



ASOCIACIÓN REGIONAL DE EMPRESAS DEL SECTOR  
PETRÓLEO, GAS Y BIOCOMBUSTIBLES  
EN LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE.

# Sistemas de protección contra incendios en instalaciones de transporte y almacenamiento

---

Abril 2016

PUBLICACIÓN ARPEL MP01-2016



MEJORES PRACTICAS





## Sistemas de protección contra incendio en instalaciones de transporte y almacenamiento

MP 01-2016

Abril 2016

### Autores

Este documento fue preparado a solicitud de ARPEL y su Comité de Ductos y Terminales, por el **Equipo de Proyecto de Sistemas de Protección Contra Incendios (EPSCI)**, integrado por:

María Victoria González (ANCAP)	Lázaro Ubillús Cruz (PETROPERÚ)
Ronald Yair Camargo Morales (ECOPETROL)	Omar Vaya (YPF)
Fredy Uribe Gómez (ECOPETROL)	Martin Gregoret (YPF)
Juan Francisco Jiménez Ortega (EP Petroecuador)	Emiliano Oscar Leonhardt (YPF)
Jaime Alonso D. (OCENSA)	Walter Sarmiento (YFPB)
Carlos Antônio Fernandez (PETROBRAS)	

Además, se otorga un especial agradecimiento y reconocimiento al Sr. *Paul Roger Ortiz Muñoz*, por su invaluable contribución.

### Comité de Ductos y Terminales de ARPEL:

Guillermo Boam (ANCAP)	Franklin Ulin Jiménez (PEMEX)
Juan Carlos Gómez Haedo (ANCAP)	Eduardo Gallegos Barcenas (PEMEX)
Raúl Sampedro Fariás (ANCAP)	Paulo Penchiná (PETROBRAS)
Ricardo Olivera (Axion Energy)	Ricardo Dias De Souza (PETROBRAS)
Alvaro Castañeda (CENIT)	Luciano Maldonado García (PETROBRAS)
Ruben Diaz Schotborgh (CHEVRON)	Newton Camelo De Castro (PETROBRAS)
Antonio Meza Solano (COGA)	Luis Suárez Carlo (PETROPERU)
Freddy De Jesús Díaz Barrios (ECOPETROL)	Eduardo Miguel García Vega (PETROPERU)
Jesus Alonso Lasso Lozano (ECOPETROL)	José Mele (PLUSPETROL)
Martha María Echeverri Benjumea (ECOPETROL)	Julio Cesar Ramirez Bizzotto (PLUSPETROL)
Francisco Ascencio Alba (ECOPETROL)	Jaime Rodríguez Salazar (RECOPE)
Edmundo Piraino (ENAP)	Luis Diego Vargas Prado (RECOPE)
Carla Pereira Imbroisi (IBP)	Sergio Gómez Redondo (REPSOL)
Raúl Guio (IHS)	Begoña Mundó (TEMA)
Carlos Vergara (OCENSA)	Arturo Heinke (YPF)
Kelvin Salmon (PCJ)	Cristian Inchauste Sandoval (YFPB)

### Coordinación Técnica

Irene Alfaro, Directora de Downstream - E-mail: [ialfaro@arpel.org.uy](mailto:ialfaro@arpel.org.uy)

Camila Morales, Coordinadora de Proyectos - E-mail: [cmorales@arpel.org.uy](mailto:cmorales@arpel.org.uy)

### Derechos de autor

Los derechos de autor de este documento, ya sea en su versión impresa o digital son propiedad de la Asociación Regional de Empresas del Sector Petróleo, Gas, y Biocombustibles en Latinoamérica y el Caribe (ARPEL). Cualquier copia de este trabajo protegido deberá incluir esta nota sobre los derechos de autor.

### Exoneración de responsabilidad

A pesar de haberse realizado esfuerzos para garantizar la exactitud de la información contenida en este documento, ni ARPEL, ni ninguno de sus socios, autores o revisores, ni las empresas e instituciones que ellos representan, asumen responsabilidad alguna por cualquier uso que se haga del mismo. Ninguna referencia a nombres o marcas registradas de fabricantes de equipos y/o procesos representa un endoso de parte de los autores, ARPEL o cualesquier de sus socios.





## TABLA DE CONTENIDO

### CAPÍTULO 1: Análisis de riesgos

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	ALCANCE.....	1
III.	DEFINICIONES GENERALES .....	1
1.	OBJETIVO.....	9
2.	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO .....	9
3.	CONDICIONES GENERALES .....	9
4.	IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS.....	9
5.	CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LAS SUSTANCIAS A MODELAR .....	9
6.	DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA Y EL PROCESO.....	10
7.	IDENTIFICACIÓN DE INICIADORES.....	10
8.	IDENTIFICACIÓN DE SUCESOS FINALES .....	12
9.	IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS CAUSAS DE FALLA EN SISTEMAS DE DUCTOS.....	12
10.	IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS CAUSAS DE FALLA EN ÁREAS DE PROCESO.....	12
11.	ESTIMACION DEL ÁREA DE AFECTACIÓN .....	13
12.	CRITERIOS PARA LA ESTIMACIÓN DE DESCARGAS.....	18
13.	DISTANCIAS DE AFECTACIÓN DIRECTA .....	19
14.	DISTANCIAS DE AFECTACIÓN INDIRECTA.....	20
15.	ÁREAS DE AFECTACIÓN .....	20
16.	IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS VULNERABLES.....	21

### Tablas y Figuras

Tabla No 1.	Niveles de Afectación por Radiación Térmica .....	14
Tabla No 2.	Niveles de Afectación por Llamarada.....	15
Tabla No 3.	Niveles de Afectación por Sobrepresión .....	16
Tabla No 4.	Niveles de Afectación por Dispersión Tóxica .....	17
Tabla No 5.	Descripción ERPG .....	17
Tabla No 6.	Niveles de Afectación por Atmósferas Asfixiantes.....	17
Tabla No 7.	Tiempos de Respuesta Operativos.....	19
Figura No 1.	Distancia de Interés Seleccionadas para Incendio de Chorro, Piscina y Bole/Bola De Fuego...	14
Figura No 2.	Distancia de Interés Seleccionada para Llamarada.....	15
Figura No 3.	Distancias de Interés Seleccionadas para Explosión .....	16

### CAPÍTULO 2: Áreas de Proceso

1.	INTRODUCCIÓN .....	27
2.	OBJETIVOS.....	27
3.	DEFINICIONES.....	27
3.1	Poliductos.....	27
3.2	Oleoductos.....	27
3.3	Gasoductos.....	27
4.	ÁREAS TÍPICAS DE UNA PLANTA DE TRANSPORTE.....	27



4.1	Tanques de Almacenamiento Atmosféricos .....	28
4.1.1	Tanques de Techo Fijo Cónico o con Domo Geodésico .....	28
4.1.2	Tanques de Techo Fijo con Membrana Interna Flotante .....	28
4.1.3	Tanques de Techo Flotante Abiertos .....	28
4.1.4	Tanques de Almacenamiento criogénicos refrigerados.....	28
4.1.5	Diques de Contención (Cubetos).....	29
4.2	Tanques de Almacenamiento Presurizados.....	29
4.3	Bombas Principales .....	29
4.4	Bombas de Refuerzo (Booster) .....	29
4.5	Trampas de Recibo y Despacho .....	29
4.6	Múltiple de Recibo y Despacho.....	29
4.7	Área de Filtración, Medición y Marcación .....	29
4.8	Sistema de Tea (Antorcha).....	29
4.9	Separador API y/o CPI .....	29
4.10	Cargadero y/o Descargadero de Carro Tanques.....	30
4.11	Subestación Eléctrica y/o Transformadores .....	30
4.12	Sala de Operaciones.....	30
4.13	Cuarto de Control de Motores.....	30
4.14	Cuarto de Comunicaciones .....	30
4.15	Cuarto de Baterías y/o UPS.....	30
4.16	Bodegas y Talleres.....	30
4.17	Edificios Administrativos.....	30
4.18	Helipuerto .....	30
4.19	Área de Generadores y Compresores.....	30
4.20	City Gate.....	31
4.21	Sumidero.....	31
5.	PUERTOS MARITIMOS.....	31
5.1	Conformación de Puertos Marítimos.....	32
5.2	Atraque .....	32
5.3	Tipos de muelles .....	32
5.4	Plantas De Almacenamiento .....	32
5.5	Distribución de áreas .....	33
5.6	Tanques.....	33
5.7	Diques de Contención (Cubetos) .....	33
5.8	Instalaciones varias .....	33

### **CAPÍTULO 3: Sistemas de Protección Contra Incendio**

1.	INTRODUCCIÓN.....	35
2.	OBJETIVO.....	35
3.	ALCANCE.....	35
4.	REFERENCIAS NORMATIVAS .....	35
5.	REQUERIMIENTOS GENERALES .....	37
5.1	AUTORIDAD COMPETENTE .....	37



6.	PROTECCIONES PASIVAS .....	37
6.1	BASES DE DISEÑO PROTECCIONES PASIVAS .....	37
6.1.1	TANQUES DE ALMACENAMIENTO ATMOSFÉRICOS.....	38
6.1.2	TRANSFORMADORES .....	38
6.1.3	PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS .....	38
6.1.4	CONSIDERACIONES DE DISEÑO.....	39
7.	PROTECCIONES ACTIVAS.....	39
7.1	SISTEMA A BASE DE AGUA.....	39
7.1.1	ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	39
7.1.2	ALMACENAMIENTO DE AGUA.....	39
7.2	UNIDADES DE BOMBEO CONTRA INCENDIO .....	40
7.2.1	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO E INSTALACIÓN .....	41
7.3	RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CONTRA INCENDIO .....	43
7.3.1	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO E INSTALACIÓN .....	43
7.4	SISTEMAS DE ASPERSIÓN.....	44
7.4.1	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO E INSTALACIÓN .....	45
7.5	SISTEMA DE ESPUMA CONTRA INCENDIOS .....	46
7.5.1	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO E INSTALACIÓN .....	46
7.5.2	TIPOS CONCENTRADOS DE ESPUMA.....	48
7.5.3	TIPOS DISPOSITIVOS DE DESCARGA DE ESPUMA.....	49
7.5.3.1	Cámaras de Espuma .....	49
7.5.3.2	Monitores de Espuma .....	50
7.5.3.3	Sistemas de Rociadores de Agua - Espuma.....	51
7.5.3.4	Requerimientos de diseño e instalación .....	51
7.6	SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMAS DE FUEGO Y GAS (F&G) .....	52
7.6.1	DETECTORES DE FUEGO (LLAMA) .....	53
7.6.2	DETECTORES LINEALES DE CALOR.....	53
7.6.3	DETECTORES PUNTUALES TÉRMICOS .....	53
7.6.4	DETECTORES TERMOVELOCIMÉTRICOS PUNTUALES DE TEMPERATURA.....	53
7.6.5	DETECCIÓN DE HUMO FOTO ELÉCTRICOS Y IÓNICOS.....	54
7.6.6	DETECTORES DE ATMÓSFERA EXPLOSIVA (GASES EXPLOSIVOS).....	54
7.6.7	DETECTORES DE GASES TÓXICOS.....	55
7.6.8	DISPOSITIVOS VISUALES.....	55
7.6.9	DISPOSITIVOS DE NOTIFICACIÓN AUDIBLES .....	55
7.6.10	NOTIFICACIÓN MASIVA.....	55
7.6.11	ESTACIONES MANUALES DE ALARMA.....	56
7.6.12	SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA Y TIPO DE CONEXIONADO.....	56
7.6.13	PANEL DE CONTROL SISTEMA DE FUEGO & GAS. ....	57
7.6.14	INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI) .....	57
7.7	SISTEMAS DE AGENTE LIMPIO .....	58
7.7.1	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO E INSTALACIÓN .....	60
7.7.2	SISTEMAS DE DETECCIÓN.....	61
7.7.3	SISTEMAS DE EXTINCIÓN .....	62



7.7.4	SISTEMAS DE CONTROL Y ALARMA.....	63
8.	EXTINTORES.....	64
9.	MODIFICACIONES A SISTEMAS EXISTENTES.....	64
10.	FILOSOFÍAS.....	64
10.1	FILOSOFÍA DE CONFIABILIDAD.....	64
10.2	FILOSOFÍA OPERACIONAL.....	65
11.	RESUMEN DE PROTECCIONES RECOMENDADAS POR ÁREA TÍPICA DE UNA PLANTA DE TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES.....	65

### **Tablas y Figuras**

Tabla No 1.	Normas de referencia.....	36
Tabla No 2.	Patrones de Alarma.....	56
Diagrama 1	- Diagrama de decisión para extinción por agentes limpios.....	60
Tabla No 3.	Selección del sistema de detección de acuerdo al área.....	61
Tabla No 4.	Particularidades instalación sistemas de agente limpio.....	63
Tabla No 5.	Protecciones recomendadas.....	69

### **CAPÍTULO 4: Inspección, Pruebas y Mantenimiento de Sistemas Contra Incendios - IPM**

1.	INTRODUCCIÓN.....	71
2.	OBJETO.....	71
3.	REFERENCIAS NORMATIVAS.....	71
3.1	Normas NFPA Aplicables.....	71
3.2	Normas NFPA para Autobombas.....	71
3.3	Otras normas aplicables.....	71
4.	CONDICIONES GENERALES.....	72
4.1	Inspección, Pruebas y Mantenimiento - IPM para los Equipos y Sistemas Contra Incendios ...	72
4.2	Tipos de Mantenimiento.....	73
4.2.1	Mantenimiento.....	73
4.2.2	Inspecciones y Pruebas a Base de Agua.....	74
5.	INSPECCIÓN, PRUEBAS Y MANTENIMIENTO - IPM DE LOS EQUIPOS CONTRA INCENDIOS.....	74
5.1	Sistema De Rociadores Automáticos.....	74
5.2	Sistema de Columnas y Mangueras.....	76
5.3	Red de distribución de agua contra incendio.....	77
5.4	Unidades de bombeo de agua contra incendio.....	77
5.5	Abastecimiento de agua.....	78
5.6	Sistemas de aspersion.....	79
5.7	Sistema De Rociadores Agua - Espuma.....	81
5.8	Sistemas de Niebla De Agua.....	83
5.9	Válvulas, Componentes de Válvulas y Guarniciones.....	83
5.10	Sistemas de detección y alarma.....	85
5.11	Extintores.....	86
5.12	Vehículos para combate de incendios.....	87
5.12.1	Reposición de Vehículos Contra Incendios.....	87



5.12.2 Cumplimiento de Estándares .....	88
---	----

### **Tablas y Figuras**

Tabla No 1. Inspección Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Rociadores .....	75
Tabla No 2. Inspección Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Columnas y Mangueras.....	76
Tabla No 3. Inspección Prueba y Mantenimiento de Tuberías de Servicios Privados de Incendio .....	77
Tabla No 4. Inspección Prueba y Mantenimiento de Bombas de Incendios .....	78
Tabla No 5. Inspección Prueba y Mantenimiento de Tanques de Almacenamiento de Agua .....	78
Tabla No 6. Inspección Prueba y Mantenimiento de Sistemas Fijos de Pulverización de Agua.....	81
Tabla No 7. Inspección Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Rociadores Agua Espuma.....	83
Tabla No 8. Inspección Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Niebla de Agua .....	83
Tabla No 9. Inspección Prueba Y Mantenimiento De Válvulas, Componentes De Válvulas Y Guarniciones	85

### **CAPÍTULO 5: Aspectos Económicos y de Proyecto**

1. INTRODUCCIÓN .....	93
2. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE SPCI .....	93
2.1 Etapas de la Evaluación.....	94
2.1.1 Consideraciones del activo.....	94
2.1.2 Directrices a considerar .....	94
2.1.3 Diagnóstico de facilidades existentes .....	94
2.1.4 Definición de Alcance del proyecto SPCI.....	94
2.2 Esquema sinóptico de la Evaluación .....	95
3. EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA .....	95
3.1 Condicionantes .....	96
3.2 Análisis Técnico .....	96
3.3 Análisis Económico.....	103
4. ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO DE LA INVERSIÓN EN SPCI.....	104
5. EVALUACIÓN DE TOLERABILIDAD DEL RIESGO VS IMPLEMENTACIÓN DE UN SPCI.....	105
5.1 Pre-requisitos.....	106
5.2 Terminología .....	107
5.3 Procedimiento operativo .....	108
5.4 Marco conceptual de la Tolerabilidad .....	110
5.5 Herramienta de evaluación de Reducción de Riesgos.....	110
6. COSTOS DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE SPCI.....	112

### **Tablas y Figuras**

Figura No 1. Esquema sinóptico de la evaluación de un proyecto de SPCI.....	95
---	----

<b><u>Glosario</u></b> .....	115
------------------------------	-----





# Generalidades

## Introducción

Todo profesional de la industria petrolera que se encuentre realizando actividades relacionadas a la gestión de los Sistemas de Protección Contra Incendios, ya sea en etapas tempranas de un proyecto o sobre instalaciones en funcionamiento, deberá considerar aspectos muy variados dependiendo de su objetivo específico. Quizás tenga que involucrarse con un Análisis de Riesgos, y deba conocer los fundamentos de su gestión, las prácticas y principios utilizados en la gestión de riesgos operativos y de proceso de la industria. Deberá también conocer y discernir las diferentes áreas de proceso donde se encuentra trabajando para adoptar un criterio específico, y donde quizás deba realizar el diseño o fundar las bases de diseño de los Sistemas de Protección Contra Incendios que dichas instalaciones requieran, atendiendo los estándares técnicos y buenas prácticas de la industria. Puede ser también que se encuentre enfocado en la gestión de las inspecciones, pruebas y mantenimiento de dichos sistemas, con el objetivo de mantenerlos en el estado en el cual puedan llevar a cabo la función de prevención, control y extinción de incendios, en condiciones óptimas y eficientes en todo momento. Quizás también, en todas estas labores deba considerar los aspectos económicos involucrados, conociendo la metodología para la evaluación de proyectos en Sistemas de Protección Contra Incendios, o las bases para las evaluaciones técnico-económicas, el análisis de Costo Beneficio de la inversión, la evaluación de tolerabilidad del riesgo y los Costos de mantenimiento y operación.

Para dicho profesional es que se generó esta guía, de modo de que pueda contar con un documento introductorio y de referencia en todos estos aspectos, y que le sirva de punto de partida en el análisis que deba llevar adelante, siendo este posiblemente muy amplio y variado de acuerdo a cómo se desee abordar.

## Objetivo

Contar con una guía técnica para la administración, implementación, optimización y sostenimiento de los sistemas de protección contra incendio de las instalaciones y facilidades de transporte de hidrocarburos en tierra en cumplimiento de estándares técnicos y mejores prácticas de la industria, sin dejar de considerar los aspectos económicos, y con la mirada propia de compañías petroleras de Latinoamérica, socias de ARPEL.

## Alcance

La guía comprende la gestión en Protección Contra Incendios de las instalaciones típicas del sector de Downstream onshore de la industria Petrolera. No se incluyen consideraciones respecto a las instalaciones del sector upstream o de refinerías, como tampoco de las instalaciones offshore.





# **Sistemas de protección contra incendio en instalaciones para transporte de petróleo e hidrocarburos líquidos**

## **Capítulo 1: Análisis de riesgos**





## GENERALIDADES EN LA GESTIÓN DE RIESGOS

### I. INTRODUCCIÓN

Este documento de Análisis de Riesgos busca describir los fundamentos de la gestión de riesgos, las prácticas y principios utilizados en la gestión de riesgos operativos y de proceso de la industria del petróleo.

### II. ALCANCE

Se detallan los conceptos y las principales herramientas utilizadas en la evaluación y análisis de riesgos, aplicables en la industria de hidrocarburos.

### III. DEFINICIONES GENERALES

#### Peligros

Los peligros son definidos como cualquier situación con el potencial de causar daño, y que pueden tener efectos adversos tales como:

- Enfermedad, lesión o muerte del personal.
- Afectación a la propiedad.
- Interrupción de las Producción y/o del negocio.
- Impacto Ambiental.
- Consecuencias negativas a la reputación.

En las actividades de corriente arriba de la industria del petróleo (“upstream”) se presentan los siguientes peligros:

- Equipos de alta potencia, que podrían mal funcionar o dejar de funcionar, originando la pérdida de capital o producción, así como daño al personal cercano a la operación.
- Uso de elementos explosivos, que pueden resultar en daños mayores si se aplican incorrectamente.
- Operaciones con equipos o fluidos presurizados que podrían generar consecuencias potenciales (incendio, explosión, roturas-colapsamientos) para todos los elementos de una instalación en caso de un evento no deseado.
- Ambientes y condiciones medioambientales extremas, especialmente en operaciones costa afuera (offshore), pueden incrementar la probabilidad de ocurrencia de un evento no deseado (terremotos, tsunamis, tormentas, formación de hielo, etc.)

En las actividades de corriente abajo (“downstream”) también tiene asociado muchos peligros, tales como:

- Grandes inventarios de hidrocarburos representan una amenaza inmediata de incendio y explosión en una instalación si no se gestionan y mantienen adecuadamente.
- La descarga potencial de sustancias tóxicas (ácido sulfhídrico, componentes clorados, etc.) puede amenazar seriamente la seguridad del personal y posiblemente de la comunidad.

En especial en las actividades de transporte de hidrocarburos, se pueden presentar los siguientes peligros:



- Oleoductos, poliductos y/o gasoductos que transportan sustancias inflamables (crudo, nafta, gasolina, gas natural, GLP, etc.) pueden verter sus contenidos debido a efectos de la corrosión o a impactos externos, ocasionando efectos perjudiciales a la población aledaña.

### Análisis de Riesgos

El Riesgo está definido como la medida de la probabilidad y de la severidad del daño a los receptores para un conjunto específico de eventos peligrosos. El análisis de riesgos toma en cuenta la caracterización de los componentes probabilidad y severidad de las consecuencias.

Para ponerlo en términos sencillos, el análisis de riesgos considera tres preguntas básicas:

1. ¿Qué puede ir mal? (identificación de peligros)
2. ¿Cuáles son las consecuencias? (análisis de impacto)
3. ¿Con qué frecuencia sucede? (análisis de frecuencia o probabilidad)

### Riesgo de la Instalación

Riesgo de la instalación es el riesgo total a la cual un receptor está expuesto debido a la presencia de la facilidad, y como tal toma en cuenta la suma de todos los riesgos de evento debido a todos los posibles “eventos”. El riesgo de instalación nunca puede ser menos que el riesgo del evento. Por ejemplo; un oleoducto tiene el peligro de sufrir descargas imprevistas del producto que transporta, estas descargas pueden tener consecuencias como fugas o pérdidas en los accesorios o adicionalmente rupturas las cuales consideradas con una condición del clima, definen un evento. Cada tipo de evento tiene una frecuencia y sus consecuencias asociadas que pueden ser combinadas para determinar el riesgo del evento. El riesgo de la instalación para un receptor expuesto es la suma de los riesgos de los eventos debido a las fugas más los riesgos del evento debido a las rupturas, en todas las condiciones de clima. Si algunos oleoductos ocupan un corredor, el riesgo de la instalación total para un receptor es la suma del riesgo de la instalación de cada uno de los ductos.

### Riesgo Individual

Riesgo Individual es la probabilidad que un individuo, que vive cerca de una instalación industrial, de sufrir determinado nivel de daño a consecuencia de accidentes potenciales en la instalación. El riesgo individual se calcula con base al producto de la frecuencia del evento y sus consecuencias para un determinado receptor individual, y no depende del número de habitantes viviendo en el área. El riesgo individual se presenta frecuentemente como una curva que decrece generalmente con la distancia a la fuente del riesgo.

### Riesgo Societal

Riesgo societal es la relación entre las chances de ocurrencia de eventos de accidentes en un año y el número de gente afectada debido a los accidentes en una instalación industrial. El riesgo societal es entonces una función de la población en los alrededores de la instalación. Esta medida del riesgo puede expresarse como frecuencias de evento (eventos por año) y consecuencias de evento (fatalidades o daños por evento) como pares de datos por cada evento. Alternativamente el producto de la frecuencia del evento y las consecuencias del evento (número de fatalidades o daños por año) pueden usarse para expresar el riesgo societal de una instalación.

La diferencia entre riesgo individual y societal es importante en la gestión y evaluación de riesgos. Por ejemplo un individuo expuesto puede estar más preocupado por su riesgo personal que por el número de vecinos que pueden estar expuestos a los mismos niveles de riesgo. La comunidad, sin embargo, estará más preocupada por los accidentes con múltiples fatalidades y puede decidir que aunque el riesgo individual es aceptable, la probabilidad de un accidente con múltiples fatalidades es inaceptable. Diferentes opciones pueden ser aplicables para el manejo de los riesgos individuales y societales. Por



ejemplo un riesgo individual inaceptable de alto nivel puede resolverse implementando requisitos preventivos que imponen restricciones del uso de tierras a las distancias que pueden ser permitidas a las construcciones individuales permanentes adyacentes a instalaciones industriales peligrosas. Sin embargo este enfoque puede no conllevar adecuadamente el riesgo social y pueden requerirse medidas adicionales para prevenir la exposición.

### Percepción del Riesgo

El riesgo puede tener diferentes significados para diferentes personas, dependiendo del contexto de la situación y de la actividad de cada uno. En general la industria ve sus actividades como seguras, ya que es familiar con sus productos, procesos y peligros involucrados, además recibe beneficio directo de sus actividades y las emprendió voluntariamente; tiene experiencia en el diseño, construcción y operación de instalaciones similares y es familiar con sus productos y procesos. El personal está entrenado y experimentado en el monitoreo y respuesta a una variedad de situaciones incluyendo emergencias, de las cuales conocen su manejo.

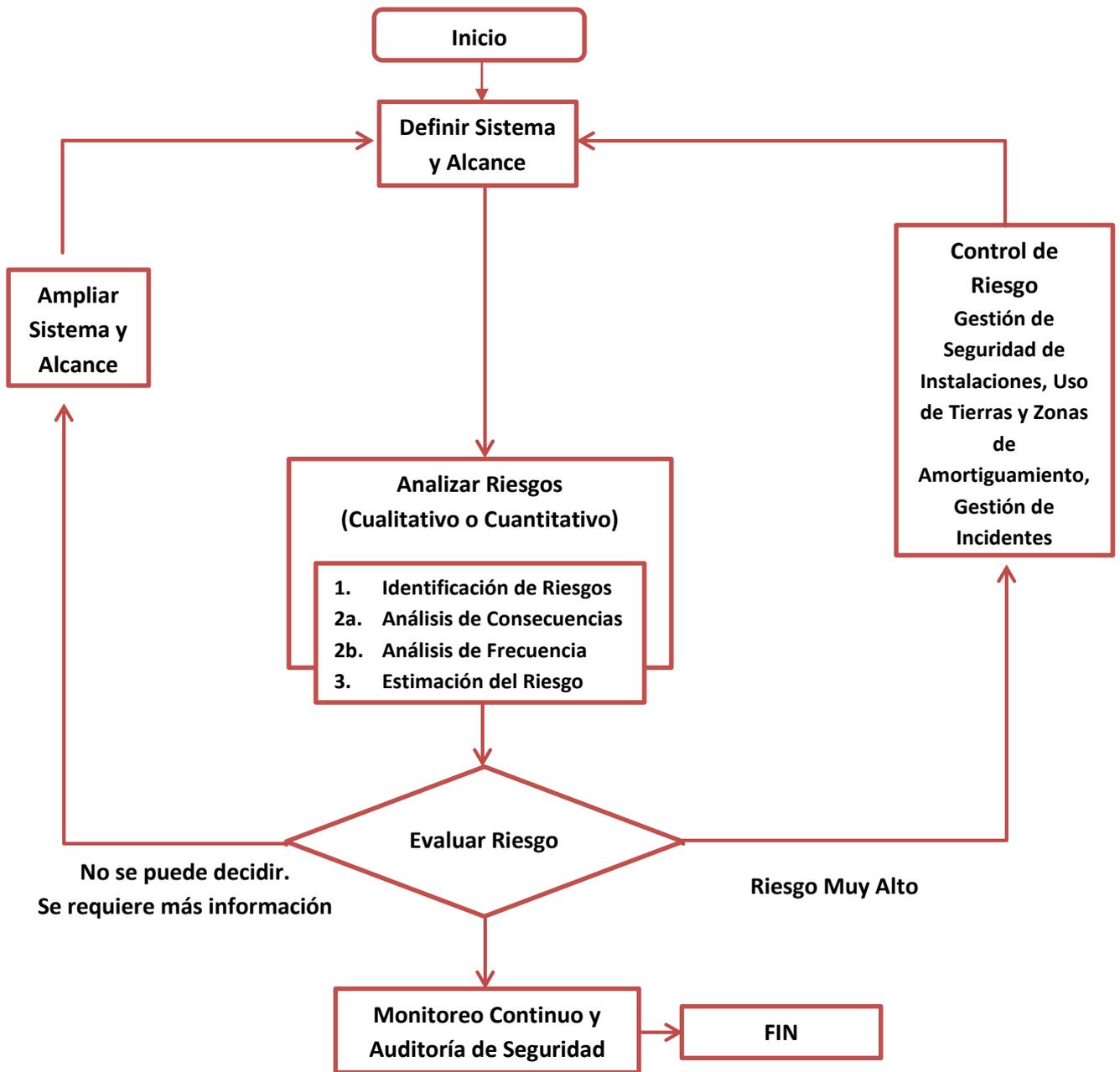
El concepto de percepción del riesgo es una realidad y tiene que lidiar como tal. Mientras la industria y la comunidad en conjunto pueden recibir beneficio directo de su desarrollo, los vecinos aledaños pueden recibir poco beneficio de estas actividades y pueden ser impactados negativamente por las incomodidades tales como el olor y el ruido. Con frecuencia los procesos, los productos y la relaciones entre la industria con la comunidad no son muy bien comprendidas, como resultado la población puede ver el desarrollo negativamente, y para ellos el riesgo puede ser inaceptable.

La percepción del riesgo también considera la escala de los factores individuales usados para calcular el riesgo (Ej. probabilidad vs consecuencias). Eventos alta- probabilidad / baja-consecuencia pueden significar el mismo nivel de riesgo que eventos baja-probabilidad / alta-consecuencia; pero los resultados de los riesgos pueden ser juzgados de manera muy diferente. Por ejemplo hay un gran número de accidentes automovilísticos individuales que ocasionan un bajo número de muertes y daños por accidente. Este tipo de accidentes son generalmente más aceptados por la comunidad que los accidentes de aviones, que son raros (muy baja probabilidad) y usualmente resultan en más muertes por accidente.

### Gestión de Riesgos

La gestión de riesgos es una manera sistemática de evaluar información técnica y valores sociales para llegar a acciones y toma de decisiones respecto a seguridad. El proceso involucra el desarrollo y la evaluación de opciones con relación a la seguridad pública, consecuencias económicas, sociales y políticas, antes de las acciones y toma de decisiones. Las principales fases de un proceso de gestión de riesgos son:

- Identificación de Peligros
- Análisis de Riesgos
- Evaluación de Riesgos
- Control de peligros





## HERRAMIENTAS PARA EVALUACIÓN DEL RIESGO

Algunos de los métodos que se recomiendan al momento de realizar una evaluación de riesgos, son los enfoques cualitativos y cuantitativos (ver también Guía de Metodologías de Análisis de Riesgos-Comité de Refinación y Combustibles-MP 01\_2015).

Para ello lo primero que se deberá hacer es la identificación de los peligros de la instalación, reconocer los materiales peligrosos, sus cantidades, las condiciones bajo las cuales es almacenado, procesado y manejado. La identificación de los peligros describe las características de una descarga accidental y resume los efectos de la exposición, además de los mecanismos por los cuales las personas pueden verse adversamente afectadas. Se recomienda aplicar técnicas de identificación de peligros y riesgos, con el fin de priorizar los riesgos de una instalación de acuerdo a la actividad del área que se esté examinando (Transporte, almacenamiento, muelles, entre otros).

Los principales peligros son los efectos adversos inmediatos, a corto plazo, de la radiación térmica, las sobrepresión o la toxicidad. La finalidad de la identificación de los peligros es para definir los peligros potenciales con suficiente detalle para apoyar y establecer prioridades con respecto a análisis posteriores.

La aplicación de técnicas **cualitativas** del riesgo, se basa en la aplicación de diversos métodos para identificar, entender y controlar los riesgos. La interpretación de los resultados de estos tipos de evaluaciones del riesgo, habitualmente reposa en el juicio y la experiencia de los involucrados, y es comúnmente utilizada para definir si los riesgos son aceptables o no.

La revisión a la seguridad es una técnica cualitativa utilizada para la identificación de peligros y desviaciones de procedimientos. Estas requieren una descripción de los procesos, procedimientos y estándares que se implementan en una instalación.

Por otra parte el **Análisis de Peligros de Procesos (APP)** tiene un enfoque estructurado y sistemático, es principalmente utilizado para la identificación de peligros potenciales relacionados con el diseño y/o la operación de las instalaciones de transporte y almacenamiento de petróleo e hidrocarburos líquidos. Esta metodología actúa como una herramienta de mejoramiento continuo que asegura que las operaciones se realicen de forma segura y diligentemente.

La selección de la metodología del APP dependerá en primera instancia de la naturaleza del proceso analizado, la etapa de avance del proyecto y disponibilidad de información. Las principales metodologías APP son:

- Lista de verificación.
- Análisis “¿Qué sucedería si...?”
- Análisis de modos de falla y efectos (FMEA).
- Estudios de peligros y operabilidad (HAZOP).

## HAZID

Esta técnica se aplica generalmente durante el diseño conceptual de una planta. Abarca los peligros no solo relacionados con el proceso propiamente dicho, sino también los peligros que surgen, por ejemplo, de la ubicación de una instalación en un lugar determinado, pudiéndose analizar y definir la implantación, ventajas y desventajas del terreno, efectos al ambiente, efectos del ambiente a la instalación, causas comunes de fallos de equipamiento relacionados con lo ambiental, accesibilidad a la instalación, seguridad física de las personas, etc. Para llevar a cabo este estudio se requiere de un equipo multidisciplinario. El equipo realiza el análisis mediante el uso de “palabras guía” como disparador que ayudan al **brain storming**.



## CHECK LIST

Se trata de una lista con detalles de los aspectos relacionados con la seguridad que se espera de un sistema (equipo, proceso, procedimiento, etc.). Por lo general, escrito desde la experiencia y usado para evaluar la aceptabilidad o el estado de la instalación u operación en comparación con las normas establecidas. Esta técnica parte de un conocimiento previo de los posibles peligros en un sistema y permite verificar si se han tenido en cuenta en el diseño.

## WHAT IF?

Esta técnica se lleva a cabo en sesiones con un equipo multidisciplinario. A diferencia del HAZID no posee un “disparador” del análisis como son las “palabras guía”, que ayuden al *brain storming*, por lo que se requiere de un conocimiento profundo del proceso que se esté analizando. Se plantean posibilidades de desvíos en el proceso formulando la pregunta ¿Qué pasa si...?.

Por lo general se aplica en procesos sencillos de bajo riesgo, o en pequeñas modificaciones en las que no se justifica utilizar otra técnica más rigurosa como el HAZOP. Cabe mencionar que la pregunta Que pasa si...? es común a todas las técnicas; la diferencia radica en que en otras, como en el HAZID o en el HAZOP, están direccionadas por disparadores o por las palabras guía. En la técnica What if...? se apela directamente a la imaginación desde el conocimiento del proceso u operación que se esté evaluando.

## HAZOP - Hazard and operability

Es un método sistemático que se llevado a cabo en sesiones con personal multidisciplinario. Una premisa del HAZOP es que los accidentes ocurren por desviación de los parámetros normales de operación y/o diseño. Dichas desviaciones se van analizando sistemáticamente con ayuda de palabras guía. La metodología va revisando todo el proceso rigurosamente. Los diagramas de instrumentación y cañerías son los documentos básicos en esta técnica, por lo que generalmente se aplica durante la ingeniería básica, ingeniería de detalle y durante la operación de una planta.

El HAZOP analiza peligros derivados del proceso, no riesgos laborales, ni problemas de mantenimiento (como equipos con espesores fuera de especificación, instalaciones eléctricas no aptas para las áreas clasificadas en las que se encuentran). Estos aspectos identificados habitualmente en auditorias e inspecciones de seguridad, pueden ser causa de desviaciones de los parámetros del proceso, e incluidos en el HAZOP, pero no son analizados en profundidad.

## FMEA - Failure Modes and Effects Analysis

Es un método para evaluar los efectos de los modos de fallos de componentes y generalmente no tiene en cuenta los errores operacionales. Por sus características se aplica a sistemas electromecánicos. Es una técnica que evalúa los componentes de un sistema, en cuanto a cuales son los modos en que pueden fallar y cuáles son las consecuencias o efectos de dichos fallos. No posee palabras guía que vayan induciendo el análisis, pero previamente se deben listar todos los componentes del sistema que serán analizados.

Esta técnica ayuda a determinar cuáles son los componentes más críticos, identifica y tiende a eliminar las causas de fallos, razón por la cual es recomendable su uso en el sector de mantenimiento de equipos, supervisado por un departamento de seguridad de procesos.

Por otra parte el **Enfoque Cuantitativo** del Riesgo, es la técnica más sofisticada disponible para predecir los riesgos de accidentes, además de proveer una guía con los medios apropiados para minimizarlos, no obstante se recomienda que la evaluación cuantitativa del riesgo no sea considerada como el único medio de datos



que aporta en la toma de decisiones con respecto a la seguridad, esta debe ser acompañada con otras técnicas fundamentadas en la experiencia y el juicio.

Para este enfoque la herramienta que se recomienda aplicar es el análisis de consecuencias, donde los peligros son definidos con suficiente detalle para poder establecer las tasas de flujo durante una descarga accidental, la geometría de la descarga y las condiciones meteorológicas. Este análisis es utilizado para determinar características peligrosas tales como: afectación por radiación, afectación por llamarada de nube de vapores inflamables, afectación por sobrepresión por explosión y afectación por dispersión tóxica.

Además del análisis de consecuencias, el análisis de frecuencia estima la probabilidad de que ocurra un accidente, cuantifica la probabilidad de que ocurra un evento determinado, y algunas veces es expresado en términos de accidente por año. El análisis de frecuencia se realiza para establecer aspectos tales como:

- Con que frecuencia puede ocurrir un evento peligroso.
- La probabilidad de un resultado peligroso particular, tras la ocurrencia de un evento.
- La probabilidad de que haya individuos expuestos y/o lesionados.

Las principales técnicas utilizadas para estimar frecuencias son:

- El uso de datos históricos de frecuencias de fallas, los cuales comprenden la agrupación y el análisis de datos registrados de accidentes e incidentes en el tiempo.
- El modelado detallado de frecuencia, utilizando análisis por árbol de fallas y árbol de eventos.
- Estimaciones basadas en el juicio y la experiencia.

Para determinar la frecuencia de un evento, se debe multiplicar la frecuencia de una condición perturbadora por la probabilidad de que ocurra el conjunto particular de circunstancias. Estos resultados son estimaciones de una probabilidad y son expresados como promediados o uniformes en el tiempo.

Una vez estimadas las frecuencias y las consecuencias de cada evento modelado, las mismas pueden ser combinadas para formar una medida del riesgo en general. Las estimaciones del riesgo contribuyen en el mejor intento por parte del analista, en calcular las estadísticas anticipadas, reconociendo que la asignación de un valor al riesgo no implica que sucederá un evento y sus consecuencias, sino que se anticipa que sucederán en una frecuencia estimada, basada en los criterios incluidos en el análisis.





## **GUIA DE ANÁLISIS DE RIESGO TECNOLÓGICO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

### **1. OBJETIVO**

Proveer un marco de referencia para elaborar los análisis de riesgo aplicables a las actividades de producción, transporte, almacenamiento y procesamiento de hidrocarburos, que permita estandarizar los criterios y lineamientos para llevar a cabo el análisis del riesgo tecnológico, lograr objetividad en el ejercicio de análisis y obtener trazabilidad en los resultados de éste. Su alcance involucra accidentes industriales de tipo tecnológico que se pueden presentar en infraestructura On-shore y algunos aspectos para la infraestructura Off-shore. Igualmente, aunque el alcance no incluye todo el análisis de riesgo para infraestructura Off-shore, se podrá utilizar el mismo esquema definido en esta guía bajo la particularidad de la operación Off-shore y su entorno.

### **2. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO**

Implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir. Es el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades. Se estima el valor de los daños y las pérdidas potenciales, y se compara con criterios de seguridad establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención y alcance de la reducción del riesgo y preparación para la respuesta y recuperación.

### **3. CONDICIONES GENERALES**

Aplica a la elaboración de los análisis de riesgos de accidentes industriales a desarrollar por la industria del transporte y almacenamiento de petróleo y gas.

### **4. IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS**

Para la elaboración del análisis de riesgo, se deben considerar todas las sustancias peligrosas que se transporten, o almacenen. Entendiéndose como peligrosas, aquellas sustancias inflamables, explosivas y perjudiciales para el medio ambiente. Para equipos que operan con diferentes sustancias se modela con la sustancia que represente mayor peligrosidad según su clasificación. Se debe realizar la descripción de la infraestructura y de la operación identificando todos los equipos, sus dimensiones y condiciones de operación, los tiempos y sustancias con que operan.

