



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

**“SISTEMA DE DETECCIÓN DE GAS Y FUEGO EN
INSTALACIONES PETROLERAS DE PRODUCCIÓN
COSTA AFUERA”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO PETROLERO**

P R E S E N T A :

JOSÉ ROBLES VILLEGAS

DIRECTOR DE TESIS:

M. EN I. NÉSTOR MARTÍNEZ ROMERO

DIRECTOR ADJUNTO:

ING. IVÁN SANTAMARÍA VITE



MÉXICO, D. F.

AGOSTO, 2007.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
60-I-370

SR. JOSÉ ROBLES VILLEGAS

Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M. en I. Néstor Martínez Romero y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Petrolero:

SISTEMA DE DETECCIÓN DE GAS Y FUEGO EN INSTALACIONES PETROLERAS DE PRODUCCIÓN COSTA AFUERA

	RESUMEN
	INTRODUCCIÓN
I	CONCEPTOS BÁSICOS
II	FUNCIÓN, COMPONENTES Y DISPOSITIVOS
III	MATRICES LÓGICAS DE CAUSA-EFECTO
IV	ESPECIFICACIONES DE INGENIERÍA
V	FILOSOFÍA DE OPERACIÓN Y RECOMENDACIONES PARA MANTENIMIENTO
VI	EJEMPLOS DE CAMPO
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
	NOMENCLATURA
	BIBLIOGRAFÍA
	APÉNDICE A. GLOSARIO
	APÉNDICE B. PRUEBAS DE COMPROBACIÓN EN FÁBRICA Y EN SITIO
	APÉNDICE C. UBICACIÓN DE SENSORES EN INSTALACIONES PETROLERAS

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo, le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

Cd. Universitaria, D.F., a 28 de marzo de 2007

EL DIRECTOR

MTRO. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA

JGGZ*JAGC*gtg

AGRADECIMIENTOS:

A Dios:

Por permitirme compartir este memorable momento de mi vida con todos mis seres queridos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM):

Por brindarme la oportunidad de obtener una educación de calidad, y por hacer de mí un mexicano comprometido con mi país y siempre buscando la justicia y la verdad, por mi raza hablará el espíritu.

A mis Padres:

*María Graciela Villegas Navarrete por su amor, comprensión y apoyo incondicional en todo momento de mi vida **"gracias"**. José Robles Martínez por sus sabios consejos, por los valores inculcados y por hacer de mí la persona que hoy en día soy **"gracias"**.*

A mis Hermanos:

Mónica y Carlos por el apoyo y la confianza mostrada en todo momento de mi vida.

A mis sobrinos:

Aurora Graciela y Alexis Leonardo por alegrarme cada instante de mi vida.

A mis Profesores:

Ing. Iván Santamaría Vite, M. en I. Néstor Martínez Romero, M. en I. José Ángel Gómez Cabrera, Ing. Mario Becerra Zepeda, Ing. María Isabel Villegas Javier, Ing. Martín Carlos Velázquez Franco, por los conocimientos transmitidos, así como por el apoyo brindado en la realización de este proyecto.

A mis amigos:

César Monroy, Fernando Becerril, Fernando Trauwvitz, Juan Torres Coria, Juan García, Cuauhtémoc García, Luis Carlos Martínez, Ing Roberto Barbosa, Hiram Bermudez, Marco Antonio Silva Galicia, Samael Ulises Piña Flores, Javier Lino Castro Miron, Gustavo Porcayo, Pedro Zapatero, Jéssica Flores, Sahel García, Juan Manuel Estrella, Jorge Ramos, y todos los compañeros que pudieran faltar, por el apoyo recibido durante todo este tiempo y por brindarme su amistad sincera.

ES MEJOR ESTAR PREPARADO PARA ALGO QUE NO VA A
SUCEDER, A QUE NOS SUCEDA ALGO PARA LO CUAL NO
ESTAMOS PREPARADOS.

TODA TINIEBLA PUEDE ILUMINARSE:

1. LO DESCONOCIDO ES COGNOSCIBLE.
2. PROGRESO POR TANTEO Y ERROR.
3. LA MEDIDA Y LA TEORÍA SON INSEPARABLES.
4. LA ANALOGÍA DA INSPIRACIÓN.
5. NUEVAS VERDADES CONECTAN CON VIEJAS VERDADES.
6. COMPLEMENTARIEDAD EVITA CONTRADICCIÓN.
7. LAS GRANDES CONSECUENCIAS SURGEN DE PEQUEÑAS CAUSAS.

