓN DE LAS ESPUMAS

Los mecanismos de extinción de las espumas son:

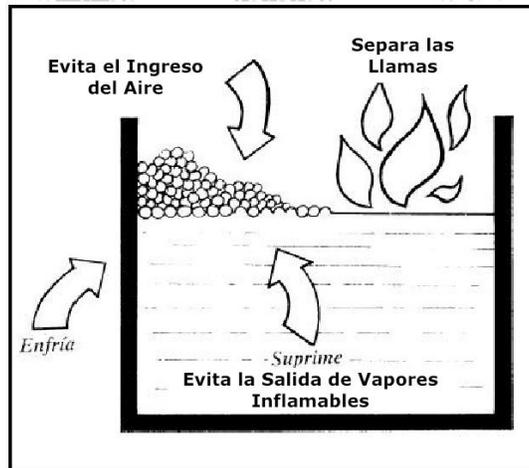
AISLAMIENTO:

Lo primero que hace la espuma es tapar las llamas y evitar el ingreso del aire a la zona de la combustión, ésta se consume al aire atrapado y por consiguiente la combustión se apaga por falta de aire. Una vez apagada la llama, lo segundo que hace es excluir al aire de la zona de vapores inflamables, por consiguiente evita una posible reignición, por falta de aire. Al mismo tiempo evita la salida de los vapores inflamables de la superficie del combustible, eliminando la posibilidad de una nueva combustión en otro lado.

Separa las llamas de la superficie del combustible, reduciendo la cantidad de calor que recibe el combustible y por ende reduce la emisión de vapores inflamables.

ENFRIAMIENTO:

Absorbe calor de la superficie del combustible y del metal del contenedor o tanque, al drenar el agua contenida en la espuma, siendo esta un mecanismo secundario, resultante de la ruptura de la espuma. A la espuma no se le usa porque enfría, sino principalmente porque aísla.



4.3.2 GENERACIÓN DE ESPUMA

Las espumas según la forma de producirse se dividen en químicas y mecánicas. Las primeras ya no se usan y se producían por una reacción química al mezclar ciertos elementos. Las mecánicas se usan actualmente y son el resultado de un proceso mecánico, éste consta de dos etapas:

Primera etapa o inducción: Se introduce al torrente de agua el concentrado espumígeno, mediante un premezclador o inductor en línea, que actúa por principio venturi.

Segunda etapa o generación: Por el mismo principio se agrega aire a la solución agua + espumígeno, a la salida del dispositivo de descarga y se produce la espuma en un ambiente abierto.

4.3.3 CLASIFICACIÓN DE LAS ESPUMAS

Las espumas se definen por su relación de expansión, la cual es la relación del volumen de espuma final en relación con el volumen de la espuma original antes de añadir aire. Quedan arbitrariamente subdivididas en tres tipos.

A) Espuma de Baja Expansión

Expansión hasta 1:20 (con 1 litro de mezcla se producen 20 litros de espuma). Espuma diseñada para líquidos inflamables. La espuma de baja expansión han demostrado ser las

más eficaces para controlar, extinguir y detener la combustión de la mayoría de los líquidos inflamables (fuegos de la clase B), ya sea lanzada o inyectada a los estanques. La espuma también se utiliza con éxito en los fuegos de la clase A donde es importante el efecto refrescante y el efecto penetrante de la solución de la espuma. También se usa para controlar y sellar salidas de vapores de diversos productos combustibles e inflamables e incluso, existen espumas especiales para productos químicos, tales como ácidos, bases y neutros, sobre los cuales es lanzada para controlar sus efectos en derrames.

B) Espuma de Media Expansión

Expansión de 1:20 hasta 1:200 (con 1 litro de mezcla se producen 200 litros de espuma). La espuma de media expansión se puede utilizar para suprimir la vaporización de productos químicos peligrosos. Con expansiones entre 1:30 y 1:55 se utiliza para producir una capa de espuma óptima para la mitigación de vapores de productos químicos altamente reactivos del agua.

C) Espuma de Alta Expansión

Expansión de 1:200 hasta 1:1.000 (con 1 litro de mezcla se producen 1.000 litros de espuma). La espuma de media y alta expansión constituye un vehículo muy valioso para el transporte de masas de espuma húmeda a lugares inaccesibles, para la inundación total de espacios cerrados y para el desplazamiento volumétrico de vapores, calor y humo. Su empleo al exterior puede verse limitado por los efectos climáticos. Es una espuma frágil y sensible a los efectos de la intemperie. Las espumas de alta expansión son usadas principalmente para fuegos clase A, pues sofoca el fuego produciendo muy poco daño por efecto del agua a las instalaciones que se aplica.

Diseñada especialmente para la lucha contra incendios en espacios confinados o aquellos lugares donde hay equipos delicados. Se usa en espacios confinados tales como sótanos, minas, hangares y bodegas de buques, bibliotecas, etc.

Por su ligera composición, no debe usarse en fuegos clase B, pues se contamina rápidamente, además de abrirse con facilidad, produciendo la reignición.

4.3.4 DISPOSITIVOS PROPORCIONADORES O DOSIFICADORES DE ESPUMÍGENOS

En un incendio los caudales de agua son variables, para poder lograr una buena espuma es de suma importancia conseguir que la dosificación del espumígeno sea proporcional al caudal de agua, y con esto poder mantenernos en un porcentaje de dosificación constante durante todo el tiempo que sea necesario. Los equipos de dosificación y los de descarga y el caudal de agua que por ellos circula deben poder ajustarse mutuamente, cualquiera que sea la presión nominal de servicio. Si la dosificación es baja, resultará espuma floja e inestable; si es demasiado alta, la espuma será rígida y se desperdiciará concentrado, con la consiguiente pérdida de eficacia y de tiempo de trabajo.

Para que se pueda tomar una cantidad determinada de concentrado espumante líquido e introducirlo en la corriente de agua para formar una solución de concentración fija, existen métodos que pueden clasificarse en dos grupos generales:

- Método Venturi, que se vale de la reducción de la presión de la corriente de agua por efecto de la reducción del área de circulación.
- Métodos que se valen de bombas auxiliares para inyectar el concentrado en la corriente de agua en una proporción fija respecto al caudal.

4.3.5 TIPOS DE ESPUMAS

Según la base con que se fabrican los concentrados espumógenos, éstos se dividen en: Proteínicas y sintéticas.

1) Agentes Espumantes Proteínicos (P)

Los agentes proteínicos se usan principalmente en los combustibles de hidrocarburos. Los agentes proteínicos tienen aspecto viscoso y olor nauseabundo. Se fabrican a partir de desechos orgánicos, tales como huesos, pezuñas, plumas, etc. Tienen buena resistencia al calor, pero se desplaza lentamente y se contamina con los hidrocarburos.

Estos concentrados contienen polímeros proteínicos naturales de alto peso molecular derivados de la transformación e hidrólisis de proteínas sólidas naturales. Los polímeros confieren a las espumas que se generan con ellos elasticidad, resistencia mecánica y capacidad de retención del agua. Los concentrados también contienen sales metálicas disueltas, que refuerzan la capacidad de los polímeros proteínicos para formar burbujas cuando la espuma está expuesta al calor y las llamas.

2) Agentes Espumantes Fluoroproteínicos (FP)

Los agentes fluoroproteínicos tienen la misma base que las anteriores, pero se les han agregado aditivos fluorados, que le dan mayor fluidez (mayor rapidez para desplazarse sobre la superficie del producto), y a su vez, le dan mayor resistencia a la contaminación. Además de los polímeros proteínicos contienen en la superficie agentes fluorados activos que le confieren la propiedad de no adherirse al combustible, lo que les hace especialmente eficaces para luchar contra fuegos en que la espuma queda sumergida o cubierta por el combustible, como por ejemplo en el método de inyección de la espuma por debajo de la superficie para combatir incendios de grandes depósitos. Las espumas de fluoroproteínas alcanzan su máxima eficacia en la lucha contra fuegos de líquidos derivados del petróleo o de hidrocarburos en depósitos de gran profundidad.

3) Agentes Fluoroproteínicos que Forman Película (FFFP)

Los agentes fluoroproteínicos que forman película están compuestos de proteínas junto con agentes fluorados, superficialmente activos, que les hacen capaces de formar películas de solución acuosa sobre la superficie de líquidos inflamables y les confieren la propiedad de separar el combustible de la espuma formada. Las espumas de aire formadas a partir de soluciones de FFP tienen características de rápida propagación y aumento, como las otras espumas, se comportan como barreras de superficie que excluyen el aire e impiden la vaporización. Generan una película continua flotante en las superficies de combustibles hidrocarburos lo que ayudan a suprimir los vapores combustibles. Sin embargo, para garantizar la extinción del incendio, una capa de FFP, como con otros tipos de espuma, debería cubrir la totalidad de la superficie del combustible.

4) Agentes Espumantes Formadores de Películas Acuosas (AFFF)

Los agentes espumantes formadores de películas acuosas se componen de materiales sintéticos que forman espumas de aire similares a las producidas por materiales a base de productos proteicos. Además, son capaces de formar películas de soluciones acuosas sobre la superficie de los líquidos inflamables. De aquí les viene su nombre. Estos productos se conocen por sus iniciales en inglés, AFFF “aqueous film-forming foam”. Las espumas de aire generadas por las soluciones de AFFF poseen baja viscosidad, rápida extensión y nivelación y actúan como barreras superficiales para impedir el contacto del combustible con el aire y detener su vaporización, igual que lo hacen las otras espumas.

4.3.6 CARACTERÍSTICAS DE UNA BUENA ESPUMA

Una buena espuma debe tener las siguientes características físicas:

- Velocidad y Flujo de Precipitación. Este es el tiempo requerido para formar una capa de espuma en la superficie del combustible o alrededor obstáculos y los restos para alcanzar la extinción completa.
- Resistencia Térmica. La espuma debe poder resistir los efectos del calor destructivo irradiado de cualquier fuego restante; y cualquier resto caliente de metal u otros objetos en el área.
- Resistencia del Combustible. Una espuma eficaz reduce al mínimo recogida del combustible de modo que la espuma no se sature y no se quemé.
- Supresión del Vapor. La manta debe ser capaz de retener los vapores inflamables y así reducir al mínimo el riesgo del reignición.
- Resistencia a Alcohol. Debido a la afinidad del alcohol al agua y porque una capa de espuma es agua en más del 90%, las espuma que no son resistentes alcohol serán destruidas.
- La Espuma terminada debe formar una manta cohesiva.

Tabla 4.3.6 Características y comparaciones de los tipos de la espuma.

Propiedad	PR	FPR	AFFF	PFFF	AR-AFFF
Precipitación	Regular	Bueno	Excelente	Bueno	Excelente
Resistencia térmica	Excelente	Excelente	Regular	Bueno	Bueno
Resistencia a los Hidrocarburos	Regular	Excelente	Moderado	Bueno	Bueno
Supresión del Vapor	Excelente	Excelente	Bueno	Bueno	Bueno
Resistencia al Alcohol	Mala	Mala	Mala	Mala	Excelente

4.3.7 PORCENTAJES DE LA ESPUMA

Los espumígenos se diseñan para ser mezclados con agua en los porcentajes especificados por los fabricantes. Los espumígenos de seis por ciento (6%) se mezclan con agua en una proporción de 94 porciones de agua cada 6 porciones de espumígeno. Al usar 3% se deberán mezclar 3 litros de espumígeno con 97 litros de agua. Una vez que estén preparadas, la espuma que resulta de un espumígeno del 3% o un espumígeno del 6% será virtualmente igual con respecto a las características de funcionamiento. Un

espumígeno del 3% es más concentrado que uno 6%, por lo tanto requiere menos producto para producir el mismo resultado final.