### **5. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LAS SUSTANCIAS A MODELAR**

En el caso de tener sustancias con igual clasificación (igual número de inflamabilidad o frase de riesgo), se podrá seleccionar una sola sustancia representativa para efectuar la modelación de consecuencias. En el caso de sustancias inflamables se deberá elegir la más volátil. En el caso de sustancias tóxicas, se deberá hacer un análisis teniendo en cuenta su toxicidad y volatilidad, de forma tal que si se quiere realizar la reducción de sustancias deberá seleccionarse la que resulte en un peor escenario.

Para cada una de las sustancias seleccionadas se debe adjuntar la ficha de seguridad, la cual debe contener la clasificación de peligrosidad de acuerdo con el rombo de seguridad (Norma NFPA 704 y/o Clasificación DOT). En el caso de petróleo e hidrocarburos líquidos la ficha debe contener información respecto a su composición y propiedades fisicoquímicas.



## 6. DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA Y EL PROCESO

Se debe realizar la descripción de la infraestructura y de la operación identificando todos los equipos, y clasificarla con base en el capítulo de áreas de proceso sus dimensiones y condiciones de operación, los tiempos y sustancias con que operan.

## 7. IDENTIFICACIÓN DE INICIADORES

Los iniciadores representan las situaciones iniciales de pérdidas de contención o exposición que se pueden presentar en los diferentes equipos y deben incluirse en el análisis de riesgo. Los iniciadores pueden ser de dos tipos, genéricos o específicos. Los iniciadores genéricos, involucran una pérdida de contención debido a causas no específicas del proceso u operación, como pueden ser corrosión, errores de construcción, fallas de la soldadura, etc. Los iniciadores específicos se caracterizan por tener causas concretas debido a las condiciones de proceso, el diseño, los materiales utilizados, etc.

### ➤ Tipos Iniciadores Genéricos

Para la elaboración del análisis de riesgo se deben incluir todos los iniciadores genéricos que se presentan en una instalación.

- ❖ Tuberías (Líneas de transferencia de pozos, troncales, mangueras (submarinas, flotantes y de carga), brazos de carga y descarga, líneas submarinas, tuberías de transporte y demás tuberías internas y externas).
- ❖ Bombas, Compresores, Generadores de energía.
- ❖ Trampas de raspadores, sistemas de medición y filtración.
  - Tipo de Pérdida de contención o Exposición.
    - G1 Rotura total (100% del diámetro)
    - G2 Rotura parcial (20% del diámetro)
    - G3 Rotura mínima (1/4")
- ❖ Tea
  - Tipo de Pérdida de contención o Exposición.
    - G1 Descarga máxima eventual con expulsión de líquido (se considerará tres veces la descarga normal durante un minuto).
- ❖ Recipientes, áreas de proceso (reactor, columna de destilación, filtro, intercambiadores de calor, etc.).
  - Tipo de Pérdida de contención o Exposición.
    - G1 Fuga instantánea de todo el contenido.
    - G2 Fuga continua por la conexión de mayor diámetro. En caso de una operación bifásica, se debe analizar las 2 fases
    - G3 Fuga continua por un orificio de hasta ¼"
- ❖ Tanque de almacenamiento atmosférico.
  - Tipo de Pérdida de contención o Exposición.
    - G1 Fuga de todo el contenido
    - G2 Incendio en la superficie de tanque.



- ❖ Tanque de almacenamiento a presión.
  - Tipo de Pérdida de contención o Exposición.
    - G1 Fuga instantánea de todo el contenido (rotura catastrófica)
    - G2 Fuga continua por la conexión de mayor diámetro
    - G3 Fuga continua por un orificio de hasta ¼"
- ❖ Sumideros, separadores, trampas de fluidos.
  - Tipo de Pérdida de contención o Exposición.
    - G1 Incendio en la superficie expuesta
- ❖ Carro-tanques.
  - Tipo de Pérdida de contención o Exposición.
    - G1 Fuga instantánea de todo el contenido
    - G2 Fuga de todo el contenido por la conexión de mayor diámetro
- ❖ Convoy de transporte fluvial.
  - Tipo de Pérdida de contención o Exposición.
    - G1 Vertimiento total de un bote (la totalidad de las bodegas)
    - G2 Vertimiento parcial de un bote
- ❖ Buque tanques (transporte marítimo).
  - Tipo de Pérdida de contención o Exposición.
    - G1 Vertimiento del 50% de la capacidad de la embarcación
    - G2 Vertimiento total de una bodega

Los valores de frecuencia de falla para cada uno de los iniciadores dependen de factores como el tamaño del orificio y tipo de equipo.

### ➤ **Iniciadores específicos**

Diferentes iniciadores específicos que se puedan presentar en las instalaciones.

Los iniciadores específicos se pueden identificar mediante:

- Ejercicios previos actualizados (que incluyan la infraestructura actual al momento de realización / actualización del Plan de Emergencia), de análisis de riesgo en proceso realizados por la operación mediante el uso de herramientas tales como (HAZOPS, What if?, FMEA).
- Talleres con personal de la operación.

Algunos ejemplos de iniciadores específicos a considerar dependiendo de las instalaciones y el proceso son:

- Sobrellenado de tanques.
  - Reacciones fuera de control (runaway).
  - Explosión mecánica de recipientes de proceso.



- Fuga de todo el contenido de un recipiente y posterior reacción con agua, generando gases tóxicos y/o inflamables. Este iniciador aplica en el caso de sustancias que al reaccionar con agua puedan generar este tipo de gases.

## 8. IDENTIFICACIÓN DE SUCESOS FINALES

La identificación de los sucesos finales que pueden tener lugar después de que se da el iniciador, se pueden obtener utilizando los árboles de eventos o sucesos. Dichos árboles permiten ver el comportamiento de la sustancia tras la descarga y estimar la probabilidad de ocurrencia de cada suceso final, teniendo en cuenta los sucesos intermedios que condicionan la evolución del iniciador hasta el suceso final.

- Árbol de sucesos para una descarga continua.
- Árbol de sucesos para una descarga instantánea.

## 9. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS CAUSAS DE FALLA EN SISTEMAS DE DUCTOS

Dentro de las posibles amenazas que pueden afectar la integridad de un sistema de ductos fijos de petróleo de hidrocarburos líquidos y producir una pérdida de contención, se pueden clasificar en grupos, así:

- Corrosión exterior
- Corrosión interior
- Agrietamiento – Corrosión bajo tensión (SCC)
- Fallas operacionales
- Erosión
- Fatiga
- Daños por terceros involuntarios
- Daños por terceros voluntarios
- Clima y fuerzas externas (causas naturales / movimiento de tierra).

## 10. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS CAUSAS DE FALLA EN ÁREAS DE PROCESO

La valoración de amenazas en áreas de proceso se desarrolla de forma un poco distinta a como se hace en ductos. La razón de esto es que en áreas de proceso están presentes otros elementos y una variedad de condiciones que cambian el panorama de análisis.

Se valoran las causas de daño dentro de un procedimiento más extenso de análisis de riesgos siguiendo la norma API 581. Ese factor que se define como factor de daño “Df” se utiliza para evaluar estadísticamente la cantidad de daño que puede estar presente en un equipo o elemento del área de proceso, en función del tiempo en servicio y la efectividad de la inspección. El factor de daño modifica la frecuencia de falla base para alcanzar un valor modificado de acuerdo a la amenaza presente.

- Adelgazamiento interno (general y localizado).
- Corrosión exterior
- SCC-H2S (Agrietamiento – Corrosión bajo tensión)



- HIC-SOHIC (corrosión - Cracking)
- Fatiga Vibracional
- Corrosión bajo aislamiento (cuando aplique)

Adicional a esto, se debe considerar la valoración de otras amenazas que pueden estar presentes en área de proceso. Clima y fuerzas externas puede representar una amenaza significativa en términos de posibles inundaciones, sismos (contemplada con la zonificación geotécnica) y cerámica. En cuanto a daños por terceros involuntarios se debe considerar la posible amenaza tecnológica por industrias aledañas. Esto está contemplado dentro de la consideración de efecto domino y/o daños por Terceros Involuntarios.

## 11. ESTIMACION DEL ÁREA DE AFECTACIÓN

### ➤ Condiciones para el modelamiento

Para la determinación de las consecuencias de los sucesos finales, es necesario definir las condiciones propias del entorno de la infraestructura que servirán como base para la modelación de efectos. Igualmente se deben establecer los criterios y valores umbrales de los efectos asociados a los diferentes sucesos finales, que pueden generar una afectación de interés sobre el entorno.

- Parámetros Meteorológicos
  - Temperatura promedio
  - Humedad relativa promedio
  - Estabilidad, velocidad y dirección del viento
  - Presión atmosférica
- Niveles de afectación
  - El propósito es establecer los criterios y valores umbrales a los cuales puede presentarse una afectación de interés sobre el entorno como consecuencia de una pérdida de contención y materialización de un suceso final. De acuerdo con esto, los criterios y valores umbrales son los que se deben considerar para la modelación de consecuencias y la determinación de las distancias de afectación, según la tipología de los posibles sucesos finales, tales como:
    - *Incendio*
    - *Llamarada*
    - *Explosión*
    - *Dispersión tóxica*
    - *Atmósferas asfixiantes*
- Afectación por radiación

Las áreas de afectación por radiación de un incendio de piscina, de chorro de fuego o una BLEVE/bola de fuego sobre personas están definidas en la Tabla No 1 según metodología Probit y se puede apreciar en la Figura No 1.



Zona	Radiación Térmica (KW/m <sup>2</sup> )	Descripción
Severa	>37.5	Intensidad suficiente para causar daño a equipos de proceso.
	>20.9	Zona de probabilidad de 90% de muerte para tiempos de exposición mayores de 30 segundos.
	>14.50	Zona de probabilidad de 50% de muerte para tiempos de exposición mayores de 30 segundos. No se espera personal en esta área.
Moderada	>9.50	Por encima de este valor existe ignición de la madera sometida al flujo de calor durante un tiempo excesivo. Intensidad suficiente para fundir tuberías de plástico. Puede desarrollar fatalidad debido a quemaduras de tercer grado después de 100 segundos de exposición. Quemaduras de segundo grado después de 12 segundos de exposición.
	>7.27	Zona límite de probabilidad de 1% de muerte para tiempos de exposición mayores de 30 segundos.
	>5	Tiempo de exposición máximo de un (1) minuto sin ropa de protección adecuada. Quemaduras de primer grado después de 30 segundos de exposición. Quemaduras de segundo grado después de 180 segundos de exposición. Las consecuencias estimadas del accidente producen un nivel de daño que justifica la aplicación inmediata de las medidas de seguridad.
Leve	>1.6	Tiempo de exposición máximo de tres (3) minutos sin ropa de protección adecuada. Quemaduras de primer grado después de 120 segundos de exposición. Las consecuencias a este nivel del accidente provocan efectos que, aunque perceptibles por la población, no justifican la intervención inmediata de las medidas de protección sobre las personas. Zona límite de intensidad calórica en áreas donde pueden emplearse acciones de emergencia que duren hasta varios minutos por personal con ropa adecuada.

Tabla No 1. Niveles de Afectación por Radiación Térmica

Fuente: Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis. AICHE. Second Edition. 2000.

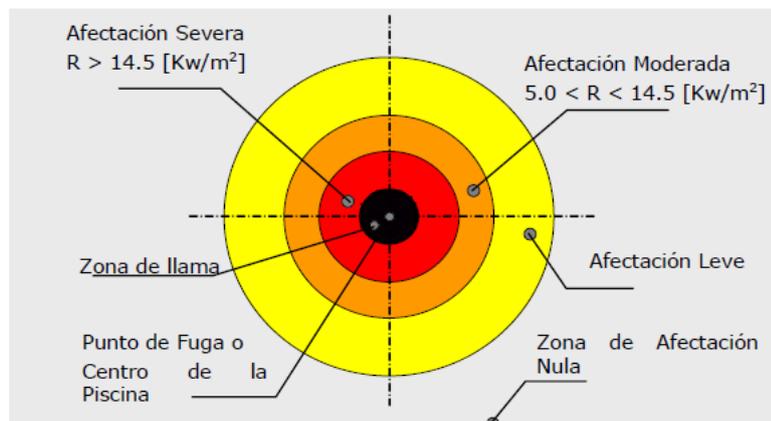


Figura No 1. Distancia de Interés Seleccionadas para Incendio de Chorro, Piscina y Blevé/Bola De Fuego

### ➤ Afectación por llamarada de nube de vapores inflamables

Los efectos originados por la llamarada son de radiación térmica, causados principalmente por el contacto directo de la llama dentro de los límites de inflamabilidad de la nube de vapores de hidrocarburo.

Para tal fin, se establece que la nube de vapor puede incendiarse hasta una distancia máxima desde el punto de fuga, dado por la distancia a la cual la concentración de la nube se ha diluido hasta el límite inferior de inflamabilidad del producto (LII). En esta zona se considera la muerte de todas las personas presentes.



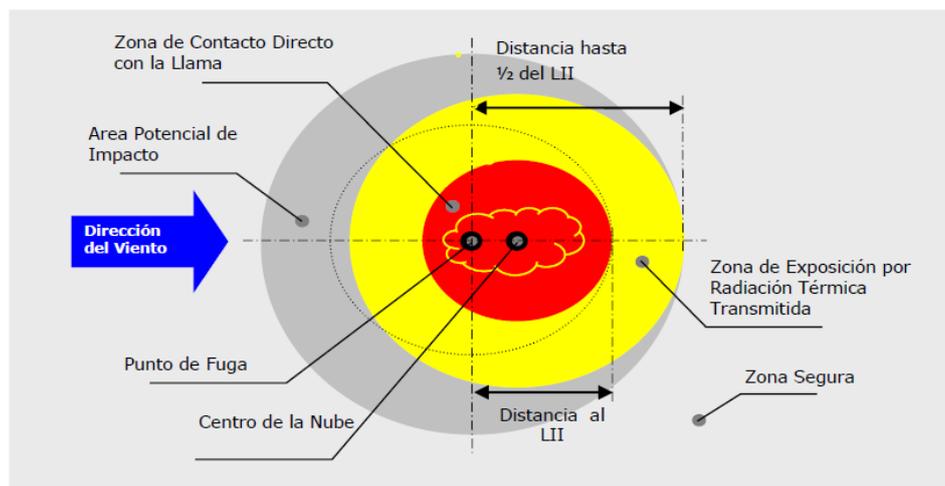
Ya que por convección se puede transmitir radiación por fuera de la distancia establecida por el (LII), entonces se considera una distancia adicional hasta que la nube se diluye a  $\frac{1}{2}$  del (LII). Respecto a la radiación transmitida por convección hacia zonas por debajo del límite inferior de inflamabilidad, si bien están sometidos a radiación, pero como la duración es muy corta el daño es muy limitado y por lo tanto se considera despreciable.

La Tabla No 2 describe los corredores de interés por afectación para el suceso final de llamarada, información que se puede apreciar adicionalmente en la Figura No 2.

Zona	Condición	Descripción
Zona Severa	LII	Zona en la cual no deben existir fuentes de ignición. Se asume el 100% de probabilidad de muerte de una persona.
Zona Moderada	LII/2	Corresponde a la distancia en la cual la nube se diluye hasta $\frac{1}{2}$ del LII.

*Tabla No 2. Niveles de Afectación por Llamarada*

Fuente: Adaptado de CPR 16E (GB: Green Book). Methods for the determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials. First edition. 1992.



*Figura No 2. Distancia de Interés Seleccionada para Llamarada*

### ➤ **Afectación por sobrepresión debido a una explosión**

En la Tabla No 3 se puede apreciar el efecto que pueden producir diferentes niveles de sobrepresión, los cuales se alcanzan de forma radial con relación al punto en el que se produce la explosión, como lo ilustra la Figura No 3.

Zona	Rango de Onda Expansiva (psi)	Descripción
Severa	14.0	Máximo pico de onda expansiva que puede desarrollar una explosión no confinada de vapores de hidrocarburos. Este nivel de onda expansiva no causa mortalidad, pero si alcanza una probabilidad de afectación del 45% por rotura de tímpano.
	>6.4	Por encima de este valor, hay destrucción casi completa de casas. Posible daño de tanques de almacenamiento y equipo de proceso. Probabilidad de afectación del 10% por rotura de tímpano.
Moderada	<3.25	El umbral de rotura de tímpano (probabilidad del 1%) se presenta a esta onda expansiva.
	>3	Al interior de esta zona se producen daños severos en estructuras de acero y mampostería (edificios industriales).
	>2	A partir de esta sobrepresión se produce el colapso parcial de techos y paredes de casas.
Leve	>0.4	Niveles de onda expansiva suficientes para ocasionar daños menores a estructuras de casas y edificios.

Tabla No 3. Niveles de Afectación por Sobrepresión

Fuente: Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis. AIChE. Second Edition. 2000.

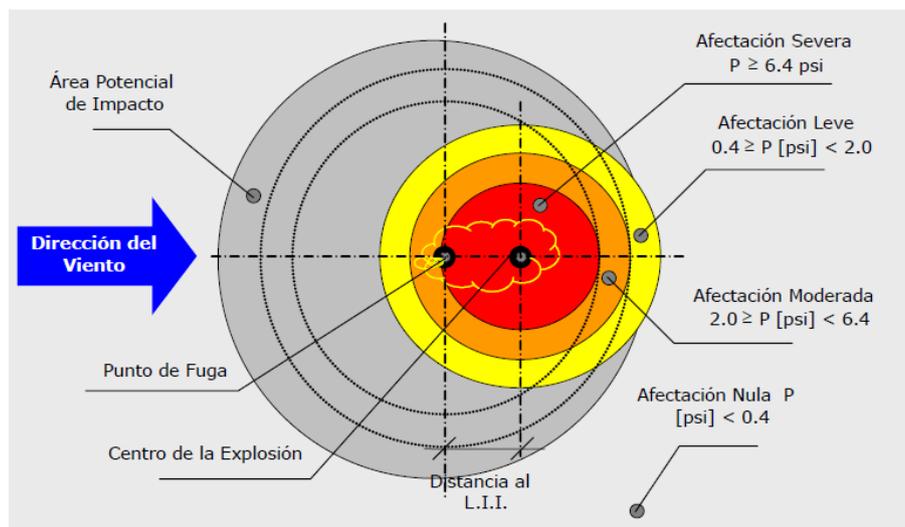


Figura No 3. Distancias de Interés Seleccionadas para Explosión

### ➤ Afectación por dispersión tóxica

La vulnerabilidad de las personas a la inhalación de sustancias tóxicas está relacionada con la naturaleza de la sustancia y su dosis, es decir, depende de la concentración y el tiempo de exposición.

Análogamente, para evaluar niveles de afectación menores que se puedan utilizar para planeación de respuesta a emergencias, la EPA ha desarrollado los índices AEGL y ERPG los cuales también definen escenarios asociados a dispersiones tóxicas de sustancias expresados en 3 niveles. En la Tabla No 4 se especifican los umbrales límites de concentraciones para diferentes grados de afectación a considerar en el análisis de riesgos.



Zona	Concentración	Descripción de la afectación
Severa	Letalidad del 90%	Es la concentración a la cual se esperaría un 90% de letalidad dentro de la población general.
	Letalidad del 50%	Es la concentración a la cual se esperaría un 50% de letalidad dentro de la población general.
Moderada	Letalidad del 1%	Es la concentración a la cual se esperaría un 1% de letalidad dentro de la población general.
	>AEGL-3	Es la concentración a/o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hipersusceptibles, podría experimentar efectos amenazantes para la vida o la muerte. Concentraciones por debajo de AEGL 3 pero por encima de AEGL 2 representan niveles de exposición que pueden causar efectos a largo plazo, serios o irreversibles o impedir la capacidad de escapar.
Leve	>AEGL-2	Concentración a/o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hipersusceptibles, puede experimentar efectos a largo plazo serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar. Concentraciones por debajo del AEGL 2 pero por encima del AEGL 1 representan niveles de exposición que pueden causar notable malestar.
	>AEGL-1	Concentración a/o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hipersusceptibles, puede experimentar una incomodidad notable. Concentraciones por debajo del AEGL 1 representan niveles de exposición que producen ligero olor, sabor u otra irritación sensorial leve.

**Tabla No 4. Niveles de Afectación por Dispersión Tóxica**

Fuente: Las concentraciones AEGL debe seleccionarse en función del tiempo de paso de la nube y se encuentran en el link: <http://www.epa.gov/opptintr/aegl/pubs/humanhealth.htm>

En caso de que no se tengan los valores de los AEGL definitivos para la sustancia evaluada se deberá utilizar los valores ERPG, los cuales también se presentan en tres niveles (según el orden de gravedad de su efecto en la salud de las personas expuestas y cuyos valores se actualizan anualmente). En la Tabla No 5 se describen los ERPG.

Concentración	Descripción
ERPG-3	La máxima concentración aérea bajo la cual se cree que casi todos los individuos podrían estar expuestos hasta por una hora sin experimentar o desarrollar efectos de salud que amenacen su vida.
ERPG-2	La máxima concentración aérea bajo la cual se cree que casi todos los individuos podrían estar expuestos hasta por una hora sin experimentar o desarrollar efectos de salud serios e irreversibles o síntomas que pudieran dañar la habilidad del individuo para tomar acción protectora.
ERPG-1	La máxima concentración aérea bajo la cual se cree que casi todos los individuos podrían estar expuestos hasta por una hora sin experimentar más que efectos de salud leves y temporales o donde no se percibe claramente un olor desagradable.

**Tabla No 5. Descripción ERPG**

Fuente: Las concentraciones ERPG se encuentran en el link: [http://www.aisa.org/insideaiha/GuidelineDevelopment/ERPG/Documents/2011erpgweelhandbook\\_table-only.pdf](http://www.aisa.org/insideaiha/GuidelineDevelopment/ERPG/Documents/2011erpgweelhandbook_table-only.pdf)

### ➤ Afectación por atmósferas asfixiantes

Los efectos asociados a atmósferas pobres en oxígeno pueden variar considerablemente de una persona a otra. En la Tabla No 6 se presentan las concentraciones de interés a tener en cuenta para establecer las distancias de afectación.

Zona	% Concentración de oxígeno	Descripción
Severa	12	Disminución de la capacidad física e intelectual
Moderada	16	Situación peligrosa

**Tabla No 6. Niveles de Afectación por Atmósferas Asfixiantes**

Fuente: Casal J., et al; Análisis de riesgo en instalaciones industriales, 1999.

Se considera que para alcanzar una concentración de oxígeno inferior a la normal en el aire (21%), debe haber un desplazamiento volumétrico del oxígeno debido a la dispersión de otra sustancia. En este caso, se estima que a una concentración de sustancia de 42.85% (428570 ppm) la concentración



de oxígeno se reduce a un 12%, que corresponde al umbral de afectación donde se presenta disminución de la capacidad física e intelectual del ser humano. Análogamente, para una concentración de sustancia de 23.84% (238400 ppm), la concentración de oxígeno se reduce a un 16%, que denota el inicio de una condición peligrosa para la salud humana.

## 12. CRITERIOS PARA LA ESTIMACIÓN DE DESCARGAS

Se deben considerar de manera diferenciada los siguientes criterios establecidos para estimar las descargas para sistemas de transporte y áreas de proceso.

### ➤ **Sistemas de ductos**

Los sistemas de ductos contemplan la infraestructura de oleoductos, mangueras submarinas y flotantes, poliductos, gasoductos, usada para transportar hidrocarburos y sus derivados.

#### ○ **Tiempo de respuesta operativo**

El tiempo de respuesta operativo corresponde al tiempo que se tarda en detectar la pérdida de contención más el tiempo de actuación (automático, semi-automático, manual). El tiempo de actuación en el caso de una rotura total se entiende como el tiempo en el que se detiene el flujo de producto ya sea por cierre de válvulas o paro de la operación de bombeo.

#### ○ **Volumen de derrame**

Para cada segmento determinado de la tubería, primero se debe estimar el volumen de derrame correspondiente tomando en cuenta los siguientes criterios para rotura total y/o parcial.

##### ▪ **Rotura total**

En el caso de una rotura total, el volumen de derrame corresponde al volumen dinámico, es decir, al volumen de bombeo durante el tiempo de respuesta operativo (detección + actuación), más el volumen hidrostático drenado.

##### ▪ **Rotura parcial o mínima**

En el caso de una rotura parcial o mínima, el volumen de derrame será igual al caudal de fuga multiplicado por el tiempo de respuesta operativo, más el volumen correspondiente al drenaje hidrostático en caso de que la operación se detenga.

#### ○ **Caudales de fuga**

Para estimar el caudal promedio en rotura total corresponde al caudal promedio de la descarga del primer 20% del total de la masa drenada.

Para el caculo en roturas parciales o mínimas se debe realizar el cálculo correspondiente al flujo de líquidos por orificios teniendo en cuenta la pérdida de presión por fricción en la tubería. El caudal de fuga a estimar corresponde al caudal promedio de la descarga del primer 20% del total de la masa drenada.

### ➤ **Áreas Operativas**

Las áreas operativas involucran las instalaciones industriales en las que se desarrollan procesos para el manejo o transformación de productos, como campos, áreas o bloques de producción, baterías, estaciones, plantas (incluyendo plantas internas de un Complejo), terminales y plataformas, entre otros.



### ○ Caudal de fuga

Para el cálculo del caudal de fuga para los diferentes equipos que se encuentran en el área operativa, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Se debe considerar la capacidad máxima de almacenamiento de los equipos.
- Para las roturas de tuberías, bombas y fugas en tanques se realiza el cálculo hidráulico correspondiente a través de un orificio. Se debe considerar un coeficiente de descarga (para la ecuación de Bernoulli) de 1 para las roturas totales en el caso de líquidos, de 0,61 para las descargas parciales en el caso de líquidos y 1 en el caso de gases.
- En el caso de las bombas, se asume que la rotura total se produce en la aspiración de la bomba. El caudal de fuga se determina realizando el correspondiente cálculo hidráulico que depende del nivel de líquido en el recipiente de suministro y la longitud de la tubería.
- El caudal de fuga corresponde al caudal promedio de la descarga del primer 20% del total de la masa drenada.

### ○ Tiempo de respuesta operativo

El tiempo de respuesta es aquel que tarda la operación en desarrollar las acciones y medidas de control previstas ante la ocurrencia de un evento, hasta detener la pérdida de contención. Está condicionado por varios factores tales como las condiciones del entorno, capacidad y eficiencia de la operación para atender el evento, instrumentación de control, etc. Los tiempos de respuesta a considerar según el tipo de válvula se relacionan en la Tabla No 7. Estos tiempos deberán ser validados por los operadores, especialmente en los casos donde los tiempos pueden ser superiores.

Tipo de válvula	Descripción	Tiempo total: detección + actuación
Automática	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La detección es totalmente automática y específica.</li> <li>• La detección resulta en una orden automática de cerrado de la válvula.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• No se requiere la actuación de un operador</li> </ul> </li> </ul>	5 minutos
Operada a distancia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La detección es totalmente automática y específica.</li> <li>• La detección resulta en una señal de alarma (en campo o en la sala de control), sonora, luminosa o ambas.</li> <li>• El operador valida la señal, localiza el pulsador de la válvula y actúa desde campo o desde la sala de control.</li> </ul>	15 minutos
Operada manualmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La detección es totalmente automática y específica.</li> <li>• La detección resulta en una señal de alarma (en campo o en la sala de control), sonora, luminosa o ambas.</li> <li>• El operador valida la señal, se desplaza hasta el lugar, localiza la válvula y la cierra manualmente.</li> </ul>	30 minutos

*Tabla No 7. Tiempos de Respuesta Operativos*

Notas:

1. Se puede considerar un tiempo más corto si se justifica técnicamente (p.e. válvulas de exceso de flujo).
2. En el caso de rompimiento de un equipo con vaciado de este sin posibilidad de bloqueo, el tiempo de fuga es igual al tiempo de vaciado del equipo.

## 13. DISTANCIAS DE AFECTACIÓN DIRECTA

Para el modelamiento de los diferentes sucesos finales y estimación de las distancias a las cuales se alcanzan los niveles de afectación se recomienda el desarrollo de un análisis de consecuencias, para ello se deberán utilizar herramientas informáticas de modelación como PHAST, CAMEO, ALOHA, u otros similares. Así mismo, se deben tener en cuenta los siguientes criterios y modelos de cálculo, con



la salvedad de que se podrán emplear modelos y parámetros diferentes siempre y cuando estén debidamente justificados.

➤ **Producto a modelar**

En el caso de que el producto no sea una sustancia pura, sino una mezcla, como ocurre con los hidrocarburos líquidos, la composición de la mezcla se recomienda obtenerse a partir de los datos de cromatografía o destilación de los productos, para la ejecución del modelamiento de los efectos de radiación, sobrepresión y dispersión.

En caso de que no se cuente con dicha información, esta debe consultarse con la autoridad técnica en contra incendio de cada área.

Las consecuencias modeladas por cada área serán el punto de partida para la definición de las protecciones pasivas y protecciones activas requeridas (Ver Capítulo 3 de la Guía ARPEL – *Guía de Sistemas de Protección Contra Incendios y Explosiones*).

La modelación debe contemplar como mínimo el análisis de los siguientes escenarios según sea el caso:

- Incendio de piscina
- Incendio de chorro (jet fire)
- Dispersión: Llamarada, nube tóxica o asfixiante
- Explosión
- Dispersión atmosférica

## 14. DISTANCIAS DE AFECTACIÓN INDIRECTA

Las distancias de afectación indirecta, se deben estimar con base en las rutas de derrame y el modelamiento de efectos de los posibles sucesos finales que pueden tener lugar a lo largo de la misma.

➤ **Rutas de derrame**

Las rutas de derrame se deben estimar para determinar las áreas de afectación indirecta. En sistemas de transporte, se realiza teniendo en cuenta, como mínimo, todos los puntos de rotura identificados anteriormente. En áreas de proceso, las rutas de derrame se presentan cuando el derrame de la sustancia supera la capacidad de los sistemas de contención de la operación (diques, trampas, etc.) y el derrame alcanza el sistema de aguas lluvias de la planta y posteriormente los drenajes naturales.

- Derrame en tierra
- Derrame en cuerpos de agua

## 15. ÁREAS DE AFECTACIÓN

El área sobre la cual se pueden recibir efectos de daño debido a la ocurrencia de sucesos finales se denomina área de afectación, y se clasifica como área de afectación directa y área de afectación indirecta. Estas áreas se calculan con base en los resultados del modelamiento de los diferentes sucesos finales y estimación de las distancias a las cuales se alcanzan los niveles de afectación de interés para cada tipo de suceso.

- En sistemas de transporte, el área de afectación directa está dada por un corredor medido desde el eje central del ducto.
- En áreas de proceso, el área de afectación directa está dada por la envolvente resultante de trazar circunferencias con centro en cada equipo involucrado en el análisis de riesgo.



## 16. IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS VULNERABLES

Partiendo de la modelación de efectos de los posibles sucesos finales y la determinación de las áreas de afectación directa e indirecta, se desarrolla la identificación de los elementos vulnerables existentes dentro de estas áreas. Esta identificación, en el caso de infraestructura de transporte lineal debe especificar el tramo de tubería en el cual se encuentran los elementos vulnerables para el área de afectación directa (abscisado inicial y final del tramo), y para el área de afectación indirecta debe especificar el tramo en el cual una rotura ocasionaría la afectación. Esta identificación debe realizarse haciendo la revisión desde el inicio del sistema de ductos. Se consideran como elementos vulnerables los asentamientos humanos, la infraestructura social, los bienes de interés cultural, las actividades productivas, empresas que manejan sustancias peligrosas, áreas ambientales sensibles, sitios de captación de agua y acuíferos.

### ➤ Criterios de Tolerabilidad

Una vez valorado el riesgo, tanto individual como social, es necesario definir los niveles de tolerabilidad al riesgo, es decir, establecer los valores de riesgo que una sociedad o instalación industrial está dispuesta a consentir a cambio del beneficio que recibe de dicha actividad. Para ello se deben determinar niveles de riesgo máximo y mínimo, donde el primero de ellos “Riesgo Inaceptable” corresponde al límite para el cual todo valor superior no puede ser justificado y por ende deben implementarse mecanismos para disminuirlo de forma inmediata y/o el área incluida dentro de este nivel de riesgo deberá ser gestionada de tal forma que haya restricción en el uso del suelo y se limite la existencia de elementos vulnerables expuestos a este nivel de riesgo. El segundo “Riesgo Aceptable”, corresponde al nivel para el que todo valor inferior puede considerarse no significativo y por lo tanto no es necesario implementar mecanismos de reducción. *De acuerdo con esto, un riesgo aceptable se define como uno inferior al criterio de riesgo mínimo, y uno inaceptable es aquel que se encuentra por encima del criterio de riesgo máximo.*





# **Sistemas de protección contra incendio en instalaciones para transporte de petróleo e hidrocarburos líquidos**

## **Capítulo 2: Áreas de Proceso**





## 1. INTRODUCCIÓN

La industria del petróleo es sin duda una de las más importantes a nivel mundial, tras la extracción del crudo, su transporte así como en los diferentes procesos de la refinación, se producen multitud de productos desde gases licuados como el propano o el butano hasta productos para producir plásticos o asfaltos, pasando obviamente por combustibles como gasolinas, gasóleos o keroseno productos que también se deben transportar en sistemas multimodales.

Dentro de estos procesos la protección contra incendios se refiere a las precauciones que se deben tomar para evitar o reducir la posibilidad de un incendio que puede causar la muerte a los operadores, lesiones, daños a la propiedad, impacto al medio ambiente y afectación a posibles comunidades aledañas a las instalaciones, con estas medidas se busca permitir a los amenazados tomar a las acciones para minimizar los posibles impactos o consecuencias de un incendio.

Las medidas de protección contra incendio incluyen aquellas que se planearon en la distribución de planta, diseño de puertos, ingenierías contra incendios, especificaciones de equipos, análisis y evaluación de los riesgos inherentes al proceso operacional del transporte y almacenamiento de hidrocarburos, elaboración de PON (Procedimientos Operativos Normalizados), planes de capacitación del personal, programas de inspecciones y mantenimientos de equipos e interacción con las comunidades aledañas.

## 2. OBJETIVOS

Definir las áreas de proceso de una planta típica de rebombeo, entrega de producto a terceros, entrega/recibo al paso y almacenamiento de Petróleo e Hidrocarburos líquidos, para cada una de ellas se deberá realizar un diseño específico del SCI, con base en las recomendaciones del capítulo 3 de la guía ARPEL, las normas y estándares aplicables.

## 3. DEFINICIONES

### 3.1. Poliductos

Redes de tuberías destinados al transporte de hidrocarburos o productos terminados, estos pueden transportar gasolina, diésel, combustóleo keroseno, naftas, gas oil etc.

### 3.2. Oleoductos

Redes de tuberías destinados al transporte de petróleo crudo.

### 3.3. Gasoductos

Conducción de tuberías que sirven para transportar gases combustibles a gran escala.

## 4. ÁREAS TÍPICAS DE UNA PLANTA DE TRANSPORTE

- ✓ Tanques de almacenamiento atmosféricos.
- ✓ Tanques de Almacenamiento criogénicos refrigerados
- ✓ Tanques de almacenamiento presurizados.
- ✓ Bombas principales.
- ✓ Bombas de refuerzo o booster.



- ✓ Trampas de recibo y despacho.
- ✓ Múltiple de recibo y despacho.
- ✓ Área de filtración, medición y marcación.
- ✓ Sistema de tea.
- ✓ Separador API y/o CPI.
- ✓ Cargadero y/o descargadero de carro tanques.
- ✓ Subestación eléctrica y/o transformadores.
- ✓ Sala de operaciones.
- ✓ Cuarto de control de motores.
- ✓ Cuarto de comunicaciones.
- ✓ Cuarto de baterías y/o UPS
- ✓ Bodegas y talleres
- ✓ Edificios administrativos.
- ✓ Helipuerto.
- ✓ Área de generadores y compresores.
- ✓ City Gate.
- ✓ Sumidero.
- ✓ Puertos Marítimos.

#### **4.1. Tanques de Almacenamiento Atmosféricos**

##### **4.1.1. Tanques de Techo Fijo Cónico o con Domo Geodésico**

Son tanques de almacenamiento atmosféricos de tipo cilíndrico vertical con techo soldado al cuerpo o con un domo autoportante apoyado en el borde superior de la envolvente del tanque, diseñados para operar a presiones internas máximas de aproximadamente la presión atmosférica.

##### **4.1.2. Tanques de Techo Fijo con Membrana Interna Flotante**

Son tanques de almacenamiento atmosféricos tipo cilíndrico vertical, de acuerdo con la descripción del 4.1.1. y además cuentan con una membrana interna flotante.

##### **4.1.3. Tanques de Techo Flotante Abiertos**

Son tanques de almacenamiento atmosféricos de tipo cilíndrico vertical, cuyo techo es flotante tipo pontón o cubierta doble con el fin de reducir las emisiones de vapores de los productos almacenados, diseñados para operar a presiones internas máximas de aproximadamente la presión atmosférica.

##### **4.1.4. Tanques de Almacenamiento criogénicos refrigerados**

Son tanques aislados térmicamente, cilíndricos y verticales, que requieren un sistema de licuefacción y refrigeración para reducir la presión de almacenaje, manteniendo en estado líquido a una temperatura próxima a  $-40\text{ °C}$  y presiones cercanas a la atmosférica, hidrocarburos que en condiciones ambientales se encuentran estado gaseoso, destinados al almacenaje de gases licuados de petróleo (LPG).



#### **4.1.5. Diques de Contención (Cubetos).**

Los diques de contención son recintos que rodean a un tanque o grupo de tanques con el fin de retener un derrame del producto almacenado en caso de fuga o agrietamiento del tanque.

#### **4.2. Tanques de Almacenamiento Presurizados**

Son tanques esféricos o cilíndricos horizontales destinados al almacenamiento de hidrocarburos muy ligeros, que a presión atmosférica se encuentran en estado gaseoso; tales como: propano, butano y propileno. Teniendo en cuenta que en algunas de las instalaciones se maneja gas licuado de petróleo (GLP), el cual en la práctica es una mezcla de propano y butano, se considera como documento de referencia para protección contra incendio, la norma NFPA 58.

#### **4.3. Bombas Principales**

Equipos de bombeo, cuya función es impulsar los productos manejados en la planta (líquidos combustibles o inflamables), con el fin de transportarlos por una tubería (oleoducto, poliducto o gasoducto, según aplique), hasta otra planta o al despacho. Las bombas principales generalmente se ubican en una caseta de estructura metálica.

#### **4.4. Bombas de Refuerzo (Booster)**

Equipos de bombeo cuya función es transportar los productos manejados en la planta desde tanques de almacenamiento hasta las bombas principales, entregándolo con cabeza positiva de presión. Las bombas de refuerzo (booster).

#### **4.5. Trampas de Recibo y Despacho**

Facilidades de tuberías, válvulas y accesorios, para el recibo o despacho de raspadores de limpieza o inspección periódica de líneas, oleoducto, gasoducto o poliducto según aplique.

#### **4.6. Múltiple de Recibo y Despacho**

Facilidades de tuberías, válvulas y accesorios, utilizadas para el recibo y despacho de la línea de transporte (oleoducto, gasoducto o poliducto) de productos.

#### **4.7. Área de Filtración, Medición y Marcación**

Zona donde se desarrolla la filtración, medición y marcación de los productos recibidos y despachados en la planta.

#### **4.8. Sistema de Tea (Antorcha)**

Sistema que es utilizado para eliminar de forma segura los gases producto de una sobrepresión de una manera responsable con el medio ambiente a través de la combustión de estos.

#### **4.9. Separador API y/o CPI**

Corresponde una piscina horizontal rectangular a presión atmosférica con tabiques divisorios; la función de éste equipo es efectuar una separación gravitacional de agua/producto. Hacia el separador se direccionan todas las aguas aceitosas de la planta.



#### **4.10. Cargadero y/o Descargadero de Carro Tanques**

Área con la infraestructura necesaria para la entrega y/o recibo de líquidos inflamables y combustibles a carro tanques.

#### **4.11. Subestación Eléctrica y/o Transformadores**

Facilidades de tipo eléctrico necesarias para la transformación de la tensión del sistema de distribución a la requerida en la planta.

#### **4.12. Sala de Operaciones**

En este cuarto se localizan el personal operativo, las consolas y equipos necesarios para desarrollar las acciones de control, supervisión y operación del proceso de la planta.

#### **4.13. Cuarto de Control de Motores**

Cuarto en el cual se localizan los tableros de fuerza y control necesarios para la operación de la planta.

#### **4.14. Cuarto de Comunicaciones**

Cuarto en el cual se ubican los equipos necesarios para las comunicaciones de voz y datos de la planta.

#### **4.15. Cuarto de Baterías y/o UPS**

Sistema de alimentación ininterrumpida es un dispositivo que gracias a sus baterías u otros elementos almacenadores de energía, puede proporcionar energía eléctrica por un tiempo limitado durante una falla del suministro de energía principal.