J. A. WHEELER "Siete Oráculos: ayuda en la búsqueda de la verdad"

SISTEMA DE DETECCIÓN DE GAS Y FUEGO EN INSTALACIONES PETROLERAS DE PRODUCCIÓN COSTA AFUERA

	Resumen.....	1
	Introducción.....	2
I	Conceptos Básicos.....	3
1.1	Introducción.....	3
1.2	Normatividad.....	3
1.3	Fisicoquímica del fuego.....	5
1.3.1	Tipos de fuegos y formas de combatirlos.....	6
1.4	Bases fisicoquímicas de los accidentes.....	7
1.5	Tipología de accidentes.....	7
1.5.1	Fugas; escapes y derrames.....	8
1.5.2	Incendios.....	8
1.5.2.1	Incendio de líquidos en disposición abierta.....	8
1.5.2.2	Incendio de líquidos con rebosamiento violento.....	9
1.5.2.3	Incendio de gases o vapores en nube abierta.....	9
1.5.2.4	Incendio de gases o vapores en fuga local presurizada.....	9
1.5.3	Explosiones.....	10
1.5.3.1	Explosiones iniciadoras de fugas.....	10
1.5.3.2	Explosiones como consecuencia de fugas.....	11
1.5.3.3	Explosiones como consecuencia de incendios.....	11
1.5.3.4	Explosiones como consecuencia de otras explosiones.....	12
1.6	Fisicoquímica de la extinción de incendios y explosiones.....	12
1.6.1	Extinción por enfriamiento.....	13
1.6.2	Extinción por retirada y/o dilución del oxígeno; sofocación.....	13
1.6.3	Extinción por eliminación de combustible.....	13
1.6.4	Extinción por inhibición de la llama.....	13
1.7	Sistema de red de agua contra-incendio.....	14
1.8	Sistema de aspersión contra-incendio.....	14
1.9	Sistema de supresión por medio de FM-200.....	14
1.10	Sistema de supresión por medio de bióxido de carbono (CO ₂).....	15
1.11	Sistemas manuales de protección contra-incendio.....	15
1.12	Como proceder ante un incendio.....	15
1.13	Efectos sobre la salud humana.....	17
II	Función, Componentes y Dispositivos.....	19
2.1	Introducción.....	19
2.2	Función del Sistema de Detección de Gas y Fuego (F&G) en Instalaciones Petroleras de Producción Costa Afuera.....	19
2.2.1	Arquitectura.....	20
2.2.2	Confiabilidad.....	21
2.2.3	Disponibilidad.....	21
2.2.4	Códigos y normas aplicables.....	21
2.2.5	Capacidad de expansión.....	21
2.2.6	Compatibilidad electromagnética.....	21

2.3	Interfase Hombre-Máquina (IHM).....	22
2.4	Tablero maestro de interconexiones.....	22
2.5	Unidad de Procesamiento Remoto (UPR).....	23
2.5.1	Chasis principal.....	24
2.5.2	Chasis de expansión.....	24
2.5.3	Controlador Lógico Programable (PLC).....	25
2.5.4	Módulo de alimentación.....	25
2.5.4.1	Sistema de Fuerza Ininterrumpible (UPS).....	25
2.5.5	Módulos de Entrada/Salida (E/S).....	26
2.5.5.1	Módulo de entrada analógica.....	26
2.5.5.2	Módulo de entrada digital.....	26
2.5.5.3	Módulo de salida digital.....	26
2.5.6	Módulo de comunicación.....	27
2.5.6.1	Módulo de comunicación en red.....	27
2.6	Sistema de detección y alarma.....	27
2.6.1	Detectores.....	27
2.6.1.1	Detectores de fuego.....	28
2.6.1.2	Detectores de Gas Combustible (CG).....	29
2.6.1.3	Detectores de Gas Tóxico (TGD).....	29
2.6.1.4	Detectores de Humo (SD).....	30
2.6.1.5	Detectores Térmicos (TD).....	31
2.6.2	Alarmas.....	31
2.6.2.1	Alarmas audibles.....	31
2.6.2.2	Alarmas visibles.....	32
2.6.3	Estaciones manuales de alarma.....	34
III	Matrices Lógicas de Causa-Efecto (MCE's).....	36
3.1	Introducción.....	36
3.2	Especificaciones de sobrevivencia.....	36
3.3	Integración de la información y documentación.....	37
3.4	Diagramas lógicos.....	37
3.4.1	Función fuego.....	38
3.4.2	Función gas (combustible/tóxico).....	38
3.4.3	Función supervisión.....	38
3.5	Matrices Lógicas de Causa-Efecto (MCE's).....	39
3.5.1	Detectores de fuego.....	42
3.5.2	Detectores de Gas Combustible (CG).....	42
3.5.3	Detectores de Gas Tóxico (TGD).....	43
3.5.4	Estaciones manuales de alarma.....	43
3.5.4.1	Alarma Manual de Fuego (M).....	44
3.5.4.2	Alarma Manual de Abandono de Plataforma (IAP).....	44
3.5.4.3	Alarma Manual de Hombre al Agua (IHA).....	44
3.5.5	Sistema de red de agua contra-incendio.....	45
3.5.5.1	Transmisor de Presión (PIT).....	45
3.5.5.2	Interruptor de Presión (PSH).....	45
3.5.5.3	Botón para apertura de válvula.....	46
3.5.5.4	Bombas contra-incendio y reforzadoras.....	46