- La espuma de lucha contra el fuego no se recomienda para el uso en los materiales que reaccionan con agua como por ejemplo el magnesio, titanio, potasio, litio, calcio, circonio, sodio y cinc.

4.3.8 LIMITACIONES DE LAS ESPUMAS

- La espuma se disuelve, vaporizando el agua, bajo el ataque del calor y de las llamas. Por lo tanto, debe aplicarse a las superficies ardientes a volumen y velocidad suficiente para compensar estas pérdidas y para proporcionar la cantidad sobrante que garantice que se forme la capa residual de líquido inflamable sobre la parte ya extinguida del fuego.

- La espuma es una emulsión inestable de aire y agua que puede disolverse fácilmente por fuerzas físicas o mecánicas. Ciertos vapores o fluidos químicos pueden también destruirlas fácilmente.

- Cuando se emplean otros tipos distintos de agentes extintores en combinación con la espuma, también pueden ocurrir otras formas de disolución.

- El aire en turbulencia o el violento levantamiento de los gases de la combustión pueden apartar las espumas ligeras de la zona incendiada.

- Las soluciones de espuma son conductoras y, por ello, no recomendables para fuegos eléctricos. Si se utiliza espuma pulverizada, resulta menos conductora que un chorro compacto. Sin embargo, por ser cohesiva y mantener materiales que permiten al agua ser conductora, la espuma pulverizada resulta más conductora que el agua pulverizada. Los sistemas eléctricos deben ser des-energizados vía manual o automático con corte visible antes de aplicar el agua o hacer espuma.

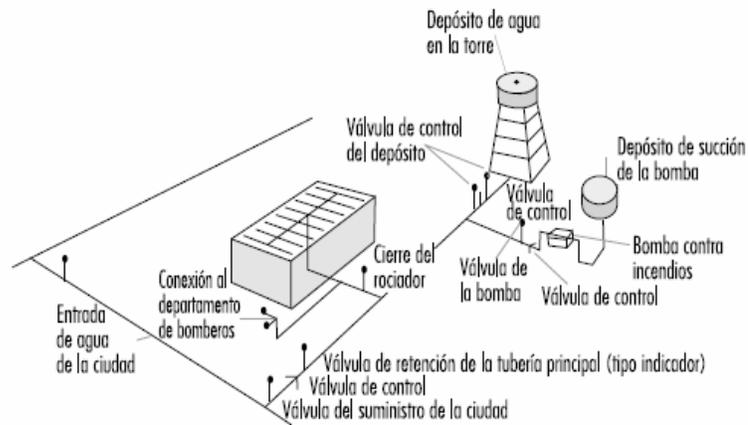
- Líquidos Vaporizados. La espuma no se recomienda para el uso en los materiales que se pueden almacenar como líquidos, pero son normalmente vapor en las condiciones ambiente, tales como propano y butadieno.

- La espuma de lucha contra el fuego no se recomienda para el uso en los materiales que reaccionan con agua tal como magnesio, titanio, potasio, litio, calcio, circonio, sodio y cinc.

- Presiones del agua. La presión del proporcionador no debe exceder 13,6 atm. La calidad de la espuma se deteriora en presiones más altas y cae en presiones más bajas. Las presiones del inyector deben estar entre 3,4 y 13,6 atm

4.3.9 SISTEMAS DE ESPUMA

En un sistema de espuma se inyecta un concentrado líquido en el suministro de agua antes de la válvula de control. A continuación, se mezcla el concentrado de espuma con aire, bien mediante una descarga mecánica o aspirando aire en el dispositivo de descarga. El aire que entra en la solución de espuma produce una espuma expandida que, al ser menos densa que la mayoría de los hidrocarburos forma una capa por encima del líquido inflamable. La capa de espuma reduce la propagación del vapor combustible. El agua, que representa casi el 97 % de la solución de espuma, aporta un efecto de enfriamiento que reduce aún más la propagación del vapor y enfría los objetos calientes que podrían actuar como fuente de reignición. A continuación se muestra un sistema de espuma.



4.4 SEÑALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS NORMAS SOBRE EL USO DE HIDRANTES Y ROCIADORES

Normatividad sobre el uso de Hidrantes:

- **NFPA 14:** Sistemas de mangueras contra incendios o hidrantes.

Normatividad sobre el uso de Rociadores:

- **NFPA 13:** Instalación de sistemas de rociadores

4.4.1. DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO NFPA 14: SISTEMAS DE MANGUERAS CONTRA INCENDIOS O HIDRANTES.

HIDRANTES

En las áreas de proceso y almacenamiento de productos altamente inflamables los hidrantes se colocarán a una distancia de 30 a 50m uno de otro. En áreas de almacenamiento de productos inflamables a una distancia no mayor de 60m uno de otro. En el caso de edificios, oficinas y almacenes de productos no inflamables a distancias de 75 a 90m uno del otro. Los hidrantes de tipo comercial, se deben de fabricar con un diámetro de 4" (100mm) como mínimo, conectado a la línea de agua directamente, que también se puede usar para la alimentación de los vehículos de los bomberos y en la parte superior del tubo se colocarán acoplamientos de 1.5 ó 2.5 pulgadas de diámetro nominal para la distribución del agua, con cuerda nominal de tubería, opuestos uno al otro y a una altura de 60cm sobre el nivel de piso terminado. En los acoplamientos se instalarán válvulas de compuerta de bronce con cuerda normal hembra en un lado y en el otro con cuerda macho; las mangueras del hidrante serán de fibra de vidrio de 15 y 30m.

En las instalaciones de proceso y en sus áreas de almacenamiento el diámetro mínimo de tubería en redes contra incendio será de 152mm (6 pulgadas), se deben procurar que la red de agua contra incendio forme anillos que contengan 12 hidrantes como máximo, debiéndose instalar válvulas de seccionamiento en lugares donde se permita aislar secciones del sistema de tuberías cuando haya necesidad de efectuar reparaciones o ampliaciones. El caudal de diseño de cada hidrante será de 150 gpm.; y de un hidrante

monitor de 300 gpm. Todos los hidrantes deben tener un equipo auxiliar complementario que se encuentra almacenado en un armario metálico elevado sobre el suelo y tratado con pintura anticorrosiva. La presión mínima en las bocas de salida de los hidrantes será de 7 bar cuando se estén descargando los caudales previstos.

El sistema se debe diseñar tomando en cuenta que funcione el sistema de aspersión del recipiente de mayor área. Si se diseñan sistemas independientes de aspersión de agua e hidrantes, las presiones se deben considerar por separado.

- Sistema de enfriamiento por aspersión de agua:

En todos los recipientes se debe instalar, en la parte superior, un sistema fijo de enfriamiento por aspersión de agua usando. El agua necesaria para que en la boquilla hidráulicamente más desfavorable, se alcancen las condiciones de caudal establecidas.

La presión mínima requerida en esta boquilla para alcanzar dicho caudal debe establecerse de acuerdo con el coeficiente de descarga de la boquilla utilizada.

Este sistema debe cubrir el 100% de las áreas de almacenamiento, estacionamiento de autotanques y vehículos de reparto de recipientes portátiles.

4.4.2 DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO NFPA13: INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE ROCIADORES.

ROCIADORES

Los rociadores están diseñados para cubrir un área no superior a 12 m². Todos los rociadores llevan un deflector para mejor pulverización del agua.

Los rociadores pueden ser de ampolla de vidrio y descargarán a una presión mínima de 7 Kg. /cm² en el rociador más desfavorable. Todos los rociadores abrirán a una temperatura de aproximadamente 68°C. Se deben instalar rociadores junto a los equipos que almacenan líquidos inflamables y equipos con gran carga de incendio. Los rociadores se montan a un metro sobre los equipos. El trazado de tuberías alrededor de los equipos será desmontable para permitir su mantenimiento. El caudal de diseño de cada rociador será de 6.57 galones por minuto.

4.5 CÁLCULO DE LA RED FIJA CONTRA INCENDIO DE LA PLANTA DE ESTIRENO PROPUESTA.

4.5.1 DISTRIBUCIÓN DE LA RED DE ROCIADORES EN LA PLANTA DE ESTIRENO PROPUESTA.

En el punto 4.4.2, nos dice que un rociador cubre un área no superior a 12 m². Después de realizar el análisis de riesgo en la planta de estireno, realizaremos una red de rociadores para cada uno los equipos que representan un riesgo alto en la planta de procesamiento de estireno, así como para las áreas que así lo requieran. Si consideramos que cada rociador cubre un área de 9m², obtendremos la siguiente tabla.

Tabla 4.5.1 Equipos que participan en el área de proceso

NOMBRE DEL EQUIPO	CANTIDAD EN EL ÁREA DE PROCESO	ÁREA DE CADA EQUIPO	NÚMERO DE ROCIADORES REQUERIDOS/EQUIPO
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	5	118m ²	13
TORRE DE DESTILACIÓN	3	131 m ²	14
REACTOR	1	233 m ²	26

La capacidad que tiene cada tanque de almacenamiento es de 35,000 litros, una altura de 5m y un diámetro de 3 metros.

La capacidad de cada torre de destilación es de 38,500 litros, tiene una altura de 5.5 m y un diámetro de 3 metros.

La capacidad del reactor es de 70,000 litros, su altura es de 5.5 m y su diámetro es de 4 metros.

Para determinar el número de rociadores que se requieren para cubrir cada uno de los almacenes se muestra la siguiente tabla.

Tabla 4.5.1.1 Distribución de rociadores en los almacenes de la planta de estireno propuesta.

NOMBRE DEL ALMACÉN	NÚMERO DE TANQUES EN CADA ALMACÉN	ÁREA DE CADA EQUIPO	ÁREA TOTAL QUE DEBEN CUBRIR LOS ROCIADORES EN CADA ALMACÉN	NÚMERO DE ROCIADORES REQUERIDOS/ALMACÉN
ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO	4	87.6 m ²	350.5 m ²	40
ALMACÉN DE MATERIA PRIMA	2	128 m ²	256 m ²	28
ALMACÉN DE SUBPRODUCTOS DEL PROCESO	-	-	300 m ²	33
ALMACÉN DE SOLVENTES	-	-	268.92 m ²	30

Cada uno de los tanques del almacén de producto terminado tiene una capacidad de 26,000 litros, con una longitud de 6.75m y un diámetro de 2.25m.

Cada tanque del almacén de materia prima tiene una capacidad de 38,000 litros, con una longitud de 9.75m y un diámetro de 2.25m.

Tabla 4.5.1.2 Distribución de rociadores en el área de llenaderas y tanques de amortiguamiento

NOMBRE DEL ÁREA	NÚMERO DE TANQUES EN CADA ALMACÉN	ÁREA DE CADA EQUIPO	ÁREA TOTAL QUE DEBEN CUBRIR LOS ROCIADORES	NÚMERO DE ROCIADORES REQUERIDOS
TANQUES DE AMORTIGUAMIENTO	4	124m ²	496 m ²	56
LLENADERAS	-	-	416m ²	45

Cada uno de los tanques del área de amortiguamiento de producto terminado tiene una capacidad de 36,500 litros, con una longitud de 7.5m y un diámetro de 2.5m.