#### **4.16. Bodegas y Talleres**

- ✓ Bodega: Zona en la cual se almacenan insumos, equipos, repuestos, herramientas requeridas en la planta.
- ✓ Talleres: Áreas destinadas para el desarrollo de labores de mantenimiento eléctrico, mecánico y de instrumentación necesarias en la planta.

#### **4.17. Edificios Administrativos**

Área en la cual se ubican el personal y las oficinas necesarias para el desarrollo de las actividades administrativas de la planta.

#### **4.18. Helipuerto**

Lugar destinado al aterrizaje y despegue de Helicópteros.

#### **4.19. Área de Generadores y Compresores**

Área en las cuales se ubican compresores de aire industrial y generadores de respaldo de energía eléctrica.



#### 4.20. City Gate

Es una unidad paquete que mide, reduce y regula la presión del gas. Se encarga de suministrar gas a las plantas a la presión requerida según sea el caso.

#### 4.21. Sumidero

Tanque o recipiente recolector de productos a través de drenajes, alivios térmicos.

### 5. PUERTOS MARITIMOS

Las terminales marítimas de productos líquidos se diferencian en peligrosos y no peligrosos. A su vez la ubicación de las zonas de almacenamiento hará referencia a las instalaciones que se requieren para la manipulación y almacenamiento de productos líquidos peligrosos, es decir los que habitualmente se consideran inflamables y tóxicos, entre los primeros de los cuales se encuentran los gases licuados del petróleo, el gas natural, butano, propano, acetato de vinilo, hexano, acetona, tolueno, etc. y entre los tóxicos los fenoles, ácido nítrico, tetracloruro de carbono, etc. Los no peligrosos en instalaciones portuarias son solamente los gases inertes como el nitrógeno.

Los tipos de muelles son:

- Plataforma al costado, en el cual el calado permite que el buque se ubique junto al sistema de proceso para cargue o descargue por medio de mangueras flexibles o líneas fijas.
- Sistema de monoboya: (SPM) punto sencillo de amarre, es una plataforma flotante ubicada costa afuera, la cual permite que buques de gran calado carguen o descarguen productos líquidos o gases licuados, a través de un sistema que incluye ductos submarinos y mangueras submarinas y flotantes.



Cargue de costado



Monoboya



## 5.1. Conformación de Puertos Marítimos

Están conformados por:

- El atraque y sus instalaciones.
- Las tuberías de trasiego de los productos desde el atraque a la planta de almacenamiento y en su caso de ésta a los centros de consumo.
- La planta de almacenamiento propiamente dicha.
- Las características peculiares de explotación de la terminal.

## 5.2. Atraque

Teniendo en cuenta la naturaleza de los productos y su peligrosidad, los puntos de atraque suelen colocarse en las zonas más alejadas de los núcleos principales de los puertos.

- ✓ Monoboya exterior al puerto.
- ✓ Estructura offshore, externa al puerto, que permite la carga y descarga de productos.
- ✓ Dársenas parte resguardada artificialmente, en aguas navegables, para el surgidero o para la carga y descarga cómoda de embarcaciones.

## 5.3. Tipos de muelles

El muro de muelle que ha de lograr el atraque no son básicamente diferentes de las de los muelles convencionales, excepto para las características de que, al tratarse de productos líquidos, no se requieren explanadas inmediatas ni áreas de evolución de los vehículos de tierra, grúas de muelle, depósitos de mercancías, etc. Los muelles más frecuentes para la descarga o carga de productos líquidos son los pilotes y los cajones.

En el muelle de atraque se sitúa todo el sistema de válvulas de las terminales de las tuberías que a él llegan juntamente con otros elementos de control y seguridad como puede ser los manómetros, los purgadores, los registros, tomas de agua, etc. Para facilitar el manejo de las mangueras flexibles que conectan las tuberías de tierra con el buque, ya que se trata de elementos de gran peso, se colocan bien unos pequeños puntales que permitan su izada y recogida.

El alumbrado del muelle, con independencia del que pueda llevar el buque, y dadas las condiciones de seguridad que se requieren, suele lograrse mediante castilletes de gran altura alejados del atraque y que, con proyectores de gran potencia, consiguen el nivel luminoso que se desea.

Entre el atraque y las plantas de almacenamiento o de transformación se establece la conexión mediante un conjunto de tuberías denominado habitualmente "rack".

## 5.4. Plantas De Almacenamiento

Las plantas de almacenamiento, es decir los puntos en que se sitúan los tanques en donde se albergan los productos en espera del buque o destino terrestre, se planifican en las áreas más alejadas de los puertos y, por supuesto, de los núcleos urbanos o de trabajo.

La reunión de las plantas destinadas al almacenamiento de líquidos peligrosos tiene, además, la ventaja de que permite otorgar el área un tratamiento específico de vigilancia, tráfico de vehículos, alumbrados, etc. La simplificación de servicios comunes como pueden ser los de contraincendios, alarmas, tanques de decantación, servicios de emisarios submarinos, etc., también es una razón a tener en cuenta.



## 5.5. Distribución de áreas

En los que se refiere a condiciones de seguridad, en la planta se diferencian dos tipos de áreas. Por un lado aquellas en las que puede existir presencia de vapores inflamables o explosivos con carácter eventual o en circunstancias anormales, y por otro lado, aquellas en las que pueden aparecer gases u otros combustibles en el curso de las operaciones de la planta.

- a) **Zonas de carga y descarga:** Son aquellas en que se manipulan productos desde unidades de transporte a las zonas de almacenamiento y viceversa. Comprende los elementos de distribución, los brazos de carga, las bombas situadas en áreas de carga, los compresores, las de toma de muestras, las estaciones de llenado y vaciado de bidones y, si estas se sitúan dentro de un edificio cerrado, la totalidad del edificio aunque en éste se realicen otras funciones.
- b) **Zonas de bombeo:** Se distinguen específicamente como zonas de bombeo las no destinadas a la carga y descarga o las situadas fuera del área de carga y descarga aunque se destinen a estos fines. Se asimilan a estas zonas las de compresión de gases en la planta de almacenamiento de gases. Si las bombas se sitúan en un edificio cerrado se considera como zona de bombeo la totalidad del edificio.
- c) **Zonas con fuegos abiertos:** Se consideran como tales aquellas áreas en que pueden presentarse llamas o chispas así como todo lugar al aire libre en el que pueda producirse éstas o que presenten superficies capaces de alcanzar una temperatura elevada. En tales pueden considerarse los hornos, las calderas, las forjas, los gasógenos fijos o móviles o incluso en antorchas, los motores de explosión o combustión interna, aunque no sean de seguridad, las instalaciones eléctricas y los emplazamientos o locales en los que esté permitido encender fuego o fumar.
- d) **Otras áreas:** Son las correspondientes a las de mezclas de productos similares a las de bombeo, las de bombas de agua contra incendios, los depósitos de lodos y de neutralizantes en planta de almacenamiento de reactivos peligrosos, etc.

## 5.6. Tanques

El almacenamiento se puede realizar en tanques aéreos o subterráneos y los aéreos de techo fijo o flotante abiertos, o en recipientes transportables que pueden estar al aire libre.

## 5.7. Diques de Contención (Cubetos)

Los diques de contención son recintos que rodean a un tanque o grupo de tanques con el fin de retener un derrame del producto almacenado en caso de fuga o agrietamiento del tanque.

## 5.8. Instalaciones varias

- ✓ Edificios de administración
- ✓ Alumbrado que ha de ser de tipo denominado “de seguridad”.
- ✓ Zona de espera de vehículos de carga.
- ✓ Cercas protectoras y de separación entre planta y el exterior y entre distintas zonas de la planta.

Los cables suelen ser blindados (malla de aluminio y fleje metálico) y se instalan cortafuegos, que son fundas a modo de casquillos de escasa longitud, de material especial, que se funden e interrumpen el avance de la llama. Los sistemas “antidefragantes” o de “seguridad aumentada” se aplican a todo el aplican a todo el elemento eléctrico.





# **Sistemas de protección contra incendio en instalaciones para transporte de petróleo e hidrocarburos líquidos**

## **Capítulo 3: Sistemas de Protección Contra Incendio**





## 1. INTRODUCCIÓN

La seguridad y protección contra incendios se refiere a las protecciones pasivas, activas y las competencias de los brigadistas, que se deben tomar para mitigar o controlar un incendio que puede generar afectación a las personas, el medio ambiente, la comunidad y las instalaciones. Con estas medidas se busca tomar acciones para minimizar los posibles impactos o consecuencias de un incendio.

Las medidas de protección contra incendio están representadas en acciones que parten de:

- Análisis y evaluación de Riesgos de los procesos involucrados
- Ingeniería Contra Incendio
- Suministro e instalación de los sistemas de protección contra incendio
- Inspecciones, pruebas y mantenimiento
- Capacitación del Personal

Este documento pretende ser una guía técnica que facilite la conceptualización de los diseños de ingeniería para los sistemas de protección contra incendios en las instalaciones del segmento de transporte y almacenamiento de petróleo e hidrocarburos líquidos para las empresas socias de ARPEL (Asociación Regional de Empresas del sector Petróleo, Gas y Biocombustibles en Latinoamérica y El Caribe).

## 2. OBJETIVO

Proveer una guía técnica de orientación y definición de los criterios mínimos a tener en cuenta para el diseño de sistemas contra incendio en las instalación de transporte y almacenamiento de petróleo e hidrocarburos líquidos, permitiendo definir los mínimos requerimientos normativos basado en los estándares de NFPA (National Fire Protection Association), API (American Petroleum Institute) y buenas prácticas de la industria Oil & Gas.

## 3. ALCANCE

- Establecer los requerimientos y parámetros mínimos para el diseño de sistemas de protección contra incendio.
- Definir el nivel de protección contra incendios requeridos según el tipo de instalación.
- Relacionar los principales tipos de sistemas y equipos de protección contra incendio.
- Evaluar las filosofías de operación de sistemas de protección contra incendio.

## 4. REFERENCIAS NORMATIVAS

Para el desarrollo de la presente esta Guía se han tomado como referencia en sus últimas ediciones o su equivalente los siguientes documentos:



Norma	Título
<b>NFPA</b>	<b>NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA)</b>
<b>NFPA 1</b>	Uniform Fire Code
<b>NFPA 10</b>	Standard for Portable Fire Extinguishers
<b>NFPA 11</b>	Standard for Low, Medium, and High-Expansion Foam
<b>NFPA 12</b>	Norma sobre Sistemas Extintores de Dióxido de Carbono
<b>NFPA 13</b>	Standard for the Installations of Sprinkler Systems
<b>NFPA 14</b>	Standard for the Installation of Standpipe, Private Hydrant, and Hose Systems
<b>NFPA 15</b>	Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection
<b>NFPA 16</b>	Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems
<b>NFPA 20</b>	Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection
<b>NFPA 22</b>	Standard for Water Tanks for Private Fire Protection
<b>NFPA 24</b>	Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances.
<b>NFPA 30</b>	Flammable and Combustible Liquids Code.
<b>NFPA 58</b>	Liquefied Petroleum Gas Code.
<b>NFPA 70</b>	National Electrical Code
<b>NFPA 72</b>	National Fire Alarm Code
<b>NFPA 101</b>	Life Safety Code
<b>NFPA 251</b>	Standard Methods of Tests of Fire Resistance of Building Construction and Material
<b>NFPA 497</b>	Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas
<b>NFPA 551</b>	Evaluation of Fire Risk Assessments
<b>NFPA 850</b>	Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations
<b>NFPA 2001</b>	Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems
<b>HANDBOOK NFPA</b>	Manual de Protección Contra Incendios
<b>API</b>	<b>AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (API)</b>
<b>API 580</b>	Risk-Based Inspection
<b>API 581</b>	Risk-Based Inspection Base Resource Document
<b>API RP 2021</b>	Management of Atmospheric Storage Tank Fires
<b>API RP 2030</b>	Application of Fixed Water Spray Systems for Fire Protection in the Petroleum and Petrochemical Industries
<b>API RP 2218</b>	Fireproofing Practices in Petroleum and Petrochemical Processing Plants
<b>API STD 2510</b>	Design and Construction of LPG Installations
<b>API RP 2510A</b>	Fire-Protection considerations for the Design and Operation of Liquefied Petroleum Gas (LPG) Storage Facilities

Tabla No 1. Normas de referencia



## 5. REQUERIMIENTOS GENERALES

La adopción del criterio se definirá en cada instalación según consideraciones Técnico – Económicas que permitan lograr los mejores resultados con base al análisis de riesgos de las áreas definidas a proteger. Los lineamientos para la adopción de un criterio específico de diseño para los sistemas de protección contra incendio, está en función del análisis de riesgos evaluado, la evaluación técnica – económica y cumpliendo los criterios mínimos establecidos en la presente guía, siguiendo un orden de recomendado de cumplimiento:

1. Reglamentación legal vigente de aplicación, sin excepción.
2. Estándares corporativos de la compañía.
3. Códigos NFPA y API; cuando existan vacíos en los criterios mencionados anteriormente.
4. Diseño por desempeño, cuando situaciones particulares de la instalación no sean cubiertas por la normativa.

### 5.1. AUTORIDAD COMPETENTE

Para efectos de la presente Guía cada instalación deberá contar con una organización, oficina o individuo responsable de hacer cumplir los requerimientos de un código o norma y de la aprobación de equipos, materiales, instalación o procedimientos. Los profesionales especialistas (Autoridad Técnica) en Contra Incendio deberían contar con una experiencia específica mínima en diseño, instalación, operación, inspección – pruebas y mantenimiento (IPM), de equipos y sistemas de protección contra incendio en la industria de Oil & Gas, con el fin de asegurar la disponibilidad, mantenibilidad y mejoramiento continuo de los mismos.

Además de administrar, direccionar y controlar los lineamientos, políticas y reglamentos internos y corporativos en la Gestión Integral del Riesgo Contra Incendio, los especialistas en Contra Incendio deberán revisar y avalar los proyectos nuevos, de reposición, mejoramiento y los procesos de mantenimiento que impliquen compras, ampliación y/o modificaciones en los sistemas contra incendio existentes. Deben participar en los análisis de riesgos de incendio, y en la confección de los procedimientos operativos.

Por otra parte los especialistas en Contra Incendio deberán garantizar el aseguramiento técnico de las ingenierías conceptual, básica y detalle para proyectos nuevos, ampliaciones y modificaciones con base en las recomendaciones definidas por este capítulo y las recomendaciones de NFPA y API aplicables según sea el caso, buenas prácticas de la industria Oil & Gas y otras normas referentes a protección contra incendio. El profesional debe coordinar y asegurar la ejecución de los entrenamientos y el fortalecimiento de competencias en atención de emergencias en incendios, y tener la autoridad de hacer cumplir los requerimientos internos y de norma para el desarrollo de precomisionamiento y comisionamiento de sistemas y equipos de protección contra incendio.

## 6. PROTECCIONES PASIVAS

### 6.1. BASES DE DISEÑO PROTECCIONES PASIVAS

Las protecciones pasivas se encuentra entre una de las opciones para mitigar los daños por fuego, ofreciendo protección contra la radiación por un tiempo limitado y un grado de exposición determinada. Están principalmente relacionadas con el diseño inicial de una instalación, donde factores como selección de equipos, ubicación, distancias de separación y puntos de drenaje son de gran importancia para reducir los niveles de riesgo y establecer un adecuado control de la emergencia. Sin embargo es necesario asegurar la implementación de mecanismos de protección adicionales con



el fin de mejorar la capacidad de mantener la integridad mecánica de los equipos y estructuras durante un incendio.

El valor principal de la protección contra el fuego se realiza durante las primeras etapas de un incendio cuando los esfuerzos se dirigen principalmente a la parada de las unidades de proceso (Shut Down), el aislamiento del flujo de combustible y el accionamiento de los sistemas de extinción de incendio del área afectada. Por lo anterior, se debe asegurar que los equipos y estructuras expuestos a los efectos de la radiación por incendio no colapsen y generen daños a la instalación, lesiones al personal y permitan prevenir la escalada del incendio a un nivel inaceptable, logrando protección por un periodo limitado de tiempo el cual garantiza la implementación de medidas de control y extinción de incendios.

Se recomienda realizar un Análisis de Consecuencias mediante el cual se analicen los diferentes escenarios de incendio y se determine los equipos y estructuras que se verán afectados por la radiación durante un evento de incendio. La selección de los niveles de protección requeridos debe basarse en las probabilidades de un incendio y el impacto potencial de daño sobre cada uno de los escenarios analizados.

Se recomienda que el sistema de protecciones pasivas cumpla como mínimo lo siguiente:

- Prevenir o retardar la transferencia de calor desde el sitio del incendio hasta las áreas, equipos y estructuras adyacentes.
- Mantener la capacidad de carga de los soportes de una estructura o una barrera contra fuego para un tiempo mínimo de treinta (30) minutos o mayor dependiendo de las condiciones de operación y diseño.
- Mantener la integridad de la barrera contra fuego previendo la trasmisión de llamas, humos, calor y gases calientes, (sellamiento de paso de tuberías eléctricas, etc.).

Entre los elementos a proteger están:

### **6.1.1. TANQUES DE ALMACENAMIENTO ATMOSFÉRICOS**

Para este tipo de tanques de almacenamiento se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- En cuanto al control de derrames se debe cumplir lo estipulado en la norma NFPA 30, para determinar el dimensionamiento y la capacidad de los diques de contención alrededor de los tanques.
- Para el espaciamiento entre tanques se deben tener en cuenta los niveles de radiación obtenidos del análisis de consecuencias, los cuales determinarán el distanciamiento mínimo entre tanques que almacenan hidrocarburos para evitar la necesidad de implementar anillos de refrigeración.

### **6.1.2. TRANSFORMADORES**

Para la instalación de transformadores se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Separación mínima y muros cortafuego entre transformadores y para separación entre edificios aledaños, de acuerdo con las recomendaciones de NFPA 850.

### **6.1.3. PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS**

- Para la protección de las columnas de las casetas de Bombas Principales de Proceso, la definición del tipo de material a utilizar debe estar de acuerdo con las recomendaciones de



API 2218, con el fin de prevenir o retardar la transferencia de calor desde el área incendiada hasta la estructura de la caseta.

- Para la prevención de la transmisión de llamas, humos, calor y gases calientes se recomienda la instalación de barreras cortafuego (sellos cortafuego) que garanticen el sellamiento de pasos de tuberías eléctricas, pasos de bandejas porta cables o trincheras (cárcamos), etc.). Dentro de áreas tales como: sala de operaciones, sótano de bandejas porta cable, cuarto de control de motores, cuarto de comunicaciones, cuarto de baterías o UPS.

#### **6.1.4. CONSIDERACIONES DE DISEÑO**

- La extensión de las zonas a prueba de fuego alrededor de equipos y estructuras se indicará por el diseñador sobre esquemas y planos de construcción, incluyendo el grado de protección contra incendios.
- El tipo de material resistente al fuego y su método de construcción deberá ser especificado por el diseñador. Es requerido hacer cálculos de transferencia de calor para determinar el espesor del aislamiento según los radios de afectación por radiación.
- La autoridad competente con apoyo del diseñador determinará si es requerido elementos estructurales o refuerzos dentro de las zonas de resistencia al fuego.

## **7. PROTECCIONES ACTIVAS**

Corresponde a una medida de protección que tiene como fundamento la extinción del incendio a través de mecanismos físico – químico y se clasifican fundamentalmente por los sistemas que se presentan a continuación.

### **7.1. SISTEMA A BASE DE AGUA**

En este numeral se pretende establecer las bases de diseño para sistemas de extinción de incendios con base en agua para una planta típica de bombeo y almacenamiento de petróleo e hidrocarburos líquidos.

#### **7.1.1. ABASTECIMIENTO DE AGUA**

Las fuentes de agua deben considerar los siguientes aspectos:

- Debe ser una fuente de abastecimiento confiable en el tiempo y permitir la disponibilidad para realizar una reposición del volumen requerido de acuerdo con las recomendaciones de NFPA, el tiempo que se defina deberá ser validado por la autoridad competente del área.
- Cualquier fuente de agua es adecuada en calidad, cantidad y presión y podrá proveer el suministro de agua contra incendio (ríos, lagos, pozos, acueductos, agua de mar etc.).

Se recomienda considerar el uso de agua de mar, pero solamente como respaldo a los sistemas de protección contra incendios principales.

#### **7.1.2. ALMACENAMIENTO DE AGUA**

El almacenamiento de agua deberá ser de uso exclusivo para el sistema contra incendio.

El volumen de agua contra incendio deberá ser dimensionado de acuerdo con el consumo del escenario más crítico, acorde a los resultados del análisis de consecuencias y el desarrollo de la



ingeniería para un tiempo de operación mínimo de cuatro (4) horas para instalaciones donde se almacenan crudos, refinados o GLP, en tanques de capacidad mayor a 20 kbl, se debe verificar el límite almacenamiento con base en la legislación del área de aplicación de la guía.

Para instalaciones de rebombeo, entrega del producto a terceros y entrega/recibo al paso cuya capacidad de almacenamiento sea inferior a 20 kbl se recomienda que el volumen de agua contra incendio sea dimensionado de acuerdo con el consumo del escenario más crítico, acorde a los resultados del análisis de consecuencias y el desarrollo de la ingeniería para un tiempo de operación mínimo de ciento treinta minutos (130 min) de acuerdo con API 2021 (55 minutos es lo que solicita API y 10 minutos adicionales de refrigeración y aseguramiento para brigadas de emergencia, para un total de 65 minutos que sumado a un factor de seguridad del 100% sobre el tiempo establecido de 65 minutos se obtienen un volumen de almacenamiento de agua contra incendios para 130 minutos).

Los volúmenes de agua contra incendio pueden ser variables dependiendo de un análisis aprobado por la autoridad competente. Se recomienda cumplir con alguno de los relacionados anteriormente.

Para el diseño, construcción y mantenimiento de tanques de agua contra incendio y mantenimiento de tanques de agua contra incendio se recomienda la aplicación de NFPA 22.

Los requerimientos mínimos para tanques almacenamiento para agua contra incendios.

- Indicador de Nivel de agua para tanques atmosféricos, bajo NFPA 72.
- Regleta de nivel de agua para piscinas y tanques atmosféricos.
- Tubería de descarga (Válvula de control y Válvula Check).
- Tubería de Llenado (Fill).
- Tubería para sobre llenado (Overflow).
- Abertura para limpieza.
- Tubería para Drenaje.
- Placa Anti-vórtice (Tanques de Succión).
- Se deberán instalar escaleras para los tanques de almacenamiento atmosféricos en conformidad con los requerimientos de NFPA 22.

La localización del tanque deberá cumplir con los distanciamientos resultantes en el Análisis de Riesgo (Niveles de afectación térmica por radiación térmica y explosión) de tal forma que no queden expuestos al fuego o ubicados en zonas de riesgo que puedan afectar su integridad.

En zonas donde existan estaciones se recomienda la instalación de tapa sin embargo se puede omitir en zonas tropicales siempre y cuando se evite la generación de vida microbiana de acuerdo a lo recomendado por NFPA 25.

Se recomienda considerar en las instalaciones mecanismos que permitan asegurar las condiciones de agua limpia que abastezca la red de protección contra incendio.

Cada caso se puede analizar con la autoridad competente para que determinar el volumen de agua requerido para cada caso en particular.

## 7.2. UNIDADES DE BOMBEO CONTRA INCENDIO

Son regidas por la norma NFPA 20 la cual corresponde a la selección e instalación de bombas estacionarias para el suministro de agua para protección privada contra incendio e incluye todo lo relacionados como:

- Succión, descarga y equipo auxiliar



- Suministro de energía
- Motor eléctrico y controlador
- Motor de combustión interna y controlador

### 7.2.1. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO E INSTALACIÓN

- Las unidades de bombeo contra incendio, deberán cumplir en diseño e instalación con lo estipulado en la norma NFPA 20. Los componentes de las unidades de bombeo deben ser listados y/o aprobados para uso en sistemas contra incendio.
- Las unidades de bombeo deberán estar disponibles en todo momento, incluso en condiciones de emergencia, por lo cual se recomienda que la unidad se encuentre en condición de encendido automático, por lo es requerido una bomba auxiliar sostenedora de presión o Jockey.
- Los sistemas de bombeo contra incendio deberán ser diseñados para evitar condiciones las de fallas comunes relacionadas en NFPA 20.
- Los materiales de construcción de las unidades contra incendio deberán ser adecuados para el funcionamiento seguro y eficiente contra exposición de ambiente marino según sea requerido. Estos materiales deberán ser capaces de soportar las condiciones ambientales y no deben deteriorarse a un ritmo que perjudicará a la eficiencia de la unidad dentro de su vida útil especificada.
- El desempeño de la unidad de bombeo contra incendio deberá garantizar el suministro de agua requerido para el escenario más crítico dentro de la instalación evaluada.
- La selección de la unidad de bombeo de agua contra incendio horizontal y vertical no deberá ser menor al 90% de su capacidad nominal ni mayor al 120% de ella (Ej. Si una unidad de 1000 @ 100 psi, podría ser seleccionada para escenarios que demanden entre los 900 y 1200 gpm). Para casos donde el escenario demande un caudal superior al 120 % de la capacidad nominal de la bomba en instalaciones existentes, se deben emplear bombas suplementarias bajo norma NFPA 20, que completen el requerimiento de caudal total.
- La cabeza de descarga para cada unidad de bombeo deberá ser suficiente para garantizar una presión residual mínima de 100 psi en el punto más desfavorable hidráulicamente.
- La succión debe ser diseñada para cumplir con los requerimientos normativos de la NFPA 20, la velocidad de succión no debe ser mayor a 15 ft/s.
- La velocidad de descarga de la unidad de bombeo no deberá ser mayor a 20 ft/s.
- Contar con un tramo de tubería no menor a diez diámetros equivalentes de la succión sin cambios de dirección medidos desde la brida de succión de la bomba.
- Se recomienda que el diámetro de la tubería de succión, en el tramo aguas arriba de la brida de succión de la bomba de longitud igual a 10 diámetros, sea mayor al diámetro de la brida de la unidad en por lo menos un diámetro que sea comercial. Lo anterior debe verificarse hidráulicamente y de acuerdo a las condiciones particulares de cada instalación.
- La presión máxima a caudal cero, más la presión estática ajustada por elevación (Altura máxima de cabeza estática tanque de almacenamiento agua contra incendio) no deberá ser mayor que la presión de trabajo de los componentes del sistema.
- El montaje de las unidades de agua contra incendio (Bombas, controladores, motores y tubería) deberá permitir el acceso para la operación y mantenimiento.
- Las bombas centrifugas horizontales no se deberán utilizar, en donde exista una condición de succión negativa.
- Las bombas centrifugas horizontales deberán seleccionarse considerando que el nivel mínimo de succión se encuentre a 1 ft por arriba del eje de la bomba.



- Cuando no se disponga de una cabeza de succión positiva se recomienda seleccionar bombas verticales, cuyos impulsores se encuentren por debajo del nivel dinámico.
- No será necesaria una fuente alternativa de energía para las unidades de bombeo principales accionadas por motores eléctricos, donde exista una bomba de respaldo impulsada por motor diésel, turbina de vapor o motor eléctrico con una fuente de energía alternativa de respaldo de acuerdo a NFPA 20.
- Las unidades de bombeo principales, deberán ser accionadas con motores eléctricos cuando el suministro de energía eléctrica sea confiable y este alimentado por un circuito independiente.
- Cuando no se cuente con un suministro de energía eléctrica confiable, las unidades de bombeo deberán ser accionadas por motores diésel o turbina de vapor.
- Para las unidades de bombeo es requerido contar con una bomba sostenedora de presión (Jockey) según las recomendaciones de la NFPA 20.
- No se deberán considerar la bomba contra incendio principal o redundante, como bombas de mantenimiento de presión.
- Para el diseño del cabezal de succión que alimente a varias bombas de agua contra incendio, instaladas para operar simultáneamente, deberán conducir el 150 por ciento de la capacidad nominal de la suma de todas las bombas principales.
- Para el diseño del cabezal de succión donde se alimenten más de una bomba se recomienda realizar una configuración simétrica y bajo parámetros de NFPA 20.
- Se recomienda considerar en el diseño dos o más unidades de agua contra incendio en paralelo que suplan la demanda de agua requerida para el escenario más crítico dentro de la instalación evaluada, siempre y cuando en escenarios de menor requerimiento en la instalación no se excedan las presiones de operación del sistema. Se deberán ajustar los valores del Set Point de arranque con el fin de evitar el encendido en simultaneidad de las bombas cuando los requerimientos de caudal sean bajos.
- Las válvulas de alivio de presión no deben ser usadas como mecanismos para no exceder la presión de trabajo de los componentes de la red contra incendio.
- Se deberá incluir en los diseños la localización y tipo de soportes requeridos para evitar que las tuberías transfieran esfuerzos a la carcasa de la bomba.
- Se recomienda que una o varias unidades de agua contra incendio se encuentren protegidas contra la intemperie por medio de una caseta o cubierta adecuada para este fin.
- Para tuberías de succión en bombas horizontales se deberá considerar: Evitar la formación de bolsas de aire y la formación de vórtice.
- La presión manométrica de succión de las unidades de bombeo debe ser mínimo de 0 psi (0 bar) cuando estas se encuentren operando al 150% de su capacidad nominal.
- Para el diseño de Cabezal de Pruebas de las unidades de bombeo contra incendio, se recomienda dimensionar la tubería hidráulicamente desde la brida de descarga de la carcasa de la bomba hasta la salida de las válvulas del cabezal para un flujo no menor del 150% de la capacidad nominal.
- Cuando se determine que las unidades de bombeo contra incendio sean operadas con motor Diésel o Eléctrico con control de velocidad variable se instalará una válvula de alivio de presión listada o aprobada, cuando la presión de cierre al 121% de la presión máxima sin flujo más la presión estática de succión ajustada por elevación, supere la presión máxima de trabajo de los elementos (tuberías, válvulas, equipos de descarga, entre otros). En la actualidad un evento de sobre velocidad en estos motores es de muy baja probabilidad por lo cual la descarga de la válvula de alivio puede ser a una cuneta de aguas lluvias en la caseta de bombas o retornando al tanque pero debe ser visible al operador de los equipos.



- La válvula de alivio de presión en las unidades con motor Diésel o Eléctrico con control de velocidad variable, no deben tener antes ni después de ellas válvulas de corte o retención.
- Las desviaciones que puedan encontrarse durante el proceso de diseño e instalación, deberán consultarse con la autoridad competente de cada área para definir la viabilidad técnica económica para cada instalación.

### 7.3. RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CONTRA INCENDIO

Son regidas por las normas NFPA 14 y 24 las cuales establecen los requerimientos de diseño para las redes privadas de incendios y sistemas de tomas de mangueras.

#### 7.3.1. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO E INSTALACIÓN

- El diámetro mínimo para una red de distribución de agua contra incendio debe ser de  $\varnothing 6''$  de acuerdo con lo indicado en la norma NFPA 24, preferiblemente en instalación aérea y solo se enterraría en los cruces de vías o áreas donde los efectos de la radiación de un incendio puedan comprometer su integridad.
- La selección del material de la red de distribución debe estar en concordancia con lo establecido en la norma NFPA 24. Para sistemas que usen agua dulce se recomienda el uso de acero al carbono y para agua salada se plantea el uso de tuberías plásticas listadas para uso en contra incendio.
- La red de distribución debe estar dimensionada para suministrar el caudal y presión requeridos en el evento de mayor demanda de la instalación (evento crítico).
- La red de distribución debe estar soportada con un cálculo hidráulico donde se corrobore que tiene la capacidad de atender el mayor evento, se recomienda que el software utilizado para tal fin sea listado o aprobado para sistemas de protección contra incendio.
- No se permite la selección de válvulas de apertura o cierre rápido (menor a 5 segundos) en la red de distribución, estas generan golpe de ariete lo que deteriora los elementos y las unidades de contra incendio. Se recomienda que las válvulas de la red sean tipo compuerta de vástago ascendente o mariposa listada o aprobada.
- Se recomienda instalar válvulas de seccionamiento en la red de distribución que permitan usar en el evento de incendio o durante el mantenimiento por lo menos la mitad de los dispositivos de descarga que protegen los diferentes riesgos de la instalación.
- La presión mínima en la base del(los) hidrante(s) en el punto hidráulicamente más alejado de la red de distribución respecto a las unidades de bombeo no debe ser inferior a 100 psi de acuerdo con lo especificado en la norma API RP 2001.
- Los cruces de vía o donde la tubería debe ser enterrada se recomienda que sea tipo caballete (usando codos de  $45^\circ$ ) esto para evitar senos que generan bolsas de aire en la red de distribución.
- Para tuberías enterradas se recomienda que la profundidad de la red sea de 0,9 m en zonas sin tránsito de vehículos y en los cruces de vías a una profundidad de 1,2 m con respecto a la parte superior de la tubería. Para facilitar la inspección y operatividad de las válvulas de seccionamiento de la red se recomienda que el montaje de ellas sea tipo caballete y aéreas.
- Cuando la red de distribución sea metálica (como el acero al carbono) y sea requerido enterrarla para cruces de vías o por protección, se debe proteger contra la corrosión definiendo el método más efectivo para tal fin siguiendo los requerimientos de la NACE International Institute (National Association of Corrosion Engineers).



- La red de distribución principal debe estar dispuesta en forma de anillos alrededor de las diferentes áreas a proteger, garantizando la alimentación de los equipos o redes secundarias (anillos de refrigeración, alimentación a proporcionadores de espuma, etc.), por dos (2) vías.
- En el diseño se debe considerar la ubicación de los hidrantes de acuerdo con los niveles de radiación obtenidos del Análisis de Riesgos: Con el fin de minimizar los riesgos por radiación, sobrepresión por explosión, impactos por vehículos u otros factores que pongan en riesgo la integridad mecánica de la tubería, cuando esta se vea afectada se recomienda instalar subterránea.
- El trazado de la red no debe cruzar por el interior de diques de contención de tanques de almacenamiento, construcciones, bodegas, edificaciones, por el centro de vías o áreas de proceso.
- La tubería de la red de agua contraincendios aérea, deberá estar debidamente anclada y soportada, así mismo debe contar con guías para minimizar los efectos del movimiento oscilatorio horizontal y vertical, provocados durante la operación, la instalación debe ser hecha bajo parámetros de norma y buenas prácticas de la industria Oil & Gas.
- Cuando la instalación tenga definido como medios de protección secundarios los cuerpos de bomberos se deben implementar tomas para camiones de contra incendio con acoples compatibles definidos por las normas NFPA 1962 y 1963.
- El diseño de la red de distribución debe contemplar como dispositivos de descarga de agua, hidrantes-monitores, los cuales se recomienda que cumplan con las siguientes características:
  - Monitor de una vía o tipo cobra de una capacidad de 1.250 gpm aprobado.
  - Boquilla de chorro combinable (directo y niebla) listada o aprobada.
  - Válvula de corte tipo vástago ascendente listada o aprobada.
  - Toma(s) de manguera(s) de diámetro nominal 2 1/2" con válvula de corte con tapa y cadena listada o aprobada.
  - Toma para camión contra incendio de diámetro nominal 4" a 6" (solo aplica a instalaciones donde se cuente con estos vehículos o se tenga respaldo de los cuerpos de bomberos locales).
  - Cuerpo de hidrante con un diámetro de 4" a 6".
- La capacidad de las boquillas para los hidrantes-monitores debe estar determinada con el estudio de consumos de los diferentes escenarios de incendio de la instalación y su localización debe estar soportada por los corredores de afectación del estudio de consecuencias del análisis de riesgos, donde la norma NFPA 24 indica que no debe ser menor a 40 ft (12.2 m) del área a proteger. Se recomienda que las boquillas para instalaciones de rebombeo, entrega del producto a terceros y entrega/recibo al paso cuya capacidad de almacenamiento sea inferior a 20 kbl, sean de una capacidad mínima de 250 gpm.
- Los hidrante-monitores deben ser identificados con un TAG que permita su fácil reconocimiento en la red de distribución y en el cuarto de operaciones en el P&ID del sistema.
- Las conexiones roscadas deben usar preferiblemente la rosca NH o la que utilicen los cuerpos de bomberos que pueden prestar apoyo a la instalación.

#### **7.4. SISTEMAS DE ASPERSIÓN**

Son regidos por las normas NFPA 15 y API 2030, las cuales establecen los requerimientos de diseño de los sistemas de aspersión de agua para protección contra incendios.



### 7.4.1. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO E INSTALACIÓN

- El diseño de estos sistemas debe considerarse para alguno de los siguientes propósitos:
  - Extinción de incendios.
  - Control de combustión.
  - Protección contra la exposición.
  - Control de vapores inflamables.
- Los componentes del sistema deben seleccionarse para una presión de trabajo máxima de 175 psi.
- Los componentes del sistema deben ser listados y/o aprobados para uso en sistemas contra incendio.
- Los componentes del sistema instalados en exteriores o en presencia de atmosferas corrosivas, deberán ser de materiales resistentes a la corrosión o contar con mecanismos para protegerlos contra ella.
- Los sistemas de agua pulverizada, no pretenden reemplazar a las instalaciones de rociadores automáticos. Pueden ser independientes o complementar otras formas de protección y su uso está limitado según la naturaleza de los equipos a proteger.
- Para el diseño e instalación se recomienda considerar las especificaciones de los equipos que se protegerán así como las propiedades físicas y químicas de los materiales combustibles para definir el propósito del sistema de aspersión de agua más conveniente para el escenario analizado.
- La red de distribución debe estar dimensionada para suministrar los caudales y presiones requeridos en el menor tiempo posible con todos los aspersores abiertos según sea el caso, garantizando una presión mínima de 30 psi en el punto hidráulicamente más desfavorable de la red.
- Se recomienda que los patrones de descarga de los aspersores se superpongan y la descarga sea perpendicular a la superficie del área o equipo a proteger.
- El diseño debe estar soportado por un cálculo hidráulico de acuerdo a las recomendaciones de NFPA 15 y/o API 2030, se recomienda que el software utilizado para tal fin sea listado y/o aprobado para sistemas de protección contra incendio.
- El diseño del sistema de aspersores deberá estar calculado con base al equipo o área protegida y la densidad de aplicación definida por NFPA 15 y/o API 2030. Con base en lo anterior se seleccionará la cantidad de aspersores, ubicación y ángulos de descarga.
- El posicionamiento de los aspersores deberá considerar:
  - La forma y tamaño del área o equipo a proteger.
  - Diseño del aspersor y características del modelo de pulverización de agua que va ser producido.
  - El efecto del viento y el tiro (fuerza ascendente) del fuego sobre las gotas de agua muy pequeñas o sobre las de mayor tamaño con baja velocidad inicial.
  - La obstrucción o la pérdida potencial de la superficie a proteger y el incremento de desperdicio de agua.
  - Los efectos de la orientación del aspersor sobre las características de cubrimiento.
  - Potencial de daño mecánico.
- Cada uno de los sistemas de aspersión debe estar provisto de un Filtro en “Y” listado y/o aprobado para uso en sistemas contra incendio, con el fin de retener materiales que puedan obstruir el funcionamiento de los aspersores.
- Se recomienda la instalación de una válvula de drenaje en el punto más bajo, con un diámetro mínimo de ¾” por cada uno de los sistemas de aspersión que permita drenar hacia un vertimiento donde las aguas sean debidamente tratadas antes de ser entregadas a un



afluente principal. La válvula de drenaje deberá ser listada y/o aprobada para uso en sistemas contra incendio.

- Se recomienda que los sistemas de aspersión estén configurados con válvulas de diluvio y válvulas de compuerta tipo vástago ascendente listadas y/o aprobadas para uso en sistemas contra incendio.
- Se recomienda definir la ubicación de las válvulas de compuerta o diluvio para cada uno de los sistemas de aspersión de acuerdo con los niveles de radiación obtenidos del Análisis de Riesgos con el fin de minimizar los factores que pongan en riesgo la integridad mecánica del equipo, además de garantizar un área segura para la operación manual de las válvulas.
- No se permite la selección de válvulas de apertura o cierre rápido (menor a 5 segundos) en los sistemas de aspersión.
- Todas las válvulas que conforman el sistema de aspersión deben estar identificadas de manera permanente con materiales resistente a la intemperie.
- Las tuberías de los sistemas de aspersión deben estar localizadas en sitios donde las posibilidades de daño por impacto de vehículos en movimiento o por condiciones operativas sean nulas. Así mismo se deben proveer de mecanismos que permitan el desmantelamiento del sistema durante la ejecución de las rutinas de mantenimiento de las áreas o equipos protegidas.
- La selección del material de la red de distribución del sistema de aspersión debe estar en concordancia con lo establecido en la norma NFPA 15.
- Los materiales de los aspersores deberá ser en bronce o acero inoxidable, u otro material que garantice su resistencia a la corrosión.
- La selección del tipo y tamaño del aspersor deberá realizarse con base en factores como:
  - Características del Riesgo.
  - Patrón y características de descarga.
  - Condiciones ambientales.
  - Material combustible del área o equipo.
  - Propósito de diseño del sistema.
- Los aspersores pueden instalarse en cualquier posición que se determine para obtener un cubrimiento adecuado del área o equipo protegido, para ello el espaciamiento entre los aspersores no deberá exceder 3 m (10 ft).
- Se recomienda que los aspersores sean del tipo abiertos, además deben tener sus características principales marcadas en el cuerpo y ser listados y/o aprobados para uso en sistemas contra incendio.