IV	Especificaciones de Ingeniería.....	47
4.1	Introducción.....	47
4.2	Selección.....	47
4.3	Instalación.....	47
4.4	Interfase Hombre-Máquina (IHM).....	48
4.5	Tablero maestro de interconexiones.....	49
4.6	Unidad de Procesamiento Remoto (UPR).....	49
4.6.1	Chasis principal.....	50
4.6.2	Chasis de expansión.....	51
4.6.3	Controlador Lógico Programable (PLC).....	51
4.6.4	Módulo de alimentación.....	52
4.6.4.1	Sistema de Fuerza Ininterrumpible (UPS).....	52
4.6.5	Módulo de entrada analógica.....	53
4.6.6	Módulo de entrada digital.....	53
4.6.7	Módulo de salida digital.....	54
4.6.8	Módulo de comunicación.....	55
4.6.8.1	Módulo de comunicación en red.....	55
4.7	Sistema de detección y alarma.....	56
4.7.1	Detectores.....	56
4.7.1.1	Detectores de fuego.....	56
4.7.1.2	Detectores de Gas Combustible (CG).....	57
4.7.1.3	Detectores de Gas Tóxico (TGD).....	59
4.7.1.4	Detectores de Humo (SD).....	60
4.7.1.5	Detectores Térmicos (TD).....	60
4.7.2	Alarmas.....	61
4.7.2.1	Alarmas audibles.....	61
4.7.2.2	Alarmas visibles.....	62
4.7.2.3	Estaciones manuales de alarma.....	64
V	Filosofía de Operación y Recomendaciones para Mantenimiento.....	65
5.1	Introducción.....	65
5.2	Interfase Hombre-Máquina (IHM).....	65
5.3	Tablero maestro de interconexiones.....	68
5.4	Unidad de Procesamiento Remoto (UPR).....	69
5.4.1	Desvío de las Señales de Entrada/Salida (E/S) Dentro del Controlador Lógico Programable (PLC).....	69
5.5	Detectores de fuego.....	70
5.6	Detectores de Gas Combustible (CG).....	71
5.7	Detectores de gas hidrógeno.....	72
5.8	Detectores de Gas Tóxico (TGD).....	73
5.9	Detectores de Humo (SD).....	74
5.10	Detectores Térmicos (TD).....	75
5.11	Estaciones manuales de alarma.....	75
5.12	Reposición de las alarmas.....	76
5.13	Mantenimiento del Sistema de Detección de Gas y Fuego (F&G)...	76
5.13.1	Capacitación.....	76
5.13.2	Requisitos de mantenimiento.....	77
5.13.3	Plan de mantenimiento.....	77

5.13.4	Procedimiento para mantenimiento.....	78
VI	Ejemplos de Campo.....	80
6.1	Introducción.....	80
6.2	Zona A: Cuarto de control y sala de baterías.....	80
6.3	Zona B: Separadores de producción.....	84
6.4	Zona C: Turbobombas.....	87
6.5	Zona D: Paquete de medición de aceite.....	90
	Conclusiones y Recomendaciones.....	92
	Nomenclatura.....	94
	Bibliografía.....	97
	Apéndice A. Glosario.....	99
	Apéndice B. Pruebas de Comprobación en Fábrica y en Sitio.....	104
	Apéndice C. Ubicación de Sensores en Instalaciones Petroleras.....	107

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es describir el funcionamiento de un Sistema de Detección de Gas y Fuego (F&G) en instalaciones petroleras de producción costa afuera, así como de explicar cada uno de los componentes y dispositivos que lo integran, además de abordar las especificaciones de ingeniería necesarias para entender la filosofía de operación y mantenimiento del F&G.