4.5.2 DISTRIBUCIÓN DE HIDRANTES E HIDRANTES MONITORES EN LA PLANTA DE ESTIRENO PROPUESTA

En el punto 4.4.1, nos indica que en las áreas de proceso y almacenamiento de productos altamente inflamables los hidrantes e hidrantes monitores se colocarán a una distancia de 30 a 50m uno de otro, por lo tanto su distribución en la planta de estireno propuesta será como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.5.2 Distribución de hidrantes en la planta de estireno propuesta.

ÁREAS ALTAMENTE INFLAMABLES	METROS LINEALES DE CADA ÁREA	NÚMERO DE HIDRANTES REQUERIDOS
ÁREA DE FRACCIONAMIENTO.	414.6 m	5 Hidrantes monitor
ÁREA DE ALIMENTACIÓN.	263.16 m	4 Hidrantes monitor
ÁREA DE REACCIÓN.	224.64 m	3 Hidrantes monitor
ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO	120.76 m	2 Hidrantes
ALMACÉN DE MATERIA PRIMA	117.18 m	2 Hidrantes
ALMACÉN DE SUBPRODUCTOS DEL PROCESO	70 m	1 Hidrante monitor
ALMACÉN DE SOLVENTES	65.6 m	1 Hidrante
ALMACÉN TEMPORAL DE RESIDUOS PELIGROSOS	60 m	1 Hidrante monitor
PATÍN DE RECIBO Y MEDICIÓN	100 m	1 Hidrante 1 Hidrante monitor
TANQUES DE AMORTIGUAMIENTO	142 m	1 Hidrante 2 Hidrantes monitor
LLENADERAS	84 m	1 Hidrantes monitor

En el caso de edificios, oficinas y almacenes no inflamables a distancias de 75 a 90m uno del otro. También se colocarán hidrantes en el pasillo por donde van a circular los autotanques.

Tabla 4.5.2.1 Distribución de hidrantes en áreas no inflamables.

ÁREAS NO INFLAMABLES	METROS LINEALES DE CADA ÁREA	NÚMERO DE HIDRANTES REQUERIDOS
EDIFICIO ADMINISTRATIVO	114	1 Hidrante
PASILLO DE ENTRADA Y SALIDA DE AUTOTANQUES	-	2 Hidrantes

4.5.3 REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA LOS EQUIPOS CONTRA INCENDIO UTILIZADOS EN LA PLANTA DE ESTIRENO PROPUESTA

Para calcular los requerimientos de agua de los equipos contra incendio, nos basaremos en los puntos 4.4.1 y 4.4.2, para conocer la cantidad de agua que requiere cada equipo de manera unitaria por una unidad de tiempo determinada.

ROCIADORES

En el punto 4.4.2 nos indica que cada rociador requiere 6.57 galones/minuto.

La red contra incendio de la planta de estireno va a contar con 365 rociadores, con estos datos podemos decir:

Caudal total de agua requerida de los rociadores / minuto = Caudal de un rociador/ minuto * Número total de rociadores requeridos.

Caudal total de agua requerida de los rociadores / minuto = 6.57 galones * 365 rociadores = 2398.05 galones.

La NOM-002-STPS nos indica que la red contra incendio debe contar con un abastecimiento de agua de al menos 2 horas para que operen los equipos involucrados, es decir cada uno de los equipos contra incendio requiere tener agua suficiente para poder ser abastecido durante al menos 2 horas. Por lo tanto podemos deducir lo siguiente:

Caudal total de agua requerido por los rociadores durante 2 horas = Caudal total de agua requerida de los rociadores / minuto* 120minutos

Caudal total de agua requerido por los rociadores durante 2 horas = 2398.05 galones * 120 minutos = **287, 766 galones = 1,090 m³ de agua.**

HIDRANTES E HIDRANTES MONITORES

En el punto 4.4.1 nos indica que el caudal de diseño de un hidrante es de 150 galones por minuto y de un hidrante monitor es de 300 galones por minuto.

En nuestra red contra incendio vamos a utilizar 10 hidrantes y 21 hidrantes monitor por lo tanto:

Hidrantes

Caudal total de agua requerida para los hidrantes / minuto = Caudal de un hidrante/ minuto x Número total de hidrantes requeridos.

Caudal total de agua requerida para los hidrantes / minuto = 150 galones * 10 hidrantes = 1500 galones

Hidrantes Monitor

Caudal total de agua requerida para los hidrantes monitor / minuto = Caudal de un hidrante monitor / minuto x Número total de hidrantes monitor requeridos.

Caudal total de agua requerida por los hidrantes monitor / minuto = 300 galones * 18 hidrantes monitor = 5400 galones

La NOM-002-STPS indica que cada uno de los equipos contra incendio requiere tener agua suficiente para poder ser abastecido durante al menos 2 horas. Entonces:

Hidrantes

Caudal total de agua requerido por los hidrantes durante 2 horas = Caudal total de agua requerida de los hidrantes / minuto* 120minutos

Caudal total de agua requerido por los hidrantes durante 2 horas =1500 galones * 120 minutos = **180,000 galones = 681.3 m³ de agua.**

Hidrantes Monitor

Caudal total de agua requerido para los hidrantes monitor durante 2 horas = Caudal total de agua requerida de los hidrantes monitor / minuto* 120minutos

Caudal total de agua requerido para los hidrantes monitor durante 2 horas =5400 galones * 120 minutos = **648,000 galones = 2452.77 m³ de agua.**

En la siguiente tabla nos muestra la suma total de los requerimientos de agua de los equipos contra incendio.

Tabla 4.5.3. Requerimiento total de agua para los equipos contra incendio.

NOMBRE DEL EQUIPO CONTRA INCENDIO	CANTIDAD TOTAL DE AGUA REQUERIDA (m³)
ROCIADORES	1,090
HIDRANTES	681.3
HIDRANTES MONITOR	2452.8
TOTAL	4224.1

4.5.4 CÁLCULO DEL CAUDAL DE LA CISTERNA Y EL TANQUE DE AGUA CONTRA INCENDIO

El gasto con que se debe contar en cisterna y depósito tiene que ser suficiente para poder abastecer mangueras, rociadores y cualquier otro sistema contra incendio que se utilice, más el 20 o 30% de excedente para poder absorber fugas o conexiones extras.

El caudal total que se requiere para poder abastecer los equipos contra incendio es de 4224.1 m^3

Si tomamos en consideración un 30% de excedente de agua en relación del caudal total requerido, necesitamos un caudal de $5491.3 \text{ m}^3 \approx 5492 \text{ m}^3$.

La cisterna cuenta con 70m de largo * 35 m de ancho y una profundidad de 2 m, lo cual quiere decir que cuenta con una capacidad de 4900 m^3 .

El tanque de agua contra incendio tiene 13m de altura * 8.5 m de diámetro, lo cual indica que tiene una capacidad de 737.5 m^3 .

Realizando la suma de la capacidad de almacenamiento de agua de la cisterna y del tanque de agua contra incendio, nos da un valor de 5637.5 m^3 , lo cual indica que los dispositivos de almacenamiento de agua contra incendio, son suficientes para abastecer satisfactoriamente los equipos contra incendio al menos durante 2 horas como lo marca la NOM-002-STPS.

4.5.5 CONDICIONES DE DISEÑO PARA LA UNA RED CONTRA INCENDIO.

La velocidad razonable del agua para determinar el diámetro de la tubería de los hidrantes y monitores es entre 1.2 a 2.4 m/segundo. La presión mínima en las tomas debe ser la necesaria para la operación de aparatos y dispositivos necesarios para poder cubrir los riesgos en cada área determinada.

La presión debe ser al menos de 101.5 lb f /in² en las condiciones más desfavorables, y el sistema debe funcionar al 100% de su capacidad. Para seleccionar adecuadamente la tubería se deberán considerar como mínimo las siguientes condiciones: capacidad, máxima presión de trabajo, condiciones del medio y del terreno, cargas externas y la calidad del agua.

La tubería de la red contra incendio puede ser de hierro o de acero con superficie interior lisa. Los suministros de agua que contengan materiales análogos o sal que puedan afectar al sistema contra incendio deberán evitarse en todo lo posible. Preferentemente se debe de utilizar agua dulce y limpia.

Selección de bombas

- 1.- Deben de caracterizarse por su fácil acceso a todas sus partes de trabajo, su construcción debe ser robusta y su material de fabricación debe de proteger a la bomba de la corrosión.
- 2.- Las bombas pueden ser accionada por motor eléctrico o motor de combustión.
- 3.- No se permitirá el uso de válvulas de globo en ningún lugar de la red de agua contra incendio.
- 4.- En cada una de las líneas de descarga de las bombas contra incendio se instalará una válvula de retención, debiéndose localizarse esta lo más cercano posible de la bomba.

4.5.6 MEMORIA DE CÁLCULO DE LA RED FIJA CONTRA INCENDIO DE LA PLANTA DE ESTIRENO PROPUESTA.

Para poder llevar a cabo el diseño de la red contra incendio, se realizó previamente un análisis de riesgo en las áreas de la planta de estireno, y se determinaron los bloques y escenarios de incendio, los cuales van a ser los lugares principales donde se va a desarrollar la red contra incendio.

Los equipos que van a intervenir en la red contra incendio van a ser: Rociadores, Hidrantes, Hidrantes monitores, los cuales a través de la red hidráulica van a ser capaces de poder combatir incendios en cada uno de los bloques y escenarios de incendio en que se encuentren.

Para realizar los cálculos hidráulicos de la red fija contra incendio se van a usar las fórmulas de Hazen y Williams que son exclusivamente para agua.

FÓRMULAS:

$$Q = 0.442D^{2.63} * C \left(\frac{\Delta P}{L} \right)^{0.54}$$

$$\Delta P = \left(\frac{Q}{0.442 * D^{2.63} * C} \right)^{1.85} * L$$

$$D = \sqrt[2.63]{\frac{Q * L^{0.54}}{0.442 * C * \Delta P^{0.54}}}$$

Q =Gasto volumétrico = gal/min.

D= Diámetro interior de la tubería = pulgadas.

ΔP = Caída de presión.= lb/in²

C = Coeficiente de fricción de Hazen y Williams.

Acero comercial nuevo C=140

Acero comercial de uso medio C=130.

Acero comercial muy usado C=110.

L= Longitud de tramo recto = pies

El caudal total que se va utilizar en la red contra incendio, considerando algunos dispositivos y a los equipos contra incendio que van a estar funcionando durante 2 horas es de: $4322.364 \text{ m}^3 = 1,141, 971$ galones.

Para determinar los diferentes gastos volumétricos que existen a lo largo de la red fija contra incendio, nos basaremos en el gasto volumétrico total, el cual lo manejaremos en galones / minuto. Además de la división de la red fija contra incendio en tramos la cual viene señalada claramente en el “Plano de la red fija contra incendio de la planta de estireno” que se encuentra al final de este capítulo.

Entonces el gasto volumétrico será de 9516.425 galones/minuto.