## 7.5. SISTEMA DE ESPUMA CONTRA INCENDIOS

Son regidos por la norma NFPA 11 y NFPA 16, la cual establece los requerimientos para el diseño, instalación, operación y mantenimiento de los sistemas de espuma de baja, media y alta expansión para la protección contra incendios.

### 7.5.1. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO E INSTALACIÓN

- El tipo de espuma recomendable para la protección contra incendio de las áreas que manejan líquidos combustibles e inflamables son concentrados de espuma de baja expansión. El propósito de estos diseños deben estar orientados únicamente a la extinción de un incendio mediante la formación de burbujas generadas por la mezcla de agua y un concentrado de espuma de baja expansión, cuya superficie flota sobre el hidrocarburo incendiado y a su vez



elimina el aire y enfría la superficie permitiendo así la supresión de los vapores incendiados para evitar la re ignición de las superficies extinguidas.

- El diseño no debe ser aplicable para la extinción de incendios tridimensionales de hidrocarburos o incendios de gases.
- Todos los componentes y equipos incluyendo los concentrados de espuma deben ser listados y/o aprobados para sistemas de protección contra incendio.
- Todos los concentrados de espuma deben ser compatibles y certificados con los equipos de proporcionamiento y dispositivos de descarga seleccionados para cada caso específico, además los concentrados de espuma no deben mezclarse con el propósito de evitar que se pierdan sus propiedades extintoras.
- El sistema de espuma debe ser dimensionado para suministrar el caudal y volumen de espuma requerido en el evento de mayor demanda de la instalación analizada, tomando como referencia el tiempo de aplicación, densidad de aplicación y el equipo de proporcionamiento de espuma seleccionado.
- Se recomienda definir la ubicación de los equipos de proporcionamiento de espuma de acuerdo con los niveles de radiación obtenidos del Análisis de Riesgos, con el fin de que no quede en áreas expuestas al fuego o la radiación que pongan en riesgo la integridad mecánica de los equipos y no permita su operación.
- Se recomienda el uso de sistemas fijos de proporcionamiento de espuma los cuales deben incluir como mínimo el tanque de almacenamiento de concentrado de espuma, sistema de bombeo y/o inyección de concentrado de espuma y dosificador de espuma. Estos pueden estar clasificados en los siguientes tipos:
  - Proporcionador de espuma de presión balanceada estándar.
  - Proporcionador de espuma de presión balanceada en línea (ILBP).
  - Tanque proporcionador de espuma tipo vejiga (Bladder Tank).
  - Tanque proporcionador de espuma a presión (PPH).
  - Eductores en línea.
- Cuando un sistema fijo proteja dos o más escenarios de incendio, se debe proveer de un cabezal de distribución de espuma que permita aislar a través de válvulas de diluvio y/o válvulas de compuerta tipo vástago ascendente, los equipos y/o escenarios que no requieran la protección durante un evento de incendio, se recomienda que el cabezal se encuentre localizado lo más cercano posible al equipo de proporcionamiento de espuma con el fin de minimizar las pérdidas de solución de espuma.
- Se recomienda que la red de distribución de espuma no sea tipo anillo y los tiempos de llegada de la solución de espuma a las áreas protegidas sean lo más bajo posible dependiendo la configuración del sistema y de acuerdo a los tiempos de respuesta establecidos por instalación (las buenas prácticas de la industria O&G recomiendan tiempos menores a cinco (5) minutos). Se recomienda validar mediante una simulación hidráulica el tiempo de respuesta para el área más desfavorable hidráulicamente respecto a la localización del equipo de proporcionamiento de espuma.
- El agua de suministro para los sistemas de espuma deberá ser de una calidad tal que no tenga efectos adversos sobre la formación y estabilidad de la espuma. No deberá haber presencia de inhibidores de corrosión, emulsión de productos químicos o cualquier otro aditivo que no haya sido avalado previamente por el fabricante del concentrado de espuma.
- La red de distribución de espuma debe estar soportada con un cálculo hidráulico, se recomienda que el software utilizado para tal fin sea listado o aprobado para sistemas de protección contra incendio.
- Se recomienda contar con una reserva de concentrado de espuma en las cantidades y volúmenes requeridos para cada instalación o disponer de un suministro exterior con un



tiempo de reposición no mayor a 24 horas y debe almacenarse en recipientes diferentes al tanque de almacenamiento de concentrado de espuma del equipo de proporcionamiento.

- La selección de concentrado de espuma, las densidades y tiempos de aplicación deben estar con base a las normas NFPA 11.
- La selección del material de la red distribución de solución de espuma debe estar en concordancia en lo establecido por la NFPA 11.
- En las líneas de solución de espuma se deberán disponer de válvulas de drenaje en los puntos más bajos de la red, para realizar el drenado de la línea, dichas válvulas deben ser listadas y/o aprobadas para sistemas de protección contra incendio.
- Se recomienda la instalación de un filtro “Y”, una válvula de retención, una válvula de diluvio y/o válvula de compuerta de vástago ascendente a la entrada del equipo de proporcionamiento de espuma seleccionado, todos los accesorios y elementos deben ser listados y/o aprobados para sistemas de protección contra incendio.
- Se recomienda que el cabezal de distribución de espuma y la unidad de proporcionamiento de espuma seleccionada se encuentren protegidas contra la intemperie por medio de una caseta o cubierta adecuada para este fin.
- Se permite el uso de sistemas de espuma semi – fijos, siempre y cuando la instalación cuente con vehículos contra incendio equipados para proporcionar el rango y el volumen de dosificación requerido para el mayor evento de incendio definido.
- La presión residual de la red de agua contra incendio a la entrada del equipo de proporcionamiento de espuma seleccionado no deberá ser mayor a 175 psi.
- Para asegurar la disponibilidad de los sistemas de proporcionamiento de espuma de presión balanceada estándar y Presión Balanceada en Línea (ILBP) en unidades paquetizadas, se recomienda disponer de dos bombas impulsadas por un motor eléctrico y un motor diésel respectivamente.
- Se recomienda para el diseño del sistema de espuma, verificar las presiones de trabajo mínimas requeridas por los fabricantes de los dosificadores, con el fin de asegurar el rango de trabajo requerido según los riesgos a proteger.
- La presión máxima permitida en los dispositivos de descarga del sistema de proporcionamiento no debe exceder el valor recomendado por los fabricantes de equipos o dispositivos.
- Para los sistemas de presión balanceada en línea se recomienda disponer de una bomba sostenedora de presión para la red de concentrado de espuma.
- El uso de tecnologías nuevas que no estén definidas por esta guía, o por los códigos y normas aplicables a cada instalación, deberán ser avaladas por la autoridad competente del área.

### 7.5.2. TIPOS CONCENTRADOS DE ESPUMA

El concentrado de espuma de baja expansión seleccionado debe ser listado y aprobado para su uso en sistemas de protección contra incendio. El concentrado seleccionado no debe mezclarse con diferentes tipos o marcas de concentrado en el almacenamiento, sin embargo bajo condiciones especiales la NFPA 11 permite la mezcla de diferentes concentrados de espuma de baja expansión, generados separadamente durante la atención de una emergencia, estos pueden ser aplicados simultáneamente o en secuencia.

Los concentrados de espuma recomendados son:

- Espumas Fluoroproteínicas FP.
- Espumas sintéticas AFFF (Aqueous Film Forming Foam)
- Espumas especiales multipropósito AR AFFF Tipo Alcohol. (Alcohol Resistant)



### 7.5.3. TIPOS DISPOSITIVOS DE DESCARGA DE ESPUMA

Cualquier desviación de la presente guía, o a los códigos y normas aplicables a cada instalación deberá ser avalada por la autoridad competente de cada área.

#### 7.5.3.1 Cámaras de Espuma

- Las cámaras de espuma deberán ser listadas y/o aprobadas para uso en sistemas contra incendio.
- Deben ser especificadas para tanques de almacenamiento de líquidos inflamables o combustibles de acuerdo a los parámetros de selección y localización establecidos en la norma NFPA 11.
- La densidad de aplicación y los tiempos deberán estar en conformidad con lo establecido en la norma NFPA 11.
- Para tanques de techo fijo, se recomienda que las cámaras de espuma se instalen a una altura aproximada entre 8" y 12" (203 y 305 mm), con respecto a la junta del techo del tanque para evitar que el líquido almacenado en el tanque se desborde hacia las líneas de suministro de solución de espuma.
- Cuando se consideren dos o más cámaras de espuma, se deberán ubicar alrededor del perímetro del tanque de manera equidistante y cada una de las cámaras deberá suministrar un caudal proporcional de acuerdo al número de cámaras instaladas.
- Las cámaras de espuma deben contar con un deflector instalado en la pared interna del tanque protegido, para prevenir la sumersión de la espuma y la agitación de la superficie del hidrocarburo.
- Se deberán disponer de válvulas de drenaje en los puntos más bajos de las líneas de alimentación de las cámaras de espuma, para realizar el drenado de la línea.
- La protección primaria con cámaras de espuma, deberá contar con mecanismos de protección suplementaria para derrames pequeños en conformidad con lo establecido en NFPA 11.
- Se recomienda asegurar durante el diseño una velocidad de descarga no mayor a 20 ft/s (6 m/s) y una presión de trabajo mínima de 40 psi a la entrada de las cámaras de espuma y una presión máxima de trabajo de 100 psi de acuerdo con las especificaciones técnicas de los fabricantes de las cámaras de espuma.
- Para tanques de techo fijo, las cámaras de espuma deberán contar con un mecanismo que evite la entrada de vapores a las tuberías, este deberá ser construido de material durable y permitir ser roto a una presión baja (Usualmente el rango está comprendido entre 10 a 20 psi).
- Para tanques de techo fijo cada cámara de espuma debe ser alimentada por una tubería independiente, y deberá contar con una válvula de corte localizada fuera del dique y/o a una distancia mínima con respecto a la pared del tanque de 50 ft (15,24 m).
- El diseño del sistema contra incendio para tanques de techo flotante deberá estar diseñado para proteger únicamente el área del sello del techo en conformidad con lo establecido en NFPA 11.
- Para tanques de techo flotante se recomienda alimentar las cámaras de espuma a través de una tubería en forma de anillo e instalada alrededor del perímetro del tanque y cercano al borde del techo, este a su vez será alimentado por medio de una única tubería de suministro de solución de espuma.
- Para el caso de tanques de techo flotante interno con domo geodésico, se recomienda realizar un análisis de riesgos basados en criterios de NFPA 11 y API 650, con el fin de



determinar en conjunto con la autoridad competente del área el método de protección contra incendio más adecuado para la instalación, es decir definir si el sistema debe ser dimensionado para la protección de toda la superficie del techo del tanque o por el contrario únicamente debe protegerse el área del sello del techo flotante interno.

- Se recomienda que los deflectores de descarga instalados en interior de los tanques de techo flotante interno con domo geodésico sean diseñados para permitir que el techo pase por arriba del deflector sin dañarlo.
- Para protección de tanques que contienen líquidos inflamables o combustibles que requieren concentrados de espuma resistente al alcohol, se debe validar las tasas y tiempo de aplicación requeridos con los fabricantes de las espumas.
- Para tanques de techo cónico se recomienda que las líneas de alimentación de las cámaras de espuma sean enterradas para evitar rupturas ocasionadas por el desprendimiento del techo.
- Para sistemas semi fijos, se recomienda que las líneas de alimentación a las cámaras de espuma tengan válvulas de retención y siamesas con tapa, ubicadas de tal forma que permitan la ubicación del camión contra incendios en diferentes frentes de combate.
- Se recomienda disponer de conexiones para manguera de 2 ½" con tapa y cadena en la parte superior de los tanques de techo flotante para el desarrollo de maniobras de combate con mangueras, de acuerdo con las recomendaciones de NFPA 11.

### 7.5.3.2 Monitores de Espuma

- Los componentes de los monitores de espuma deberán ser listados y/o aprobados para uso en sistemas contra incendio.
- La tasa de aplicación y los tiempos deberán estar en conformidad con lo establecido en la norma NFPA 11, de acuerdo al tipo de concentrado de espuma que se esté especificando según sea el caso.
- Los monitores deben estar localizados fuera del dique cuando son diseñados como medio de protección contra incendio de los diques para tanques de almacenamiento.
- Los monitores de espuma pueden llegar a ser utilizados como medio de protección primaria para tanques de almacenamiento de líquidos combustibles o inflamables con un diámetro no mayor a 60 ft (18 m).
- De acuerdo al tipo de concentrado de espuma seleccionado para la aplicación con monitores, deberá seleccionarse una boquilla tipo Hydrofoam con espumas sintéticas y para aplicación de espumas Fluoroproteínicas las boquillas deben ser tipo lanzas generadoras de espuma de baja expansión, para todos los casos los componentes deben ser listados y/o aprobados para uso en sistemas contra incendio y deben ser compatibles con el concentrado de espuma especificado.
- Las boquillas Hydrofoam tienen la ventaja de incrementar el alcance del chorro comparadas con las lanzas, por lo cual se recomienda al momento de seleccionar el tipo de concentrado de espuma y su aplicación con hidrantes - monitores de espuma verificar las certificaciones y listamientos de los equipos para asegurar la cobertura del área protegida.
- Para la protección contra incendio de terminales de carga marítima y fluvial se recomienda la instalación de hidrantes - monitores de espuma sobre torres de por lo menos 1.000 gpm (3.800 Lpm), operados remotamente para la protección del muelle y de la cubierta de la embarcación. Y para la protección del muelle por el evento de un derrame se recomienda la instalación de monitores oscilantes.



- La tasa y tiempo de aplicación requerido para la protección de áreas o equipos que contienen líquidos inflamables o combustibles que requieren concentrados de espuma resistente al alcohol deben ser validadas con los fabricantes de las espumas.

### 7.5.3.3 Sistemas de Rociadores de Agua - Espuma

Se recomienda la instalación de sistemas de agua-espuma para la protección contra incendio de casetas de bombas principales, cargaderos y descargaderos de carro tanques y su instalación debe estar acorde a los parámetros de la NFPA 11, NFPA 13 y NFPA 16.

### 7.5.3.4 Requerimientos de diseño e instalación

- La red de distribución de espuma debe estar soportada con un cálculo hidráulico, se recomienda que el software utilizado para tal fin sea listado o aprobado para sistemas de protección contra incendio.
- Los componentes del sistema de rociadores de agua espuma deben ser listados y/o aprobados para su uso en sistemas de protección contra incendio.
- La selección del material de la red de distribución del sistema de aspersión debe estar en concordancia con lo establecido en la norma NFPA 13 y NFPA 16.
- Los rociadores de agua – espuma deben ser del tipo Montantes (Upright) o Colgantes (Pendent) con un patrón estándar “tipo parábola”, además deben ser auto-aspirantes de tipo abierto con un deflector para formar el patrón de agua-espuma descargado.
- La red de distribución debe estar dimensionada para suministrar los caudales y presiones requeridos en el menor tiempo posible con todos los rociadores abiertos, y debe garantizar una presión mínima de 30 psi en el punto hidráulicamente más desfavorable de la red de rociadores.
- La tasa de extinción y los tiempos de extinción deben estar con concordancia con las recomendaciones de NFPA 16.
- Los sistemas de rociadores de agua-espuma debe estar provisto de un Filtro en “Y” listado y/o aprobado para uso en sistemas contra incendio, con el fin de retener materiales que puedan obstruir el funcionamiento de los rociadores.
- Se deberán disponer de válvulas de drenaje en los puntos más bajos de la tubería de alimentación del sistema de rociadores, para realizar el drenado de la línea.
- Se recomienda que los patrones de descarga de los rociadores se superpongan y la descarga sea perpendicular a la superficie del área protegida.
- El área máxima de diseño para un sistema de rociadores no debe ser mayor a 5.000 ft<sup>2</sup> (465 m<sup>2</sup>), para superficies que superen esta área se debe contemplar la protección con dos o más sistemas de rociadores alimentados desde tuberías independientes.
- La separación entre rociadores no deberá ser mayor de 100 ft<sup>2</sup> (9,3 m<sup>2</sup>), y la separación entre ramales de rociadores no deberá exceder los 12 ft (3,7 m).
- Los componentes del sistema instalados en exteriores o en presencia de atmosferas corrosivas, deberán ser de materiales resistentes a la corrosión o contar con mecanismos para protegerlos contra ella.
- Se recomienda que los sistemas de rociadores de agua-espuma estén configurados con válvulas de diluvio y válvulas de compuerta tipo vástago ascendente listada y/o aprobada para uso en sistemas de protección contra incendio.
- Las válvulas de operación de los rociadores de agua-espuma deben estar localizadas en áreas seguras de acuerdo con los niveles de radiación obtenidos del análisis de consecuencias, con



el fin de que no queden expuestas al fuego o la radiación y pongan en riesgo la integridad de los equipos y no permitan su operación manual.

- La densidad y tiempo de aplicación requeridos para la protección de áreas o equipos que contienen líquidos inflamables o combustibles que requieren concentrados de espuma resistente al alcohol deben ser validadas con los fabricantes de las espumas.

## 7.6. SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMAS DE FUEGO Y GAS (F&G)

Los sistemas de detección y alarmas de fuego y gas se debe fundamentar en funciones de supervisar, monitorear, alertar, controlar y evitar eventos y/o desastres causados por la presencia de mezclas de gases inflamables de hidrocarburos que eventualmente puedan entrar en contacto con fuentes de ignición en áreas de proceso; este sistema también debe controlar y supervisar las señales de los dispositivos de detección, bombas contra incendio, equipos de proporcionamiento de espuma, válvulas de diluvio, sistemas de agente limpio y generar señales por medio de equipos de notificación y alarma, deberán contar con un panel de control que notifique y registre las señales a los operadores por medio de una Interfaz Hombre Máquina (HMI) donde se observe las áreas protegidas y la ubicación de equipos sobre un plano mímico de la instalación completa con la misma capacidad de notificar, supervisar y controlar los equipos y dispositivos en campo. Todo el sistema debe ser completamente funcional de acuerdo con NFPA 72.

- Se recomienda definir como punto de partida para el desarrollo del diseño de detección y alarmas de fuego y gas un Análisis de Riesgos que permita identificar los niveles de radiación, explosión y dispersión de gases a los cuales se verán expuestos los equipos con base en un análisis cualitativo y cuantitativo de cada instalación.
- Se recomienda definir una filosofía de operación que asegure la seguridad de las personas, protección de las instalaciones y medio ambiente, permita definir la localización de los equipos y dispositivos del sistema de detección y alarmas en la instalación evaluada.
- Los equipos y dispositivos que integran el sistema de detección y alarma de fuego y gas deben estar listados y/o certificados para ser instalados en áreas de alto riesgo de acuerdo a NFPA 70, además deben ser compatibles entre sí para funcionar como un sistema conjunto y en lo posible se recomienda que sean de un mismo fabricante.
- El Panel de Control del sistema de Fuego y Gas debe estar listado y/o certificado para sistemas de detección, alarma y extinción con Agua, Espuma y Agentes Limpios.
- Todos los equipos y dispositivos deberán estar debidamente identificados, y la asignación de TAG y/o Etiquetas deberá estar de acuerdo con las especificaciones de cada compañía.
- El sistema de Fuego y Gas debe estar provisto de una fuente suplementaria de poder con una autonomía de mínima de 24 horas y 5 minutos en alarma, debe suministrar la potencia necesaria para alimentar todos los elementos del sistema, esta deber ser de uso exclusivo para el sistema contra incendio.
- La transferencia entre la fuente de energía principal y la suplementaria debe ser automática y en ningún caso se debe generar una pérdida de configuración en ninguno de los componentes del sistema.
- Para la selección del tipo de detector y cobertura se recomienda partir de los resultados del análisis de riesgos y los corredores de afectación definidos en dicho documento (niveles de radiación y dispersión de gases), buscando minimizar falsas alarmas y cubriendo todas las áreas de riesgo de la planta.
- Por cada proyecto se debe construir una matriz causa – efecto la cual debe ser aprobada previo a su implementación por el especialista contra incendio de cada negocio.



### 7.6.1. DETECTORES DE FUEGO (LLAMA)

Funcionan por medio de las longitudes de onda infrarrojas y/o ultravioleta emitidas por una llama viva, su activación permite confirmar el inicio de un incendio sobre unidades de procesos o equipos en operación.

- La ubicación e instalación de los detectores de llama debe tener en cuenta las áreas de cubrimiento, evitando interferencias y buscando cubrir totalmente el área a proteger.
- Se recomienda que los detectores de llama cuenten con mecanismos que eviten la condensación de humedad en los lentes de los sensores.
- Se recomienda que los detectores tengan un rango de visión mínimo de 90° horizontal y 90° vertical.
- Los detectores de llama no deberán tener respuesta a la radiación solar, radiación generada por procesos de soldadura por arco, rayos X y superficies calientes, pero deberán ser capaces de responder a un incendio en un tiempo igual o inferior a 10 segundos.
- Se recomienda que los detectores sean instalados de tal forma que faciliten el acceso del personal para el mantenimiento y su calibración, así mismo se debe verificar durante la instalación que no sea bloqueado el cono de visión por elementos estructurales o equipos.
- Se recomienda que los detectores cuenten con un soporte giratorio con el fin de facilitar su rotación y ajuste en campo para direccionarlo a los riesgos protegidos, los materiales deberán ser resistentes a las condiciones ambientales del área de instalación.
- Los detectores deben ser listados y/o aprobados para el uso en sistemas contra incendio.

### 7.6.2. DETECTORES LINEALES DE CALOR

El detector lineal de calor es un cable que se compone de dos conductores aislados individualmente con un polímero sensible al calor y que se encuentran trenzados para crear presión entre sí. Cuando se alcanza la temperatura calibrada, el aislador cede ante la presión del trenzado, permitiendo el contacto de los conductores y activando la señal de alarma.

- Se recomienda la instalación de detectores lineales de calor en el perímetro del sello para tanques de techo flotante.
- Para bandejas portables que requieran detección, se recomienda instalar un detector lineal de calor de acuerdo con los criterios de diseño e instalación de los fabricantes.
- Se recomienda la instalación en campo de cajas de fin de línea provista de interruptores de pruebas de alarma y pre alarma, certificado para áreas clasificadas.
- La selección, suministro e instalación del detector lineal de calor debería realizarse con base a los requerimientos de fábrica y NFPA 72.

### 7.6.3. DETECTORES PUNTUALES TÉRMICOS

Son detectores de compensación y responden cuando la temperatura que rodea alcanza un nivel predeterminado, sin que la velocidad de incremento de la temperatura tenga efecto sobre la respuesta.

- Se recomienda su instalación en cuartos de baterías y áreas cerradas como cuartos de generadores eléctricos.

### 7.6.4. DETECTORES TERMOVELOCIMÉTRICOS PUNTUALES DE TEMPERATURA

Son detectores que responden cuando se produce un rápido incremento de la temperatura, independientemente del nivel en que se encuentre. También existen detectores combinados que responden ante un incremento rápido o un umbral de temperatura prefijado.



- Se recomienda su instalación en transformadores que requieran un sistema fijo de extinción de incendios, de acuerdo a los criterios de diseño e instalación de los fabricantes.

#### **7.6.5. DETECCIÓN DE HUMO FOTO ELÉCTRICOS Y IÓNICOS**

Este tipo de detección se utiliza para ambientes cerrados, permiten la detección de humo de manera temprana a través de la interrupción de un haz de luz o la conductividad de las partículas de la combustión.

- Deben ser Listados y/o aprobados para uso en sistemas contra incendio.
- Los detectores de humo solo deberán instalarse en la orientación para la cual hayan sido certificados.
- Para la localización y distribución de los detectores de humo se deben considerar los siguientes factores del área a proteger: materiales y forma del techo y paredes, altura del área, sistema de aire acondicionado y ventilación, clasificación de proceso, humos que se producen en el área (polvo, desprendimiento normal de humos como parte del proceso como por ejemplo la soldadura, entre otros).
- Para el caso de los detectores de humo por aspiración de aire cada punto de muestreo deberá ser tratado para efectos de la ubicación, como un detector de humo puntual. Así mismo el tiempo de censado desde el punto de muestreo más alejado no deberá ser superior a 120 segundos.
- El software bajo el cual se realicen los cálculos de los sistemas de detección de humo por aspiración de aire debe ser listado y aprobado para uso en sistemas contra incendio de acuerdo con la marca de los equipos especificados.
- Se recomienda que la tubería del sistema de aspiración de aire sea en CPVC listada para uso en sistemas contra incendio.

#### **7.6.6. DETECTORES DE ATMÓSFERA EXPLOSIVA (GASES EXPLOSIVOS)**

Este tipo de detección se debe emplear para monitorear y controlar la presencia y acumulación de gases inflamables en la atmósfera o ambiente de un área abierta, dando alarma en el evento que exista una concentración determinada.

- Se recomienda que los detectores de gas proveen una señal de alarma de baja concentración cuando esta sea de 20% del nivel LEL y una señal de alarma de alta concentración cuando se detecte una concentración de gas de 40% del nivel LEL.
- Se recomienda que la instalación de los detectores facilite el acceso a los mismos para el mantenimiento y la calibración.
- Se recomienda que los detectores tengan una cubierta de protección contra el polvo y agua.
- Deben ser listados y/o aprobados para uso en sistemas contra incendio.
- Se recomienda que los detectores de atmósfera explosiva estén identificados con el TAG, con una placa de acero inoxidable grabado en bajo relieve.
- La selección de los detectores debe estar determinada a la clase de vapor o gas a detectar, deben identificarse la dirección del viento para su correcta ubicación.
- Se recomienda que áreas de almacenamiento de GLP, instalar detectores de gas combustible tipo open path o de trayectoria abierta adecuados para zonas abiertas y con gran cobertura.
- En zonas donde tienen una clasificación Clase 1 Div 1 según NFPA 497 se recomienda No instalar este tipo de detección.



### 7.6.7. DETECTORES DE GASES TÓXICOS

Los sistemas de detección de gases tóxicos son utilizados en aquellas aplicaciones o ambientes potencialmente peligrosos donde se requiere una protección específica contra gases tóxicos o inflamables.

Debido a los riesgos que se presentan al trabajar en espacios confinados, es de vital importancia la protección y prevención para garantizar la seguridad en el lugar de trabajo. En la mayoría de los casos se requieren pruebas de la atmósfera con un equipo de detección de gases. Los detectores de gases tóxicos pueden detectar hasta ocho (8) sustancias químicas como son CO, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CL<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>.

### 7.6.8. DISPOSITIVOS VISUALES

Mecanismo visual que advierte sobre un peligro a través de una luz intermitente, puede ser empleado en áreas industriales y/o administrativas, para áreas industriales se recomienda el uso de luces a prueba de explosión de tipo giratorio o intermitente donde el nivel de ruido promedio sea igual o superior a 105 db. La señal visible debe ser intermitente y no debe exceder la frecuencia de dos pulsaciones por segundo o 2 Hz, la máxima duración del pulso debe ser de 0,2 segundos y su intensidad no debe exceder las 1000 cd (candelas). La luz debe ser de color claro y blanca en conformidad con NFPA 72. Las señales visuales se deben instalar en toda área administrativa independiente del nivel de ruido.

### 7.6.9. DISPOSITIVOS DE NOTIFICACIÓN AUDIBLES

Mecanismo sonoro que advierte sobre un peligro con un nivel de ruido superior al del ambiente normal de trabajo, es la comunicación oficial sobre la ocurrencia de una emergencia y/o el requerimiento de evacuar el lugar.

La intensidad sonora de las alarmas debe estar 15 dB por encima del nivel de intensidad promedio en la zona o 5dB por encima de la máxima intensidad de ruido medida en el área, teniendo una duración por lo menos de 60 segundos. Esta intensidad debe verificarse a una distancia de 5 pies (1,5 metros) sobre el piso en conformidad con NFPA 72. Para aquellos casos particulares en donde el nivel promedio de ruido en la zona supere los 110 dB se debe considerar el uso de alarmas de mayor capacidad.

### 7.6.10. NOTIFICACIÓN MASIVA

Sistema que provee información e instrucciones a personas de un edificio, áreas de proceso u otro espacio utilizando comunicación por voz inteligible, señales visibles, texto, gráficos, sistemas táctiles u otros métodos de comunicación, para áreas de proceso deben ser a prueba de explosión, entre las condiciones para que el sistema de notificación sea funcional se recomienda:

- El nivel de intensidad deberá encontrarse 5 dB por encima del nivel máximo de ruido o 15 dB por encima del nivel promedio. Con una duración de por lo menos 60 segundos.
- Desarrollar simulacros de notificación masiva y alarma documentados
- Realización y registro de pruebas semanales de funcionamiento.
- El sistema de notificación masiva y alarma deberá cubrir todas las zonas de interés.
- Las señales audibles deberán ser diferentes a otras señales sonoras asociadas con el proceso en concordancia con NFPA 72.



Patrón de Alarma	Evento	Descripción
Continua y/o voceo con una duración de más de 30 segundos	Emergencia	Siempre que se active una alarma sonora continua con una duración mayor a 30 segundos significa que hay Emergencia. El plan de acción se ajusta al plan de contingencia de cada una de las áreas.

Tabla No 2. Patrones de Alarma

### 7.6.11. ESTACIONES MANUALES DE ALARMA

Son dispositivos de inicio de alarma de incendio de accionamiento manual en sitio, asociados a un sistema de detección de incendios, en áreas operativas la caja de la estación debe ser a prueba de explosión, según la lógica de control la estación notifica en el panel de control la alarma activando las señales visuales o audibles, el accionamiento de la estación manual se recomienda sea tipo doble acción, con el fin de evitar activaciones accidentales. Entre las recomendaciones necesarias para la selección e instalación de estaciones manuales de alarmas son:

- Reconocer la clasificación de áreas de la instalación, para la selección de las estaciones manuales.
- Identificar las distancias entre estaciones manuales y rutas de evacuación designadas.
- Emplear estaciones manuales direccionables en áreas de proceso.
- La estación manual de alarma debe ser visible, sin obstrucciones, accesibles y de color rojo, listada y/o aprobada para servicio en sistemas contra incendio. Solamente debe usarse como dispositivo de inicio de alarma de incendio para sistemas de detección y alarma de fuego y gas.
- Para la operación de estación manual de alarma se recomienda que no se ubique a una altura inferior de 1,07 m y superior de 1,22 m sobre el nivel del suelo, según lo indica la NFPA 72.
- Para edificaciones no industriales la estación de alarma debería situarse dentro de 1,52 m de la puerta de salida de cada piso.
- La distancia entre dos estaciones de alarma no debe ser mayor a 61 m (200 ft) medidos horizontalmente en la misma área operativa o lo que determine la autoridad competente de la organización.

### 7.6.12. SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA Y TIPO DE CONEXIONADO

Para garantizar el permanente funcionamiento de los sistemas de notificación masiva, estos deberán estar conectados a fuentes de energía independientes con capacidad autónoma de 24 horas de duración por si cae la conexión de la red principal y 5 minutos en alarma, en concordancia con NFPA 72.

Todas las instalaciones eléctricas asociadas con el sistema de detección y alarma deben estar en conformidad con lo establecido en la norma NFPA 70 Código Eléctrico Nacional. Para el suministro de potencia del sistema de detección y alarma de fuego y gas se debe contar por lo menos con dos (2) fuentes independientes y confiables (principal y de respaldo), cada una dimensionada con la capacidad adecuada para soportar las condiciones del sistema. Las fuentes de suministro deben estar acorde a todo lo especificado en la norma NFPA 72. El suministro de potencia principal debe ser alimentado por un circuito dedicado exclusivamente para el sistema de detección y alarma de fuego y gas. Se recomienda para el diseño, suministro e instalación de los sistemas de alimentación y conexionado los siguientes aspectos:

- Garantizar la alimentación de respaldo por 24 horas en sistemas de F&G se recomienda utilizar una UPS de acuerdo con las características descritas en la NFPA 111 con autonomía de 4 horas, y un generador de respaldo con autonomía de 24 horas como mínimo (el



generador no debe estar dedicado al sistema de F&G), lo anterior según los requerimientos de la NFPA 72.

- El tipo de cableado de ser en configuración en anillo (Lazo) o Punto a Punto, en función de un análisis costo beneficio para determinar la opción más favorable para el proyecto en relación al área de cobertura del sistema y cantidad de dispositivos.

#### **7.6.13. PANEL DE CONTROL SISTEMA DE FUEGO & GAS.**

- El Panel de Control de Fuego & Gas debe ser listado y aprobado para usos en sistemas de detección de incendios y gases, activación de sistemas de extinción de incendios a base de agua, espuma y agentes limpios, debe recibir señales análogas para indicar concentración de atmósferas peligrosas e indicar estado de falla y requerimientos de mantenimiento en los dispositivos.
- El Panel de Control debe contar con puertos de comunicaciones para entregar como mínimo señales de supervisión y/o indicación de apagado y activación de sistemas.
- El Panel de Control debe tener como mínimo las siguientes funciones:
  - Alarmar.
  - Monitorear.
  - Supervisar.
  - Activación de los sistemas de extinción.
  - Indicación de fallas
  - Programación de rutinas de mantenimiento.
  - Botón de reconocimiento de alarmas, silenciar alarmas y resetear el Panel de Control.
- Se recomienda que el panel de control del sistema de Fuego y Gas incluya un módulo de comunicación con puertos de comunicaciones que permitan su integración con el panel de control del sistema de Proceso de la instalación, con el fin de notificar el estado y la supervisión de alarmas del sistema contra incendio.
- Se recomienda que el sistema de Fuego y Gas cuente con un espacio libre para una capacidad de expansión de hasta un 20% con el fin de no tener impacto sobre los equipos existentes.
- Se recomienda que el Panel de Control del sistema de Fuego & Gas sea funcionalmente independiente del Panel de Control de Proceso.

#### **7.6.14. INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI)**

- La función principal de la Interfaz es la de permitir la interacción directa con el controlador, dispositivos del sistema de Fuego & Gas y permitir la activación de los sistemas de extinción que apliquen para cada instalación según sea el caso.
- La interfaz debe estar configurada por un computador y un software compatible con el controlador del sistema de Fuego & Gas, que permita la interacción entre los dos componente.
- Se debe incluir el despliegue gráfico (Layouts) con todas las zonas de la planta que van a ser supervisadas por el sistema de Fuego & Gas. Este debe incluir los detectores, dispositivos de alarma sonora y visual, válvulas de diluvio, interruptores, transmisores, entre otros.
- El HMI debe mostrar información detallada del Panel de Control del sistemas de Fuego & Gas, que indiquen las señales de los detectores, alarmas por fallas del sistema, indicaciones de bombas de agua contra incendio, señales de UPS, supervisión de sistemas de extinción con Agente Limpio, indicaciones de equipos de proporcionamiento de espuma cuando aplique, entre otros.



- Para garantizar el funcionamiento continuo y disponibilidad del HMI, se debe suministrar la alimentación desde una fuente de respaldo de potencia en concordancia con las recomendaciones de NFPA 72.
- Se recomienda que las activaciones remotas de los sistemas de extinción de incendios, sea a través de botones digitales en el HMI.
- Se deben disponer de alarmas que permitan distinguir entre detección de atmosferas explosivas de bajo nivel y alto nivel de acuerdo a los porcentajes LEL definidos para cada caso en particular.
- La configuración del HMI no debe permitir que las bombas de agua contra incendio sean paradas remotamente.
- Se debe asegurar que el HMI cuente con los puertos de comunicación necesarios y totalmente compatibles con el Panel de Control del sistema de Fuego & Gas.
- El HMI debe contar con un mecanismo para registro de los eventos, y con medios para alertar al operador en caso de que llegue una señal de alerta indicando un cambio de estado en alguno de los elementos instalados en el sistema contra incendio, se recomienda que uno de los medios de notificación sea una señal audible que quede encendida hasta que esta sea desactivada manualmente.

## 7.7. SISTEMAS DE AGENTE LIMPIO

Todo cuarto donde su principal riesgo de incendio sea eléctrico, independientemente que sea asistido o no, deberá contar con un sistema de detección y alarma.

Se recomienda instalar sistemas de agente limpio siempre y cuando no se cumpla con los siguientes criterios de constructibilidad segura, y de acuerdo al diagrama de decisión presentado más abajo, a evaluar por la autoridad competente:

1. Los equipos eléctricos son seleccionados en base a modelamiento del sistema eléctrico y se cuenta con memorias de cálculo de corriente de corto circuito, flujo de carga y análisis de carga.
2. Existen memorias de cálculo que soporten el análisis de riesgo y apantallamiento contra descargas atmosféricas del área del edificio.
3. El diseño contempla o existe equipo con envolvente metálico cerrado, tipo metal clad. Equipos: Cuarto de Control de Motores, Switchgears, paneles de comunicación, control y protección, eléctricos y AC/DC.
4. El montaje de transformadores eléctricos con aislamiento en aceite, externos al cuarto eléctrico, están separados del edificio o usan muros cortafuegos (IEEE 979, NFPA 850 y NFPA 851).
5. No se contempla o existe en el edificio, equipo eléctrico con aislamiento en aceite (conductores, interruptores, transformadores) y no existen montaje de baterías tipo abierta.
6. Existe memoria de cálculo de acometidas eléctricas y se contempla el montaje o existen conductores con materiales aislantes retardantes a la llama y barreras cortafuego en pasamuros.
7. El sitio de montaje del cuarto eléctrico diseñado o existente, corresponde a un área no clasificada.
8. Se contempla en el diseño o existe un sistema de detección y alarma que cumple NFPA 72.
9. Se contempla en el diseño o existen extintores portátiles que cumplan NFPA 10.
10. El área de los equipos está separada de otras zonas del edificio o edificios por una construcción, con un mínimo de dos (2) horas de resistencia al fuego.
11. El diseño contempla o existe cumplimiento con señalización, iluminación de emergencia, cantidad de puertas y chapas anti pánico que cumplan con NFPA 101.
12. Existe una brigada contra incendio y un plan de contingencia para la respuesta y manejo de la emergencia.



13. El diseño contempla o existe cumplimiento de distancias de seguridad para circulación de personal no calificado y calificado de acuerdo a la NFPA 70 E.

Cada proyecto en particular debe desarrollar un análisis de riesgo técnico – económico, considerando variables de importancia estratégica para la operación de los equipos a proteger, con tiempo de reposición del sistema, pérdidas económicas considerando lucro cesante de la instalación, etc., que permita definir la necesidad de instalar sistemas de protección por inundación total con agentes limpios para proteger riesgos que se encuentran en recintos cerrados o sistemas de protección por inundación local con agentes limpio para proteger equipos, que por sí mismos, poseen cerramiento para contener al agente.

A continuación se presenta un Diagrama de flujo para tomar decisión de instalar o No sistemas de Agente Limpio.