Para esto, se recopiló e integró información contenida en diversos libros, normas, manuales y artículos técnicos, además de contar con la oportunidad de visitar una instalación costa afuera. Esto a través del esfuerzo y voluntad de un grupo de personas motivadas por ofrecer a los alumnos de la carrera de ingeniería petrolera una opción de consulta para su aprendizaje.

Para poder dar una solución al F&G, fue necesario primero realizar un estudio de las diversas opciones existentes en el mercado actual de diferentes subsistemas con los cuales se requiere interactuar. Consecuentemente, se presenta antes de los “Ejemplos de Campo”, una descripción de las características de los componentes del F&G y la forma de aplicación.

Una vez finalizado el diseño del proyecto con base a la consulta documental y con el fin de incluir temas de relevante importancia, se empleó la sección “Apéndice” para poder incluirlos. Además, con el fin de realizar la descripción de términos que requieren de alguna explicación especial y que continuamente se repiten en el desarrollo de este trabajo, se elaboró la sección denominada “Glosario”.

INTRODUCCIÓN

La naturaleza de los procesos industriales y operacionales que se realizan en Petróleos Mexicanos (PEMEX) y sus organismos subsidiarios, implican riesgos de ocurrencia de incidentes, destacando por su magnitud los de explosión e incendio que tengan su origen en fugas de hidrocarburos líquidos o gaseosos, así como aquellos derivados de la presencia de ambientes contaminados con productos tóxicos.

Dentro de las principales actividades que se llevan a cabo en PEMEX, se encuentra el diseño, construcción, operación y el mantenimiento de las instalaciones para extracción, recolección, almacenamiento, medición, transporte, procesamiento primario y secundario de hidrocarburos, así como la adquisición de materiales y equipos requeridos, para cumplir con eficacia y eficiencia los objetivos de la empresa.

Considerando lo anterior y con el propósito de elevar el nivel de seguridad de las instalaciones, se hace necesario contar con sistemas de seguridad, dentro de los cuales se encuentra, el F&G en instalaciones petroleras de producción costa afuera, que permiten alertar al personal mediante indicaciones visuales y audibles de la presencia de una situación de riesgo. Para aumentar la velocidad de respuesta de combate del siniestro, lo cual permitirá disminuir significativamente los daños a las instalaciones, medio ambiente y recursos humanos. Así como el ahorro en los recursos utilizados para su control.

Es importante subrayar aquí, que la seguridad no se encuentra sola; las variables *calidad*, *productividad* y *medio ambiente* están cada vez más interrelacionadas. En los procesos industriales en los que se descuida la seguridad y el medio ambiente, difícilmente se encuentran altos niveles de calidad y de productividad. Es preciso que estas cuatro variables del proceso estén bajo control, pues las concesiones que se hagan en una de ellas, repercutirán siempre en las otras tres. Esta forma de control total desemboca, en definitiva, en la excelencia empresarial.

Capítulo I

CONCEPTOS BÁSICOS

1.1 Introducción

La industria petrolera se caracteriza por tener pocos accidentes, pero cuando se producen, de severidad (alcance y efectos) elevada. Ello se debe y da lugar a que los aspectos de seguridad y protección ambiental tengan una importancia y sean objeto de una intensa atención en las actividades de diseño, proyecto, operación y mantenimiento de las plantas pertenecientes a dicha industria.

La secuencia accidental, que se puede dar de manera incompleta o total, suele ser:

1. **Emisión:** Derrame (líquidos) o escape (gases y vapores), generalmente por pérdida de contención de los fluidos. Puede generar efectos tóxicos, incendios y/o explosiones según la naturaleza de las sustancias emitidas.
2. **Incendio:** Combustión (de varias formas) de los fluidos contenidos o emitidos, generando radiación térmica dañina, cuando aquéllos son inflamables.
3. **Explosión:** Anterior (por ejemplo, de aparatos) a la emisión o posterior (por aceleración de la combustión) al incendio, generando ondas de presión o de sobrepresión que son dañinas. La explosión puede también dar lugar a la propagación de proyectiles.

Tal conjunto de accidentes pueden afectar a las personas, a los bienes y al medio ambiente, tanto dentro como fuera de los límites de la planta o complejo en que tienen su origen aquéllos.