“CÁLCULO DEL GASTO VOLUMÉTRICO EN LA RED FIJA CONTRA INCENDIO DE LA PLANTA DE ESTIRENO PROPUESTA”

NOMBRE DE CADA PUNTO QUE CONFORMA LA RED CONTRA INCENDIO	ECUACIONES PARA OBTENER EL GASTO VOLUMÉTRICO EN CADA PUNTO DE LA RED CONTRA INCENDIO.	GASTO VOLUMÉTRICO (galones/minuto)
0	Punto inicial	9516.425
0'	Salida de la red principal por medio de la electrobomba del cuarto de bombas contra incendio.	9516.425
3	Punto donde se divide la tubería en 2 ramas.	9516.425
RAMA 1		
4	Salida de la red principal por medio de la motobomba del cuarto de bombas contra incendio.	9516.425
5	5 = 3 – (8 + 600 gal/min.) 2 Hidrantes y 1 Monitor	2829.194
6	6 = 5 – 150gal/min. (1 Hidrante)	2678.996
7	6 = 7	2678.996
45	7 = 45	2678.996
45'	45' = 45 - 44	150
44	44 = 45 - 45'	2529.194
T	T = 44 – (43 + 300gal/min.) 1 Monitor	197.093
43	43 = 44 - (T + 300gal/min.) 1 Monitor	2032.100
35	35 = 43 - 300gal/min.(1 Monitor)	1732.100
36	35 = 36	1732.100
N'	N' = 36 – (37 + 300gal/min.) 1 Monitor	91.968
37	37 = 36 – (N' + 300gal/min.) 1 Monitor	1340.132
O	O = 37 – 38	85.416
38	38 = 37 – O	1254.715
P	P = 38 – (39 + 300gal/min.) 1 Monitor	91.968

NOMBRE DE CADA PUNTO QUE CONFORMA LA RED CONTRA INCENDIO	ECUACIÓN PARA OBTENER EL GASTO VOLUMÉTRICO EN CADA PUNTO DE LA RED CONTRA INCENDIO.	GASTO VOLUMÉTRICO (galones/minuto)
39	39 = 38 – (P + 300gal/min.) 1 Monitor	862.747
Q	Q = 39 – (40 + 300gal/min.) 1 Monitor	85.416
40	40 = 39 – (Q + 300gal/min.) 1 Monitor	477.331
R	R = 40 – 41	91.968
41	41 = 40 – R	385.363
S	R = 41 – 42	85.416
42	42 = 41 – S	300
18	Se termina la rama 1 con un monitor.	300
RAMA 2		
8	8 = 3 - 4	6087.239
9	8 = 9	6087.239
10	Se termina la rama 2 con la red de rociadores del área de llenaderas.	314.398
RAMA 3		
24	24 = 9 - 10	5772.84
13	13 = 24 - 25	2067.64
15	15 = 13 – (12 + 300gal/min.) 1 Monitor	199.735
12	12 = 13 – (15 + 300gal/min.) 1 Monitor	1267.899
11	11 = 12 – (16 + 150gal/min + 300gal/min.) 1 Hidrante y 1 Monitor	150
D	Termina esta derivación con un Hidrante en el área del patín de recibo y medición	150
16	16 = 12- (11 + 150gal/min + 300gal/min.) 1 Hidrante y 1 Monitor	667.899
A	A = 16 – (17 + B + C + 16')	98.546
B	B = 16 – (17 + A + C + 16')	91.968
C	C = 16 – (17 + A+ B + 16')	78.837

NOMBRE DE CADA PUNTO QUE CONFORMA LA RED CONTRA INCENDIO	ECUACIÓN PARA OBTENER EL GASTO VOLUMÉTRICO EN CADA PUNTO DE LA RED CONTRA INCENDIO.	GASTO VOLUMÉTRICO (galones/minuto)
16'	$16' = 16 - (17 + A + B + C)$	98.546
17	$17 = 16 - (A + B + C + 16')$	300
G	Termina otra derivación con 2 hidrantes en el área del almacén de estireno.	300
RAMA 4		
25	$25 = 24 - 23$	3705.20
26	$26 = 25$	3705.20
I	$I = 26 - 27$	216.803
27	$27 = 26 - I$	3488.401
27'	$27' = 27 - 28$ Termina esta derivación con un Monitor.	300
28	$28 = 27 - 27'$	3188.401
28'	$28' = 28 - 29$	483.963
J	$J = 28' - L$	183.963
L	$L = 28' - J$	300
29	$29 = 28 - 28'$	2704.438
30	$30 = 29$	2704.438
31	$31 = 30 - 22$	2056.221
M	$M = 31 - (32 + 300\text{gal/min.})$ 1 Monitor	85.416
32	$32 = 31 - (M + 300\text{gal/min.})$ 1 Monitor	1670.805
N	$N = 32 - (33 + 300\text{gal/min.})$ 1 Monitor	170.805
33	$33 = 32 - (N + 300\text{gal/min.})$ 1 Monitor	1200
34	$33 = 34$	1200
34'	$34' = (34 - 600\text{gal/min.})$ 2 Monitores	600
34''	$34'' = 34' - 600\text{gal/min.}$ Termina esta derivación con 2 Monitores que están entre el área de fraccionamiento y alimentación.	600
22	$22 = 30 - 31$	348.216

NOMBRE DE CADA PUNTO QUE CONFORMA LA RED CONTRA INCENDIO	ECUACIÓN PARA OBTENER EL GASTO VOLUMÉTRICO EN CADA PUNTO DE LA RED CONTRA INCENDIO.	GASTO VOLUMÉTRICO (galones/minuto)
21	22 = 21	348.216
H	H = 21 - 20	85.416
20	20 = 21	262.80
E	E = 20 - F	125.363
F	F = 20 - E	137.436
<p>En E y en F termina la rama 4</p> <p>En los puntos 43, 33' y 25 se encuentran 3 tomas siamesas para que se conecten los bomberos, cuando sea requerido.</p>		

PRESIÓN DE LOS EQUIPOS EN LA RED CONTRA INCENDIO

Los monitores e hidrantes requieren unas presiones de operación del orden de 116 a 145 lb f /in². Los sistemas de difusores de agua están usualmente proyectados para una presión de entrada a la válvula de 101.5 lb f /in², pero puede ser necesaria más presión si están combinados con inyección de espuma. Sistemas especiales de aplicación de espuma, tales como inyección de espuma por debajo de la superficie del líquido o de inundación total sobre la superficie del líquido para protección de tanques de almacenamiento pueden requerir presiones de operación de 116 a 170.6 lb f /in².

En la red contra incendio se va a utilizar una espuma de media expansión y de acuerdo a sus características se va a emplear la espuma de tipo (AFFF), el cual es conocido como un agente espumante formador de películas acuosas. La espuma se va utilizar en un 3%.

El caudal total de la red contra incendio es de 4, 322,364 litros. Si la espuma va a estar al 3% entonces se requieren 129,670 litros de espuma en la red. La espuma se va a dividir en 5 sistemas ubicados estratégicamente en la red para que su distribución sea eficiente. Para que el agua contra incendio tenga el porcentaje señalado de espuma, la dosificación del espumígeno debe ser proporcional al caudal del agua de la red contra incendio.

La presión de la red fija contra incendio de la planta de estireno va a ser de 120.8lb f /in² o bien 8.5 Kg f /cm².

“CÁLCULO DE DIÁMETROS DE LA RED FIJA CONTRA INCENDIO DE LA PLANTA DE ESTIRENO PROPUESTA”

TRAMOS DE TUBERÍA QUE FORMAN LA RED CONTRA INCENDIO	LONGITUD (pies)	ECUACIÓN PARA CALCULAR LOS DIÁMETROS EN LA RED CONTRA INCENDIO.	DIÁMETRO NOMINAL (pulgadas) (CEDULA 40)
0-3	685,804336	$D = \sqrt[2.63]{\frac{Q * L^{0.54}}{0.442 * C * \Delta P^{0.54}}}$	10
RAMA 1			
3-45	1456.235816	$D = \sqrt[2.63]{\frac{3429.194 * 1456.235816^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	8
45-18	1484,82446	$D = \sqrt[2.63]{\frac{2678.996 * 1484.82446^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	8
RAMA 2			
3-24	554.39192	$D = \sqrt[2.63]{\frac{6087.239 * 554.39192^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	8
9-10'	1059.50155	$D = \sqrt[2.63]{\frac{314.398 * 1059.50155^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	4
RAMA 3			
24-7	564,756912	$D = \sqrt[2.63]{\frac{2067.64 * 564,756912^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	6
12-G	182,543712	$D = \sqrt[2.63]{\frac{817.89 * 182,543712^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	4
RAMA 4			
24-28	684,627504	$D = \sqrt[2.63]{\frac{3705.20 * 684,627504^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	8
28-28'-L J	693,634392	$D = \sqrt[2.63]{\frac{483.963 * 693,634392^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	4
28-30	178,988176	$D = \sqrt[2.63]{\frac{2704.438 * 178,988176^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	6

TRAMOS DE TUBERÍA QUE FORMAN LA RED CONTRA INCENDIO	LONGITUD (pies)	ECUACIÓN PARA CALCULAR LOS DIÁMETROS EN LA RED CONTRA INCENDIO. $D = \sqrt[2.63]{\frac{Q * L^{0.54}}{0.442 * C * \Delta P^{0.54}}}$	DIÁMETRO NOMINAL (pulgadas) (CEDULA 40)
30-34"	1113,930024	$D = \sqrt[2.63]{\frac{2056.221 * 1113.930024^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	6
30-20- ^E F	945,988304	$D = \sqrt[2.63]{\frac{348.216 * 945.988304^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	4

La suma total de tubería del sistema contra incendio es de: 12929.6346 pies.

El tramo 0"-4 es la salida del cuarto de bombas contra incendio de la red principal en caso de que entre en funcionamiento la motobomba y va tener un diámetro de 10"

El tramo 1-2 solo se va utilizar cuando se requiera que exista un flujo de agua entre la cisterna y el tanque de agua contra incendio y va a tener un diámetro de 4".

El tramo 13 -15 va a tener un diámetro de 4" y tiene una longitud de 195,502872 pies.