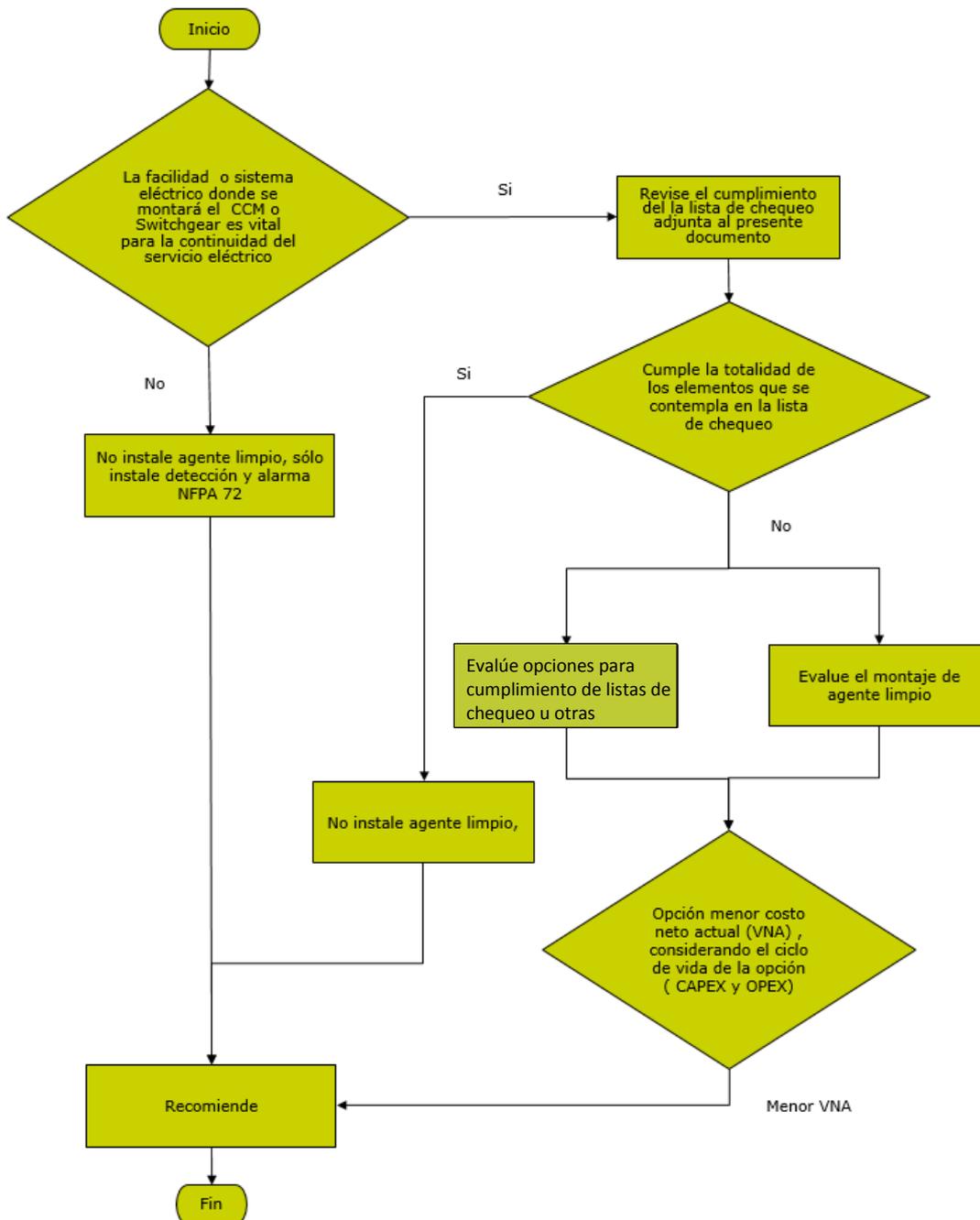


Diagrama 1 - Diagrama de decisión para extinción por agentes limpios

(Tomado del documento ECP-VIN-P-CIN-GT-001 "Guía para diseño, adquisición, montaje de sistemas, equipos, insumos y accesorios contra incendios" de ECOPETROL S.A. – Colombia)

### 7.7.1. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO E INSTALACIÓN

- Los diseños de los sistemas de Agente Limpio deben basarse como mínimo en los parámetros y lineamientos de la norma NFPA 2001 en su última edición vigente.
- El software bajo el cual se realicen las modelaciones hidráulicas debe ser listado y aprobado para uso en sistemas contra incendio a base de Agente Limpio.



- Todos los componentes que integran el sistema como: boquillas, cilindros, panel de control, detectores, estaciones manuales, estaciones de aborto, alarmas audio visuales y demás dispositivos y equipos, deben ser de la misma marca con el fin de garantizar la integridad y confiabilidad operativa del sistema.
- Con el fin de asegurar la integridad, calidad y funcionalidad del sistema, la ingeniería detallada y el montaje de un sistema de Agente Limpio debe realizarse en la modalidad de contratación “Llave en Mano” (Diseño, Suministro y Puesta en Marcha).
- Los diseñadores e instaladores de sistemas de Agente Limpio deben contar con una certificación vigente del fabricante de los equipos, donde se acredite sus competencias como mínimo en diseño e instalación.
- El sistema de agente limpio debe cubrir los todas las áreas de incendio del cuarto intervenido, es decir, además del ambiente principal se debe proteger los pisos falsos o trincheras (cárcamos) ubicados dentro del recinto evaluado.
- Para áreas que sean asistidas temporal o permanentemente no se debe usar CO2 como agente extintor, estos pueden ser usados como sistemas de inundación local en áreas como: pisos falsos, trincheras (cárcamos), dentro de gabinetes y/o celdas eléctricas y en recintos totalmente inasistidos.
- Para la protección de un mismo espacio y/o cuarto no se deben emplear sistemas de descarga simultánea con diferentes tipos de agentes limpios.
- Para los cuartos de baterías se deben proveer mecanismos de ventilación para evitar concentraciones de hidrogeno superiores al 1%.
- Como medio de protección complementaria las áreas que cuenten con un sistema de extinción a base de agente limpio, deben tener extintores portátiles en conformidad con lo establecido en NFPA 10.

### 7.7.2. SISTEMAS DE DETECCIÓN

- Los sistemas de detección deben ser instalados para asegurar el monitoreo de los cuartos y ser complemento de los sistemas de extinción de incendios con Agente Limpio.
- Con base en los diferentes escenarios que se pueden encontrar en una planta, a continuación se relacionan los sistemas de detección de incendios que se recomiendan aplicar a cada uno de acuerdo con su criticidad dentro del proceso y su aplicabilidad.

Área o Recinto	Detección de humo convencional	Detección temprana de humo	Detección lineal de calor	Detección puntual de calor
Sala de Operaciones		X		
Cuarto de Control de Motores*	X	X		
Sótanos de Bandejas Porta cables*		X	X	
Trincheras (Cárcamos)			X	
Pisos Falsos		X		
Cuarto de comunicaciones*	X	X		
Cuarto de Baterías				X

Tabla No 3. Selección del sistema de detección de acuerdo al área

\*Se puede implementar uno de los dos sistemas de detección relacionados.



### 7.7.3. SISTEMAS DE EXTINCIÓN

- El agente extintor seleccionado debe cumplir con las especificaciones definidas por NFPA 2001 y debe ser listado y aprobado para uso en sistemas contra incendio.
- Se recomienda realizar un análisis costo beneficio previo a la sección del tipo de Agente Limpio, con el fin de evidenciar la favorabilidad económica del agente seleccionado tanto en costo por libra de agente extintor como en cantidad de cilindros de acuerdo a su capacidad de almacenamiento y al área disponible para su localización.
- Se recomienda que los niveles de concentración de diseño para cualquier tipo de Agente Limpio no estén por encima del valor de LOAEL “Lowest adverse effects level” definidos por NFPA 2001.
- Para cuartos que son asistidos temporal o permanentemente no se deben implementar sistemas de extinción de inundación total a base de Dióxido de Carbono puesto que estos reducen la concentración de oxígeno hasta niveles que pueden causar lesiones a las personas y llegar a ser fatales.
- Para garantizar la estanqueidad del Agente Extintor en las áreas en las que se instalen sistemas de extinción de inundación total se recomienda asegurar la hermeticidad de los cuartos con el fin de garantizar las concentraciones mínimas de diseño definidas en los cálculos hidráulicos. El aseguramiento de la hermeticidad del área debe realizarse a través de la prueba Door Fan Test de acuerdo a lo estipulado en NFPA 2001.
- Adicional a las recomendaciones de los fabricantes de los sistemas de Agente Limpio, se recomienda aplicar los criterios de diseño y selección de tuberías, accesorios y soportería de acuerdo con lo especificado en el “Pipe Design Handbook – For Use With Special Hazard Fire Suppression Systems”.
- Se recomienda contar con una reserva de cilindros y de Agente Limpio en las cantidades requeridos para cada instalación, para estos casos el sistema debe estar configurado con válvulas de retención de acuerdo al flujo requerido y un interruptor que permita conmutar la solenoide de la batería de cilindros principal o reserva.
- Se recomienda que la batería de cilindros este configurada con los siguientes dispositivos: interruptor de baja presión, interruptor de presión de descarga, medidor de nivel líquido, válvulas de retención cuando el sistema este configurado con dos o más cilindros, interruptor de mantenimiento.
- Donde los diseños requieran el uso de dos o más cilindros para la batería de cilindros principal, y los diámetros de las tuberías sean superiores a 3”, se recomienda realizar los diseños con descargas modulares con el fin de disminuir los costos asociados a tuberías de mayor diámetro. Para estos casos el sistema deberá contar con mecanismos que permitan la actuación en simultaneidad de los sistemas modulares diseñados.
- Para áreas que cuenten con un sistema de extinción con Agente Limpio y se realice una modificación a la geometría del cuarto, se debe realizar la validación al cálculo del sistema de extinción y en caso de que se requiera definir las acciones correctivas para garantizar las concentraciones mínimas de diseño y los tiempos de retención requeridos para la extinción en conformidad a lo estipulado en NFPA 2001.
- El tiempo de descarga máximo para agentes Halo carbonados es de 10 segundos y para el caso de gases inertes es de 60 segundos.
- Los cilindros y demás accesorios que componen el cabezal de descarga de agente limpio, deben contar con soportes para resistir la fuerza ejercida por la presión del agente limpio al descargarse.
- Todos los cilindros de agente limpio deben contar con un mecanismo que permita su operación eléctrica y mecánica.



- La ubicación de las boquillas de descarga debe asegurar que no se descargue el agente limpio directamente sobre los equipos protegidos, su selección y número debe estar en conformidad con lo establecido en NFPA 2001 y los criterios de diseño de los fabricantes de los equipos.
- La batería de cilindros de agente limpio debe localizarse dentro del área protegida o lo más cercano posible al cuarto, en caso de que se requiera su ubicación en áreas externas se debe garantizar la protección a ambientes corrosivos y a cambios constantes de temperatura por efecto de las condiciones ambientales de la instalación.
- De acuerdo con el diagrama de flujo para la toma de decisión de instalar o no un sistema de extinción a base de agente limpio, se recomienda verificar las particularidades para la instalación en las áreas específicas de la Tabla 4.

Área o Recinto	Observaciones
Sala de Operaciones	En caso de requerirse un sistema de agente limpio, se recomienda implementarlo únicamente en los pisos falsos. El área de consolas no requiere sistema de extinción con agente limpio.
Cuarto de Control de Motores	En caso de requerirse un sistema de agente limpio, se recomienda implementarlo tipo inundación local en las celdas y/o gabinetes eléctricos que mediante un análisis técnico – económico se determine que son críticas para la continuidad del negocio. Si el análisis determina que todos los equipos son críticos se recomienda implementar un sistema tipo inundación total.
Sótanos de Bandejas Porta cables	Se recomienda un análisis costo beneficio, con el fin de aplicar el sistema de extinción de incendio más favorable para el área, dado que, se permite la aplicación de sistemas de extinción con agente limpio, rociadores automáticos, agua nebulizada o agua pulverizada.

Tabla No 4. Particularidades instalación sistemas de agente limpio

#### 7.7.4. SISTEMAS DE CONTROL Y ALARMA

- Todos los dispositivos y equipos del sistema de control y alarma deben ser listados y/o aprobados para el uso en sistemas contra incendio.
- El Panel de Control del sistema de Agente Limpio debe contar con baterías de respaldo que garanticen una autonomía de 24 horas en Stand-by y 5 minutos en alarma.
- En instalaciones donde se cuente con sistemas de Fuego y Gas se recomienda realizar la supervisión de las señales de falla, alarma y estado del Panel de Control del sistema de Agente Limpio.
- Se recomienda que el sistema de control sea del tipo direccionable con el fin de optimizar su aplicación en el caso de ampliaciones a la instalación, y que su instalación sea en lo posible dentro del Cuarto de Operaciones para facilitar la inspección del sistema.
- Para la notificación del periodo de pre-descarga se recomienda la instalación de alarmas audiovisuales al interior de las áreas que están protegidas con sistemas a base de Agente Limpio.
- Para la notificación del periodo de descarga se recomienda la instalación de campanas en la parte externa de las áreas protegidas con sistemas a base de Agente Limpio.
- Las estaciones manuales de descarga de Agente Limpio deberán estar localizadas en las salidas de las áreas protegidas, además deberán estar acompañadas por un interruptor de aborto del tipo hombre-muerto.
- Las estaciones manuales de descarga deben estar identificadas en el cuerpo de la misma con esta función “Agent Release”, y se recomienda protegerlas con un stoper listado y/o



aprobado para uso en sistemas contra incendio, con el fin de evitar descargas accidentales del sistema de Agente Limpio.

- Para asegurar la integridad y compatibilidad del sistema, todos los componentes y equipos de control y alarma deben ser de la misma marca del Panel del sistema de Agente Limpio y/o una marca homologada por el fabricante de los equipos.
- El panel de control debe estar en capacidad de supervisar todos los dispositivos de control, detección y alarma (Interruptor de baja presión de cilindros, interruptor de presión de descarga, interruptor de mantenimiento, detectores de detección temprana de humo, fuentes de alimentación externas, interruptor de aborto, entre otros).
- Se recomienda definir el tipo de cableado (Tipo Lazo o Punto a Punto), en función de un análisis costo beneficio para determinar la opción más favorable para el proyecto en relación al área de cobertura del sistema y cantidad de dispositivos.

## 8. EXTINTORES

Todos los extintores a utilizar, así como su distribución y cantidad deben cumplir con la norma NFPA 10 adicionalmente deben ser listados y/o aprobados para uso en sistemas contra incendio. No se recomienda el uso de los extintores que no cumplen con este requerimiento para la protección de las instalaciones de transporte y almacenamiento de petróleo e hidrocarburos líquidos.

Se recomienda que los extintores con tiempos de servicio superior a 20 años sean reemplazados, con base en criterios de desempeño y confiabilidad.

## 9. MODIFICACIONES A SISTEMAS EXISTENTES

Toda modificación a un sistema contra incendio existente implicará el desarrollo de un análisis de consecuencias donde se evalúen los efectos de un incendio, explosión o una dispersión de gas de la infraestructura nueva sobre las áreas existentes. Además se recomienda realizar un estudio técnico que analice los resultados de las pruebas de desempeño a los equipos y redes de protección contra incendio existentes, los registros del programa de inspección, prueba y mantenimiento, y las ampliaciones previstas de la instalación.

Este estudio deberá recomendar las diferentes acciones requeridas para asegurar que el sistema contra incendio suministre el caudal y presión requeridos para el evento de incendio dimensionante, se recomienda que las modificaciones de los sistemas estén de acuerdo con las recomendaciones de la guía ARPEL y las normas NFPA y API aplicables según sea el caso.

Toda modificación a un sistema contra incendio existente, debe ser avalada previamente por la autoridad contra incendio del área a intervenir, con el fin de asegurar la opción técnico-económica más favorable para la instalación.

## 10. FILOSOFÍAS

### 10.1. FILOSOFÍA DE CONFIABILIDAD

Todas las actividades deben estar orientadas a asegurar la confiabilidad de los equipos y componentes que integran el sistema contra incendio, teniendo como premisa las siguientes recomendaciones:

- Todos los sistemas contra incendios deben ser dimensionados para cubrir el riesgo de incendio de mayor magnitud analizado dentro de la instalación.
- El sistema debe estar en capacidad de operar adecuadamente dentro de los tiempos y parámetros establecidos para el riesgo más distante de la instalación con respecto a las bombas de agua contra incendio.
- El sistema contra incendio debe estar disponible y operativo en todo momento.



- Los sistemas contra incendio deben estar diseñados para hacer un uso racional de los recursos disponibles, sin desatender el riesgo.

## 10.2. FILOSOFÍA OPERACIONAL

Cada instalación es autónoma en la concepción de la filosofía de protección contra incendio de acuerdo a las condiciones del área y tipo de petróleo o hidrocarburo líquido que se esté manejando. No obstante se recomienda que todos los sistemas cumplan como mínimo los siguientes aspectos:

- El personal de operaciones deberá conocer de antemano los procedimientos de operación de los sistemas de protección contra incendio correspondientes a cada instalación, según corresponda.
- Los equipos y facilidades que componen el sistema contra incendio son para uso exclusivo del mismo, y no deberán adecuarse para actividades distintas al control y extinción de incendios.
- Al ser los equipos y componentes de los sistemas contra incendio un elemento inherente a la infraestructura operativa de una instalación de almacenamiento o re-bombeo, son de responsabilidad directa de la máxima autoridad del área, y por lo tanto debe asegurar las acciones de inspección, pruebas y mantenimiento en conjunto del especialista contra incendio del área para garantizar la confiabilidad y disponibilidad del sistema.
- Se recomienda realizar rutinas de inspección y monitoreo continuo de los equipos y componentes del sistema contra incendio, las cuales deben quedar registradas en documentos asociados al sistema de gestión de calidad de cada empresa.
- Para mitigar las pérdidas no controladas de agua, espuma y consumos de energía excesivos, se recomienda implementar mecanismos de control que permita monitorear permanentemente el sistema contra incendio.

## 11. RESUMEN DE PROTECCIONES RECOMENDADAS POR ÁREA TÍPICA DE UNA PLANTA DE TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES

ÁREA ANALIZADA	TIPO DE SISTEMA CONTRA INCENDIO	PROTECCIONES RECOMENDADAS
Tanques de almacenamiento atmosféricos de techo fijo, con diámetro mayor o igual a 60 ft (18 m).	Agua y Espuma	- Cámaras de espuma con cubrimiento de toda la superficie del techo.
		- Hidrantes-monitores para aplicación de espuma en el dique o tomas de manguera.
		- Anillos de refrigeración. Verificar necesidad con estudio de análisis de consecuencias.
	Detección de Fuego y Gas	- Alarmas sonoras y visuales. - Estaciones manuales de alarma.
Protecciones Pasivas	- Espaciamiento entre tanques. - Diques de contención.	
Tanques de almacenamiento atmosféricos de techo fijo, con diámetro menor a 60 ft (18 m).	Agua y Espuma	- Hidrantes-monitores para aplicación de espuma en tanque y dique o tomas de manguera.
		- Anillos de refrigeración. Verificar necesidad con estudio de análisis de consecuencias.
	Detección de Fuego y Gas	- Alarmas sonoras y visuales. - Estaciones manuales de alarma.
		Protecciones Pasivas
Tanques de almacenamiento atmosféricos de techo flotante interno con domo geodésico.	Agua y Espuma	- Cámaras de espuma con cubrimiento de toda la superficie del techo, o con cubrimiento únicamente del área del sello del techo si se cumple con requerimientos de NFPA 11.



ÁREA ANALIZADA	TIPO DE SISTEMA CONTRA INCENDIO	PROTECCIONES RECOMENDADAS
		- Hidrantes-monitores para aplicación de espuma en el dique o tomas de manguera.
		- Anillos de refrigeración. Verificar necesidad con estudio de análisis de consecuencias.
	Detección de Fuego y Gas	- Alarmas sonoras y visuales.
	Protecciones Pasivas	- Estaciones manuales de alarma.
Tanques de almacenamiento atmosféricos de techo flotante.	Agua y Espuma	- Espaciamiento entre tanques.
		- Diques de contención.
		- Cámaras de espuma con cubrimiento del área del sello del techo.
		- Toma de mangueras para aplicación de espuma en techo del tanque.
	Detección de Fuego y Gas	- Hidrantes-monitores para aplicación de espuma en el dique o tomas de manguera
		- Anillos de refrigeración. Verificar necesidad con estudio de análisis de consecuencias.
Protecciones Pasivas	- Detección lineal de calor en el área del sello del techo.	
Tanques de almacenamiento criogénicos de LPG.	Agua	- Alarmas sonoras y visuales.
		- Estaciones manuales de alarma.
	Detección de Fuego y Gas	- Espaciamiento entre tanques.
	Protecciones Pasivas	- Diques de contención.
Tanques de almacenamiento presurizados.	Agua	- Sistema de aspersión de agua.
		- Hidrantes – monitores.
	Detección de Fuego y Gas	- Detectores puntuales de atmósfera explosiva y/o de trayectoria abierta.
		- Detectores de llama abierta.
Protecciones Pasivas	- Estaciones manuales de alarma.	
	- Recubrimiento de estructuras de soporte (Fire Proofing).	
Caseta de Bombas Principales	Agua y Espuma	- Diques de contención.
		- Red de rociadores abiertos cuando se encuentran en una caseta, de lo contrario se pueden proteger con hidrantes - monitores.
	Detección de Fuego y Gas	- Hidrantes-monitores.
		- Para hidrocarburos líquidos la protección será con agua/espuma. Para hidrocarburos gaseosos, solo agua.
		- Detectores de llama abierta y/o detectores puntuales de atmósfera explosiva según se considere y de acuerdo la naturaleza del hidrocarburo, líquido o gaseoso.
		- Detectores puntuales de atmósfera explosiva
	Protecciones Pasivas	- Alarmas sonoras y visuales.
- Estaciones manuales de alarma.		
Extintores	- Protección con fire proofing a columnas metálicas de la caseta.	
Bombas de refuerzo o booster	Agua y Espuma	- Polvo químico seco y CO <sub>2</sub> .
		- Hidrantes-monitores.
		- Para hidrocarburos líquidos la protección será con agua/espuma. Para hidrocarburos gaseosos, solo agua.



ÁREA ANALIZADA	TIPO DE SISTEMA CONTRA INCENDIO	PROTECCIONES RECOMENDADAS
	Detección de Fuego y Gas	- Detectores de llama abierta y/o detectores puntuales de atmósfera explosiva según se considere y de acuerdo la naturaleza del hidrocarburo, líquido o gaseoso.
		- Detectores puntuales de atmósfera explosiva
		- Alarmas sonoras y visuales.
	Extintores	- Estaciones manuales de alarma.
		- Polvo químico seco y CO <sub>2</sub> .
Trampas de recibo y despacho.	Agua y Espuma	- Hidrantes-monitores. - Para hidrocarburos líquidos la protección será con agua/espuma. Para hidrocarburos gaseosos, solo agua.
	Detección de Fuego y Gas	- Detectores puntuales de atmósfera explosiva y/o detección de llama según se considere.
	Extintores	- Polvo químico seco y CO <sub>2</sub> .
Múltiple de recibo y despacho.	Agua y Espuma	- Hidrantes-monitores. - Para hidrocarburos líquidos la protección será con agua/espuma. Para hidrocarburos gaseosos, solo agua.
	Detección de Fuego y Gas	- Detectores puntuales de atmósfera explosiva y/o detección de llama según se considere y de acuerdo la naturaleza del hidrocarburo, líquido o gaseoso.
	Extintores	- Polvo químico seco
Área de filtración, medición.	Agua y Espuma	- Hidrantes-monitores con facilidades de aplicación de espuma.
	Detección de Fuego y Gas	- Detectores puntuales de atmósfera explosiva y/o detección de llama según se considere. - Estaciones manuales de alarma.
	Extintores	- Polvo químico seco
Sistema de tea.	Agua	- Hidrantes-monitores
	Detección de Fuego y Gas	- Detectores puntuales de atmósfera explosiva y/o detección de llama según se considere, en tanque amortiguador. - Alarmas sonoras y visuales. - Estaciones manuales de alarma.
	Extintores	- Polvo químico seco
Separador API y/o CPI.	Agua y Espuma	- Hidrantes-monitores con facilidades de aplicación de espuma.
	Detección de Fuego y Gas	- Estaciones manuales de alarma. - Detectores de llama abierta.
	Extintores	- Polvo químico seco.
Cargadero y descargadero de carro tanques.	Agua y Espuma	- Sistema de rociadores cuando se encuentran en una caseta.
		- Hidrantes-monitores. - Para hidrocarburos líquidos la protección será con agua/espuma. Para hidrocarburos gaseosos, solo agua.
	Detección de Fuego y Gas	- Detectores de llama abierta y/o detectores puntuales de atmósfera explosiva según se considere y de acuerdo la naturaleza del hidrocarburo, líquido o gaseoso.
		- Detectores puntuales de atmósfera explosiva en brida de descarga de las bombas de proceso.
		- Alarmas sonoras y visuales. - Estaciones manuales de alarma.
Extintores	- Polvo químico seco y/o CO <sub>2</sub>	



ÁREA ANALIZADA	TIPO DE SISTEMA CONTRA INCENDIO	PROTECCIONES RECOMENDADAS
Subestación eléctrica y/o transformadores.	Agua	- Sistemas de aspersión de agua para transformadores con almacenamiento de aceite dieléctrico de más de 500 gal., evitando la proyección sobre partes energizadas.
	Detección de Fuego y Gas	- Detectores termovelocimétricos puntuales de temperatura para los transformadores con almacenamiento de aceite dieléctrico de más de 500 gal.
	Protecciones Pasivas	- Separación entre transformadores y edificios a través de muros cortafuego.
	Extintores	- CO <sub>2</sub>
Sala de operaciones.	Agente Limpio	- De acuerdo con Diagrama N°1 de decisión de agentes limpios.
	Detección de Fuego y Gas	- Sistema de detección temprana de humo.
		- Alarmas sonoras y visuales.
		- Estaciones manuales de alarma.
Protecciones Pasivas	- Sellos cortafuego en áreas protegidas con Agente Limpio.	
Extintores	- Agente Limpio y/o CO <sub>2</sub>	
Sótano de bandejas porta cables	Sistema de extinción	- Sistemas de extinción de acuerdo a Diagrama 1 - Diagrama de decisión para extinción por agentes limpios.
	Detección de Fuego y Gas	- Sistema de detección temprana de humo y/o detección lineal de calor en bandejas porta cables.
		- Alarmas sonoras y visuales.
		- Estaciones manuales de alarma.
Protecciones Pasivas	- Sellos cortafuego en áreas protegidas con Agente Limpio.	
Extintores	- Agente Limpio y/o CO <sub>2</sub>	
Cuarto de control de motores.	Agente Limpio	- De acuerdo con Diagrama 1 - Diagrama de decisión para extinción por agentes limpios.
	Detección de Fuego y Gas	- Sistema de detección temprana de humo.
		- Alarmas sonoras y visuales.
		- Estaciones manuales de alarma.
Protecciones Pasivas	- Sellos cortafuego en áreas protegidas con Agente Limpio	
Extintores	- Agente Limpio y/o CO <sub>2</sub>	
Cuarto de comunicaciones.	Agente Limpio	- De acuerdo con Diagrama 1 - Diagrama de decisión para extinción por agentes limpios
	Detección de Fuego y Gas	- Detectores de Humo Puntuales.
		- Alarmas sonoras y visuales.
		- Estaciones manuales de alarma.
Protecciones Pasivas	- Sellos cortafuego en áreas protegidas con Agente Limpio	
Extintores	- Agente Limpio y/o CO <sub>2</sub>	
Cuarto de baterías y/o UPS	Detección de Fuego y Gas	- Detectores térmicos puntuales para áreas que no cuentan con sistema de ventilación.
		- Alarmas sonoras y visuales.
		- Estaciones manuales de alarma.
Extintores	- CO <sub>2</sub>	
Bodegas y talleres	Agua	- Rociadores automáticos de acuerdo a análisis de consecuencias y/o gabinetes contra incendio.



ÁREA ANALIZADA	TIPO DE SISTEMA CONTRA INCENDIO	PROTECCIONES RECOMENDADAS
	Detección de Fuego y Gas	- Detectores térmicos puntuales / Detectores de Humo Puntuales / Detectores de humo de haz proyectado (beam detector). - Alarmas sonoras y visuales. - Estaciones manuales de alarma.
	Extintores	- Polvo químico seco
	Agua	- Rociadores automáticos de acuerdo a análisis de consecuencias y/o gabinetes contra incendio.
Edificios administrativos	Detección de Fuego y Gas	- Detectores térmicos puntuales / Detectores de Humo - Alarmas sonoras y visuales. - Estaciones manuales de alarma.
	Extintores	- Polvo químico seco y/o CO <sub>2</sub>
	Extintores	- Espuma de acuerdo a NFPA 418
Helipuerto	Agua y Espuma	- Sistema de rociadores de agua - espuma para área de generadores instalados bajo cubiertas de acuerdo a análisis de consecuencias. (Para generadores alimentados por Gas Natural no aplica la recomendación). - Hidrantes-monitores con facilidades de aplicación de espuma.
	Detección de Fuego y Gas	- Detectores de llama abierta para área de generadores - Alarmas sonoras y visuales. - Estaciones manuales de alarma.
	Extintores	- Polvo químico seco y/o CO <sub>2</sub>
	Agua	- Hidrantes-monitores
City Gate	Detección de Fuego y Gas	- Detectores de llama abierta - Estaciones manuales de alarma.
	Extintores	- Polvo químico seco
	Agua y Espuma	- Hidrantes-monitores con facilidades de aplicación de espuma o red de rociadores de agua-espuma si tiene caseta (cuando su ubicación es en foso).
Sumidero	Detección de Fuego y Gas	- Detectores de llama abierta - Alarmas sonoras y visuales. - Estaciones manuales de alarma.
	Extintores	- Polvo químico seco y/o CO <sub>2</sub>

Tabla No 5. Protecciones recomendadas





# **Sistemas de protección contra incendio en instalaciones para transporte de petróleo e hidrocarburos líquidos**

## **Capítulo 4: Inspección, Pruebas y Mantenimiento de Sistemas Contra Incendios - IPM**





## 1. INTRODUCCIÓN

Entendiéndose como inspección, pruebas y mantenimiento todas las acciones que tienen como objetivo mantener los Sistemas de Contra Incendio en un estado en el cual pueda llevar a cabo la función de prevención, control y extinción de incendios en las diferentes instalaciones petroleras. Estas acciones incluirán rutinas recurrentes necesarias para mantener los equipos, accesorios y elementos complementarios en condiciones óptimas que permitan su utilización en forma eficiente en todo momento, combinando labores técnicas y administrativas.

## 2. OBJETO

Este capítulo de la guía pretende establecer, en forma general a todos los procesos de inspección, pruebas y mantenimiento de los equipos y sistemas contra incendios, estándares IPM, basados en normas NFPA y las mejores prácticas de la industria petrolera como son las OSHA, en búsqueda de evitar o minimizar los daños que los incendios puedan producir en una instalación petrolera.

## 3. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las secciones aplicables de la última revisión aprobada y vigente de los códigos y normas que se indican a continuación, forma parte de esta guía.

Las normas y estándares se consideran que se complementan unas a otras, pero en el caso de que se presente discrepancia, prevalecerá la más exigente.

### 3.1. Normas NFPA Aplicables

- **NFPA 10:** Standard for Portable Fire Extinguishers.
- **NFPA 11:** Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam.
- **NFPA 11 C:** Standard for Mobile Foam Apparatus.
- **NFPA 12:** Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems.
- **NFPA 20:** Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection.
- **NFPA 25:** Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems.
- **NFPA 72:** National Fire Alarm and Signaling Code.
- **NFPA 2001:** Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems.

### 3.2. Normas NFPA para Autobombas

- **NFPA 1901:** Standard for Automotive Fire Apparatus.
- **NFPA 1902:** Standard for Initial Attack Fire Apparatus.
- **NFPA 1903:** Standard for Mobile Water Supply Fire Apparatus.
- **NFPA 1904:** Standard for Aerial Ladder and Elevating Platform Fire Apparatus.
- **NFPA 1911:** Standard for the Inspection, Maintenance, Testing, and Retirement of In-Service Automotive Fire Apparatus.

### 3.3. Otras normas aplicables

- **API RP 2001:** Fire Protection in Refineries.
- **API RP 2021:** Management of Atmospheric Storage Tank Fires.
- **API RP 2030:** Application of Fixed Water Spray Systems for Fire Protection in the Petroleum and Petrochemical Industries.



## 4. CONDICIONES GENERALES

Después de que un sistema contra incendios ya ha sido instalado, el siguiente paso es mantenerlo en buenas condiciones de operación, de manera de asegurar su eficacia a lo largo del tiempo.

La Inspección, Pruebas y Mantenimiento, se refieren a un programa de trabajo desarrollado y efectuado por personal calificado, designado por el propietario o su representante, en la que todos los componentes de los sistemas son inspeccionados, probados y mantenidos de acuerdo al programa.

Los tipos de componentes y sistemas que deben ser considerados para la aplicación de esta guía son:

- Sistemas de rociadores.
- Sistema de columnas y mangueras.
- Red de distribución de agua contra incendio.
- Unidades de bombeo de agua contra incendio.
- Abastecimiento de agua.
- Sistemas de aspersión.
- Sistemas de niebla de agua.
- Sistema de rociadores de agua-espuma.
- Válvulas, componentes de válvulas y guarniciones.
- Sistemas de detección y alarma.
- Extintores.
- Vehículos para combate de incendios.

Y se refiere a las condiciones de operación de los sistemas de protección contra incendios, así como el manejo de deterioro y presentación de informes y se aplica a los sistemas de protección contra incendios que se han instalado correctamente, de conformidad con las prácticas generalmente aceptadas y cuando una acción correctiva es necesaria, debe asegurarse que el sistema opere satisfactoriamente de acuerdo a su código de instalación.

### 4.1. Inspección, Pruebas y Mantenimiento - IPM para los Equipos y Sistemas Contra Incendios

Los componentes y sistemas de protección contra incendios deberán estar alineados con los siguientes principios IPM.

- **Cubrimiento y alcance:** los sistemas de protección contra incendios deben cubrir el riesgo para el cual fueron diseñados a lo largo del tiempo, priorizando la vida humana sobre la integridad de los equipos y bienes productivos. Así mismo debe estar en capacidad de operar correctamente para atender todos los riesgos en consideración, incluso el más alejado de la instalación principal.
- **Disponibilidad:** Los componentes del sistema de protección contra incendios deben estar operativos en todo momento, deben contar con un inventario de repuestos (generalmente recomendados por el fabricante) y su intervención debe ser en el menor plazo posible, considerando la aplicación de medidas complementarias hasta su vuelta al servicio, y de acuerdo a su criticidad dentro del sistema del que forman parte.
- **Exclusividad:** Todos los componentes del sistema de protección contra incendio son para uso exclusivo de dicho sistema.
- **Entrenamiento:** El personal con rol asignado debe tener como prioridad el entrenamiento en la operación del sistema de protección contra incendios y en el desempeño de su rol, previo a su designación y durante su compromiso asumido en la planta o instalación.



- **Monitoreo:** La inspección visual de los equipos de protección contra incendios debe ser parte de la rutina del operador de la planta o instalación, de acuerdo al programa de inspecciones. Estas inspecciones deben registrarse.
- **Accesibilidad y visibilidad:** Los equipos y elementos del sistema de protección contra incendios, que deban ser operados, deben estar señalizados, de fácil acceso y libre de obstáculos y objetos que dificulten su operación.
- **Responsabilidad:** Los sistemas de protección contra incendios son responsabilidad directa del propietario de la instalación o su representante designado.
- **Racionalidad:** Los sistemas de protección contra incendios deben velarse para hacer un uso racional de los recursos de acuerdo a cómo fueron diseñados.

## 4.2. Tipos de Mantenimiento

Los equipos para protección contra incendios se consideran como críticos para la operación y su mantenimiento estará en línea con las mejores prácticas de ingeniería de mantenimiento, las mejores prácticas de mantenimiento de la industria petrolera, estándares aplicables y las normas NFPA. Para el cumplimiento de las políticas establecidas de mantenimiento se instaura los diferentes tipos de mantenimiento que deberán ser sometidos los sistemas de contra incendio en las diferentes instalaciones petroleras

### 4.2.1. Mantenimiento

Definido como el conjunto de operaciones para que los SCI reúnan las condiciones operativas y de funcionamiento para la protección contra incendios.

- **Mantenimiento de conservación:** destinado a compensar el deterioro sufrido por el uso, los agentes meteorológicos u otras causas.
- **Mantenimiento correctivo:** que corrige los defectos o averías observados.
- **Mantenimiento predictivo:** que realiza las intervenciones prediciendo el momento que el equipo quedara fuera de servicio mediante un seguimiento de su funcionamiento determinando su evolución y por tanto el momento en el que las reparaciones deben efectuarse. Este mantenimiento se basa en mediciones de vibración, ruido y calentamiento sobre los equipos pertinentes
- **Mantenimiento preventivo:** destinado a garantizar la fiabilidad de equipos en funcionamiento antes de que pueda producirse un accidente o avería por deterioro. Constituye un mantenimiento programado
- **Mantenimiento de actualización:** cuyo propósito es compensar la obsolescencia tecnológica, o las nuevas exigencias, que en el momento del montaje y/o compras no existían o no fueron tenidas en cuenta, pero que en la actualidad si tienen que serlo.
- **Mantenimiento de oportunidad:** es el mantenimiento preventivo o correctivo que se realiza aprovechando los periodos de no uso de los equipos, realizando las revisiones o reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento de los equipos en el nuevo periodo de utilización.



#### 4.2.2. Inspecciones y Pruebas a Base de Agua

La inspección periódica, prueba y mantenimiento de los sistemas de detección y extinción es fundamental en orden de garantizar su correcto funcionamiento cuando se requiera que estos operen. Estas inspecciones pretende garantizar que los sistemas de contra incendios estén en concordancia con los estándares de las buenas prácticas de mantenimiento de los equipos contra incendio en la industria petrolera y la normatividad aplicable para cada uno de los sistemas.

### 5. INSPECCIÓN, PRUEBAS Y MANTENIMIENTO - IPM DE LOS EQUIPOS CONTRA INCENDIOS

Las rutinas de inspecciones, pruebas y mantenimiento de los equipos con base de agua fundamentalmente se basarán en el Manual de Inspección, Pruebas y Mantenimiento de los Sistemas de Protección Contra Incendio NPFA -25, del Código Nacional de Alarmas de Incendio NFPA 72 del Estándar para extintores de incendio portátiles NFPA 10 y Estándar para autobombas de incendio NFPA 1901. Lo que se presenta a continuación es un extracto de los mismos.

La frecuencia de inspección de los equipos deberá ser revisada y podrá ser modificada de acuerdo a la experiencia de mantenimiento en cada sistema contra incendio según las condiciones específicas de cada instalación.

#### 5.1. Sistema De Rociadores Automáticos

Ítem	Frecuencia	Que observar	APLICA / NO APLICA	Importancia ponderada
<b>Inspección</b>				
Indicadores (Secos, Pre-Acción, Inundación)	Semanal/Mensual NFPA indica en qué casos es semanal y cuándo es mensual	¿Se ha accionado recientemente? (Verificar el registro / informes de acción del sistema) ¿Tiene fugas? ¿Se encuentra en buen estado? ¿Calibración? (Verificar el registro)		
Válvulas de control	Semanal/Mensual	¿Se ha accionado recientemente? (Verificar el registro / informes de acción del sistema) ¿Tiene fugas? ¿Se encuentra en buen estado? ¿Se encuentran con sellos y en la posición correcta?		
Manómetros (Sistemas de tubería húmeda)	Mensual	¿Se encuentran en buen estado? Valores de presión indicada Fecha de verificación de la calibración		
Dispositivos de flujo de agua	Trimestral	¿Se ha accionado recientemente? ¿Se encuentra en buen estado? ¿Se encuentran en su estado normal de operación?		
Dispositivos de supervisión de válvulas	Trimestral	¿Se ha accionado recientemente? ¿Se encuentra en buen estado? ¿Se encuentran en su estado normal de operación?		