1.2 Normatividad

Comprender el fundamento legislativo de la normatividad vigente. Conocer y aprender a interpretar las principales normas nacionales e internacionales, aplicables a los Sistemas de Detección de Gas y Fuego (F&G) en instalaciones petroleras de producción costa afuera. Conocer los principios básicos para certificación de equipos por laboratorios certificados, así como

aprender los criterios homologados propios de Petróleos Mexicanos (PEMEX), particularmente en lo referente a la zona marina.

La certificación es un proceso mediante el que un organismo, debidamente acreditado, evalúa cuidadosamente a una empresa para avalar o certificar que su gestión se realiza respetando un estándar particular.

En el reglamento federal de seguridad, higiene y medio ambiente de trabajo, se especifican las condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios, en el título segundo, capítulo dos, artículos 26 al 28.

Con respecto a la normatividad nacional; fueron creadas para cumplir adecuadamente con las estipulaciones que marcan las leyes y los reglamentos, son de regulación directa y de observancia obligatoria en proyectos que requieren o involucran sistemas instrumentados de seguridad.

Asimismo para la normatividad internacional; varias organizaciones han desarrollado normas, códigos, especificaciones y recomendaciones prácticas, aplicadas al diseño, instalación y operación de F&G en instalaciones petroleras de producción costa afuera, las cuales tienen una gran aceptación por gobiernos e industrias. Se recomienda consultar la última edición publicada de estas normas.

- API (*American Petroleum Institute*).
- NFPA (*National Fire Protection Association*).
- ISA (*The International Society for Measurement and Control*), entre otras.

En lo referente a los criterios homologados propios de PEMEX, tenemos al SIASPA; el SIASPA es la palabra empleada para nombrar e identificar al “Sistema Integral de Administración de la Seguridad y la Protección Ambiental”, que es el sistema administrativo desarrollado por PEMEX para incrementar el desempeño en los campos de seguridad industrial, salud ocupacional y protección ambiental, congruentes con la normatividad vigente aplicable en los centros de trabajo.

El SIASPA también tiene como objetivo primordial, crear en los empleados una actitud permanente de cambio hacia la consolidación de una cultura de seguridad y protección ambiental. El análisis de los incidentes y accidentes ocurridos en PEMEX, han llegado consistentemente a la

misma conclusión; *su causa raíz radica en la falta de un sistema de administración de la seguridad y de la protección ambiental.*

1.3 Físicoquímica del fuego

Antes de comenzar a entender un sistema de detección y supresión automática de fuego, es conveniente poseer el conocimiento básico referente a la expansión y comportamiento de un incendio, básicamente el fuego es una reacción química en la cual los materiales a base de carbón (combustible), mezclados con oxígeno (un componente normal del aire), se calientan hasta un punto en donde se producen vapores flamables. Después, estos vapores se ponen en contacto con algo caliente provocando la ignición del vapor resultando fuego.