UBICACIÓN DE HIDRANTES EN LA RED CONTRA INCENDIO		LONGITUD (pies)	DIÁMETRO EN LA BOQUILLA DE CADA HIDRANTE (pulgadas)	DIÁMETRO DEL TRAMO DONDE SE ENCUENTRAN LOS HIDRANTES (pulgadas)
1	Se encuentra en el tramo (3-45)	RED PRINCIPAL	1.5	8
2	Se encuentra en el tramo (3-45)	RED PRINCIPAL	1.5	8
3	Se encuentra en el tramo (45-45')	125.949912	1.5	4 $v = 1.168 \text{ m/s}$
4	Se encuentra en el tramo (12-G)	RED PRINCIPAL	1.5	4
5	Se encuentra en el tramo (12-G)		1.5	
6	Se encuentra en el tramo(28-28'-L)	RED PRINCIPAL	1.5	4
7	Se encuentra en el tramo(28-28'-L)		1.5	
8	Se encuentra en el tramo (11-D)	72.66972	1.5	4 $v = 1.168 \text{ m/s}$
9	Se encuentra en el tramo (12-G)	RED PRINCIPAL	1.5	4
10	Se encuentra en el tramo (3-45)	RED PRINCIPAL	1.5	8

UBICACIÓN DE MONITORES EN LA RED CONTRA INCENDIO		DIÁMETRO EN LA BOQUILLA DE CADA MONITOR (pulgadas)	DIÁMETRO DE TRAMOS DONDE ESTÁN LOS HIDRANTES (pulgadas)	
MONITORES				
1	Se encuentra en el tramo (45-18)	RED	2.5	6
2	Se encuentra en el tramo (24-7)	PRINCIPAL	2.5	4
3	Se encuentra en el tramo (45-18)	RED	2.5	8
4	Se encuentra en el tramo (45-18)	PRINCIPAL	2.5	8
5	Se encuentra en el tramo (45-18)	RED	2.5	8
6	Se encuentra en el tramo (45-18)	PRINCIPAL	2.5	8
7	Se encuentra en el tramo (45-18)	RED	2.5	8
8	Se encuentra en el tramo (30-34')	PRINCIPAL	2.5	6
9	Se encuentra en el tramo (30-34')	RED	2.5	6
10	Se encuentra en el tramo (30-34'')	PRINCIPAL	2.5	6
11	Se encuentra en el tramo (30-34'')	RED	2.5	6
12	Se encuentra en el tramo (30-34'')	PRINCIPAL	2.5	6
13	Se encuentra en el tramo (30-34'')	RED PRINCIPAL	2.5	6
14	Se encuentra en el tramo ^E 30-20- F		2.5	4
15	Se encuentra en el tramo (24-7))		2.5	6
16	Se encuentra en el tramo (24-7)	RED PRINCIPAL	2.5	6
17	Se encuentra en el tramo (27-27')	Longitud 85.891344 pies.	2.5	4 $v = 2.33 \text{ m/s}$
18	Se encuentra en el tramo (3-45)	RED. PRINCIPAL	2.5	8

TRAMOS DE TUBERÍA DONDE HAY REDES DE ROCIADORES	LONGITUD (pies)	DIÁMETRO EN LA ENTRADA DE CADA ROCIADOR (pulgadas)	ECUACIÓN PARA OBTENER LOS DIÁMETROS DE LOS TRAMOS DONDE SE ENCUENTRAN LOS ROCIADORES (pulgadas)	DIÁMETRO (pulgadas)
44-T	238,612584	1.5	$D = \sqrt[2.63]{\frac{197.093 * 238,612584^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	2
36-N'	142,7148	1.5	$D = \sqrt[2.63]{\frac{91.968 * 142,7148^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	1.5
37-O	129,575196	1.5	$D = \sqrt[2.63]{\frac{85.416 * 129,575196^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	1.5
38-P	142,7148	1.5	$D = \sqrt[2.63]{\frac{91.968 * 142,7148^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	1.5
39-Q	129,575196	1.5	$D = \sqrt[2.63]{\frac{85.416 * 129,575196^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	1.5
40-R	142,7148	1.5	$D = \sqrt[2.63]{\frac{91.968 * 142,7148^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	1.5
41-S	129,575196	1.5	$D = \sqrt[2.63]{\frac{85.416 * 129,575196^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	1.5
9-10'	-	1.5	RED PRINCIPAL	
16-16'	882,961704	1.5	$D = \sqrt[2.63]{\frac{367.899 * 882,961704^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	4
26-I	306,295488	1.5	$D = \sqrt[2.63]{\frac{216.803 * 306,295488^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	2.5
28-28'-J	-	1.5	RED PRINCIPAL	
21-H	122,86596	1.5	$D = \sqrt[2.63]{\frac{85.416 * 122,86596^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	1.5
31-M	127,62312	1.5	$D = \sqrt[2.63]{\frac{85.416 * 127,62312^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	1.5
32-N	232,524392	1.5	$D = \sqrt[2.63]{\frac{170.805 * 232,524392^{0.54}}{0.442 * 140 * 120.8^{0.54}}}$	2
30-20-(E y F)	-	1.5	RED PRINCIPAL	

“CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE LA RED FIJA CONTRA INCENDIO DE LA PLANTA DE ESTIRENO PROPUESTA”

TRAMOS DE TUBERÍA QUE FORMAN LA RED CONTRA INCENDIO	DIÁMETRO NOMINAL (PULGADAS) (CEDULA 40)	ECUACIÓN PARA CALCULAR LA SECCIÓN INTERNA DE LA TUBERÍA. $A = \frac{\pi * \left(\frac{D}{39.37}\right)^2}{4}$	SECCIÓN INTERNA DE LA TUBERÍA (m²)
0-3	10	$A = \frac{\pi * \left(\frac{10}{39.37}\right)^2}{4}$	0.0506
3-45	8	$A = \frac{\pi * \left(\frac{8}{39.37}\right)^2}{4}$	0.0324
45-18	8	$A = \frac{\pi * \left(\frac{8}{39.37}\right)^2}{4}$	0.0324
3-24	8	$A = \frac{\pi * \left(\frac{8}{39.37}\right)^2}{4}$	0.0324
9-10'	4	$A = \frac{\pi * \left(\frac{4}{39.37}\right)^2}{4}$	0.00810
24-7	6	$A = \frac{\pi * \left(\frac{6}{39.37}\right)^2}{4}$	0.0182
12-G	4	$A = \frac{\pi * \left(\frac{4}{39.37}\right)^2}{4}$	0.00810
24-28	8	$A = \frac{\pi * \left(\frac{8}{39.37}\right)^2}{4}$	0.0324
28- 28' - J L	4	$A = \frac{\pi * \left(\frac{4}{39.37}\right)^2}{4}$	0.00810
28-30	6	$A = \frac{\pi * \left(\frac{6}{39.37}\right)^2}{4}$	0.0182
30-34"	6	$A = \frac{\pi * \left(\frac{6}{39.37}\right)^2}{4}$	0.0182
30-20- F E	4	$A = \frac{\pi * \left(\frac{4}{39.37}\right)^2}{4}$	0.00810

TRAMOS DE TUBERÍA QUE FORMAN LA RED CONTRA INCENDIO	GASTO VOLUMÉTRICO EN (m ³ /min)	ECUACIÓN PARA CALCULAR LA VELOCIDAD EN CADA TRAMO DE LA TUBERÍA EN (m/segundo) $v = \frac{Q}{A}$	VELOCIDAD EN (m/segundo)
0-3	36.0197	$v = \frac{36.0197/60}{0.0506}$	11.86
3-45	12.9795	$v = \frac{12.9795/60}{0.0324}$	6.67
45-18	10.14	$v = \frac{10.14/60}{0.0324}$	5.21
3-24	23.0402	$v = \frac{23.0402/60}{0.0324}$	11.85
9-10'	1.190	$v = \frac{1.190/60}{0.00810}$	2.44
24-7	7.826	$v = \frac{7.826/60}{0.0182}$	7.16
12-G	3.09575	$v = \frac{3.09575/60}{0.00810}$	6.36
24-28	14.024	$v = \frac{14.024/60}{0.0324}$	7.21
28-28'- L J	1.8318	$v = \frac{1.8318/60}{0.00810}$	3.76
28-30	10.2363	$v = \frac{10.2363/60}{0.0182}$	9.37
30-34''	7.7828	$v = \frac{7.7828/60}{0.0182}$	7.12
30-20- E F	1.318	$v = \frac{1.318/60}{0.00810}$	2.71

TRAMOS DE TUBERÍA EN DONDE SE ENCUENTRAN LAS REDES DE ROCIADORES	GASTO VOLUMÉTRICO EN (m ³ /min)	ECUACIÓN PARA CALCULAR LA VELOCIDAD EN CADA TRAMO DE LA TUBERÍA EN (m/segundo) $v = \frac{Q}{A}$	VELOCIDAD EN (m/segundo)
44-T	0.7460	$v = \frac{0.7460/60}{0.00202}$	6.15
36-N'	0.3481	$v = \frac{0.3481/60}{0.00114}$	5.08
37-O	0.3233	$v = \frac{0.3233/60}{0.00114}$	4.72
38-P	0.3481	$v = \frac{0.3481/60}{0.00114}$	5.08
39-Q	0.3233	$v = \frac{0.3233/60}{0.00114}$	4.72
40-R	0.3481	$v = \frac{0.3481/60}{0.00114}$	5.08
41-S	0.3233	$v = \frac{0.3233/60}{0.00114}$	4.72
9-10'	1.190	RED PRINCIPAL	
16-16'	1.3925	$v = \frac{1.3925/60}{0.00810}$	2.86
26-I	0.8206	$v = \frac{0.8206/60}{0.00316}$	4.31
28-28'-J	0.6963	RED PRINCIPAL	
21-H	0.3233	$v = \frac{0.3233/60}{0.00114}$	4.72
31-M	0.3233	$v = \frac{0.3233/60}{0.00114}$	4.72
32-N	0.6465	$v = \frac{0.6465/60}{0.00202}$	5.33
30-20- E F	0.9947	RED PRINCIPAL.	

Cálculo de la longitud equivalente (Leq)

La longitud equivalente de la tubería está comprendida por la longitud de la tubería lineal y la longitud equivalente de los accesorios que participan en la línea de suministro de agua.

$$\text{Leq} = L + \text{Leq. Acc.}$$

La longitud de tubería lineal (L), es la longitud de tramo recto de la tubería en la que se está haciendo el cálculo hidráulico.

Para la longitud equivalente de accesorios (Leq. acc) se consideran accesorios como: codos de 90°, conexiones estándar en "T", entre otros. La longitud equivalente de accesorios se determina a partir de la relación de L/D con que cuenta cada accesorio.

(La relación **L/D** es la longitud equivalente en diámetros de tubería recta). En las páginas A-46 a la A-49 se dan los coeficientes de resistencia **K** para cada tipo de válvula o accesorio que se ilustran. Estos coeficientes se dan como el producto del factor de fricción para la medida deseada de tubería nueva de acero comercial y flujo en la zona de turbulencia completa multiplicados a su vez por una constante, que representa la longitud equivalente **L/D** de la válvula o accesorio en diámetros de tubería para las mismas condiciones de flujo, basados en datos de prueba.

$$K = f \frac{L}{D}$$

Esta longitud equivalente, o constante, es válida para todas las medidas del tipo de válvula o accesorio con el cual se identifica. El número de accesorios que existe de cada tipo en la tubería lineal, se multiplica por el valor de L/D correspondiente a cada accesorio. Después se hace la sumatoria total de L/D y se sustituye en la siguiente ecuación:

$$\text{Leq acc.} = (L/D) * D$$

Finalmente se calcula el valor de longitud equivalente.