Ítem	Frecuencia	Que observar	APLICA / NO APLICA	Importancia ponderada
Dispositivos de señal de supervisión (excepto interruptores de supervisión de válvulas)	Trimestral	¿Se ha accionado recientemente? ¿Se encuentra en buen estado? ¿Se encuentran en su estado normal de operación?		
Rotulo hidráulico	Trimestral	¿Se encuentra en buen estado?		
Conexión del cuerpo de bomberos	Trimestral	¿Se encuentra en buen estado? ¿Es accesible?		
Edificios	Anual	Inspección estructura visual		
Abrazaderas /soportes sísmicos	Anual	Inspección estructura visual		
Tubos y conexiones	Anual	Inspección visual ¿Tiene fugas?		
Rociadores	Anual	Inspección visual ¿Tiene fugas?		
Rociadores de repuestos	Anual	¿Son accesibles? ¿Están disponibles?		
Válvulas (todos los tipos)	5 años	Inspección visual ¿Tiene fugas?		
Obstrucciones	5 años	¿Se encuentran obstrucciones en forma visual?		
<b>Prueba</b>				
Dispositivos de flujo de agua	Trimestral/Semestral	Verificar accionamiento correcto Registrar presión Registrar flujo		
Dispositivos de supervisión de válvulas	Semestral	Verificar funcionamiento correcto		
Dispositivos de señal de supervisión (excepto interruptores de supervisión de válvulas)	Semestral	Verificar funcionamiento correcto		
Drenaje principal	Anual	Verificar funcionamiento correcto		
Manómetros	5 años	Verificar calibración		
Rociadores - temperatura extra alta	5 años	Verificar funcionamiento correcto		
Rociadores – respuesta rápida	A 20 años y cada 10 años después	Verificar funcionamiento correcto Registrar tiempo de respuesta		
Rociadores	A 50 años y cada 10 años después	Verificar funcionamiento correcto		
<b>Mantenimiento</b>				
Válvulas ( todos los tipos)	Anualmente o cuando se necesite	Accionamiento al 100% Limpieza interior Mantenimiento de empaques		
Drenajes de puntos bajos (sistemas de tuberías secas)	Anualmente o cuando se necesite	Accionar y verificar		
Investigación de obstrucciones	5 años o cuando se necesite	Realizar limpieza Verificar fuentes de obstrucciones encontradas		

Tabla No 1. Inspección Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Rociadores



## 5.2. Sistema de Columnas y Mangueras

Ítem	Frecuencia	Que observar	APLICA / NO APLICA	Importancia ponderada
<b>Inspección</b>				
Válvulas de control	Semanal/Mensual	¿Se encuentra en buen estado? ¿Presenta fugas? ¿Está en la posición correcta lista para operar?		
Dispositivos de supervisión de válvulas	Semestral	¿Se encuentra en buen estado? ¿Listo para operar?		
Tuberías	Anual	Inspección visual ¿Presenta fugas?		
Conexiones de mangueras	Anual	Inspección visual ¿Presenta fugas?		
Gabinetes	Anual	Inspección visual de integridad		
Mangueras	Anual	Inspección visual ¿Presenta fugas?		
Dispositivo de almacenamiento de mangueras Anual	Anual	Inspección visual de integridad		
Boquilla de manguera	Anual y después de cada uso	¿Se encuentra en buen estado? ¿Listo para operar?		
<b>Prueba</b>				
Dispositivos de flujo de agua	Trimestral/Semanal	¿Funciona correctamente? ¿Acciona al 100%?		
Dispositivos de supervisión de válvulas	Semestral	¿Funciona correctamente?		
Dispositivos de señal de supervisión (excepto interruptores de supervisión de válvulas)	Semestral	¿Funciona correctamente?		
Dispositivo de almacenamiento de mangueras	Anual	¿Funciona correctamente?		
Prueba de desagüe principal	Anual	Accionar y verificar		
Mangueras	5 años/3 años	Verificar que no presenten daños		
Válvula de control de presión	5 años	¿Funciona correctamente? ¿Acciona al 100%? Registrar presión		
Válvula reductora de presión	5 años	¿Funciona correctamente? ¿Acciona al 100%? Registrar presiones		
Prueba hidrostática	5 años	Registrar presiones		
Prueba de flujo	5 años	Registrar valores de flujo y presión		
<b>Mantenimiento</b>				
Conexiones de mangueras	Anual	Limpieza		
Válvulas (todos los tipos)	Anual/ cuando se necesite	Accionamiento al 100% Limpieza interior Mantenimiento de empaques		
Investigación de obstrucciones	5 años o cuando se necesite	Realizar limpieza Verificar fuentes de obstrucciones encontradas		

Tabla No 2. Inspección Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Columnas y Mangueras



### 5.3. Red de distribución de agua contra incendio.

Ítem	Frecuencia	Que observar	APLICA / NO APLICA	Importancia ponderada
<b>Inspección</b>				
Casetas de mangueras	Trimestral	Inspección visual de integridad		
Boquillas monitoras	Semestral	¿Se encuentran en buen estado? ¿Están listas para accionar?		
Tuberías (expuestas)	Anual	Inspección visual de integridad		
Tuberías enterrada	Anual	Inspección visual de integridad		
Hidrantas (cilindro seco y de pared)	Anual y después de cada operación	Inspección visual de integridad ¿Se encuentran listas para accionar?		
Hidrantas (cilindro húmedo)	Anual y después de cada operación	Inspección visual de integridad ¿Se encuentran listas para accionar?		
Filtros de tubería principal	Anual y después de un gasto de agua considerable	¿Libres de obstrucciones?		
<b>Prueba</b>				
Boquillas monitoras	Fluir anualmente (alcance y operación)	¿Accionan correctamente? Registrar presión		
Tuberías expuestas enterradas (prueba de flujo)	Fluir anualmente	¿Libre de fugas?		
Hidrantas	5 años	¿Accionan correctamente? Registrar presión		
<b>Mantenimiento</b>				
Casetas de mangueras	Anual	Limpieza Pintura		
Hidrantas	Anual	Limpieza componente		
Filtros de tubería principal	Anual y después de cada operación	Limpieza Reemplazo (en caso de ser requerido)		

Tabla No 3. Inspección Prueba y Mantenimiento de Tuberías de Servicios Privados de Incendio

### 5.4. Unidades de bombeo de agua contra incendio.

Ítem	Frecuencia	Que observar	APLICA / NO APLICA	Importancia ponderada
<b>Inspección</b>				
Casetas de bombas, rejillas de ventilación y calefacción	Semanal	Inspección visual		
Sistema de bomba de incendio	Semanal	Verificación del estado ¿Hay alarmas presentes? Verificar niveles de refrigerante, aceite, combustible		
<b>Prueba</b>				
Operación de la bomba Sin flujo	Semanal	¿Funciona correctamente? Anotar valores de presión, carga, voltaje, etc.		
Operación de la bomba Con flujo (Se sugiere realizarla junto con las prácticas y entrenamiento al personal en Sistema Contra Incendio)	Anual	¿Funciona correctamente? Anotar valores de presión, carga, voltaje, etc.		



Ítem	Frecuencia	Que observar	APLICA / NO APLICA	Importancia ponderada
<b>Mantenimiento</b>				
Hidráulico	Anual	Mantenimiento mecánico		
Trasmisión mecánica	Anual	Mantenimiento mecánico		
Motor	Anual	Mantenimiento mecánico		
Sistema eléctrico	Variable	Mantenimiento eléctrico		
Regulador, diferentes componentes	Variable	Mantenimiento eléctrico		
Sistema máquina diesel, diferentes componentes	Variable	Mantenimiento mecánico		

Tabla No 4. Inspección Prueba y Mantenimiento de Bombas de Incendios

## 5.5. Abastecimiento de agua

Ítem	Frecuencia	Que observar	APLICA / NO APLICA	Importancia ponderada
<b>Inspección</b>				
Temperatura del agua	Diaria/semanal	Registrar el valor		
Sistema de calefacción	Diaria/semanal	Inspección visual		
Válvulas de control	Semana/Mensual	Inspección visual ¿Libre de fugas?		
Estado del tanque	Mensual/Trimestral	Inspección visual de integridad		
Agua/Nivel	Mensual/Trimestral	Verificar el nivel		
Presión de aire	Mensual/Trimestral	Registrar el valor		
Exterior del tanque	Trimestral	Inspección visual		
Estructura de soporte	Trimestral	Inspección visual		
Pasarelas y escaleras	Trimestral	Inspección visual		
Área circundante	Trimestral	Inspección visual		
Aros y enrejados	Anual	Inspección visual		
Superficies pintadas o revestidas	Anual	Inspección visual		
Juntas de expansión	Anual	Inspección visual		
Interior	5 años/ 3 años	Inspección visual		
Válvulas de retención	5 años	Inspección visual		
<b>Prueba</b>				
Operación de la bomba Sin flujo	Semanal	Verificar funcionamiento correcto Registrar valores de presión, temperatura, etc		
Operación de la bomba Con flujo	Anual	Verificar funcionamiento correcto Registrar valores de presión, temperatura, etc		
<b>Mantenimiento</b>				
Nivel de agua	Semestral	Verificar nivel		
Desagüe del sedimento	Anual	Limpieza		
Válvulas controladoras	Anual	Retirar sedimentos recurrentemente		

Tabla No 5. Inspección Prueba y Mantenimiento de Tanques de Almacenamiento de Agua



## 5.6. Sistemas de aspersión

Ítem	Frecuencia	Que observar	APLICA / NO APLICA	Importancia ponderada
<b>Inspección</b>				
Soportes	Cada cambio de turno de trabajo	Inspección visual		
Tubería de suministro de agua	Cada cambio de turno de trabajo	Inspección visual		
Detectores	Cada cambio de turno de trabajo	Verificar que estén operativos		
Controles	Cada cambio de turno de trabajo	Verificar que estén operativos		
Válvulas	Cada cambio de turno de trabajo	Inspección visual ¿Está en la posición correcta para funcionar?		
Válvulas de retención	5 años	Inspección visual ¿Está en la posición correcta para funcionar?		
Válvulas de control	Semanal (selladas)	Inspección visual ¿Está en la posición correcta para funcionar?		
Tanque de Succión	Mensual	Inspección visual		
Válvulas de control	Mensual (Bloqueadas supervisadas)	Inspección visual ¿Está en la posición correcta para funcionar?		
Válvulas de inundación	Mensual (Bloqueadas supervisadas)	Inspección visual ¿Está en la posición correcta para funcionar?		
Sistemas de detección	Mensual (Bloqueadas supervisadas)	¿Se encuentra operativo?		
Válvulas de retención del detector	Mensual (Bloqueadas supervisadas)	Inspección visual ¿Está en la posición correcta para funcionar?		
Desagüe	Trimestral	Inspección visual		
Motor eléctrico	Trimestral	Inspección visual Registrar valores		
Impulsor del motor	Trimestral	Inspección visual		
Bomba de incendio	Trimestral	Inspección visual ¿Se encuentra en condiciones operativas?		
Accesorios	Trimestral	Inspección visual		
Accesorios (con empaques de caucho)	Trimestral	Inspección visual		
Tanque de gravedad	Trimestral	Inspección visual		
Tanque a presión	Trimestral	Inspección visual		
Impulsor de vapor	Trimestral	Inspección visual		
Filtros	Trimestral	Inspección visual		
Soportes colgantes	Anual/después de dada activación del sistema	Inspección visual		
Calor (casa válvula de diluvio)	Anual/después de dada activación del sistema	Inspección visual		
Boquillas	Anual/después de dada activación del sistema	Inspección visual		



Ítem	Frecuencia	Que observar	APLICA / NO APLICA	Importancia ponderada
Tubería	Anual/después de dada activación del sistema	Inspección visual		
<b>Prueba</b>				
Eliminador de reflujo	Anual	Verificar funcionamiento Registrar valores		
Válvulas de retención	Anual	Verificar funcionamiento Registrar valores		
Válvulas de control	Anual	Verificar funcionamiento Registrar valores		
Válvulas de diluvio	Anual	Verificar funcionamiento Registrar valores		
Sistemas de detección	Anual	Verificar funcionamiento		
Válvulas de retención del detector	Anual	Verificar funcionamiento Registrar valores		
Motor eléctrico	Anual	Verificar funcionamiento Registrar valores		
Impulsor del motor	Anual	Verificar funcionamiento Registrar valores		
Bomba de incendio	Anual	Verificar funcionamiento Registrar valores		
Purga	Anual	Verificar funcionamiento		
Tanque de gravedad	Anual	Verificar nivel		
Prueba drenaje principal	Anual	Verificar funcionamiento		
Desenganche manual	Anual	Verificar funcionamiento		
Boquillas	Anual	Verificar funcionamiento		
Tanque a presión	Anual	Verificar funcionamiento Registrar valores		
Accionador de vapor	Anual	Verificar funcionamiento		
Filtros	Anual	Inspección visual		
Tanque de Succión	Anual	Verificar funcionamiento		
Prueba de sistema de pulverización de agua	Anual	Verificar funcionamiento Registrar valores		
Prueba de suministro de agua	Anual	Verificar funcionamiento Registrar valores		
Alarma de flujo de agua	Trimestral	Verificar funcionamiento		
<b>Mantenimiento</b>				
Eliminador de reflujo	Anual	Operación al 100% Limpieza de componentes		
Válvulas de retención	Anual	Operación al 100% Limpieza de componentes		
Válvulas de control	Anual	Operación al 100% Limpieza de componentes		
Válvulas de diluvio	Anual	Operación al 100% Limpieza de componentes		
Sistemas de detección	Anual			
Válvulas de retención del detector	Anual	Operación al 100% Limpieza de componentes		
Motor eléctrico	Anual	Limpieza de conexiones		
Arranque del motor	Anual	Limpieza de conexiones		
Bomba de incendio	Anual	Mantenimiento mecánico		
Tanque de gravedad	Anual	Mantenimiento estructural		
Tanque a presión	Anual	Mantenimiento estructural		
Motor de vapor	Anual	Mantenimiento mecánico		
Filtros	Anual	Limpieza / cambio		



Ítem	Frecuencia	Que observar	APLICA / NO APLICA	Importancia ponderada
Filtros (canasta rejilla)	5 años	Limpieza / cambio		
Tanque de Succión	5 años	Mantenimiento estructural		
Alarma de flujo de agua	5 años			
Sistema de pulverización de agua	Anual	Limpieza de componentes		

Tabla No 6. Inspección Prueba y Mantenimiento de Sistemas Fijos de Pulverización de Agua

## 5.7. Sistema De Rociadores Agua - Espuma

Ítem	Frecuencia	Que observar	APLICA / NO APLICA	Importancia ponderada
<b>Inspección</b>				
Válvulas de control	Semanal/Mensual	Inspección visual ¿Se encuentra en posición normal operativa?		
Posición y Localización del dispositivo de descarga (boquilla de pulverización)	Mensual	Inspección visual		
Sistemas de dosificación - Todos	Mensual	Inspección visual ¿Las válvulas se encuentran correctamente alineadas?		
Filtros (s) de concentrado de espuma	Trimestral	Inspección visual ¿Están libre de obstrucciones?		
Sistemas proporcionador - Todos	Semestral	¿Funciona correctamente? Verificar el estado del diafragma Registrar valores Se recomienda realizar un flushing apropiado del sistema		
Desagüe en el área del sistema	Trimestral	Inspección visual		
Posición y Localización del dispositivo de descarga (rociador)	Anual	Inspección visual		
Corrosión de la tubería	Anual	Inspección visual		
Daño de la tubería	Anual	Inspección visual		
Corrosión de los accesorios	Anual	Inspección visual		
Daño de los accesorios	Anual	Inspección visual		
Soportes/colgadores	Anual	Inspección visual		
Tanques de suministro de agua	Anual	Inspección visual		
Bombas de incendios	Anual	Inspección visual		
Tubería de suministro de agua	Anual	Inspección visual		
Válvulas de diluvio/preacción	Anual	Inspección visual		
Sistema de detección	Anual	Inspección visual		
<b>Prueba</b>				
Dispositivos de flujo de agua	Trimestral/Semestral	¿Accionan correctamente? Registrar valores		
Posición y Localización del dispositivo de descarga	Anual	¿Accionan correctamente?		
Obstrucción del dispositivo de descarga	Anual	¿Acciona correctamente? ¿Se encuentra libre de obstrucciones?		



Ítem	Frecuencia	Que observar	APLICA / NO APLICA	Importancia ponderada
Filtros (s) de concentrado de espuma	Anual	¿Acciona correctamente? ¿Se encuentra libre de obstrucciones?		
Sistemas proporcionador - Todos	Semestral	¿Funciona correctamente? Verificar el estado del diafragma Registrar valores		
Sistemas completos de agua y espuma	Anual	¿Funciona correctamente? Registrar valores		
Solución de espuma y agua	Anual	¿Funciona correctamente? Registrar valores		
Dispositivos de activación manual	Anual	¿Acciona correctamente?		
Detenedor de flujo	Anual	¿Acciona correctamente?		
Bombas de incendios	Anual	¿Funciona correctamente? Registrar valores		
Tubería de suministro de agua	Anual	Verificar fugas		
Válvulas de control	Anual	Verificar accionamiento		
Filtros línea principal	Anual	Verificar que se encuentre libre de obstrucciones		
Válvulas de diluvio/preaccion	Anual	Verificar accionamiento Registrar valores		
Sistema de detección	Anual	Verificar accionamiento Registrar valores		
Detectores de flujo	Anual	Verificar accionamiento Registrar valores		
Tanque de suministro de agua	Anual	Verificar nivel		
Prueba de suministro de agua	Anual	Registrar niveles y valores		
<b>Mantenimiento</b>				
Operación concentrado de espuma	Mensual	Verificar regulación		
Filtros de concentrado de espuma	Trimestral	Limpieza / Cambio		
Muestras de concentrado de espuma	Anual	Verificar regulación		
Tanque de suministro de agua	Anual	Mantenimiento de infraestructura		
Bombas de incendio	Anual	Mantenimiento mecánico		
Suministro de agua	Anual	Mantenimiento de infraestructura		
Detector de flujo	Anual	Limpieza interna		
Válvula detectora de seguridad	Anual	Limpieza interna		
Válvula retenedora de seguridad	Anual	Limpieza interna		
Válvula de control	Anual	Limpieza interna		
Válvulas de diluvio/preaccion	Anual	Limpieza interna		
Filtros línea principal	Anual	Limpieza / Cambio		
Sistema de detección	Anual			
<b>Sistemas de dosificación de presión estándar (válvula de goteo tipo automático)</b>				
➤ Tanque de concentrado de espuma - drenaje enjuague	10 años	Mantenimiento de infraestructura		
➤ Prueba de corrosión e hidrostática	10 años	Registrar valores		



Ítem	Frecuencia	Que observar	APLICA / NO APLICA	Importancia ponderada
<b>Tanque tipo vejiga</b>				
➤ Ventanilla indicadora	10 años	Limpieza		
➤ Tanque de concentrado de espuma – hidrostática	10 años	Mantenimiento de infraestructura		
<b>Tipo línea</b>				
➤ Tanque de concentrado de espuma - corrosión y tuberías de toma	10 años	Mantenimiento de infraestructura Limpieza		
➤ Tanque de concentrado de espuma - drenaje enjuague	10 años	Mantenimiento de infraestructura Limpieza		
<b>Tipo de estándar de presión balanceada</b>				
➤ Bombas de concentrado de espuma	5 años	Mantenimiento mecánico		
➤ Diafragma de válvula de balance	5 años	Limpieza interna		
➤ Tanque de concentrado de espuma	10 años	Mantenimiento de infraestructura		
<b>Tipo de presión balanceada en línea</b>				
➤ Bombas de concentrado de espuma	5 años	Mantenimiento mecánico		
➤ Diafragma de válvula de balance	5 años	Limpieza interna		
➤ Tanque de concentrado de espuma	10 años	Mantenimiento de infraestructura		
➤ Venteos de presión de vacío	5 años	Limpieza		

Tabla No 7. Inspección Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Rociadores Agua Espuma

## 5.8. Sistemas de Niebla De Agua

Ítem	Frecuencia	Que observar	APLICA / NO APLICA	Importancia ponderada
Tanque de agua	Anual	Purgar y rellenar		
Sistema	Anual	Enjuagar		
Filtros y tamices	Después de la operación del sistema	Limpiar o reemplazar si se requiere		

Tabla No 8. Inspección Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Niebla de Agua

## 5.9. Válvulas, Componentes de Válvulas y Guarniciones

Ítem	Frecuencia	Que observar	APLICA / NO APLICA	Importancia ponderada
<b>Inspección</b>				
<b>Válvulas de control</b>				
➤ Selladas	Semanal	Inspección visual Presencia de fugas		
➤ Cerradas	Mensual	Inspección visual Presencia de fugas		
➤ Interruptores de manipulación	Mensual	Inspección visual ¿Está listo para operar?		
<b>Válvulas de alarma</b>				



Ítem	Frecuencia	Que observar	APLICA / NO APLICA	Importancia ponderada
➤ Exterior	Mensual	Inspección visual Presencia de fugas		
➤ Interior	5 años	Inspección visual Presencia de fugas		
➤ Filtros, tamices, orificios	5 años	Inspección visual ¿Está libre de obstrucciones?		
<b>Válvulas de retención</b>				
➤ Interior	5 años	Inspección visual Presencia de fugas		
<b>Válvulas de preaccion / diluvio</b>				
➤ Encierro (en clima frío)	Diaria /semanal	Inspección visual Presencia de fugas		
➤ Exterior	Mensual	Inspección visual Presencia de fugas		
➤ Interior	Anual/5 años	Inspección visual Presencia de fugas		
➤ Filtros, tamices, orificios	5 años	Inspección visual ¿Está libre de obstrucciones?		
<b>Válvulas de tubería seca / Dispositivos de apertura rápida</b>				
➤ Encierro (en clima frío)	Diaria /semanal	Inspección visual Presencia de fugas		
➤ Exterior	Mensual	Inspección visual Presencia de fugas		
➤ Interior	Anual/5 años	Inspección visual Presencia de fugas		
➤ Filtros, tamices, orificios	5 años	Inspección visual ¿Está libre de obstrucciones?		
<b>Válvulas reductoras de presión y de seguridad</b>				
➤ Sistema de rociadores	Anual	Inspección visual Presencia de fugas		
➤ Conexiones de mangueras	Anual	Inspección visual		
➤ Bombas de incendios	Anual	Inspección visual Registro de valores		
o Válvulas de seguridad de la carcasa	Semanal	Inspección visual Presencia de fugas		
o Válvulas de alivio de presión	Semanal	Inspección visual Presencia de fugas ¿Está lista para operar?		
<b>Conjuntos de prevención de reflujos</b>				
➤ Presión reducida	Semanal/mensual	Inspección visual Presencia de fugas		
➤ Detectores de presión reducida	Semanal/mensual	Inspección visual		
➤ Conexión de bomberos	Trimestral	Inspección visual ¿Se encuentra operativa?		
<b>Prueba</b>				
Drenajes principales	Anual/trimestral			
Alarmas de flujo de agua	Trimestral/ semestral			
<b>Válvulas de control</b>				
➤ Posición	Anual	¿Está en posición correcta?		
➤ Operación	Anual	Accionamiento al 100%		
➤ Supervisión	Semestral			
<b>Válvulas de preaccion/Diluvio</b>				
➤ Purga de agua	Trimestral	¿Funciona correctamente?		



Ítem	Frecuencia	Que observar	APLICA / NO APLICA	Importancia ponderada
➤ Alarmas de presión baja de aire	Trimestral	¿Se accionan correctamente?		
➤ Flujo total	Anual	Registrar valores		
<b>Válvulas de tubería seca / Dispositivos de apertura rápida</b>				
➤ Agua de purga	Trimestral			
➤ Alarmas de presión baja de aire	Trimestral	¿Se accionan correctamente?		
➤ Dispositivos de apertura rápida	Trimestral	Registrar valores		
➤ Pruebas de desconexión	Anual	¿Funciona correctamente?		
➤ Pruebas de desconexión a flujo total	3 años	¿Funciona correctamente?		
<b>Válvulas reductoras de presión y de alivio</b>				
➤ Sistema de rociadores	5 años	¿Funciona correctamente?		
➤ Alivio de circulación	Anual	¿Funciona correctamente?		
➤ Válvulas de alivio	Anual	¿Funciona correctamente?		
➤ Conexiones de mangueras	5 años			
➤ Soporte de mangueras	5 años	Inspección visual de la estructura		
<b>Conjunto de prevención de reflujos</b>	Anual	¿Funciona correctamente?		

Tabla No 9. Inspección Prueba Y Mantenimiento De Válvulas, Componentes De Válvulas Y Guarniciones

## 5.10. Sistemas de detección y alarma

Los sistemas de alarma contra incendios se clasifican según sean accionados automáticamente, manualmente, o ambos. Los sistemas de alarma automática de incendios tienen la intención de notificar a los ocupantes del edificio para evacuar en caso de incendio u otra emergencia, informar del hecho a un lugar fuera de las instalaciones con el fin de llamar a los servicios de emergencia, y para preparar la estructura y sistemas asociados para controlar la propagación del fuego y del humo.

La inspección debe consistir en un examen visual del sistema y sus componentes, para verificar que está en condiciones aparentemente óptimas de operación y libre de daños físicos, se basa fundamentalmente en la NFPA 72, capítulo 14 - Código Nacional de Alarmas de Incendio

### Semanal.

La inspección visual se debe realizar generalmente en cada planta recorriendo las zonas protegidas.

### Mensual.

Estado de dispositivos de iniciación de alarma, tales como detectores de humo, temperatura, gas y llama, como así también de avisadores manuales y sirenas.

### Trimestral.

Fusibles. Equipos en interface. Alimentación de energía primaria. Indicadores lumínicos del panel. Indicadores sonoros del panel. Señales de falla propias del panel. Simulación. Conexiones de red. Panel de audio para evacuación. Medición de tensión de baterías (Alimentación secundaria). Conexiones entre la central y cada zona. Verificación de funcionamiento de anunciadores remotos y su comando en caso que lo tuviera. Discador telefónico según recomendación del fabricante de detectores de humo, temperatura, gas, llama y humos por aspiración forzada. Dispositivos de aviso lumínicos / sonoros. Altavoces del sistema de audio para evacuación.



### **Semestral.**

Ensayo del cargador de baterías del panel. Prueba de descarga de baterías.

### **Anual.**

Accionamiento de dispositivos para asegurar su correspondencia con su función. Módulos de control y sus acciones. Módulos de monitoreo. Accionamiento de detectores de flujo. Prueba de detectores en ductos. Prueba de baterías (24 horas). Probar con planimetría de respaldo posibles cambios estructurales y/o en la distribución de la planta, que pudieran modificar la composición y/o diseño del sistema de detección de incendios. Limpieza del panel de control de alarma de incendio. Limpieza del panel de audio para evacuación. Calibración de detectores de humo y temperatura. Calibración de detectores de gas. Verificación de valores analógicos y reemplazo de detectores que se encuentren fuera de los valores determinados. Limpieza y/o calibración de detectores de humo y/o temperatura Limpieza y/o calibración de detectores de gas Sistema de Extinción de Incendios.

## **5.11. Extintores**

Es de suma importancia asegurar el correcto desempeño de estos equipos en el momento de un incendio, para lo cual, toda adquisición, compra y mantenimiento se debe basar en la norma NFPA 10 capítulo 7.3 “Standard For Portable Fire Extinguishers”, en su última versión.

Los extintores deben ser listados, los existentes que no cumplan con este requerimiento, deben ser reemplazados, por equipos que ajusten a las anteriores especificaciones.

Extintores con un tiempo de servicio superior a veinte (20) años deben ser reemplazados, con base en criterios de desempeño y su confiabilidad.

Los polvos químicos aceptados para la protección de áreas industriales son los de base de bicarbonato de potasio y bicarbonato de sodio listado.

Para oficinas, áreas administrativas y todo tipo de instalaciones donde existe el riesgo de incendio tipo “A”, se deberá proteger con extintores clasificados para fuego tipo A y donde exista el riesgo combinado A, B, se protegerá con extintores tipo ABC (multipropósito).

En caso que un extintor de Halon se encuentre descargado se deberá reponer con un extintor de agente limpio acorde a la norma NFPA 2001 “Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems” en su última versión.

No se debe cambiar el agente extintor (polvo, gas, etc.) por otro diferente al especificado por fabricante. Ejemplo; un extintor de agua no se debe convertir a un extintor de polvo químico seco.

No se debe cambiar la composición química del agente extintor (polvo químico seco) para el cual fue diseñado el equipo. Estas modificaciones pueden tener consecuencias a mediano plazo por deterioro y desempeño del extintor.

Se debe asegurar el cumplimiento estricto de las pruebas hidrostáticas cada 5 años de acuerdo con los tiempos establecidos en la Norma NFPA 10 “Standard for Portable Fire Extinguishers”, en su última versión para cada tipo de extintor.

La inspección, pruebas y mantenimientos de los extintores, deben ser realizada por una empresa debidamente certificada para mantenimiento de extintores. La legislación local pertinente puede permitir excepciones a esta recomendación para que el mantenimiento de los extintores lo pueda



hacer la Empresa Principal, siempre que sus operarios estén certificados por el fabricante, por ejemplo en lugares alejados (campamentos) donde no hay disponible un servicio tercerizado.

Siguiendo lineamientos de la norma NFPA 10 Versión 2010 numeral 6.1.3.7, los extintores deben protegerse contra la acción de la temperatura, el polvo y la humedad. Se recomienda la implementación de forros protectores de fácil colocación (con cinta de velcro) Se debe especificar el volumen de almacenamiento de agua y/o concentrado de espuma, caudal y presión de la bomba de agua y del tipo de sistema de proporcionamiento de espuma.

La NFPA 10 indica un mantenimiento anual de los extintores, pero en regiones donde la humedad es muy alta y el riesgo de apelmazamiento del polvo antes de un año es alto se recomienda hacer el mantenimiento cada 6 meses. El mantenimiento podrá adelantarse dependiendo también de la inspección visual del polvo cada mes.

## 5.12. Vehículos para combate de incendios

Un Camión Contra Incendios es un equipo muy delicado que requiere constantes cuidados y atención. Cuando una entidad decide adquirir un Camión de Contra Incendios, es porque se cumplen las siguientes condiciones:

- Las instalaciones a proteger están muy lejos de los centros de atención de emergencias.
- Las áreas a proteger están muy lejos de los sistemas fijos de protección contra incendios como locaciones de pozos petroleros, puertos y aeropuertos. Se supone que las facilidades de producción y almacenamiento de hidrocarburos deben tener sistemas fijos de protección contra incendios confiables.
- Se dispone de personal entrenado para la conducción, manejo seguro y el mantenimiento de camiones de contra incendio siguiendo los lineamientos de NFPA 1911.
- Se dispone fácilmente de fuentes de agua para rápido llenado del camión, garantizando con ello su operación continua.
- Existen rutas de acceso rápido a las instalaciones a proteger.
- Se dispone de adecuados programas de mantenimiento preventivo y predictivo para vehículos.

### 5.12.1. Reposición de Vehículos Contra Incendios

La responsabilidad de la adquisición de los vehículos contra incendios y sus equipos debe corresponder directamente a cada empresa.

Las pruebas de campo y la antigüedad de los camiones determinara el estado operativo y mecánico de los equipos para su sustitución, de acuerdo con los resultados se preparan las especificaciones de acuerdo con las normas aplicables a nivel internacional, nacional y las mejores prácticas de la industria para su reposición.

Se estipula que la vida útil de los camiones se da según el uso que reciba el equipo y el programa de mantenimiento que se le efectuó, pero en términos generales, se considera que una auto-bomba puede durar entre diez (10) a quince (15) años y/o veinte (20) años, de acuerdo con lo anterior se establece la siguiente clasificación:

- a. Auto- escalas: Quince (15) años.
- b. Auto- bombas: Veinte (20) años



c. Auto- bombas de primera línea: Diez (10) años.

Los vehículos se solicitaran con todas las herramientas necesarias para la lucha contra incendios. Las normas de al NFPA sobre vehículos contra incendios incluyen listas de equipos y aparatos transportados en cada vehículo.

Los vehículos antiguos se pueden conservar como flotas de reserva siempre que estén en buen estado operativo y mecánico, pero los vehículos principales no deberán tener más de veinte (20) años de servicio.

### **5.12.2. Cumplimiento de Estándares**

Deben ser diseñados para cumplir como mínimo, con los requerimientos de la norma NFPA 1901 “Standard For Automotive Fire Apparatus” en su última edición, el equipo en su conjunto debe ser listado UL y ser ensamblado por el fabricante.

Se debe especificar el volumen de almacenamiento de agua y/o concentrado de espuma, caudal y presión de la bomba de agua y del tipo de sistema de proporcionamiento de espuma.

Los vehículos deben ser listados por partes (bomba, proporcionador, tanque de almacenamiento, etc.), las bombas de agua deberán ser listadas para uso en contra incendios.



# **Sistemas de protección contra incendio en instalaciones para transporte de petróleo e hidrocarburos líquidos**

## **Capítulo 5: Aspectos Económicos y de Proyecto**





## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta en este capítulo de la Guía los aspectos económicos que influyen sobre los proyectos de Sistemas de Protección Contra Incendios. Dichos aspectos incluyen un desarrollo genérico de la metodología para la evaluación de proyectos de SPCI, las bases para la Evaluación Técnico Económica, el análisis Costo Beneficio de la inversión en SPCI, la evaluación de tolerabilidad del riesgo y los Costos de mantenimiento y operación en SPCI.

La temática en este capítulo puede ser muy amplia y variada de acuerdo a cómo se desee abordar, solo se pretende aquí presentar algunos aspectos considerados relevantes y que pueda brindar una ayuda básica al lector para que luego pueda profundizar su análisis según considere y necesite.

## 2. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE SPCI

Los proyectos de Sistemas de Protección Contra Incendio generalmente no pasan por una evaluación de rentabilidad, una evaluación económica y/o financiera, que analice los retornos de inversión que la instalación de un Sistema de Protección Contra Incendio pueda originar sobre productividad de la compañía, sino más bien se evalúan con el fin de tomar en consideración diferentes directrices:

### *Directrices para Evaluación de Proyectos de SPCI:*

- ✓ Cumplimiento de la legislación vigente aplicable.
- ✓ Cumplimiento de normativa corporativa relacionada.
- ✓ Consecución de estándares adoptados para los sistemas de protección, de uso difundido en la industria y/o como prácticas recomendadas, incluyendo las recomendaciones de las compañías de seguro.
- ✓ Aplicación de un modelo tecnológico adoptado como resultado de la consideración de las directrices anteriores y de la estrategia técnico-económica de la compañía para los Sistemas de Protección Contra Incendios.

También entra en consideración la perspectiva del activo o la instalación industrial en consideración, donde se evalúa ejecutar proyectos nuevos, de reposición, mejoramiento y los procesos de mantenimiento que impliquen compras, ampliación y/o modificaciones en los sistemas contra incendio existentes, y si forma parte de un plan mayor de inversiones en SPCI, que siguiendo un programa de inversión de la compañía, tiene incluido la actualización tecnológica o renovación parcial o total del SPCI del activo o instalación industrial en consideración, pero en una ubicación temporal desplazada respecto al proyecto citado más arriba, y definiendo un programa presupuestario. Esta consideración puede implicar que un proyecto intermedio sobre el activo pueda tomar en consideración solo parcialmente las directrices, justamente porque el programa de inversión del plan mayor lo contemplará posteriormente, o porque el plan de inversiones industriales dejará fuera de servicio el activo o las instalaciones en consideración, en un tiempo no lejano, y porque es factible y/o viable por parte del dueño de los activos de adoptar un riesgo probablemente mayor al de la adopción de la totalidad de las directrices.

La metodología que se pretende presentar aquí se realiza de forma genérica, y a modo de ejemplo con el fin de brindar herramientas básicas introductorias. Las metodologías en uso de las diferentes compañías seguramente podrán ser más complejas, diferentes o que incluyan otras etapas o métodos. Igualmente no se pretende aquí más que establecer una guía con pautas básicas para establecer una alternativa en la metodología y de aspectos que no deben dejar de ser considerados.



## 2.1. Etapas de la Evaluación

Las etapas mínimas recomendadas para la evaluación del proyecto, de acuerdo a los aspectos mencionados anteriormente, se presentan a continuación.

### 2.1.1. Consideraciones del activo

Aquí se consideran los aspectos relativos al activo que se desea proteger, a partir del análisis de riesgos, de su inclusión o no en un plan mayor de inversión en SPCI, y de la perspectiva del activo dentro del plan de inversiones industriales.

### 2.1.2. Directrices a considerar

A partir de la etapa anterior, y de acuerdo a la estrategia técnico-económica de la compañía para Sistemas de Protección Contra Incendios, se definen las Directrices que entrarán en consideración para el proyecto. En esta definición evidentemente habrá una consideración del riesgo que la compañía y/o dueño de los activos establecerá como aceptable, para la adopción parcial o no del total de directrices en consideración. La parcialidad en la adopción de las directrices no puede implicar en ningún proyecto de un Sistema de Protección Contra Incendio dejar de contemplar los requisitos de la legislación aplicable. Por otro lado, podrá ser decisión de la compañía el de posponer o postergar un modelo tecnológico adoptado, por tratarse de la protección de un activo con perspectivas de salir de servicio en el corto o mediano plazo –de acuerdo a la estrategia de cada compañía, generalmente entre 5 y 10 años-, y donde el riesgo que ello implica es considerado aceptable por el dueño de los activos. En esta etapa deberán considerarse, en todos sus aspectos y requisitos particulares, las directrices para evaluación de proyectos de SPCI indicadas en el Punto 2 de este capítulo.

### 2.1.3. Diagnóstico de facilidades existentes

Esta etapa aplica a proyectos que impactan sobre instalaciones industriales existentes, donde el alcance del proyecto SPCI deba definirse sobre la base de equipos y sistemas existentes a ampliar, renovar y/o aumentar su desempeño.

Establecidas ya las directrices a considerar, se realiza una revisión de la situación actual en el caso de tratarse de instalaciones o ampliaciones que conforman parte una instalación industrial existente, y que necesariamente deba considerarse el impacto del proyecto sobre los Sistemas de Protección Contra Incendios en la instalación industrial donde se emplazará el proyecto, por ejemplo sobre la capacidad de bombeo y reserva de agua del SPCI. Esta revisión dará como resultado un listado de hallazgos y/o inobservancias respecto a lo definido en la etapa anterior como directrices en consideración que se deben alcanzar.

### 2.1.4. Definición de Alcance del proyecto SPCI

En esta etapa se definirá la implementación de medidas que correlacione el Diagnóstico de situación de la etapa anterior con las Directrices a considerar.

Puede presentarse la situación de generar una retroalimentación con la etapa de directrices en consideración debido a la asignación a un plan mayor de inversión en SPCI o la aceptación de un nivel de riesgo por la perspectiva del activo en el corto o mediano plazo, ciertas inobservancias detectadas en la etapa anterior.



Seguramente no podrán postergarse la implementación de medidas que brindan su atención a la legislación vigente, aunque puede suceder que se dé lugar a la implementación de medidas mitigatorias ante la insuficiencia en algún requisito específico y que deba ser tratado particularmente con el organismo regulador y/o la autoridad competente.

## 2.2. Esquema sinóptico de la Evaluación

Se presenta en la Figura No 1. un esquema sinóptico en representación de las etapas que comprende la evaluación de un proyecto en Sistemas de Protección Contra Incendios.

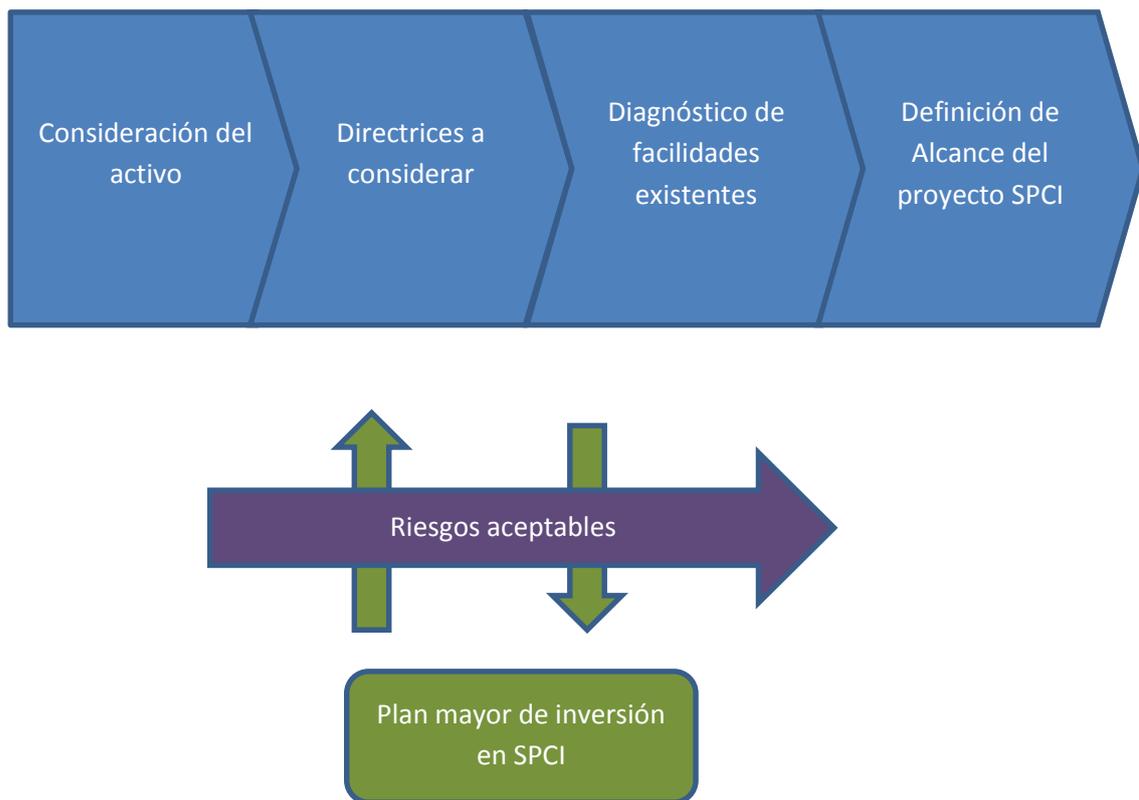


Figura No 1. Esquema sinóptico de la evaluación de un proyecto de SPCI

## 3. EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA

En esta sección se presenta los fundamentos metodológicos de análisis técnico-económicos generalmente utilizados para proyectos de sistemas contra incendio, cuando tiene lugar la evaluación de alternativas, ya sea por selección tecnológica y/o económica. Es decir que el resultado deseado desde el punto de vista del desempeño y/o adoptado como estándar de diseño puede obtenerse a través de más de un sistema, lo que implica un análisis técnico de beneficios y desventajas de cada alternativa, y luego también una evaluación económica para seleccionar el sistema más eficiente entre los posibles.

Paralelamente a los fundamentos metodológicos, se desarrolla un ejemplo a modo ilustrativo, en este caso para seleccionar entre los diferentes sistemas de dosificación de concentrado de espuma para una planta de almacenamiento típica de petróleo e hidrocarburos líquidos. Dicho ejemplo se desarrolla en letra *cursiva* dentro de la presente sección del capítulo.



### 3.1. Condicionantes

Como en cualquier metodología de análisis, existen condicionantes que limitan el estudio y el alcance. Relacionan las características particulares de cada proyecto, de las instalaciones y de la tipología de riesgos en consideración, y las condiciones del entorno. Es necesario enumerarlos para tomarlos en consideración, ya que demarcarán el camino a recorrer en el análisis.