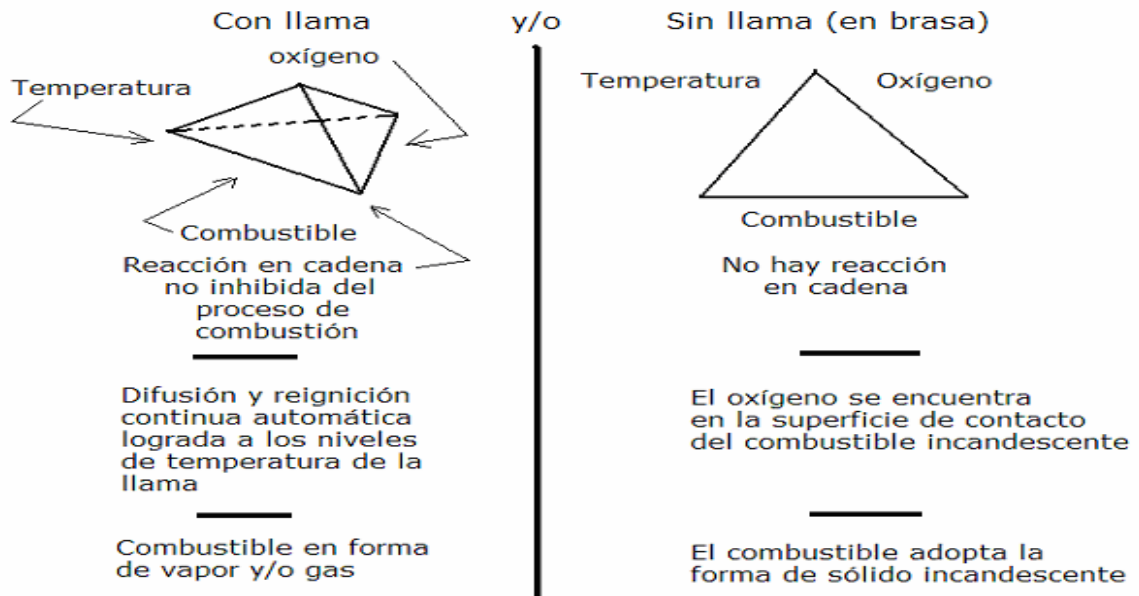


Figura 1.1 Condiciones para las dos modalidades básicas de combustión

El tiempo de duración del periodo incipiente o inicio del incendio será dependiente de una variedad de factores incluyendo el tipo de combustible, su forma física y cantidad de oxígeno disponible.

La combustión puede presentar tres modalidades básicas y dependientes del estado físico de agregación:

1. Sólidos compactos: En brasa; los vapores generados en su pirólisis.

2. Líquidos: Los vapores generados en su evaporación.
3. Gases: Polvos en suspensión y vapores (éstos procedentes de la pirólisis de sólidos o de la evaporación de líquidos), en fase gaseosa y con llama.

La figura 1.1 representa las condiciones necesarias para que se produzcan las modalidades básicas de combustión; el tetraedro del fuego en la combustión con llama y el triángulo de fuego en la combustión en brasa. La consideración de tales condiciones tiene gran importancia, ya que los medios para extinción basan su acción en la eliminación de uno o varios de ellos, conviene aclarar que donde se indica “temperatura” se hace referencia a la energía de activación requerida para iniciar las reacciones de combustión.

1.3.1 Tipos de fuegos y formas de combatirlos

Con los elementos antes mencionados se inicia el fuego, ante la falta de uno de ellos no habrá fuego, pero una vez iniciado, la temperatura aumenta y ya no se necesita aporte de calor pues la misma reacción produce el calor necesario para autoabastecerse y esto es debido a que ocurre la reacción química en cadena.

Existen 5 clases de fuegos que están identificados con las siguientes letras:

- Clase A: Combustible sólido (trapo, papel, etc.).
- Clase B: Combustibles líquidos y gaseosos (gasolina, solventes, etc.).
- Clase C: Fuego en equipos y circuitos eléctricos.
- Clase D: Fuego en metales combustibles (magnesio, titanio, aluminio, etc.).
- Clase K: Fuegos originados por aceites vegetales (grasas, cochambre).

A	SI	SI	SI	NO	NO
B	NO	SI	SI	SI	NO
C	NO	NO	SI	SI	NO
D	NO	NO	NO	NO	SI
K	NO	NO	NO	NO	SI
	AGUA	ESPUMA	POLVO QUÍMICO SECO	BIÓXIDO DE CARBONO	POLVOS ESPECIALES

Tabla 1.3.1 Como extinguir los diferentes tipos de fuegos.

1.4 Bases fisicoquímicas de los accidentes

Para abordar el análisis, la prevención y la mitigación de accidentes en la industria que nos ocupa es conveniente conocer las bases fisicoquímicas de los mismos. Con tal fin se van a recopilar, para empezar, definiciones que sirvan como recordatorio de los conceptos fisicoquímicos que se emplean en este campo de conocimiento.

En el campo de la seguridad industrial y protección ambiental se trata de analizar, prevenir y mitigar los efectos de:

- a) Accidentes químicos:
 - Emisiones o Fugas: Escapes (gases o vapores) y derrames (líquidos).
 - Intoxicación.
 - Corrosión a personas.
- b) Accidentes térmicos:
 - Incendio.
 - Quemaduras por conducción (contacto), convección o radiación.
- c) Accidentes mecánicos:
 - Explosiones: Ondas de sobrepresión y proyectiles.
 - Caída de objetos.
 - Golpes y caídas personales.
- d) Accidentes eléctricos:
 - Indicadores de fuego y explosión.
 - Electrocutación.

1.5 Tipología de accidentes

Se va a describir brevemente a los tipos de eventos accidentales. Una vez considerada la naturaleza individual de los mismos se deberá tener en cuenta la posibilidad de que unos den lugar a otros, en cadena o en lo que se denomina “efecto dominó”.