TRAMOS DE TUBERÍA QUE FORMAN LA RED CONTRA INCENDIO	LONGITUD DE TRAMO RECTO (pies)	ECUACIÓN PARA CALCULAR LA LONGITUD EQUIVALENTE (pies) $L_{EQUIVALENTE} = L_{T.RECTO} + \left(\frac{L}{D} * D\right)$
0-3	685,804336	$L_{EQ.} = 685,804336 + (123 * \frac{10}{12}) = 788.304$
3-45	1456.235816	$L_{EQ.} = 1456.235816 + (135 * \frac{8}{12}) = 1546.236$
45-18	1484,82446	$L_{EQ.} = 1484,82446 + (266 * \frac{8}{12}) = 1662.157$
3-24	554.39192	$L_{EQ.} = 554.39192 + (56 * \frac{8}{12}) = 591.725$
9-10'	1059.50155	$L_{EQ.} = 1059.50155 + (26 * \frac{4}{12}) = 1068.168$
24-7	564,756912	$L_{EQ.} = 564,756912 + (138 * \frac{6}{12}) = 633.756$
12-G	182.543712	$L_{EQ.} = 182.543712 + (109 * \frac{4}{12}) = 218.877$
24-28	684,627504	$L_{EQ.} = 684,627504 + (129 * \frac{6}{12}) = 749.127$
28-28' - L J	693,634392	$L_{EQ.} = 693,634392 + (275 * \frac{4}{12}) = 785.30$
28-30	178,988176	$L_{EQ.} = 178,988176 + (50 * \frac{6}{12}) = 203.988$
30-34"	1113,930024	$L_{EQ.} = 1113,930024 + (126 * \frac{6}{12}) = 1176.930$
30-20- E F	945,988304	$L_{EQ.} = 945,988304 + (156 * \frac{4}{12}) = 997.988$

TRAMOS DE TUBERÍA QUE TERMINAN CON HIDRANTES O MONITORES	LONGITUD DE TRAMO RECTO (pies)	ECUACIÓN PARA CALCULAR LA LONGITUD EQUIVALENTE (pies) $L_{EQUIVALENTE} = L_{T.RECTO} + \left(\frac{L}{D} * D\right)$
HIDRANTES		
45-45'	125.949912	$L_{EQ.} = 125.949912 + (13 * \frac{4}{12}) = 130.282$
11-D	72.66972	$L_{EQ.} = 72.66972 + (20 * \frac{4}{12}) = 79.335$
MONITORES		
27-27'	85.891344	$L_{EQ.} = 85.891344 + (43 * \frac{4}{12}) = 100.223$

TRAMOS DE TUBERÍA QUE FORMAN LA RED CONTRA INCENDIO	LONGITUD DE TRAMO RECTO (pies)	ECUACIÓN PARA CALCULAR LA LONGITUD EQUIVALENTE (pies) $L_{EQUIVALENTE} = L_{T.RECTO} + \left(\frac{L}{D} * D\right)$
44-T	238,612584	$L_{EQ.} = 238,612584 + (232 * \frac{2}{12}) = 277.279$
36-N'	142,7148	$L_{EQ.} = 142,7148 + (159 * \frac{1.5}{12}) = 162.589$
37-O	129,575196	$L_{EQ.} = 129,575196 + (159 * \frac{1.5}{12}) = 149.450$
38-P	142,7148	$L_{EQ.} = 142,7148 + (159 * \frac{1.5}{12}) = 162.589$
39-Q	129,575196	$L_{EQ.} = 129,575196 + (159 * \frac{1.5}{12}) = 149.450$
40-R	142,7148	$L_{EQ.} = 142,7148 + (159 * \frac{1.5}{12}) = 162.589$
41-S	129,575196	$L_{EQ.} = 129,575196 + (159 * \frac{1.5}{12}) = 149.450$
9-10'	674,69652	RED PRINCIPAL
16-16'	882,961704	$L_{EQ.} = 882,961704 + (674 * \frac{4}{12}) = 1107.628$
26-I	306,295488	$L_{EQ.} = 306,295488 + (102 * \frac{2.5}{12}) = 327.545$
28-28'-J	-	RED PRINCIPAL
21-H	122,86596	$L_{EQ.} = 122,86596 + (159 * \frac{1.5}{12}) = 142.740$
31-M	127,62312	$L_{EQ.} = 127,62312 + (159 * \frac{1.5}{12}) = 147.498$
32-N	232,524392	$L_{EQ.} = 232,524392 + (159 * \frac{2}{12}) = 259.024$
30-20- F E	-	RED PRINCIPAL

Cálculo del Número de Reynolds y factor de fricción.

1.- Calcule el número de Reynolds.

Para el cálculo del número de Reynolds se empleará la siguiente fórmula:

$$N_{RE} = \frac{D \cdot v_2 \cdot \rho}{\mu}$$

Donde:

D : Diámetro interior de la tubería= pies

Para tener el dato del diámetro interior de la tubería, se debe tener primeramente el diámetro nominal de la tubería junto con su grosor (lo que se denomina cédula), con este dato en la (pág. B-21. Crane), se obtiene el valor del diámetro interior de la tubería.

v_2 : Velocidad del flujo del agua en la tubería = pies/s

ρ : Densidad del agua=lb/pies³. Este valor se obtiene en la (Pág. A-10. Crane)

μ = Viscosidad = 1.1 cp. (Centipoise). Este valor se obtiene en la (Pág. A-5 Crane)

1 centipoise es equivalente a $6.72 \times 10^{-4} \frac{lb}{pies \cdot seg}$ (Ver pág. B-4. Crane).

Al convertir 1 centipoise en $\frac{lb}{pies \cdot seg}$ el Número de Reynolds automáticamente se convierte en adimensional.

2.- Si el número de Reynolds es mayor que 4,000, el flujo es turbulento y si es menor o igual a 2000 se considera que el flujo es laminar. Dependiendo de lo anterior se va a determinar la rugosidad relativa $\left[\frac{E}{D} \right]$ a partir del nomograma denominado "Rugosidad Relativa en función del diámetro para tubos de varios materiales". (Pág. A-41. Crane).

Si consideramos que para suministrar agua, se emplean tuberías de acero comercial, entonces tenemos que: $\left[\frac{E}{D} \right] = 0.001$

3.- Conociendo tanto el número de Reynolds (NRE) y la rugosidad relativa $\left[\frac{E}{D} \right]$ de la tubería, obtendremos el coeficiente de fricción (f) a partir de nomograma "*Factor de fricción en función del número de Reynolds con Rugosidad Relativa*". (Pág. A-43. Crane).

TRAMOS DE TUBERÍA QUE FORMAN LA RED CONTRA INCENDIO	ECUACIÓN PARA CALCULAR EL NÚMERO DE REYNOLDS $N_{RE} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}$	FACTOR DE FRICCIÓN
0-3	$N_{RE} = \frac{\frac{10}{12} * (11.28 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 2.61 * 10^6$	0.021
3-45	$N_{RE} = \frac{\frac{8}{12} * (6.65 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 1.2 * 10^6$	0.0215
45-18	$N_{RE} = \frac{\frac{8}{12} * (5.21 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 9.61 * 10^5$	0.0225
3-24	$N_{RE} = \frac{\frac{8}{12} * (11.85 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 2.1 * 10^6$	0.0215
9-10'	$N_{RE} = \frac{\frac{4}{12} * (2.44 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 2.25 * 10^5$	0.0265
24-7	$N_{RE} = \frac{\frac{6}{12} * (7.16 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 9.9 * 10^5$	0.0225
12-G	$N_{RE} = \frac{\frac{4}{12} * (6.36 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 5.86 * 10^5$	0.023
24-28	$N_{RE} = \frac{\frac{8}{12} * (7.21 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 1.3 * 10^6$	0.0215
28- 28' - $\begin{matrix} L \\ / \\ J \end{matrix}$	$N_{RE} = \frac{\frac{4}{12} * (3.76 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 3.46 * 10^5$	0.026
28-30	$N_{RE} = \frac{\frac{6}{12} * (9.37 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 1.3 * 10^6$	0.0215
30-34''	$N_{RE} = \frac{\frac{6}{12} * (7.12 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 9.8 * 10^5$	0.0225
30-20- $\begin{matrix} E \\ / \\ F \end{matrix}$	$N_{RE} = \frac{\frac{4}{12} * (2.71 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 2.5 * 10^5$	0.026

TRAMOS DE TUBERÍA QUE TERMINAN CON HIDRANTES O MONITORES	ECUACIÓN PARA CALCULAR EL NÚMERO DE REYNOLDS $N_{RE} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}$	FACTOR DE FRICCIÓN
HIDRANTES		
45-45'	$N_{RE} = \frac{\frac{4}{12} * (1.16 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 9.87 * 10^4$	0.031
11-D	$N_{RE} = \frac{\frac{4}{12} * (1.16 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 9.87 * 10^4$	0.031
MONITORES		
27-27'	$N_{RE} = \frac{\frac{4}{12} * (2.33 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 1.98 * 10^5$	0.028

TRAMOS DE TUBERÍA DONDE ESTÁN LAS REDES DE ROCIADORES	ECUACIÓN PARA CALCULAR EL NÚMERO DE REYNOLDS $N_{RE} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}$	FACTOR DE FRICCIÓN
44-T	$N_{RE} = \frac{\frac{2}{12} * (6.15 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 2.61 * 10^5$	0.026
36-N'	$N_{RE} = \frac{\frac{1.5}{12} * (5.08 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 9.73 * 10^5$	0.0225
37-O	$N_{RE} = \frac{\frac{1.5}{12} * (4.72 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 1.2 * 10^6$	0.0215
38-P	$N_{RE} = \frac{\frac{1.5}{12} * (5.08 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 9.73 * 10^5$	0.0225
39-Q	$N_{RE} = \frac{\frac{1.5}{12} * (4.72 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 1.2 * 10^6$	0.0215
40-R	$N_{RE} = \frac{\frac{1.5}{12} * (5.08 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 9.73 * 10^5$	0.0225
41-S	$N_{RE} = \frac{\frac{1.5}{12} * (4.72 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 1.2 * 10^6$	0.0215
9-10'	RED PRINCIPAL	-
16-16'	$N_{RE} = \frac{\frac{4}{12} * (2.86 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 2.4 * 10^6$	0.021
26-I	$N_{RE} = \frac{\frac{2.5}{12} * (4.31 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 2.48 * 10^5$	0.026
28-28'-J	RED PRINCIPAL	-
21-H	$N_{RE} = \frac{\frac{1.5}{12} * (4.72 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 1.2 * 10^6$	0.0215
31-M	$N_{RE} = \frac{\frac{1.5}{12} * (4.72 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 1.2 * 10^6$	0.0215
32-N	$N_{RE} = \frac{\frac{2}{12} * (5.33 * 3.28) * 62.371}{1.1 * 6.72 * 10^{-4}} = 2.1 * 10^5$	0.0265
E 30-20- F	RED PRINCIPAL	-

CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA HIDRÁULICA

Para la determinación de la pérdida de carga hidráulica se empleará la siguiente fórmula:

$$h_L = \frac{f * L_{eq} * v^2}{2 * D * g}$$

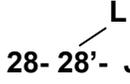
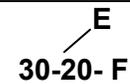
Donde:

f : Coeficiente de fricción

L_{eq} : Longitud equivalente: pies

v : Velocidad de flujo de agua en la tubería = pies/segundo.