En el caso del ejemplo, estos son los condicionantes del análisis:

- a) *Tipo de Instalación a Proteger: Si bien existen otros equipos e instalaciones, la Terminal presenta como riesgos mayores, desde el punto de vista de demanda de espuma, un sector de cargaderos de carro tanques y un parque de tanques de productos terminados, todos cilíndricos de techo fijo (son estos equipos los que por su magnitud, definirán la demanda en cantidad y calidad de espuma para su protección).*
- b) *Características principales de la instalación: los tanques son de diámetros en su mayoría de casi 40 metros (131 pies), generosamente espaciados, cada uno de ellos dentro de diques de contención, también de proporciones generosas. Esto hace que la planta tenga una extensión de 750 metros x 500 metros (2460 pies x 1640 pies) aproximadamente. El espaciamiento entre los tanques es un factor relevante, ya que puede constituir un sistema pasivo contra incendios en el caso de ser mayor a un diámetro, sobre todo al momento de evaluar la posible refrigeración de un tanque expuesto a la radiación térmica generada por un incendio aledaño.*
- c) *Productos Almacenados: Se trata de hidrocarburos convencionales (Gas Oil, JP1, Fuel Oil, Nafta Normal) y de blendings de Naftas con MTBE a más del 10% en volumen (Naftas Súper) y Alcoholes. Estos últimos se comportan en forma particular, como solventes polares del agua, y requerirán consideraciones especiales de diseño.*
- d) *Tipología de riesgos: En estas instalaciones, los riesgos típicos son:*
  - *Fuegos de profundidad (pool fires), en tanques, piletas API, y otros derrames confinados con espesores de charco de más de 25 mm (1 pulgada).*
  - *Fuegos de superficie, en derrames no confinados con espesores menores a 25 mm (1 pulgada).*
  - *Fuegos tridimensionales (Jet Fires), en fugas a presión ocurridas en sellos de bombas, sopladuras de bridas, bonetes de válvulas.*
  - *Derrames en general, sin fuego.*
- e) *Temperaturas ambiente mínimas: La zona puede presentar aunque por tiempos no prolongados, temperaturas inferiores a 0 °C (32 °F).*

*Recursos externos de combate disponibles: Siendo una planta de almacenamiento típica de petróleo e hidrocarburos líquidos, no se dispone de un autobomba industrial, con sistema propio de proporcionamiento de espuma y capacidad apropiada como alternativa de los sistemas fijos (esto si ocurre en una refinería).*

### 3.2. Análisis Técnico

El Análisis Técnico conjugará los condicionantes con las variables de diseño del proyecto. Habrá variables que serán independientes y otras dependientes, en función de los condicionantes y la estrategia de diseño que se decida emplear. Incluso el proceso puede ser iterativo en la dependencia de las variables. El análisis abarcará cada una de ellas, viendo la factibilidad técnica en cada aspecto, sus ventajas y desventajas.



Como resultado del análisis Técnico, se descartarán aquellas soluciones de las variables que no otorguen factibilidad técnica al proyecto.

*En el caso del ejemplo, las variables en consideración son el tipo de concentrado y las tecnologías de dosificación.*

### **Variable A: Tipo de concentrado**

Se definirá el concentrado espumígeno más adecuado a la aplicación en planta, y en función de ello se aplicarán los parámetros de diseño del producto, surgidos del ensayo de performance UL162, y extraídos del Directorio de UL.

*Criterio de selección:*

- *Temperatura mínima invernal: la planta está sometida a temperaturas inferiores a 0 °C (32 °F).*
- *Tipo de dispositivos de descarga: en función de que se requieren boquillas en mangueras y monitores, que sean aptas para agua y espuma, en chorro pleno o niebla, las mismas serán de tipo no aspiradas.*
- *Tipos de riesgo: Los productos involucrados son hidrocarburos convencionales, blendings de nafta (gasolina) con MTBE (Súper y Premium) y Alcoholes (etanol).*

*De la evaluación de las condiciones anteriores, se decide adoptar como producto<sup>1</sup> un concentrado AR-FFFP, al 3%, de base fluoroproteínica, pero formador de film acuoso, apto para hidrocarburos convencionales y solventes polares y de muy baja viscosidad.*

*Justifica la selección de este producto, su baja viscosidad, su aptitud para ser utilizado tanto con dispositivos de descarga aspirados como no aspirados, y el hecho de no poseer polímeros en su formulación (típicos de los AR-AFFF, y que los hace propensos a estratificarse, sumamente viscosos (y no lineales), y más propensos a obstruir cañerías y dispositivos de pequeña sección).*

*Los parámetros de trabajo surgidos del ensayo UL162, para este producto son los siguientes:*

#### ***Aplicación en hidrocarburos convencionales:***

##### **Cámaras de espuma:**

Tasa de aplicación: 4,1 Lpm/m<sup>2</sup> (0,1 gpm / ft<sup>2</sup>).

Presión mínima de diseño en la cámara: 5 bar (72,5 psi).

##### **Monitores y lanzas de mano para derrames:**

Tasa de aplicación: 6,5 Lpm/m<sup>2</sup> (0,16 gpm/ft<sup>2</sup>).

Presión mínima en la boquilla: 7 bar (101,5 psi).

##### **Rociadores (Sprinklers) abiertos o cerrados:**

---

<sup>1</sup> No se hace mención de nombre comercial del producto, ya que a los fines del ejemplo no se requiere.



Tasa de aplicación: 6,5 Lpm/m<sup>2</sup> (0,16 gpm/ft<sup>2</sup>).

Mínima presión de descarga: 1 bar (14,5 psi).

**Rociadores direccionales:**

Tasa de aplicación: 6,5 Lpm/m<sup>2</sup> (0,16 gpm/ft<sup>2</sup>).

Mínima presión de descarga: 2 bar (29 psi).

**Aplicación en blendings de Naftas (gasolina) con MTBE y Alcoholes:**

**Cámaras de espuma:**

Tasa de aplicación: 6,5 Lpm/m<sup>2</sup> (0,16 gpm/ft<sup>2</sup>).

Presión mínima en la cámara: 5/7 bar (72,5/101,5 psi).

**Monitores y lanzas de mano para derrames:**

Tasa de aplicación: 6,5 Lpm/m<sup>2</sup> (0,16 gpm/ft<sup>2</sup>).

Presión mínima en la boquilla: 7 bar (101,5 psi).

**Rociadores (Sprinklers) abiertos o cerrados:**

Tasa de aplicación: 12,5 Lpm/m<sup>2</sup> (0,33 gpm/ft<sup>2</sup>).

Mínima presión de descarga: 2 bar (29 psi).

**Rociadores direccionales:**

Tasa de aplicación: 12,5 Lpm/m<sup>2</sup> (0,33 gpm/ft<sup>2</sup>).

Mínima presión de descarga: 3 bar (43,5 psi).

El cumplimiento de las directrices de diseño arriba planteadas, y la utilización correcta del concentrado seleccionado plantea las siguientes pautas de dimensionamiento:

En Tanques:

Utilización de cámaras de espuma (relación de expansión 5 a 7 en 1), con una tasa de 4.1 Lpm/m<sup>2</sup> (0,1 gpm/ft<sup>2</sup>) y presión mínima en cámara de 5 bar, para hidrocarburos convencionales, y con una tasa de 6,5 Lpm/m<sup>2</sup> (0,16 gpm/ft<sup>2</sup>) y presión mínima en cámara de 5 bar (72,5 psi), para naftas y Alcoholes, para el caso de tanques de techo flotante se respeta la tasa indicada por NFPA 11 – 12,2 Lpm/m<sup>2</sup> (0,3 gpm/ft<sup>2</sup>), presión mínima en cámara 5 bar (72,5 psi).

**Autonomía de espuma en tanques:**

Tanques de Techo Fijo:

Hidrocarburos convencionales (Flash Point entre 37.8 °C y 60 °C): 30 minutos (conforme NFPA 11 Tabla 5.2.5.2.2).

Naftas (gasolinas) y Alcoholes: 55 minutos (NFPA 11 Tabla 5.2.5.2.2)



### Tanques de Techo Flotante:

*Hidrocarburos convencionales o Nafta (gasolina) y Alcoholes: 20 minutos (NFPA 11 Tabla 5.3.5.3.1)*

*Reserva de Espuma para un tanque individual: La cantidad de espuma adoptada como mínima necesaria será la mayor resultante de la comparación del requerimiento necesario para el sistema fijo y el necesario para inundar el recinto.*

### En Recintos:

*Utilización de monitores, líneas de manguera con boquillas no aspiradas, o cualquier dispositivo de descarga de tipo III (según NFPA 11 o UL 162), con una tasa de 6,5 Lpm/m<sup>2</sup> (0,16 gpm/ft<sup>2</sup>) y presión mínima de descarga de 7 bar (101,5 psi) (monitores y lanzas manuales), para hidrocarburos convencionales, alcoholes o naftas. En agrupamientos de pequeños tanques dentro de un único dique, y donde se apliquen rociadores en el caso de Alcoholes o Naftas, se aplicará una tasa de 12,5 Lpm/m<sup>2</sup> (0,31 gpm/ft<sup>2</sup>) a una presión mínima en la descarga de 3 bar (43,5 psi) (upright o pendientes) o (direccionales).*

### Autonomías:

*Se dimensionarán los sistemas de manera de lograr la formación de un manto de espuma, cubriendo la totalidad del recinto (incluida la superficie del tanque). Los caudales de los dispositivos de descarga, no serán inferiores (para mantener alcances coherentes) a:*

*Monitores de espuma: 1325/1893 Lpm (350/500 gpm).*

*Lanzas de mano: 189 Lpm (50 gpm).*

*De lo expuesto anteriormente, y teniendo en cuenta el tipo de concentrado espumígeno a utilizar, las presiones de espuma requeridas en los dispositivos de descarga en cada caso, y las diferentes autonomías necesarias, se analizarán a continuación, las alternativas de dosificación, evaluando sus ventajas y desventajas, para determinar el grado de aplicabilidad a este proyecto:*

## **Variable B: Sistemas de Dosificación**

### **Sistemas basados en venturis: (LP)**

#### **Ventajas:**

- Económico
- No tienen partes móviles.
- Permiten la recarga del TK de espuma en servicio (si un incidente tiene una duración mayor a la autonomía).

#### **Desventajas:**

- Dosificación precisa con un caudal fijo (cualquier variación de caudal genera una desviación muy importante en el % de dosificación).
- Calibración complicada.
- Pérdida de entre un 35 y un 40% de presión respecto de la presión de entrada (esta es la desventaja principal porque en el caso de alcoholes o blendings, no permiten llegar a las mínimas presiones en cámara que requiere el concentrado, según UL 162)
- No permiten centralizar la protección de varios tanques con un solo tanque de espumígeno (si las



*líneas que alimenta cada dosificador son muy largas, y la contrapresión en el mismo excede la admisible, el eductor no genera succión). Esto implica mayor inventario de concentrado.*

- *Solo un fabricante en el mundo fábrica eductores con UL, y solo un par de tamaños (no se puede cubrir todo el diseño con elementos UL).*

#### **Aplicaciones:**

- *Riesgos pequeños*
- *Mono consumos*
- *Líneas de mangueras y equipos portátiles.*
- *Cámaras de espuma (típicamente en baterías, PTCs, donde hay pocos tanques, y las presiones requeridas en cámaras son bajas (crudo))*
- *No se deben utilizar con rociadores (dispositivos de descarga múltiples)*
- *No se deben utilizar con monitores (alta pérdida de presión, que sacrifica el alcance)*

#### **Sistemas basados en dosificación Volumétrica (Minosse / FireDOS)**

##### **Ventajas:**

- *Dosificación precisa en un amplio rango de caudales.*
- *Baja pérdida de presión.*
- *No requiere energía externa (se impulsan con el agua de la red)*
- *Amplio rango de tamaños disponibles (FireDOS)*
- *Aprobados FM (FireDOS)*
- *Permiten la recarga del TK de espuma en servicio (si un incidente tiene una duración mayor a la autonomía).*
- *No requiere calibrar si se cambia la viscosidad del concentrado (es volumétrico)*

##### **Desventajas:**

- *Mayor inversión que un sistema de venturis*
- *El equipo genera solución (agua-espuma), la cual se debe distribuir a los distintos dispositivos de descarga. En caso de centralizar varios riesgos, (2 o más tanques), la cantidad de tubería (cañería) de diámetro grande que se debe tender es muy importante y hace anti económica la instalación*
- *Toda la tubería (cañería) aguas abajo del equipo debe mantenerse drenada, pues la premezcla tiene una corta vida, y además deteriora las tuberías (cañerías) metálicas. Tampoco pueden lavarse las tuberías (cañerías), y dejar agua limpia en las mismas, debido a que la primera descarga en cámaras de espuma, no puede ser de agua. Esto implica tuberías (cañerías) secas luego del proporcionador. Cuando estas líneas, secas, son muy largas, se deben tomar precauciones en el diseño para evitar embalamientos de los motores hidráulicos (válvulas sostenedoras de presión diferencial)*
- *Requieren filtrar el agua que impulsa el motor hidráulico*

##### **Aplicaciones:**

- *Riesgos que implican consumos variables*
- *Sistemas pequeños donde representan una solución económica y simple*



- Riesgos que impliquen incidentes de duración variable (que requieran recarga en servicio)
- Cargaderos de carro tanques
- Parques de bombas
- Sistemas de alta y media expansión
- Sistemas de inyección subsuperficial
- Sistemas de sprinklers cerrados
- Sistemas diluvio
- No utilizar con agua de mala calidad

### **Sistemas basados en tanques vejiga (bladder tanks)**

#### **Ventajas:**

- Dosificación precisa en un amplio rango de caudales.
- No requieren energía externa (solo la presión del agua).
- Baja pérdida de presión en el proporcionador

#### **Desventajas:**

- A medida que aumenta el tamaño su costo crece exponencialmente
- En lugares donde puedan tenerse temperaturas de congelamiento, exigen instalaciones complementarias de protección, para evitar congelamiento de la película de agua que siempre queda entre la pared interna del tanque y la vejiga (este hielo rompe fácilmente la vejiga).
- Las presiones máximas de trabajo (típicas), son de 12 bar (175 psi).
- La maniobra de carga es muy complicada y lenta.
- La rotura de la vejiga es frecuente, y su reemplazo debe realizarse en el sitio de la instalación, por lo tanto pierde el listado UL del equipo.
- No se puede recargar en servicio (es equivalente a un extintor, una vez descargado, no se dispone más del equipo en caso que el incidente se prolongue).

#### **Aplicaciones:**

- Riesgos que requieran alta confiabilidad y baja autonomía
- Mono riesgos (cargaderos, tanques de techo flotante, parques de bombas)
- Helipuertos, plataformas, barcos.
- Sistemas de sprinklers cerrados
- Sistemas diluvio
- No instalar en zonas frías (o tomar las precauciones necesarias)
- No usar con agua salada o de mala calidad

### **Sistemas de presión balanceada en línea (ILBP) (con central de bombeo de espuma)**

#### **Ventajas:**

- Dosificación precisa en un amplio rango de caudales
- Baja pérdida de presión en el proporcionador



- Se pueden adquirir con listado UL
- Permiten centralizar la reserva de espumígeno para toda la planta minimizando el inventario de producto, maximizando la autonomía en cualquier dispositivo de descarga (incluso en un monitor o hidrante).
- Permiten recargar el tanque en servicio, o utilizar un trailer con espuma complementario conectado a la succión auxiliar (en caso de incidentes de mayor duración)
- Permiten convertir a agua –espuma, a cualquier monitor o hidrante que se encuentre cerca de la tubería (cañería) de distribución de concentrado.
- Se pueden adquirir en una gran gama de capacidades y presiones, y una variedad de combinaciones de motorización (eléctrica, diésel, doble eléctrica, eléctrica y diésel, con o sin bomba jockey)
- Siendo necesario un solo equipo de bombeo para toda la planta y sumado al ahorro de concentrado mencionado, se convierte, para plantas grandes, en el sistema más económico.
- Permiten la ampliación-extensión de la línea de concentrado, en forma muy simple, para llegar con espuma a nuevos puntos de la planta.

#### **Desventajas:**

- En el caso de bombas eléctricas, requieren de energía externa.
- Requieren construir una línea (típicamente Ø3") para concentrado de material compatible con el producto (AISI304L, Bronce, PVC, PRFV, PEAD, etc)
- Exige una cantidad de espumígeno solo para llenar la línea de concentrado
- En instalaciones pequeñas, se vuelve antieconómico.

#### **Aplicaciones:**

- Riesgos múltiples
- Plantas de gran extensión (refinerías, plantas de almacenamiento)
- Muelles e instalaciones portuarias
- Instalaciones donde se manejan grandes caudales de espuma (monitores tele comandados, grandes sistemas diluvio, cañones de gran caudal, etc).

#### **Factibilidad Técnica del Sistema de Dosificación**

Para este proyecto en particular, y por lo expuesto, descartamos el uso de venturis debido a la deficiencia en las presiones de llegada en cámaras que estos equipos producen (en la planta se tienen riesgos de naftas y alcoholes que requieren presiones elevadas en las cámaras). Descartamos también el uso de bladder tanks, por tratarse el riesgo típico de tanques de techo fijo, donde los incendios pueden ser de muy larga duración, al no disponerse de equipamiento complementario a los sistemas fijos (autobombas). Además, en el caso de bladder tanks, al tener que disponer un equipo por manifold de distribución de espuma, debe dimensionarse el mismo, no solo para la protección del tanque, sino también para protección con espuma en todo el recinto, lo que hace que los tanques vejiga deban ser de dimensiones absolutamente antieconómicas (por el hardware necesario y el espumígeno que se debe disponer en stock en toda la planta).

Quedan seleccionados entonces, en esta etapa de factibilidad técnica, los sistemas basados en proporcionadores volumétricos (Minosse /FireDOS), y los de Presión Balanceada en Línea (ILBP).



### 3.3. Análisis Económico

Luego de la etapa que concluye con la Factibilidad Técnica de las soluciones a las variables del análisis, y si existe más de una solución técnica posible, se realizará un análisis económico para determinar cuál de las soluciones se ajusta mejor en términos de inversión, operación y mantenimiento. Esta etapa de análisis económico concluirá en la determinación del sistema más eficiente.

Para el caso del ejemplo, se presenta a continuación un análisis diferencial de los costos de inversión, para el caso de los sistemas basados en proporcionadores volumétricos, y los de Presión Balanceada en Línea (ILBP). Se suponen costos operativos y de mantenimiento similares para ambos sistemas. Los valores económicos aquí presentados son solo a modo referencial.

#### Sistema ILBP:

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNIT	COSTO TOT
1	Tubería (Cañería) de distribución de concentrado (AISI 304 L SCH 40) 3" montado	3170 m	USD 193	USD 611.810
2	Tubería (Cañería) de distribución de concentrado (AISI 304 L SCH 40) 1,5" montado	125 m	USD 74	USD 9.250
3	Tanque de Concentrado de 15000 L (3963 Gal) prfv	1	USD 6.500	USD 6.500
4	Skid ILBP listado UL con bomba eléctrica, diesel y jockey 120 gpm@250 psi	1	USD 240.000	USD 240.000
5	Concentrado espumígeno AR-FFFP 3% UL listed en tuberías (cañerías)	15318 L (4046 Gal)	USD 7	USD 107.228
6	Concentrado espumígeno AR-FFFP 3% UL listed en tanque	13535 L (3576 Gal)	USD 7	USD 94.745
7	Módulos de proporcionamiento en puestos de control	19	USD 5.500	USD 104.500
8	Módulos de inyección directa MID	42	USD 2.600	USD 109.200

**Total: USD 1.283.233**

#### Dosificadores volumétricos:

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNIT	COSTO TOT
1	TANQUES DE CONCENTRADO ESPUMIGENO	19	USD 4.000	USD 76.000
2	CONCENTRADO ESPUMIGENO AR-FFFP 3% UL LISTED	95000 L (2510 Gal)	USD 7	USD 665.000
3	MINOSSE 121	7	USD 59.000	USD 413.000
4	MINOSSE 301	3	USD 62.000	USD 186.000
5	MINOSSE 450	5	USD 84.000	USD 420.000
6	ESPUMIGENO PARA MONITORES ( 2 TAMBORES POR EQUIPO)	16800 L (4438 Gal)	USD 7	USD 117.600
7	BOQUILLAS AUTOASPIRANTES PARA MONITOR	42	USD 1.280	USD 53.760

**Total: USD 1.931.360**

Llegándose a la conclusión de que el sistema más conveniente desde el punto de vista técnico, operacional y económico resulta ser para esta planta el de tipo ILBP.

Se justifica de esta manera el uso de un sistema de presión balanceada en línea, para el proyecto que nos ocupa, por las siguientes razones:



1. El tamaño de la planta y cantidad de tanques, permite la instalación de un solo Skid ILBP para el bombeo de concentrado.
2. La centralización de la reserva de concentrado espumígeno, cubriendo el riesgo mayor y aun excediéndolo, implica la posibilidad de disponer de TODA esta cantidad de concentrado, para generar espuma en CUALQUIER punto de la planta.
3. Todos los monitores que se encuentran en la traza de la red de distribución de concentrado pueden ser convertidos a agua-espuma, en forma económica, mediante módulos de inyección directa, y el sistema permite descargar espuma por uno o varios equipos a la vez, hasta agotar la reserva existente.
4. Si un incidente en un tanque, se prolonga más de lo esperado (estadísticamente es muy probable), ya sea por una complicación o una estrategia errada de combate de incendio, siempre es posible recargar el tanque principal de espuma, o acercar un trailer de espuma y conectarlo a la succión auxiliar. (No se dispone de una autobomba industrial para dar apoyo complementario).
5. La pérdida de presión en los módulos de dosificación es pequeña, y esto permite llegar a las cámaras de espuma de los tanques que tienen blendings, con las presiones mínimas requeridas para el concentrado elegido.
6. Todos los componentes tienen un alto grado de confiabilidad, y cumplen 100% con códigos NFPA 11 y NFPA 20.
7. Es el sistema de espuma más utilizado en todo el mundo para parques de tanques.
8. Al estar todo el concentrado en un solo tanque, es más fácil y segura su preservación y control.

#### 4. ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO DE LA INVERSIÓN EN SPCI

Mientras que el enfoque de reducción de riesgos es hacia la seguridad de la vida y la protección del medio ambiente, los sistemas de protección contra incendios también pueden jugar un papel importante en la reducción del riesgo para la continuidad de los negocios y los activos. Esto necesita también tener en cuenta la eficacia del sistema.

El Análisis Costo-Beneficio como método de Evaluación del Riesgo de Incendio provee además de una evaluación del riesgo esperado para la vida de las personas, una estimación de los costos asociados con un diseño específico de un sistema de protección contra incendios. Los costos incluyen inversión y mantenimiento del sistema de protección contra incendio, como también las pérdidas de activos como resultado de una probable propagación del incendio sobre la instalación. La evaluación conjunta del riesgo para la vida y los costos del incendio permite la identificación de diseños contra incendios eficiente desde el costo, que proveen el nivel de seguridad requerido con el menor costo.

Esta introducción del tema se encuentra enmarcada en la guía NFPA 551 Guide for the Evaluation of Fire Risk Assessments.

Una opción para la reducción del riesgo es beneficiosa desde el costo si<sup>2</sup>:

$$\{ (C \times g) - (C_{op} \times g_{op}) \} \times Pr_{control} > \text{Costo de implementación}$$

Donde:

---

<sup>2</sup> Fire system integrity assurance. Report No. 6.85/304 June 2000. International Association of Oil & Gas Producers.



$C$  = Costo esperado del incidente sin implementación de la opción.

$C_{op}$  = Costo esperado del incidente con implementación de la opción.

$g$  = Frecuencia estadística esperada de iniciación del evento sin la implementación de la opción.

$g_{op}$  = Frecuencia estadística esperada de iniciación del evento con la implementación de la opción.

$Pr_{control}$  = Probabilidad que la opción responda según requerido.

Componentes del costo esperado del incidente:

- Seguridad para la vida
- Daños ambientales
- Valor del activo
- Tiempo de inactividad
- Imagen y reputación pública
- Repercusiones legales
- Repercusiones seguros.

En el caso de una medida de mitigación, se presenta la ecuación simplificada, donde una medida para el manejo del peligro de incendio es efectiva desde el costo si:

$$(C - C_{op}) \times F_i \times P_c > C_{med}$$

Donde:

$C$  = Costo del incidente sin implementación de la medida.

$C_{op}$  = Costo del incidente con implementación de la medida.

$F_i$  = Frecuencia estadística esperada del incidente.

$P_c$  = Probabilidad de control.

$C_{med}$  = Costo de la medida (Capital y Operativos)

## 5. EVALUACIÓN DE TOLERABILIDAD DEL RIESGO VS IMPLEMENTACIÓN DE UN SPCI

El concepto, criterio y aplicabilidad del ALARP (abreviación del inglés As Low As Reasonably Practicable, Tan Bajo como Razonablemente sea Practicable) se establece como una práctica recomendada para demostrar que los riesgos están siendo gestionados y controlados dentro los niveles aceptables de tolerabilidad.

El proceso de demostración de nivel de riesgo ALARP es aplicable a todos los procesos de la industria de manera equilibrada para condiciones de seguridad de proceso, reputación, negocios de la empresa, daños a los bienes, seguridad y salud ocupacional.

El propósito de esta instrucción es definir el concepto, criterios y los pasos a seguir para la demostración documentada de que los riesgos de Salud, Seguridad, Medio Ambiente y Social están siendo gestionados a nivel tan bajo como razonablemente sea practicable.



## 5.1. Pre-requisitos

El análisis del proceso ALARP es realizado por un grupo de especialistas conformado por personal de SSMS, Mantenimiento, Operaciones, Finanzas e Ingeniería, por la Autoridad Competente en SPCI, y pudiendo participar cualquier otro personal especializado en caso de ser requerido. Los requisitos mínimos para los miembros del Grupo se detallan a continuación:

El **Especialista en SSMS** debe tener conocimiento y experiencia en:

- Análisis de Riesgos
- Normativas y estándares de Seguridad contra incendios.
- Prácticas recomendadas de la industria en lo relacionado a SSMS.
- Análisis e Investigación de Accidentes
- Auditorías de Seguridad Operativa.
- Documentos de calidad.
- Gestión de Salud, Seguridad, Medio Ambiente y Social.

El **Especialista en Ingeniería y Construcción** debe tener conocimiento y experiencia en:

- Diseño de Procesos.
- Normativas y estándares de Ingeniería contra incendios.
- Prácticas recomendadas de la industria en lo relacionado a Ingeniería y Construcción.
- Análisis e Investigación de Accidentes.
- Análisis de Riesgos.

El **Especialista en Mantenimiento** debe tener conocimiento y experiencia en:

- Análisis de Técnicas de Mantenimiento Preventivo y Predictivo.
- Normativas y estándares aplicables a Mantenimiento de SPCI.
- Prácticas recomendadas de la industria en lo relacionado a Mantenimiento.
- Análisis e Investigación de Accidentes.
- Análisis de Fallas Causa-Efecto.
- Metrología y Unidades.
- Hidráulica y Termodinámica de Componentes.
- Análisis de Riesgos.

El **Especialista en Operaciones** deberá tener conocimiento y experiencia en:

- Análisis de Riesgos
- Normativas y estándares de Operación de SPCI.
- Prácticas recomendadas de la industria en lo relacionado a Operaciones.
- Análisis de Procesos Operativos y Programación.



- Operación de Refinerías y transporte de Hidrocarburos por ducto.
- Hidráulica y Simulación de transporte de hidrocarburos.

El **Especialista Financiero** deberá tener conocimiento y experiencia en:

- Análisis de Costos.
- Análisis de Riesgos.

El Rol de Autoridad Competente en SPCI, definido en el capítulo 3, puede ser asumido por el Especialista en SSMS, siempre y cuando este cumpla con el perfil descrito (experiencia específica) en dicho capítulo para la Autoridad Competente.

## 5.2. Terminología

**Peligro:** Está definido como la causa potencial de producir pérdidas, daño físico a la salud, lesiones, daños a la propiedad y/o activos de la empresa, planta, productos o al medio ambiente, pérdidas de producción o un incremento de responsabilidades, incluyendo a la reputación.

**Riesgo:** El riesgo, de una manera general, es la probabilidad de que un evento o suceso no deseado ocurra en un determinado momento y cause daños o efectos con una determinada severidad. También es definido como, la combinación de la probabilidad y la consecuencia de ocurrencia de un evento identificado como peligroso. En cambio, la evaluación de riesgos puede definirse como, el proceso integral para estimar la magnitud del riesgo y la toma de decisión si el riesgo es tolerable o no.

**Amenaza:** Es un factor o situación que podría potencialmente causar la liberación de un peligro y resultar en un incidente.

**Medidas de Control o Barreras:** Las barreras son medidas de protección y resguardo que, puesta en lugar correcto, ayudan a prevenir la liberación de los peligros que pudieran causar las amenazas; estas barreras, podrían ser medidas físicas (válvulas, paredes, etc.), administrativas (capacitación, procedimientos, entrenamiento, etc.) y operacionales (plan operativo).

**Aspecto Ambiental:** Elemento de las actividades, productos y servicios de una organización que pueden interactuar con el medio ambiente.

**Aspecto Ambiental Significativo:** Cualquier cambio que incida en el medio ambiente, sea este adverso o beneficioso, y total o parcialmente resultante de las actividades, productos o servicios de una organización.

**Impacto ambiental:** Todo efecto que se manifieste en el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un espacio y tiempo determinados y que pueden ser de carácter positivo o negativo.

**ALARP:** As Low as Reasonably Practicable (Tan Bajo como Razonablemente sea Practicable). Ver el concepto de ALARP en la representación gráfica del Anexo III.

**HSE - Health, Safety and Environment (Seguridad, Salud Ocupacional y Medioambiente).**

**SSMS:** Salud, Seguridad, Medioambiente y Social.

**Gestión de Riesgos de SSMS:** El proceso de gestión de los peligros, aspectos ambientales y efectos es una técnica muy importante para la implementación efectiva de un sistema de gestión de salud,



seguridad, medio ambiente y social. El proceso asegura que los peligros, aspectos ambientales y los potenciales efectos son completamente evaluados (ver Cap 1).

**Tolerabilidad:** Se define como el nivel admisible para el cumplimiento y aplicabilidad de los requisitos legales, regulatorios, normas internacionales, prácticas recomendadas y documentos que identifiquen los límites aceptados de aplicación.

**Análisis y Evaluación de Riesgos:** Es el proceso utilizado para definir la probabilidad y severidad del daño provocado por un conjunto específico de eventos indeseados, y compararlos con un criterio de tolerabilidad de riesgos (ver Cap 1).

### 5.3. Procedimiento operativo

El concepto de ALARP es un acrónimo de “Tan Bajo como Razonablemente sea Practicable”, el cual se describe como el proceso para demostrar que los riesgos están siendo controlados por debajo del límite de tolerabilidad, considerando un balance de estos riesgos versus los recursos (tiempo, contingencias, costos) para controlar los mismos, demostrándose que cualquier otro esfuerzo adicional es desproporcionado en el uso de los recursos, en el propósito de controlar los riesgos por debajo del margen de tolerabilidad.

Controlar los riesgos según el concepto ALARP, significa cumplir con los requisitos legales, regulatorios, normativas, procedimientos, instrucciones y prácticas recomendadas de la industria.

Cuanto más grande el riesgo asociado a un peligro o actividad peligrosa, más grande serán los recursos o esfuerzos (tiempo, contingencia y costo) a realizar para controlar el riesgo.

Los pasos para la demostración ALARP y que todos los riesgos altos están siendo controlados se resumen siguiendo cinco (5) pasos:

#### **Paso 1:**

En función de lo explicado en el capítulo 1 “Análisis de Riesgos”, se definen las actividades específicas y se identifican los peligros y los aspectos ambientales de cada una de esas actividades en base al riesgo (Análisis y Evaluación de Riesgos).

Si el riesgo de los peligros o aspectos fueran altos (zona intolerable), se realiza el análisis documentado de la demostración ALARP.

#### **Paso 2:**

Una vez definidos los riesgos altos se procede a realizar el registro de medidas de control del peligro o aspecto ambiental de acuerdo al procedimiento de Gestión de Riesgos.

#### **Paso 3:**

En esta etapa se debe definir el nivel de tolerabilidad en base al siguiente criterio:

#### ***Criterio de análisis de Tolerabilidad***

La tolerabilidad presenta tres secciones definidas (Ver 5.4 Marco Conceptual la Decisión de la Tolerabilidad): Sección Intolerable, Sección Tolerable y Sección de Amplia Aceptación. Es importante recalcar que no existen fronteras o límites marcados para estas secciones, pues depende del tipo de actividad, país y/o requisitos específicos para definir el margen de tolerabilidad.



**Sección Intolerable.**- Los riesgos de las actividades que se ubican en esta sección son “intolerables”, por lo cual, la actividad debe ser manejada en función a los Principios de la Empresa, adoptando alternativas a efecto de reducir el riesgo o probabilidad de ocurrencia del evento.

**Sección Tolerable.**- Los riesgos de las actividades que se ubican en esta sección son aquellos en los que las personas están preparadas para “tolerarlos”. Algunos de los factores que influyen para que la gente esté preparada a tolerar el riesgo es el grado de conocimiento, control e información que tienen en función de la exposición al riesgo y los beneficios que ellos obtienen al exponerse al riesgo. Ejemplo: personas que trabajan en una estación de bombeo o compresión están más preparados a tolerar riesgos relacionados a la operación, que personas que viven cerca de la estación (vecinos).

**Sección de Amplia Aceptación.**- Los riesgos de las actividades que se ubican en esta sección son “Ampliamente Aceptados” debido a que la gente considera a estos riesgos como triviales o insignificantes en su actividad diaria. Puntualmente se describen como riesgos de actividades que no son peligrosas (riesgo bajo) o actividades con riesgo alto pero cuyas barreras son “completamente controladas” y gestionadas. Por lo tanto, el esfuerzo de una medida o barrera adicional a efecto de reducir el riesgo son probablemente desproporcionados en función de beneficios adicionales.

Para la definición del Límite de Tolerabilidad se deben tomar en cuenta lo siguiente:

- Los objetivos corporativos y departamentales.
- Los objetivos y metas relacionados a los programas Operativos, Administrativos y de SSMS.
- Las normas y prácticas recomendadas de la industria para la actividad específica. (ANSI, ASME, NFPA, API, AGA, NEC, ISA, ISO, etc.)
- Los requisitos legales del país o región donde se realiza la actividad.
- Diseños de ingeniería recomendados para la industria.
- Los análisis de riesgos específicos para la actividad o proceso según la metodología aplicable (HEMP, HAZOP, What If, AMFE, QRA, etc.)

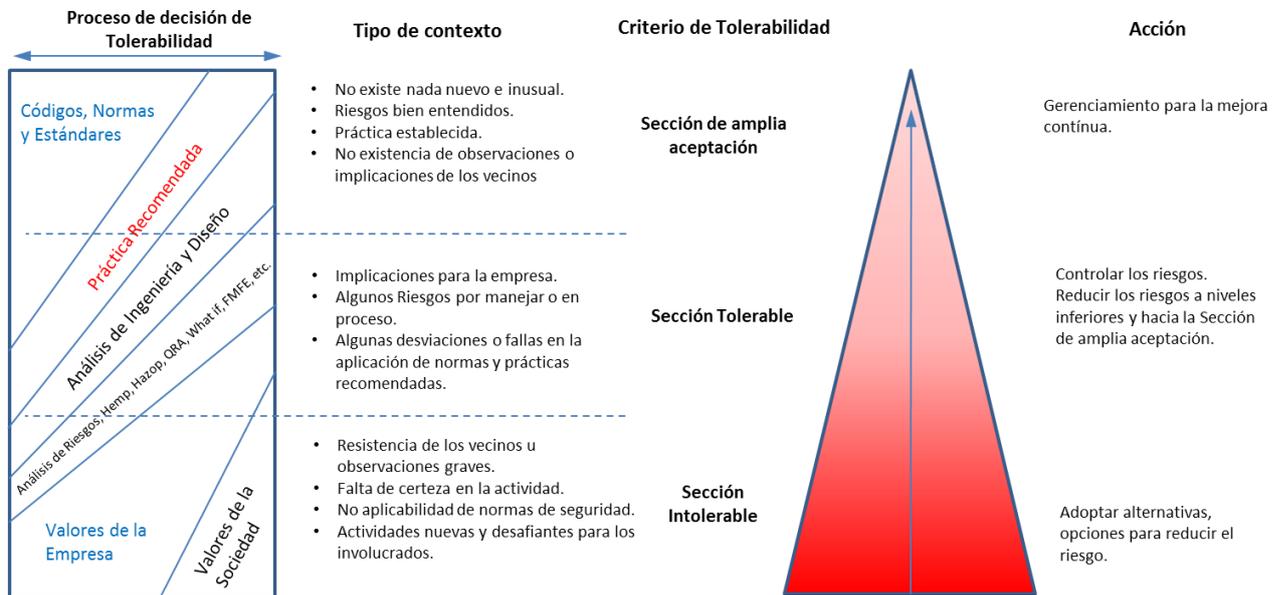
#### **Paso 4:**

Utilizando una herramienta de Evaluación de Reducción de Impacto (Risk Reduction Evaluation Tool) (ver 5.5), se procede a priorizar las medidas de control requeridas, según la Gestión de Riesgos de SSMS, en función de los beneficios y recursos utilizados. Luego de realizar la priorización de las medidas de control, el Grupo ALARP analiza estas medidas y elige aquellas que cualitativamente disminuyan el riesgo y estén por debajo del margen de tolerabilidad. Aquellas medidas de control que no disminuyen significativamente el riesgo de SSMS y tienen un costo alto no deben ser consideradas como practicables. Siendo así, se establece, que las medidas de control para las amenazas están dentro de los límites de tolerabilidad y que éstas son razonablemente practicable y por lo tanto, el riesgo de SSMS producto de la actividad específica es ALARP.

#### **Paso 5:**

Luego de realizado el análisis se procede a documentar la demostración del ALARP en un documento denominado Caso de SSMS donde se describe la gestión de los riesgos de SSMS significativos en detalle.

### 5.4. Marco conceptual de la Tolerabilidad



### 5.5. Herramienta de evaluación de Reducción de Riesgos

La Herramienta de Evaluación de Reducción de Riesgos, presentada aquí, es una combinación de una matriz sencilla del tipo 3x3 de costo vs. Beneficio, con el nivel de dificultad y/o esfuerzo requerido para implementar la misma. Es utilizada a efecto de listar barreras en orden de prioridad para disponer de un proceso transparente de implementación y análisis. Existen otras herramientas que también pueden utilizarse con este fin, a criterio de cada compañía.

		Beneficio			X	Esfuerzo			=	00
		A	M	B		B	M	A		
Costo	B	1	2	3		1	2	3		
	M	2	4	6						
	A	3	6	9						

Factor Costo vs. Beneficio      Multiplicado por      Factor de Esfuerzo      Igual      Índice de Reducción de Riesgo del 1 a 27

#### Costo de Implementación

El valor del costo de implementación representa esencialmente el monto requerido para implementar la barrera, asumiendo que el mismo se efectuará durante un paro programado. Considerar que los costos de tiempo sin producir no se incluyen en este análisis.

El costo está expresado en Dólares Americanos (U\$S) y los siguientes son ejemplos de los niveles a considerar, que podrán ser modificados en función del criterio del Asesor Financiero cuando así se lo requiera.



<i>Costo de Implementación</i>	<i>Costo Monetario</i>
Bajo	< a U\$S 50k
Medio	U\$S 50k- U\$S 500k
Alto	> U\$S 500k

Existe una dependencia entre costo y esfuerzo, algunas veces el menor esfuerzo puede ser compensado con más costo.

### **Beneficio**

El beneficio se puede interpretar como una reducción en la probabilidad de ocurrencia del evento, o de las consecuencias si ocurriera algún evento, o la combinación de ambos.

Considerar el beneficio para: personas, activos, medioambiente y reputación. Ejemplo: Un beneficio positivo (barrera positiva) para las personas puede significar un efecto negativo para el medioambiente. El beneficio debe expresarse en Alto, Medio, Bajo más detalle ver a continuación:

<i>Beneficios</i>	<i>Ejemplos</i>
<b>Alto</b> (mueve uno o más bloques en la matriz de riesgos)	Reducción de la probabilidad a un 10% o superior (la probabilidad de falla cae de 1/10 a 1/100), las consecuencias se reducen significativamente (de una fatalidad a herida menor), beneficios en las primas de seguros, costo por accidentes, producción, efecto positivo en la reputación.
<b>Medio</b>	Reducción de la probabilidad en menor en magnitud (1/10 a 1/50) las consecuencias son reducidas, se obtienen beneficios en primas de seguros y penalidades / y se reducen los costos de accidentes y producción.
<b>Bajo</b>	Reducción limitada en la probabilidad y en las consecuencias por efecto de un evento.

Al momento de realizar análisis de la factibilidad de estudios o monitoreos como barreras importantes se debe analizar si como resultado del mismo estudio saldrá información relevante para realizar mejoras en el sistema o proceso analizado y si estos servirán como otras barreras prioritarias en el estudio.