1.5.1 Fugas; escapes y derrames

Uno de los orígenes más frecuentes de los accidentes que nos ocupan son las fugas de sustancias en forma de escapes (gases y vapores) y derrames (líquidos). Las posibilidades de evolución accidental de las fugas dependen de:

- Condiciones (presión, temperatura, cantidad) y estado físico del fluido fugado.
- Naturaleza química (inflamabilidad, toxicidad).
- Tipo de sistema de contención (equipo cerrado o abierto) en el que se origina la fuga.
- Condiciones de entorno (geometría, topografía, meteorología) hacia el que se produce la fuga.

1.5.2 Incendios

Los incendios son reacciones de oxidación, generalmente con aire como comburente, de materias combustibles. Los efectos de estos accidentes son:

- Calor (generalmente radiante) que produce daños de por sí y porque puede propagar la cadena accidental.
- Humo sofocante y/o tóxico.
- Onda explosiva de sobrepresión cuando se dan ciertas condiciones de aceleración de la velocidad de reacción y/o contención. Otro efecto que puede propagar la cadena accidental.

En las instalaciones petroleras que nos ocupan, los incendios pueden ocurrir de varias maneras que dependen de la naturaleza (propiedades físicas y químicas) y de la disposición del combustible.

1.5.2.1 Incendio de líquidos en disposición abierta

Se trata de un caso en el que el incendio se produce en una condición abierta (no presurizada). Algunos ejemplos de este tipo de incendios son: Líquido derramado en un área más o menos extensa, recipientes abiertos (sin techo) o a presión atmosférica.

Las manifestaciones de este tipo de incendios suelen ser la emisión de calor radiante y la de humo.

1.5.2.2 Incendio de líquidos con rebosamiento violento

Se trata de complicaciones del caso anterior, que generalmente, se presentan en los incendios de tanques para almacenamiento donde la altura de líquido combustible es considerable. Los dos fenómenos que consideramos aquí dan lugar a proyecciones o rebosamiento que pueden propagar el incendio y/o sus efectos dañinos.

La combustión en la superficie del líquido genera calor, que se transmite por conducción y convección hacia las capas inferiores del mismo, en éstas últimas se da la presencia de agua (decantada o emulsionada), se producirá ebullición de la misma con formación de burbujas grandes de su vapor, éste ascenderá a través del líquido impulsando parte del mismo de manera que rebosa o se proyecta fuera del tanque.

1.5.2.3 Incendio de gases o vapores en nube abierta

Es el caso de inflamación inmediata (no diferida) de una nube de gases o vapores que se ha situado de forma rápida en espacio abierto, sus efectos intrínsecos son:

- Radiación térmica, muy intensa y de corta duración, originada en una llama voluminosa.
- Evolución hacia la forma de hongo por la ascensión de gases muy calientes y más ligeros que el aire.
- Sobrepresión no significativa.

1.5.2.4 Incendio de gases o vapores en fuga local presurizada

Cuando hay una fuga localizada de gases o vapores (inflamables) a presión (por ejemplo, a través de perforaciones, bridas, etc.) se puede generar un conato de incendio, dando lugar a un fuego semejante al del dardo de un soplete, tal tipo de incendio tiene un peligro relativamente bajo en sí mismo (se deberá cortar la fuente de presión y caudal que origina la fuga y proceder a la extinción), pero si el dardo afecta a equipo colindante, puede dar lugar a otros accidentes más

graves. Ello determina que se deba evitar la cercanía de elementos propensos a fugas con respecto a otros para evitar tal efecto de propagación.

1.5.3 Explosiones

Las explosiones son fenómenos caracterizados por el desarrollo de una presión (dentro de sistemas cerrados) o de una onda de sobrepresión (en espacios abiertos) que dan lugar a daños mecánicos.

Según su origen y naturaleza las explosiones pueden estar en el inicio de una fuga (con consecuencias tóxicas y/o incendiarias) o deberse a la evolución de una combustión autoacelerada hacia la detonación (propagación supersónica) como se verá más adelante. Este parece el criterio más pedagógico para iniciar la clasificación de los tipos de explosiones que deberá incluir, además, la consideración de origen, de los materiales y del grado de contención que los caracterizan.

1.5.3.1 Explosiones iniciadoras de fugas

Se pueden clasificar según se den en sistemas cerrados o en sistemas semiabiertos:

- Explosiones indicadoras en sistemas cerrados:
 1. Por exceso de presión.
 2. Por debilitamiento de materiales debido a calor, frío o corrosión.

El peligro de explosión por exceso de presión, significa que por alguna de las razones indicadas arriba, se sobrepase la presión correspondiente a la resistencia mecánica de los sistemas contenedores (recipientes, tuberías, etc.) determinándose así el fallo de contención o confinamiento que origina la fuga del fluido contenido.