g : Coeficiente de gravedad = 32.152pies/segundo

TRAMOS DE TUBERÍA QUE FORMAN LA RED CONTRA INCENDIO	ECUACIÓN PARA EL CÁLCULO DE CARGA HIDRÁULICA $h_L = \frac{f * L_{eq} * v^2}{2 * D * g}$	CARGA HIDRÁULICA DE LOS TRAMOS DE LA TUBERÍA DE LA RED CONTRA INCENDIO. (pies)
0-3	$h_L = \frac{0.021 * 788.304 * (11.86 * 3.28)^2}{2 * \frac{10}{12} * 32.152}$	467.49
3-45	$h_L = \frac{0.0215 * 1546.236 * (6.67 * 3.28)^2}{2 * \frac{8}{12} * 32.152}$	371.16
45-18	$h_L = \frac{0.0225 * 1662.157 * (5.21 * 3.28)^2}{2 * \frac{8}{12} * 32.152}$	254.76
3-24	$h_L = \frac{0.0215 * 591.725 * (11.85 * 3.28)^2}{2 * \frac{8}{12} * 32.152}$	448.43
9-10'	$h_L = \frac{0.0265 * 1068.168 * (2.44 * 3.28)^2}{2 * \frac{4}{12} * 32.152}$	84.58
24-7	$h_L = \frac{0.0225 * 633.756 * (7.16 * 3.28)^2}{2 * \frac{6}{12} * 32.152}$	244.60
12-G	$h_L = \frac{0.023 * 218.877 * (6.36 * 3.28)^2}{2 * \frac{4}{12} * 32.152}$	102.20
24-28	$h_L = \frac{0.0215 * 749.127 * (7.21 * 3.28)^2}{2 * \frac{8}{12} * 32.152}$	210.11
 28- 28'- J	$h_L = \frac{0.026 * 785.30 * (3.76 * 3.28)^2}{2 * \frac{4}{12} * 32.152}$	144.88
28-30	$h_L = \frac{0.0215 * 203.988 * (9.37 * 3.28)^2}{2 * \frac{6}{12} * 32.152}$	128.84
30-34"	$h_L = \frac{0.0225 * 1176.930 * (7.12 * 3.28)^2}{2 * \frac{6}{12} * 32.152}$	449.19
 30-20- F	$h_L = \frac{0.026 * 997.988 * (2.71 * 3.28)^2}{2 * \frac{4}{12} * 32.152}$	95.64

TRAMOS DE TUBERÍA QUE TERMINAN CON HIDRANTES O MONITORES	ECUACIÓN PARA EL CÁLCULO DE CARGA HIDRÁULICA $h_L = \frac{f * L_{eq} * v^2}{2 * D * g}$	CARGA HIDRÁULICA (pies)
HIDRANTES		
45-45'	$h_L = \frac{0.031 * 130.282 * (1.168 * 3.28)^2}{2 * \frac{4}{12} * 32.152}$	2.356
11-D	$h_L = \frac{0.031 * 79.335 * (1.168 * 3.28)^2}{2 * \frac{4}{12} * 32.152}$	1.435
27-27'	$h_L = \frac{0.031 * 100.223 * (2.33 * 3.28)^2}{2 * \frac{4}{12} * 32.152}$	7.215

TRAMOS DE TUBERÍA EN DONDE SE ESTÁN LOS ROCIADORES	ECUACIÓN PARA EL CÁLCULO DE CARGA HIDRÁULICA $h_L = \frac{f * L_{eq} * v^2}{2 * D * g}$	CARGA HIDRÁULICA (pies)
44-T	$h_L = \frac{0.026 * 277.279 * (6.15 * 3.28)^2}{2 * \frac{2}{12} * 32.152}$	273.71
36-N'	$h_L = \frac{0.0225 * 162.589 * (5.08 * 3.28)^2}{2 * \frac{1.5}{12} * 32.152}$	107.687
37-O	$h_L = \frac{0.0215 * 149.450 * (4.72 * 3.28)^2}{2 * \frac{1.5}{12} * 32.152}$	81.654
38-P	$h_L = \frac{0.0225 * 162.589 * (5.08 * 3.28)^2}{2 * \frac{1.5}{12} * 32.152}$	107.687
39-Q	$h_L = \frac{0.0215 * 149.450 * (4.72 * 3.28)^2}{2 * \frac{1.5}{12} * 32.152}$	81.654
40-R	$h_L = \frac{0.0225 * 162.589 * (5.08 * 3.28)^2}{2 * \frac{1.5}{12} * 32.152}$	107.687
41-S	$h_L = \frac{0.0215 * 149.450 * (4.72 * 3.28)^2}{2 * \frac{1.5}{12} * 32.152}$	81.654
9-10'	RED PRINCIPAL	-
16-16'	$h_L = \frac{0.021 * 1107.628 * (2.86 * 3.28)^2}{2 * \frac{4}{12} * 32.152}$	95.49
26-I	$h_L = \frac{0.026 * 327.545 * (4.31 * 3.28)^2}{2 * \frac{2.5}{12} * 32.152}$	127.042
28'-J	RED PRINCIPAL	-
21-H	$h_L = \frac{0.0215 * 142.740 * (4.72 * 3.28)^2}{2 * \frac{1.5}{12} * 32.152}$	77.988
31-M	$h_L = \frac{0.0215 * 147.498 * (4.72 * 3.28)^2}{2 * \frac{1.5}{12} * 32.152}$	80.588
32-N	$h_L = \frac{0.0265 * 259.024 * (5.33 * 3.28)^2}{2 * \frac{2}{12} * 32.152}$	195.749
20-(E-F)	RED PRINCIPAL	-

Cálculo de la altura dinámica o carga de trabajo de la bomba (HB)

Con todos estos datos, se determinará la altura dinámica o carga de trabajo de la bomba (HB), a partir de la siguiente fórmula, en la que se han excluido las variables con valor cero y se ha acondicionado las expresiones para un mejor entendimiento.

$$H_B = h_L + \left[\frac{P_2}{\rho * g} + \frac{v_2^2}{2 * g} + Z_2 \right] - \left[\frac{P_1}{\rho * g} + \frac{v_1^2}{2 * g} + Z_1 \right]$$

Reemplazando los siguientes datos:

$$h_L = 40\text{m}$$

P_1 = Presión en el nivel de toma de agua de la cisterna = 0

P_2 = Presión de la red fija contra incendio: 8.5Kg/cm²

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,8 \text{ m/seg}^2$$

$$V_2 = 11.86 \text{ m/seg}$$

$$Z_2 = 0.6\text{m}$$

$$Z_1 = -2 \text{ m}$$

$$HB = 42.81$$

CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA (P)

$$P_{teórica} = H_B * \rho * g * Q_T$$

$$P = 42.81\text{m} * 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} * 0.6 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$251729.5 = \frac{\text{Kg} * \text{m}^2}{\text{seg}^3}$$

Potencia teórica de la bomba. Considerando la equivalencia de 1 HP = 745 W

$$HP = \frac{251729.5 \frac{\text{Kg} * \text{m}^2}{\text{seg}^3}}{745} = 337.8$$

Se requiere una electrobomba de 340 HP Y 1770 rpm, una motobomba de 350 HP con 1750 rpm, y una bomba jockey de 25 HP con 3500 rpm.

4.5.5.1 FUNCIONAMIENTO DE LA RED FIJA CONTRA INCENDIO DE LA PLANTA DE ESTIRENO PROPUESTA.

La red fija contra incendio requiere una bomba eléctrica de 300 HP y 1770 rpm, una bomba de combustión interna de 325 HP con 1750 rpm, y una bomba jockey de 20 HP con 3500 rpm. La red fija contra incendio se va abastecer por medio de una cisterna, la cual está simbolizada en el plano de la red fija contra incendio por un 0 y significa el punto inicial; además de un tanque de agua contra incendio que sólo se va utilizar como reserva. A continuación se presentan las derivaciones de la red fija contra incendio.

Derivación 1.

Esta va a comenzar en el punto 3, y los puntos que va a seguir son el 4, 5, 6, 7, 45, 44, 43, 35, 36, N', 37,O, 38, P, 39,Q 40, R, 41, S, 42 y va a terminar en el punto 18.

Derivación 2.

Esta va a comenzar en el punto 3, y los puntos que va a seguir son el 8, 9 ,10 y va a terminar en el punto 10', que se encuentra en el área de llenaderas.

Derivación 3.

Esta va a comenzar en el punto 9, y los puntos que va a seguir son el 24, 13, 15, 12, 11, D, 16, A, B. C, 16', 17 y G. Esta derivación va a contar a su vez con tres puntos de terminación que son el punto 15 (se encuentra en la casa de bombas), el punto D (Está a la salida del hidrante 11, el cual se encuentra en el área del patín de recibo y medición) y el punto G que se encuentra en el almacén de estireno.

Derivación 4

Esta va a comenzar en el punto 24, y la ruta que va a seguir son los puntos 25, 26, I, 27, 27', 28, 28', L, J, 29, 30, en este punto existe una división, la primera de ella abarca los puntos 31, M, 32, N, 33, 34, 34', y termina en el punto 34", mientras que la segunda comprende los puntos 22, 21, H, 20, E y F.

Estas 4 derivaciones satisfacen las necesidades de la planta de estireno. Se tienen también 3 tomas siamesas para que los bomberos se conecten en caso de que se llegue a requerir. Las tomas siamesas están colocadas en puntos estratégicos los cuales son: el 43, 33' y 25.

CONCLUSIONES

El sistema de seguridad contra incendio fue diseñado para combatir de manera eficaz la propagación de un incendio en una planta de estireno propuesta. Para ello se siguieron una serie de pasos de manera puntual.

Se realizó un análisis de riesgo en cada una de las áreas de la planta de estireno propuesta y la manera en que se deben manejar las diferentes sustancias, a partir de los resultados se realizó un Programa de Prevención de Accidentes para una planta de estireno propuesta, dando origen a la generación detallada de un Plan de Respuesta a Emergencia, el cual contiene tanto las medidas de seguridad que se requieren para prevenir algún incidente, como las alternativas adecuadas que se deben tomar en caso de que ocurra alguno de estos.

El sistema o red fija contra incendio de la planta de estireno propuesta, es la parte fundamental del Plan de Respuesta a Emergencia; éste incluye una serie de equipos contra incendio, como son los rociadores, hidrantes y monitores los cuales van a ser capaces de funcionar durante 2 horas en caso de que se produzca un incendio.

Este trabajo indica de manera detallada la metodología que se debe seguir para elaborar de manera correcta un sistema o una red contra incendio.

La realización de un análisis de riesgo, siempre va a ser el punto de partida en cualquier empresa para poder tener un Programa de Prevención de Accidentes y un Plan de Respuesta a Emergencias, por tal motivo durante el desarrollo de este trabajo se menciona de manera constante la importancia del análisis de riesgo.

El Programa de Prevención de Accidentes y el Plan de Respuesta a Emergencias son básicos para cualquier tipo de empresa y si se cuenta de manera adecuada con esta documentación siempre se va a tener la certeza que la empresa va contar con un nivel muy aceptable de seguridad, en caso contrario va estar siempre expuesta a sufrir incidentes que puedan traer como resultado consecuencias fatales, no sólo para la empresa, sino también para su entorno, debido a que no van a contar con la capacidad de respuesta requerida en ese momento.

El trabajo está enfocado a una planta de estireno propuesta, sin embargo, puede servir como referencia para otras plantas donde se utilicen otra clase de sustancias químicas.

La normatividad señalada en las guías tanto para el Programa de Prevención de Accidentes como para el Plan de Respuesta a Emergencias está actualizada y por lo tanto son aplicables para cualquier clase de planta.