### **Esfuerzo de Implementación**

El esfuerzo de implementación se refiere a la manera o forma más sencilla de implementar la barrera. Esto puede incluir el alcance de la idea, complejidad, análisis previos, estudios especializados, etc. Un ejemplo de interpretación de la matriz del Esfuerzo de Implementación se provee a continuación:



<b>Esfuerzo de Implementación</b>	<b>Ejemplos</b>
<b>Bajo</b>	Arreglo e implementación fácil, rápida e inmediata, aplicable a una instalación específica. Se requiere una planificación sencilla y corta con la participación del ejecutor en el sitio solamente, una sola persona o un grupo reducido podrá implementar la barrera. No se requiere paro de planta o interrupción. Ejemplos: instalación de una válvula, entrenamiento de uso de equipo, actualización de procedimiento, etc.
<b>Medio</b>	Arreglo simple y sencillo pero con el involucramiento de operaciones y mantenimiento. Complejo en su instalación, actividad a ser ejecutada en sitio, se requiere alguna planificación a detalle y un grupo pequeño de personas para el análisis. Se podría necesitar un paro de planta o interrupción de la actividad. Ejemplos: reemplazo de partes de equipos, rediseños simples de la instalación por áreas o esquemas, realizar un estudio de Gerenciamiento de Riesgos de SSMS específico del sitio, contratar personal de soporte adicional para realizar el análisis o trabajos.
<b>Alto</b>	Actividad compleja de inicio, requiere una planificación amplia, involucra a una mayoría de las áreas de la compañía, requiere un paro de planta único y planificado para implementar la barrera. Ejemplos: Overhaul o arreglos mayores de equipo, retiro de equipamientos grandes, paros de planta, revisiones de integridad.

**Nota:** Cuando se presenten un número elevado de barreras del SPCI (Sistema de protección contra incendios) a implementar y el nivel de resolución de la matriz 3x3x3 no sea efectiva en cuanto a la prioridad, se debe utilizar algunos otros criterios. Por ejemplo: **tiempo restante de Operación**, este análisis puede servir para aquellas barreras a implementar que tuvieran un impacto grande en el Caso SSMS y en la reducción a criterios ALARP. Si una instalación tiene pocos años restantes de vida útil y el SPCI no sea factible el adecuarlo, el análisis debe ser enfocado en aquellas barreras de impacto inmediato y un costo bajo de implementación, pero en contraposición si la instalación fuera nueva y con un tiempo de vida útil prolongado, el contrato o negocio sostenible, se deberá realizar inversión o implementación de barreras de largo alcance conforme a los requisitos legales y normativas del sitio. Es importante también considerar en este análisis el costo de mantenimiento desproporcionado por año de cada barrera, el ahorro en la afectación del activo o instalación y/o prima de seguro involucrado, el análisis de la practicidad y beneficios de la barrera por barril o producto transportado entre otros.

Considerar que el proceso ALARP para priorizar y determinar medidas de control en sistemas de protección contra incendios es una filosofía y una manera continua de conducir los negocios a niveles de riesgo más bajos.

## 6. COSTOS DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE SPCI

Como se expresara en la sección 1 del presente capítulo, la evaluación de proyectos de SPCI generalmente no pasan por evaluaciones económico-financieras, donde deban considerarse los costos de operación y mantenimiento que impactan sobre el retorno de la inversión o la rentabilidad del negocio, sino más bien en seguimiento de directrices para evaluación de proyectos en SPCI, como ser: normativa legal, estándares corporativos, buenas prácticas y modelos tecnológicos adoptados.

Ahora bien, estos costos probablemente sean considerados para los fines presupuestarios, o para un análisis Costo-Beneficio como se mencionara en la sección 4, donde deba decidirse si una opción para



la reducción del riesgo es beneficiosa o eficiente desde el costo, suministrando el nivel de seguridad requerido con el menor costo posible, implicando además de la inversión inicial (CAPEX), el costo de operación y mantenimiento (OPEX).

A su vez, serán considerados para definir el modelo tecnológico que se quiere adoptar, en lo que refiere a las directrices para evaluación de proyectos en SPCI. Pero una vez adoptado como modelo entendemos que ya no se revisará en la evaluación de cada proyecto. En todo caso podrá revisarse periódicamente el modelo tecnológico adoptado por la aparición de nuevas tecnologías o por experiencias adquiridas y recomendaciones de la industria.

Luego, el costo operativo y de mantenimiento de un SPCI no será conceptualmente muy diferente a un equipo de operaciones o producción, si se conocen los recursos y las rutinas de mantenimiento que requiere, y el tiempo de funcionamiento en el año. Quizás esto último sea la diferenciación conceptual respecto a un equipo de producción u operación. La cuestión pasa a ser entonces, definir el tiempo de funcionamiento de un sistema que normalmente no se activará en todo el año. Los sistemas pasivos y de detección probablemente será todo el tiempo. En el caso de los sistemas activos, quedará definido por la suma de las pruebas e inspecciones periódicas definidas en el capítulo 4, más los simulacros necesarios y definidos por cada compañía.

Entonces, a partir de las rutinas de pruebas e inspecciones definidas en el capítulo 4, más las definidas por el propio fabricante del equipo en consideración, podrán definirse los recursos necesarios para la operación y mantenimiento de un SPCI.

Puede darse la situación de que no se cuenten con los recursos internos para llevar adelante las inspecciones y pruebas periódicas mencionadas, o las rutinas de mantenimiento definidas para equipos específicos, por lo que deberá preverse su contratación externa y los costos asociados de dicha contratación.

En resumen, a partir de la aplicación del capítulo 4, más las recomendaciones de los fabricantes de los equipos de SPCI y las pruebas y simulacros definidos por la compañía, podrá elaborarse un plan de uso y rutinas de mantenimiento de los SPCI, que servirá para estimar los recursos necesarios y los costos asociados, en retroalimentación por la experiencia de los profesionales asociados en llevar adelante dicho plan.





## Glosario

**ACCIDENTE MAYOR:** Evento significativo que exige una respuesta más allá de la rutina, como resultado de un proceso no controlado durante el funcionamiento de cualquier instalación y que su afectación puede sobrepasar los límites de la instalación.

**ACR:** Análisis Cuantitativo de Riesgo.

**AEGL (Acute Exposure Guideline Levels):** Niveles de concentración máximos en el aire establecidos por la EPA (Agencia de Protección Ambiental) como guía para manejo de emergencias por exposición aguda o de corto tiempo a ciertas sustancias críticas.

**AGUA PULVERIZADA:** Agua de manera que tenga un patrón, tamaño de partículas, velocidad y densidad predeterminada descargando de boquillas o dispositivos especialmente diseñados.

**AICHE:** American Institute of Chemical Engineers (Instituto Americano de Ingenieros Químicos).

**AIHA (American Industrial Hygienists Association):** Organización profesional con sede en USA (Fairfax, Virginia) dedicada a servir a las necesidades de la salud ocupacional y ambiental, así como a los profesionales de la Higiene Industrial.

**ALARP:** As Low As Reasonably Practicable (Tan bajo como sea razonablemente Posible).

**AMENAZA:** Es un factor o situación que podría potencialmente causar la liberación de un peligro y resultar en un incidente.

**ANÁLISIS DE RIESGOS:** Conjunto de procedimientos cualitativos y cuantitativos, que permiten evaluar el riesgo en una planta industrial, a partir del establecimiento de eventos iniciantes, eventos amenazantes, identificación de escenarios de riesgo y estimación de consecuencias.

**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO:** Implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir. Es el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos, ambientales y sus probabilidades. Se estima el valor de los daños y las pérdidas potenciales, y se compara con criterios de seguridad establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención y alcance de la reducción del riesgo y preparación para la respuesta y recuperación.

**ANILLO:** Circuito de tuberías destinado a la distribución de agua para la protección contra incendios.

**APROBADO:** Aceptación emitida por un organismo o laboratorio del desempeño de equipos, materiales y accesorios que cumplen con los estándares correspondientes, para su uso en servicio contra incendio.

**AUTORIDAD COMPETENTE:** Una organización, oficina o grupo de trabajo responsables de direccionar y avalar los requerimientos de esta guía, un código o norma, o de la aprobación de equipos, materiales, una instalación o procedimiento.

**API:** American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo).



**ÁRBOL DE EVENTOS:** Un diagrama lógico de combinaciones de ocurrencia y no-ocurrencia de los eventos, utilizado para identificar secuencias de accidentes que conducen a todas las posibles consecuencias dado un suceso iniciador.

**ÁREA ADMINISTRATIVA:** Edificaciones destinadas al uso de oficinas y servicios asociados.

**ÁREA DE AFECTACIÓN DIRECTA:** es el área de posible afectación por sucesos finales que se originan y desarrollan su efecto directamente en el sitio en el que se produce la pérdida de contención del producto.

**ÁREA DE AFECTACIÓN INDIRECTA:** es el área de posible afectación por sucesos finales que se originan en una trayectoria o ruta de derrame o, a partir de estancamientos o acumulaciones de producto retirado del sitio donde se originó el evento.

**ÁREA OPERATIVA:** Instalaciones industriales en las que se desarrollan procesos para el manejo o transformación de productos, objeto de una actividad.

**ASPECTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO:** Cualquier cambio relevante que incida en el medio ambiente, sea este adverso o beneficioso, y total o parcialmente resultante de las actividades, productos o servicios de una organización.

**ASPECTO AMBIENTAL:** Elemento de las actividades, productos y servicios de una organización que pueden interactuar con el medio ambiente.

**ATMÓSFERA ASFIXIANTE (AA):** tipo de atmosfera peligrosa que se presenta cuando un gas no inflamable ni tóxico logra desplazar o reducir la concentración normal del oxígeno por debajo del mínimo requerido para mantener la vida humana.

**BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion - BL):** Se refiere a la bola de fuego que se produce por el estallido súbito y total, por calentamiento externo, de un recipiente que contiene un gas a presión, cuando el material de la pared pierde resistencia mecánica y no puede resistir la presión interior. La expansión térmica o mecánica podría afectar a toda la instalación con daños de consideración dependiendo del tipo de gas o producto que se esté almacenando.

**BOMBA DE INCENDIOS:** Bomba que suministra flujo de líquido y presión dedicados a la protección de incendios.

**BOMBA DE RESPALDO:** Bomba o conjunto de bombas de agua contra incendios del tipo fijo, accionadas exclusivamente con motor de combustión interna a diésel, con igual capacidad de gasto y presión para sustituir en caso de falla a la o las bombas principales, cuando éstas no se encuentren en condiciones de operación.

**BOMBA PRINCIPAL:** Bomba o conjunto de bombas de agua contra incendios del tipo fijo, accionadas con motor eléctrico o de combustión interna a diésel, cuya capacidad nominal o suma de capacidades nominales, satisfacen los requerimientos de mayor demanda de agua en caso de incendio, a una presión especificada.



**BOMBA SOSTENEDORA DE PRESIÓN O JOCKEY:** es una bomba diseñada para mantener la presión del sistema contra incendio cuando no hay flujo de agua, dentro de los límites de presión especificados para cada instalación.

**BOQUILLA:** Dispositivos para uso en aplicaciones que requieren patrones especiales de descarga de agua, rocío dirigido, u otras características de descarga inusuales.

**BOQUILLA DE PULVERIZACIÓN DE AGUA:** Dispositivo abierto o automático de descarga de agua que al descargar agua a presión, distribuir el agua en un patrón direccionado específico.

**BOQUILLA MONITORA:** Dispositivo diseñado específicamente con conductos de agua grandes y libres para proporcionar un chorro poderoso y de largo alcance para la protección de grandes cantidades de materiales combustibles, aviones, patios de tanques, o cualquiera otra localización de riesgos especiales donde se necesita tener grandes cantidades de agua disponible al instante sin la demora de tender líneas de mangueras.

**CASETA DE MANGUERAS:** Gabinete localizado o adyacente a un hidrante u otro suministro de agua diseñado para contener las boquillas de manguera, llaves para mangueras, empaques y llaves de gancho necesarias para uso en el combate de incendios en conjunto con el cuerpo de bomberos y para proporcionales ayuda.

**CAUSA:** Condición que origina otro evento, fenómeno, acción o situación.

**CHORRO DE FUEGO (jet fire – JF):** Llama estacionaria y alargada (de gran longitud y poca amplitud) provocada por la ignición de un chorro turbulento de gases o vapores combustibles.

**CONCENTRACIÓN EFECTIVA (EC50 Effective Concentration):** es la concentración de la sustancia que produce una respuesta igual a la mitad de la respuesta máxima para el 50 por 100 de la población.

**CONCENTRACIÓN LETAL (LC50 Lethal Concentration):** es la concentración de la sustancia a la cual el 50 por ciento de la población expuesta a esta concentración muere.

**CONCENTRADO DE ESPUMA:** Agente espumante líquido tal como se recibe del fabricante.

**CONCENTRADO ESPUMANTE – AFFF (Aqueous Film Forming Foam):** Es un líquido concentrado sintético de formulación especial espumante que mezclado con agua dulce o salada en una proporción del 1%, 3% y 6%, produce una espuma de baja expansión que al flotar sobre la superficie incendiada de líquidos inflamables y/o combustibles más ligeros que el agua, actúa como una barrera que sofoca el incendio y enfría dicha superficie, desplegando además una película de alta consistencia que aísla la superficie del líquido del oxígeno del aire y suprime la generación de vapores inflamables.

**CONCENTRADO ESPUMANTE – AR-AFFF TIPO ALCOHOL (Resistente al Alcohol):** Es un líquido concentrado sintético espumante resistente a la acción de los solventes polares, que mezclado con agua dulce o salada, extingue incendios que se originan sobre la superficie de líquidos polares solubles en agua, evitando su re-ignición. Este tipo de concentrados, mezclados con agua en una proporción del 1%, 3% y 6%, extinguen con la misma efectividad incendios en tanques de almacenamiento que contienen productos inflamables o combustibles no solubles en agua.



**CONCENTRADO ESPUMANTE – FP (Fluoroprotein):** Es un concentrado de espuma con una base de proteínas y aditivos surfactantes fluorados sintéticos que mezclado con agua dulce o salada, excluye el aire a través del colchón de espuma formado, también generan una película sobre la superficie del líquido incendiado para prevenir su vaporización evitando así su re-ignición.

**CONEXIÓN DE MANGUERA:** la combinación de equipos para conexión de las mangueras al sistema de tuberías que incluye una válvula de manguera con salida roscada.

**CONEXIÓN DEL CUERPO DE BOMBEROS:** Conexión a través de la cual el cuerpo de bomberos puede bombear agua suplementaria al sistema de rociadores, tubería vertical, u otro sistema que suministre agua para la extinción de incendios para complementar los suministros existentes.

**CONJUNTO DOBLE DE VÁLVULAS DE RETENCIÓN:** Conjunto de dos válvulas de retención cargadas internamente, instaladas como una unidad entre dos válvulas de cierre herméticas, de asentamiento elástico como conjunto y conexiones con grifos de prueba de asentamiento elástico debidamente localizados.

**CONTRATISTA O PERSONAL CALIFICADO:** Definido según lo indicado en el capítulo 3 de esta guía.

**DAÑO O AFECTACIÓN:** Alteración con consecuencias negativas sobre personas, comunidad, medio ambiente, reputación y/o bienes.

**DEFICIENCIA:** Condición en la cual la aplicación del componente no está dentro de los límites o especificaciones designadas.

**DERRAME:** Vertimiento accidental de un producto líquido sobre el suelo o agua.

**DESCOMPUESTO:** Condición donde el sistema o unidad de protección de incendios o parte de éste está descompuesto, lo que puede causar que el sistema o unidad no funcionen en caso de incendios.

**DIQUE:** Muro de contención de concreto, construido alrededor de uno o más tanques de almacenamiento, para contener un derrame de un líquido inflamable o combustible.

**DISPERSIÓN (DIS):** Evolución de una nube de gas tóxica o inflamable en la atmósfera que en función de las condiciones meteorológicas se extiende y desplaza mientras se va diluyendo.

**DISPOSITIVO DE DESCARGA DE ESPUMA:** Cualquier dispositivo que, inyectado con una solución de espuma y agua, produce espuma.

**DISPOSITIVO DE DESCARGA:** Dispositivo diseñado para descargar agua o solución de espuma o agua en un patrón predeterminado, fijo o ajustable.

**DISPOSITIVO REDUCTOR DE PRESIÓN:** Válvula o dispositivo diseñado con objeto de reducir la presión del agua corriente abajo bajo condiciones de flujo (residual) solamente.

**DISPOSITIVO REGULADOR DE PRESIÓN:** Dispositivo diseñado con objeto de reducir, regular, controlar o restringir la presión del agua.



**DISTANCIA DE AFECTACIÓN:** Longitud dentro de la cual los elementos vulnerables son susceptibles de ser impactados como desenvolvimiento de un suceso final asociado a un evento.

**DOSIFICACIÓN POR PLACA DE ORIFICO:** Este sistema utiliza placa o placas de orificios a través de la cual pasa una cantidad específica de concentrado de espuma a una caída de presión específica a través de la placa de orificio.

**DRENAJE PRINCIPAL:** La conexión de drenaje principal localizada en la columna del sistema y utilizada también como conexión de prueba.

**EFECTO:** Evento, condición o acción que puede alterar un área o elemento.

**ELEMENTO VULNERABLE:** Personas, medio ambiente o bienes que puedan sufrir daño como consecuencia de un accidente mayor.

**EMISIÓN:** Descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido y/o gaseoso.

**EPA (Environmental Protection Agency):** Agencia del gobierno norteamericano encargada de establecer las regulaciones para protección de la salud y el ambiente y exigir su cumplimiento en Estados Unidos.

**EQUIPO DE DETECCIÓN AUTOMÁTICA:** Equipo que detecta automáticamente calor, llamas, productos de combustión, gases inflamables u otras condiciones que podrían producir incendio o explosión y causar otra activación automática del equipo de alarma y protección.

**ERPG (Emergency Response Planning Guides):** Límites tipo techo establecidos por la AIHA como guía para planeación de la respuesta a emergencias por liberación de sustancias químicas en el aire. Se utilizan para protección de casi todos los individuos en ambientes ocupacionales.

**ESCAPE:** Liberación accidental de un producto gaseoso, por pérdida de contención.

**ESCENARIO CRITICO:** Riesgo que demanda la mayor cantidad de agua y/o espuma en caso de incendio y es resultado de un análisis de riesgos.

**ESPUMA CONTRA INCENDIO:** Es un producto que consiste de una masa estable de pequeñas burbujas constituidas por agua y concentrado espumante, que se mezclan con aire para inflar la burbuja. Esta última, al ser más ligera que los hidrocarburos líquidos, flota en la superficie impidiendo el acceso de oxígeno y evitando su mezcla con vapores inflamables, así como enfriando y separando la llama de la superficie incendiada y, por lo tanto, provocando la extinción del incendio.

**ESTABILIDAD ATMOSFÉRICA DE PASQUILL:** Clasificación para calificar la estabilidad de la atmósfera, indicado por una letra que va de A para muy inestable, hasta F para estable.

**ESTACIÓN DE MANGUERAS:** Combinación de soporte manguera, boquilla y conexión de manguera.

**EXPLOSIÓN (EXP):** Es una súbita liberación de gas a alta presión en el ambiente. Según su naturaleza las explosiones se pueden clasificar en físicas y en químicas.



**FILTRO:** Dispositivo capaz de remover del agua todos los sólidos de tamaño suficiente para obstruir las boquillas de pulverización.

**FLASH FIRE:** Llamorada.

**FRACCIÓN ADIABÁTICA:** Fracción de líquido que se evapora instantáneamente en la despresurización súbita en condiciones adiabáticas, es decir donde no hay transferencia de calor.

**FUENTE DE ABASTECIMIENTO:** Es cualquier cuerpo de agua natural como: río, laguna, lago, manantial, mar, entre otras o artificial tales como: presas, pozos, servicios municipales, sistemas de tratamiento de agua y/o recuperación de efluentes libres de hidrocarburos, entre otras.

**GESTIÓN DE RIESGOS DE SSMS:** El proceso de gestión de los peligros, aspectos ambientales y efectos es una técnica muy importante para la implementación efectiva de un sistema de gestión de salud, seguridad, medio ambiente y social. El proceso asegura que los peligros, aspectos ambientales y los potenciales efectos son completamente evaluados (ver Cap 1).

**HIDRANTE:** Conexión de válvula en un sistema de suministro de agua que tiene dos o más salidas y se usa para proveer agua para mangueras y bombas de incendios.

**HSE - Health, Safety and Environment (Seguridad, Salud Ocupacional y Medioambiente).**

**IEEE:** Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

**IMPACTO AMBIENTAL:** Todo efecto que se manifieste en el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un espacio y tiempo determinados y que pueden ser de carácter positivo o negativo.

**INCENDIO DE SUPERFICIE TOTAL:** Es uno donde el techo del tanque ha perdido su flotabilidad y la totalidad de la superficie del líquido se incendia.

**INCENDIO DEL DIQUE:** Es cualquier tipo de incendio que se produce dentro de la zona de contención fuera del tanque. Estos tipos de incendio pueden variar desde un incidente pequeño de derrame hasta un incendio que cubre toda el área del dique.

**INCENDIO DEL SELLO:** Es donde el sello entre el tanque y el techo ha perdido la integridad y se enciende el vapor presente en el área del sello. El área incendiada puede variar desde una pequeña zona localizada o la circunferencia completa del tanque. El vapor inflamable puede estar presente en diversas partes del sello, según su diseño.

**INCENDIO EN EL TECHO:** Es donde un derrame de hidrocarburos en el techo del tanque se enciende, pero el techo mantiene su flotabilidad. Los vapores inflamables escapan a través de la ventilación del tanque o a través de alguno(s) de los accesorios del techo o grietas del mismo.

**INDIVIDUOS HIPERSUCEPTIBLES:** Grupo de individuos en los cuales la exposición a un nivel de sustancia determinado, da por resultado una respuesta aumentada en comparación con la gran mayoría de los sujetos.



**INICIADOR:** suceso que postula la pérdida de contención o la ignición de vapores de hidrocarburos o sustancias peligrosas, que da origen a una cadena de eventos subsecuentes que desencadenan en un suceso final.

**INSPECCIÓN:** Examen visual del sistema o parte de éste para verificar que está en condiciones de operar y libre de daño físico.

**INSTALACIÓN DE RECEPCIÓN DE ALARMA:** Lugar donde se reciben las señales de alarma o supervisión.

**INSTALACIÓN:** Área o predios dentro de los cuales se realiza una operación de carácter privado (Ej: una planta, un terminal, un edificio, un piso de un edificio).

**JET FIRE:** Dardo de Fuego.

**LEL:** Lower Explosive Limit (Límite inferior de inflamabilidad).

**LII (Límite Inferior de Inflamabilidad,** también conocido como LEL): concentración más baja de gas inflamable en mezcla con el aire que podría mantener la combustión de un gas.

#### **LÍMITES DE EXPLOSIVIDAD.**

Límite Inferior de Explosividad (LIE): Es la mínima concentración (porcentaje) de un gas o de un vapor en el aire capaz de producir un flash fire, en presencia de una fuente de ignición (arco, llama, calor). Debajo de este nivel, la mezcla es demasiado “pobre” para que inicie su combustión.

Límite Superior de Explosividad (LSE): Corresponde a la máxima concentración (porcentaje) de un gas o de un vapor en el aire capaz de producir un flash fire en presencia de una fuente de ignición (arco, llama, calor). Por encima de este nivel la mezcla es demasiado “rica” para que inicie la combustión.

**LÍQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES:** Para los propósitos de este documento, todos los productos derivados del petróleo quedan comprendidos dentro de los grupos de líquidos inflamables o combustibles, de acuerdo a la clasificación de la NFPA, la cual se indica a continuación:

Líquidos inflamables: Clase IA.- Incluye líquidos con temperatura de inflamación inferior a 22.8 °C, cuya temperatura de ebullición sea menor a 37.8 °C. Clase IB.- Incluye líquidos con temperatura de inflamación inferior a 22.8 °C, pero cuya temperatura de Ebullición sea mayor o igual a 37.8 °C. Clase IC.- Incluye líquidos con temperatura de inflamación de 22.8 °C y más altos, pero menores de 37.8 °C.

Líquidos combustibles: Clase II.- Son líquidos con temperatura de inflamación igual o mayor a 37.8 °C, pero menor a 60 °C. Clase III A.- Son líquidos con temperatura de inflamación igual o mayor a 60 °C, pero menor a 93 °C. Clase III B.- Son líquidos con temperatura de inflamación de 93 °C y mayores.

**LISTADO (Listed):** Equipos, materiales, o servicios, incluidos en una lista publicada por una organización aceptada por la autoridad con jurisdicción y dedicada a la evaluación de productos o servicios, que realiza inspecciones periódicas de la producción de los equipos o materiales listados, o la evaluación periódica de servicios y cuyo listado establece que: el equipo, material, o servicio, cumple las normas establecidas o que ha sido probado y encontrado apto para un propósito específico.



**LLAMARADA** (flash fire – FF): Llama progresiva de difusión, de baja velocidad. No produce ondas de presión significativas. Suele estar asociada a la dispersión de vapores inflamables a ras de suelo. Cuando éstos encuentran un punto de ignición, el frente de la llama generado se propaga hasta el punto de emisión, barriendo y quemando toda la zona ocupada por los vapores en condiciones de inflamabilidad.

**LOC:** Loss of Containment (Pérdida de Contención).

**LOPA:** Layer of Protection Analysis (Análisis de Capas de Protección).

**LSI (Límite Superior de Inflamabilidad** también conocido como UEL): corresponde a la máxima concentración (porcentaje) de un gas o de un vapor en el aire capaz de producir un flash fire en presencia de una fuente de ignición (arco, llama, calor). Por encima de este nivel la mezcla es demasiado “rica” para que inicie la combustión.

**MANTENIMIENTO:** Trabajo que se realiza para mantener el equipo operable o hacer reparaciones.

**MEDIDAS DE CONTROL O BARRERAS:** Las barreras son medidas de protección y resguardo que, puesta en lugar correcto, ayudan a prevenir la liberación de los peligros que pudieran causar las amenazas; estas barreras, podrían ser medidas físicas (válvulas, paredes, etc.), administrativas (capacitación, procedimientos, entrenamiento, etc.) y operacionales (plan operativo).

**MONITOR:** Dispositivo conectado a la red de agua contra incendios y equipado con boquilla de chorro constante y regulable, para dirigirlo en forma directa, niebla estrecha y niebla amplia, con mecanismos que permiten girar la posición de la boquilla mínimo 120° en el plano vertical, 360° en el plano horizontal, y mantenerse estable en la posición seleccionada sin necesidad de un seguro adicional.

**NEGOCIO:** Actividad que se realiza con el mismo propósito general (Ej.: exploración, producción, transporte, refinación, etc.).

**NFPA (National Fire Protection Association):** Organismo de Estados Unidos que estandariza los temas relacionados con la protección contra incendios. Sus normas han sido acogidas por diferentes países en el mundo.

**NIVEL DE RIESGO:** Valor cuantificado de probabilidad de un tipo de daño que un evento, o actividad puede ejercer sobre una persona, área o elemento.

**OPERACIÓN AUTOMÁTICA:** operación sin intervención humana.

**OPERACIÓN MANUAL:** Operación del sistema o sus componentes.

**P&ID:** Piping and Instrumentation Diagram/Drawing (Diagrama de Cañerías e Instrumentación).

**PELIGRO:** Está definido como la causa potencial de producir pérdidas, daño físico a la salud, lesiones, daños a la propiedad y/o activos de la empresa, planta, productos o al medio ambiente, pérdidas de producción o un incremento de responsabilidades, incluyendo a la reputación.

**PFD:** Process Flow Diagram (Diagrama de Flujo de Procesos).



**PHA:** Preliminar Hazard Analysis (Análisis preliminar de peligros).

**PISCINA INCENDIADA** (pool fire – PF): Combustión estacionaria con llama de difusión del líquido de un charco de dimensiones conocidas (extensión), que se producen en un recinto descubierto.

**PLANTA:** Se utiliza este término, haciendo referencia a un conjunto de máquinas, equipos e instalaciones dispuestas convenientemente en lugares adecuados, cuya función es transportar y almacenar productos inflamables y combustibles.

**PRESIÓN DE SUCCIÓN NETA POSITIVA (NPSH).** Aquella que origina que en una bomba, un líquido fluya a través de la tubería de succión hacia el impulsor de la propia bomba.

**PROPORCIONADOR A PRESIÓN ESTÁNDAR:** Este sistema utiliza un recipiente a presión con concentrado de espuma. Se suministra agua al dosificador que envía hacia abajo una cantidad del suministro de agua al concentrado en el recipiente, presurizando así el tanque. El concentrado presurizado es entonces forzado por el agua a través de un orificio hacia el chorro de corriente de agua. Este tipo de sistema es aplicable para usos con concentrados de espuma con una gravedad específica sustancialmente mayor que la del agua. No es aplicable para usos con concentrados con una gravedad específica igual o cercana a la del agua. Se recomienda que estos equipos tengan un sistema alternativo de dosificación de espuma.

**PROPORCIONADOR DE PRESIÓN BALANCEADA EN LÍNEA:** Este sistema es similar al sistema de dosificador a presión balanceada estándar, excepto que la presión del concentrado bombeado se mantiene en un valor preajustado fijo. La compensación del agua y el líquido tiene lugar en dosificadores individual situados en la columna del sistema o en segmentos de sistemas múltiples. Se recomienda que estos equipos tengan un sistema alternativo de dosificación de espuma.

**PROPORCIONADOR DE TANQUE DE VEJIGA:** Este sistema es similar al dosificador a presión corriente, excepto que el concentrado de espuma está contenido dentro de una bolsa o vejiga que sirve como diafragma, la cual está dentro una vasija a presión. La operación es la misma que el dosificador corriente a presión, con la excepción de que, debido a la separación del concentrado de espuma y el agua, este sistema puede usarse con todos los concentrados de espuma, sin importar la gravedad específica.

**PROPORCIONADOR EN LÍNEA:** este sistema utiliza un dispositivo Venturi donde el agua que pasa a través de la unidad crea un vacío, permitiendo así que el concentrado de espuma sea recogido, succionado de un recipiente de almacenamiento atmosférico.

**PROPORCIONADOR ESTÁNDAR DE PRESIÓN BALANCEADA:** Este sistema utiliza una bomba de concentrado de espuma. El concentrado de espuma se extrae de un tanque de almacenamiento atmosférico, es presurizado por la bomba y regresa al tanque de almacenamiento a través de una válvula balanceadora de diafragma. Las líneas censorsas de agua y concentrado se encausan hacia la válvula balanceadora y mantienen el líquido de espuma a una presión igual a la presión del agua. Las dos presiones iguales son alimentadas al proporcionador y se mezclan a un régimen predeterminado. Se recomienda que estos equipos tengan un sistema alternativo de dosificación de espuma.

**PROTECCIÓN ACTIVA CONTRA INCENDIO:** Equipo, sistema o medio que tiene como función específica la extinción de un incendio.



**PROTECCIÓN PASIVA CONTRA INCENDIO:** Material, sistema o medio diseñado para prevenir, evitar la propagación y facilitar la extinción de un incendio. La función específica de una protección pasiva no es el ataque de forma directa y activa de un incendio.

**PRUEBA:** Procedimiento usado para determinar la condición de un sistema para lo que está destinado por medio de la realización de pruebas físicas periódicas del sistema de protección de incendios a base de agua tales como prueba de flujo de agua, pruebas de bombas de incendios, pruebas de alarmas y pruebas de disparo en tuberías secas, de diluvio o válvulas de acción previa.

**QRA:** Quantitative Risk Analysis (Análisis Cuantitativo de Riesgo).

**RED DE AGUA CONTRA INCENDIOS:** Conjunto de equipos y accesorios que, formando anillos, se utilizan para conducir y distribuir agua a los sistemas de protección de instalaciones.

**RED DE ESPUMA CONTRA INCENDIOS:** Conjunto de equipos, tuberías y accesorios que se utilizan para conducir y distribuir solución espumante a los equipos formadores de espuma para la protección de instalaciones.

**RIESGO:** El riesgo, de una manera general, es la probabilidad de que un evento o suceso no deseado ocurra en un determinado momento y cause daños o efectos con una determinada severidad. También es definido como, la combinación de la probabilidad y la consecuencia de ocurrencia de un evento identificado como peligroso. En cambio, la evaluación de riesgos puede definirse como, el proceso integral para estimar la magnitud del riesgo y la toma de decisión si el riesgo es tolerable o no.

**ROCIADOR AUTOMÁTICO:** Es un dispositivo de supresión o control de incendios que opera automáticamente cuando su elemento termo-activado es calentado hasta o por encima de su clasificación térmica, permitiendo al agua descargarse sobre un área específica.

**SERVICIO DE INSPECCIÓN, PRUEBA Y MANTENIMIENTO:** El programa de servicio provisto por un contratista o representante calificado del propietario en el cual se inspecciona y prueban todos los componentes especiales de los sistemas de las instalaciones a intervalos requeridos y se provee el mantenimiento necesario.

**SIL:** Safety Integrity Level (Nivel de Integridad de Seguridad).

**SISTEMA:** Infraestructura que reúne diferentes facilidades con un mismo fin operativo (Ej: Campo de Producción, sistema de transporte).

**SISTEMA COMBINADO DE COLUMNA Y ROCIADOR:** Sistema donde la tubería de agua sirve tanto las salidas de 2 1/2" (65 mm) para uso del departamento de bomberos como las salidas para los rociadores automáticos.

**SISTEMA CONTRA INCENDIO:** Conjunto de protecciones activas y pasivas, cuya función principal es prevenir y controlar eventos de incendio, presentes en una instalación industrial.

**SISTEMA DE DETECCIÓN DE FUEGO & GAS:** Conjunto de funciones realizadas por dispositivos de iniciación de circuito, tablero de fuego & gas y elementos finales de notificación y control, que ejecutan funciones de seguridad para la detección y el control de fuego & gas; integra las señales de entrada y salida de campo y



permite, de acuerdo con lo especificado en cada instalación, el monitoreo, control y supresión de eventos y siniestros en las instalaciones de una planta.

**SISTEMA DE PULVERIZACIÓN DE ESPUMA-AGUA:** Sistema especial conectado por tubería a una fuente de concentrado de espuma y a un suministro de agua. El sistema está equipado con boquillas de pulverización de espuma y agua para la descarga del agente (espuma seguida por agua o en orden inverso) y para distribución sobre el área que se protege.

**SISTEMA DE ROCIADOR AGUA ESPUMA:** Sistema especial de tubería conectado a una fuente de concentrado de espuma y a un suministro de agua y equipado con dispositivos apropiados de descarga el agente extintor y para distribución sobre el área protegida.

**SISTEMA DE ROCIADORES:** para fines de protección de incendios, es el sistema integrado de tuberías subterráneas y elevadas diseñado de acuerdo con las normas de ingeniería de protección de incendios.

**SISTEMAS FIJOS DE ESPUMA CONTRA INCENDIO:** Son sistemas contra incendio en los cuales, la solución espumante generada en una estación central es conducida por medio de una red de tuberías hasta el sitio donde existe el riesgo, para que mediante dispositivos especiales, se lleve a cabo la generación de espuma que se descarga a través de salidas fijas. Estos sistemas requieren de equipos de bombeo permanentes para su operación.

**SISTEMA FIJO DE PULVERIZACIÓN DE AGUA:** Sistema especial de tubería fija conectado a un suministro de agua para protección de incendios confiable equipado con boquillas de pulverización, descarga y distribución de un patrón específico sobre la superficie que se va a proteger.

**SISTEMAS SEMI-FIJOS DE ESPUMA CONTRA INCENDIO:** en este tipo de sistemas contra incendio, las instalaciones a proteger están equipadas con descargas fijas formadoras de espuma, conectadas a una tubería cuya alimentación está ubicada a una distancia segura, que no ofrece riesgos para su operación. Esta instalación no incluye los equipos generadores de solución de espuma, ni los materiales necesarios para producirla, los cuales son transportados hasta el lugar del evento, después de iniciado el incendio y conectados a la tubería de alimentación.

**SSMS:** Salud, Seguridad, Medioambiente y Social.

**SUCESO FINAL:** Evento no controlado capaz de producir daño sobre las personas, un área o un elemento. Cuando el daño se materializa, pasaría a ser un accidente.

**SUMINISTRO DE AGUA:** Fuente de agua que provee los flujos y (gpm- L/m) y presiones (psi - Bar) requeridos por el sistema de protección de incendios a base de agua.

**SUPERVISIÓN:** En los sistemas de protección contra incendios a base de agua, medio para monitorear el estado del sistema e indicar condiciones anormales.

**SUSTANCIA PELIGROSA:** toda sustancia inflamable, explosiva, tóxica para la salud humana, y peligrosas para el medio ambiente, con las características que se indican en el Anexo 1.

**TANQUE DE AGUA:** Tanque que suministra agua para sistemas de protección de incendios a base de agua.



**TEMPERATURA DE EBULLICIÓN:** Es la temperatura a la cual la presión de vapor de un líquido iguala a la presión atmosférica.

**TEMPERATURA DE INFLAMACIÓN:** Es la temperatura más baja a la cual un producto del petróleo se vaporiza rápidamente en cantidad suficiente para formar una mezcla aire-vapor sobre su superficie, produciendo un “flasheo” o explosión suave cuando se incendia.

**TOLERABILIDAD:** Se define como el nivel admisible para el cumplimiento y aplicabilidad de los requisitos legales, regulatorios, normas internacionales, prácticas recomendadas y documentos que identifiquen los límites aceptados de aplicación.

**TRINCHERA:** Excavación longitudinal con paredes y piso de ladrillo y/o concreto, en la cual se aloja una o varias tuberías.

**TUBERÍA PARA SERVICIO PRIVADO DE INCENDIOS:** La tubería y sus accesorios localizados en propiedad privada entre (1) una fuente de agua y la base de la tubería vertical para sistemas de protección contra incendios a base de agua. (2) entre una fuente de agua y la toma de los sistemas productores de espuma. (3) entre una fuente de agua y el codo base del hidrante privado o boquillas monitoras. (4) usados como tubería de succión y descarga de bombas de incendios. (5) empezando en el lado de entrada de la válvula de retención en un tanque de gravedad o presión.

**UEL:** Upper Explosive Limit (Límite superior de inflamabilidad).

**UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosions):** Explosión de vapor no confinada.

**VÁLVULA DE APERTURA Y CIERRE RÁPIDO:** Dispositivo que se utiliza para apertura y cierre de la alimentación de la red de agua y red de espuma, son válvulas del tipo bola y su cierre se realiza en menos de cinco (5) segundos.

**VÁLVULA DE CONTROL DE PRESIÓN:** Válvula de reducción de presión accionada por piloto diseñada para reducir la presión del agua corriente abajo hasta un valor específico en condiciones tanto de flujo (residual) como de no flujo (estática).

**VÁLVULA DE CONTROL:** Válvula que controla el flujo hacia los sistemas de protección de incendios a base de agua.

**VÁLVULA DE INUNDACIÓN:** Válvula de control de suministro de agua que funciona por accionamiento de un sistema de detección automática instalado en la misma área que los dispositivos de descarga.

**VÁLVULA DE MANGUERA:** La válvula hacia una conexión individual.

**VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO:** Dispositivo que se utiliza para seccionar circuitos de tubería en redes de agua contraincendios, con fines de reparación, mantenimiento y para direccionar el flujo de agua a un sitio específico durante una emergencia.

**VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN:** Válvula diseñada para reducir la presión del agua corriente abajo en condiciones tanto de flujo (residual) como de no flujo (estática).



**VENTILACIÓN DE PRESIÓN Y VACÍO:** Dispositivo de alivio montado sobre recipientes de almacenamiento atmosférico de concentrado de espuma para permitir la expansión y contracción del concentrado y la respiración del tanque durante la descarga o llenado del concentrado.

**VULNERABILIDAD:** Factor interno de un sujeto, objeto o sistema expuesto a una amenaza, que corresponde a su disposición intrínseca a ser dañado.



MEJORES PRACTICAS

## Sistemas de protección contra incendio en instalaciones de transporte y almacenamiento



ASOCIACIÓN REGIONAL DE EMPRESAS DEL SECTOR  
PETRÓLEO, GAS Y BIOCOMBUSTIBLES  
EN LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE.

ARPEL es una asociación sin fines de lucro que nuclea a empresas e instituciones del sector petróleo, gas y biocombustibles en Latinoamérica y el Caribe. Fue fundada en 1965 como un vehículo de cooperación y asistencia recíproca entre empresas del sector, con el propósito principal de contribuir activamente a la integración y crecimiento competitivo de la industria y al desarrollo energético sostenible en la región.

Actualmente sus socios representan más del 90% de las actividades del upstream y downstream en la región e incluyen a empresas operadoras nacionales, internacionales e independientes, a proveedoras de tecnología, bienes y servicios para la cadena de valor, y a instituciones nacionales e internacionales del sector.



**Sede Regional:**

Javier de Viana 1018. CP 11200, Montevideo, Uruguay  
Tel.: +(598) 2410 6993 | [info@arpel.org.uy](mailto:info@arpel.org.uy)

[www.arpel.org](http://www.arpel.org)