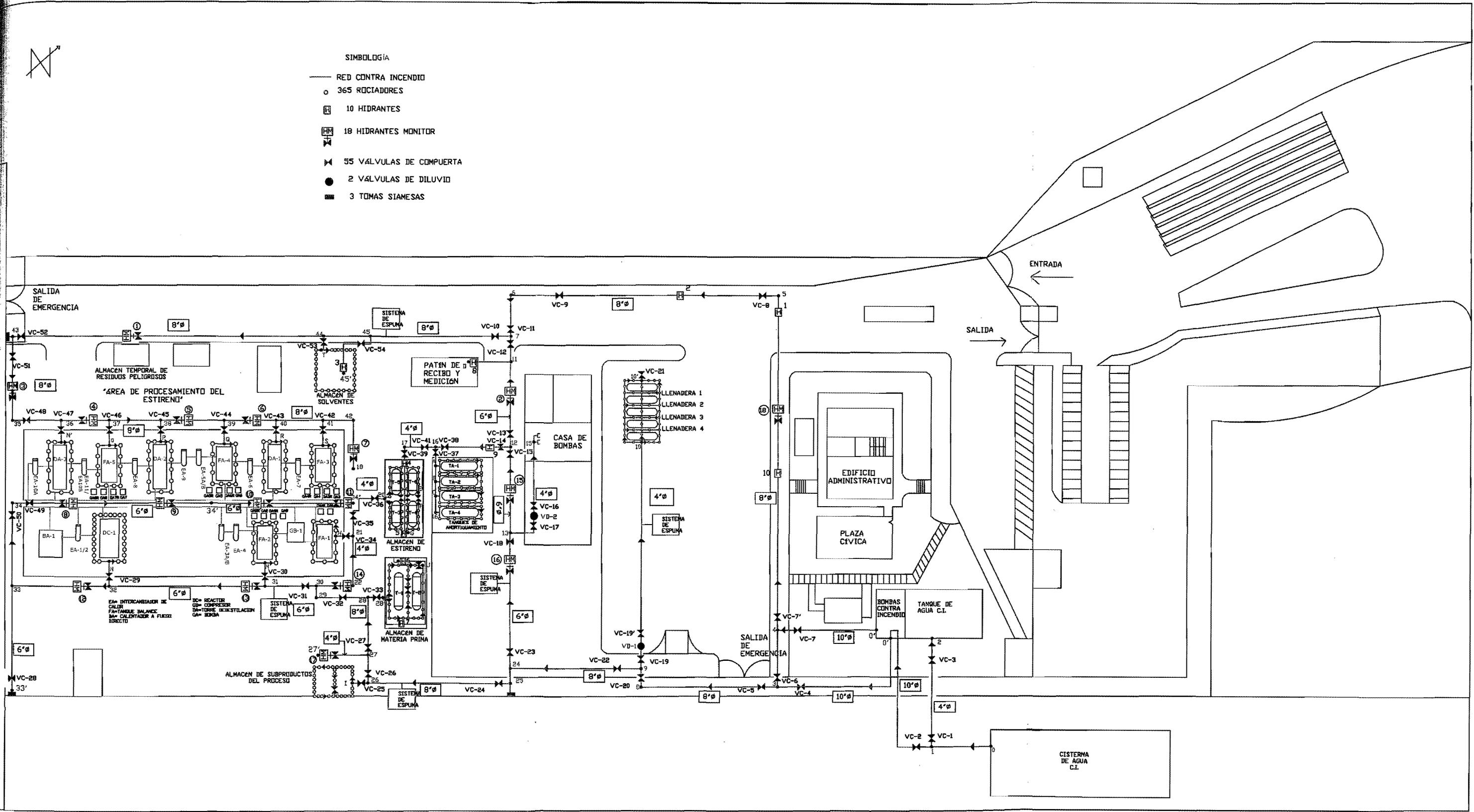
PLANO DE LA RED CONTRA INCENDIO

'PLANO DE LA RED FIJA CONTRA INCENDIO DE LA PLANTA DE ESTIRENO'



SIMBOLOGIA

- RED CONTRA INCENDIO
- 365 ROCIADORES
- ⊠ 10 HIDRANTES
- ⊠ 18 HIDRANTES MONITOR
- ✕ 55 VALVULAS DE COMPUERTA
- 2 VALVULAS DE DILUVIO
- 3 TOMAS SIAMESAS



SALIDA DE EMERGENCIA

ENTRADA

SALIDA

VC-52

VC-51

VC-48

VC-47

VC-46

VC-45

VC-44

VC-43

VC-42

VC-49

VC-5

VC-29

VC-31

VC-32

VC-33

VC-28

VC-27

VC-26

VC-25

VC-24

VC-23

VC-22

VC-20

VC-19

VC-18

VC-17

VC-16

VC-15

VC-14

VC-13

VC-12

VC-11

VC-10

VC-9

VC-8

VC-7

VC-6

VC-5

VC-4

VC-3

VC-2

VC-1

VC-34

VC-35

VC-36

VC-37

VC-38

VC-39

VC-40

VC-41

VC-42

VC-43

VC-44

VC-45

VC-46

VC-47

VC-48

VC-49

VC-50

VC-51

VC-52

VC-53

VC-54

VC-55

VC-56

VC-57

VC-58

VC-59

VC-60

VC-61

VC-62

VC-63

VC-64

VC-65

VC-66

VC-67

VC-68

VC-69

VC-70

VC-71

VC-72

VC-73

VC-74

VC-75

VC-76

VC-77

VC-78

VC-79

VC-80

VC-81

VC-82

VC-83

VC-84

VC-85

VC-86

VC-87

VC-88

VC-89

VC-90

VC-91

VC-92

VC-93

VC-94

VC-95

VC-96

VC-97

VC-98

VC-99

VC-100

VC-101

VC-102

VC-103

VC-104

VC-105

VC-106

VC-107

VC-108

VC-109

VC-110

VC-111

VC-112

VC-113

VC-114

VC-115

VC-116

VC-117

VC-118

VC-119

VC-120

VC-121

VC-122

VC-123

VC-124

VC-125

VC-126

VC-127

VC-128

VC-129

VC-130

VC-131

VC-132

VC-133

VC-134

VC-135

VC-136

VC-137

VC-138

VC-139

VC-140

VC-141

VC-142

VC-143

VC-144

VC-145

VC-146

VC-147

VC-148

VC-149

VC-150

VC-151

VC-152

VC-153

VC-154

VC-155

VC-156

VC-157

VC-158

VC-159

VC-160

VC-161

VC-162

VC-163

VC-164

VC-165

VC-166

VC-167

VC-168

VC-169

VC-170

VC-171

VC-172

VC-173

VC-174

VC-175

VC-176

VC-177

VC-178

VC-179

VC-180

VC-181

VC-182

VC-183

VC-184

VC-185

VC-186

VC-187

VC-188

VC-189

VC-190

VC-191

VC-192

VC-193

VC-194

VC-195

VC-196

VC-197

VC-198

VC-199

VC-200

VC-201

VC-202

VC-203

VC-204

VC-205

VC-206

VC-207

VC-208

VC-209

VC-210

VC-211

VC-212

VC-213

VC-214

VC-215

VC-216

VC-217

VC-218

VC-219

VC-220

VC-221

VC-222

VC-223

VC-224

VC-225

VC-226

VC-227

VC-228

VC-229

VC-230

VC-231

VC-232

VC-233

VC-234

VC-235

VC-236

VC-237

VC-238

VC-239

VC-240

VC-241

VC-242

VC-243

VC-244

VC-245

VC-246

VC-247

VC-248

VC-249

VC-250

VC-251

VC-252

VC-253

VC-254

VC-255

VC-256

VC-257

VC-258

VC-259

VC-260

VC-261

VC-262

VC-263

VC-264

VC-265

VC-266

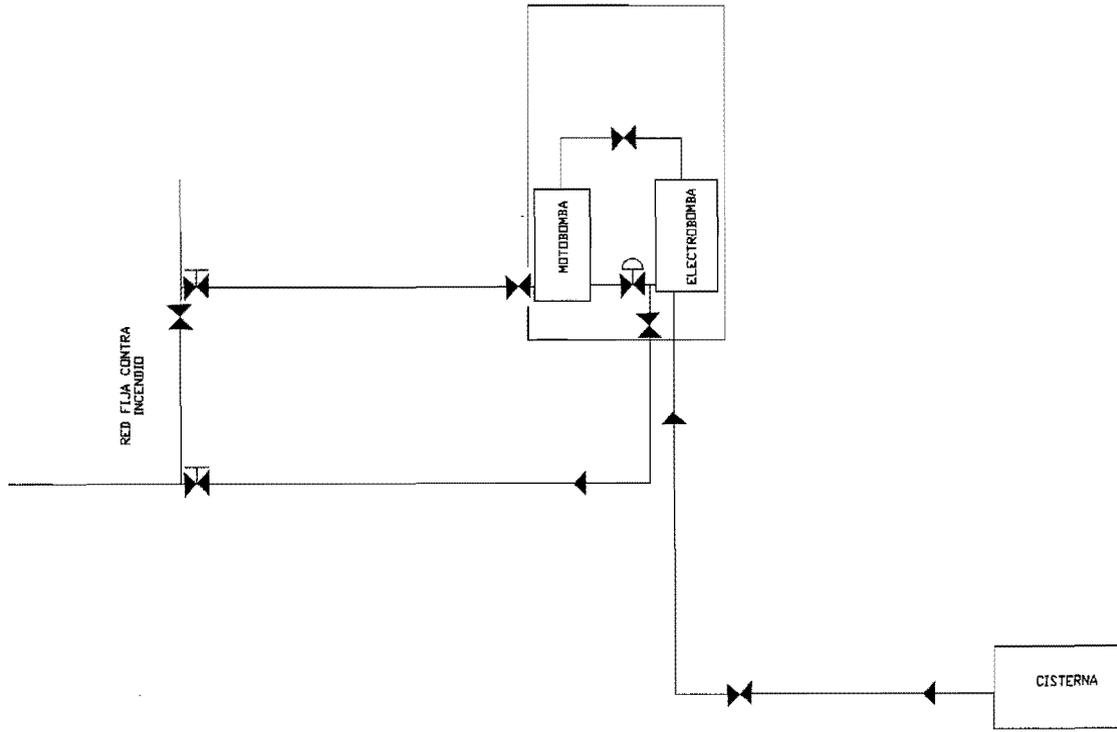
VC-267

VC-268

VC-269

PLANO DEL CUARTO DE BOMBAS CONTRA INCENDIO

"CUARTO DE BOMBAS CONTRA INCENDIO DE LA
PLANTA DE ESTIRENO"



BIBLIOGRAFÍA

- División de Ingeniería Crane. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. McGraw-Hill. México 1973, páginas 215.
- Hernández Zúñiga Alfonso, "Seguridad e Higiene Industrial", Limusa, México DF.1999, páginas 650.
- Kenneth J. Bombas, Selección, uso y mantenimiento. McGraw-Hill. México, 1990, páginas 373.
- Facultad de Química. UNAM. Introducción e Identificación de Riesgos, páginas 300.
- Potter C. Merle. Mecánica de fluidos. Segunda edición. Editorial Prentice Hall. México 1997, páginas: 823
- Streeter L. Victor. Mecánica de los fluidos. Octava edición. Editorial McGraw-Hill. México 1994, páginas: 750
- H.Shames Irving. Mecánica de Fluidos. Tercera Edición. Editorial McGraw-Hill. México 1995, páginas: 847
- www.stps.gob.mx
- www.nfpa.org
- www.mtas.es/insht
- www.ptq.pemex.com/portal/