- Explosiones indicadoras en sistemas semiabiertos:
 1. Fuga controlada (sin explosión ni incendio).
 2. Fuga corriente.
 3. Fuga con ebullición por despresurización súbita de líquido:
 - Sin ebullición masiva.

- Con ebullición masiva (efecto BLEVE).

La apertura parcial de sistemas cerrados, pasándolos a la condición de semiabiertos, ocurre cuando se produce un orificio (por impacto de un proyectil, por apertura de un dispositivo de alivio – válvula de seguridad, etc.), o una grieta (por fallo de material, como efecto de un impacto, choque o calor de incendio exterior), en algunos casos se produce entonces una fuga corriente de fluido a presión o una fuga controlada. A los sistemas que contienen líquido/vapor a temperatura superior a la que corresponde al equilibrio entre dichas fases a la presión atmosférica, se les debe poner mayor atención, ya que estos sistemas provocan el desarrollo de la siguiente secuencia de eventos:

- Despresurización súbita.
- Ebullición del líquido en situaciones inestables: Según las propiedades del fluido y de las condiciones iniciales del mismo.
- Rotura del sistema contenedor, al no poder resistir la onda de presión generada por el efecto BLEVE.
- Dispersión de niebla (partículas de líquido suspendidas en vapor).

1.5.3.2 Explosiones como consecuencia de fugas

La ignición diferida de gases y vapores no confinados se produce cuando:

1. La nube de vapor o gas fugado es inflamable.
2. La ignición (diferida) de la nube se produce un tiempo después de la fuga.

En caso tal, una parte de la energía de la combustión se manifiesta en forma de energía mecánica asociando al fuego una onda de sobrepresión, tal onda, a su vez, está conectada con el avance (subsónico: Deflagración, supersónico: Detonación) del frente de llama en el seno de la nube inflamada.

1.5.3.3 Explosiones como consecuencia de incendios

Para continuar el desarrollo posible de una cadena accidental conviene considerar aquí las explosiones que son consecuencia de un incendio, sin estar asociadas al desarrollo del mismo;

ello ocurre cuando las llamas lamen la parte exterior de un contenedor calentándolo. El calor originado en un incendio de cualquier tipo puede dar lugar a explosiones tales como las consideradas anteriormente.

1.5.3.4 Explosiones como consecuencia de otras explosiones

Para complementar la consideración de los eslabones posibles de una cadena accidental es conveniente mencionar aquí que una explosión puede desencadenar fugas, incendios y otras explosiones.

Por una parte, la onda explosiva puede deformar y hasta destruir equipos continentales (recipientes, tanques, columnas, tuberías, etc.) a su paso. Por otro lado, los proyectiles procedentes de una explosión pueden causar efectos similares. Las pérdidas de contención derivadas de tales eventos pueden continuar la cadena accidental.

Anteriormente se ha visto que los proyectiles procedentes de explosiones con efecto BLEVE pueden arrastrar consigo porciones de líquido, que si es inflamable, puede originar incendios subsiguientes lejos del origen.

1.6 Físicoquímica de la extinción de incendios y explosiones

El éxito en la supresión de fuego es dependiente de la extinción de flamas antes o inmediatamente sobre el proceso de combustión. A lo largo de este capítulo se verá que el empeño inicial de la seguridad industrial y protección ambiental, se dirige a la prevención de accidentes, ello no obstante, es necesario disponer de medios para que una vez, que a pesar de la prevención, se haya iniciado un accidente se pueda realizar la limitación de sus efectos mediante *defensa pasiva*, así como su extinción, mediante *defensa activa*. Ésta se concreta ahora en la defensa contra-incendios, la entraña de la extinción de incendios radica en eliminar una, varias o todas las condiciones que se requieren para su ignición y desarrollo. Los métodos de extinción de incendios son los siguientes:

1.6.1 Extinción por enfriamiento

Este método se basa en la eliminación de calor para evitar que continúe la combustión. Un agente que absorbe gran cantidad de calor y que enfría en forma muy eficiente, es el agua, la que aplicada correctamente es de gran utilidad; generalmente se puede obtener en cantidades suficientes y la cantidad de calor que absorbe es 10 veces mayor que la de cualquier otro agente extintor.

1.6.2 Extinción por retirada y/o dilución del oxígeno; sofocación

Se trata aquí de eliminar o dificultar el acceso de comburente (oxígeno aéreo en la mayoría de los casos), ello se puede conseguir mediante la aportación de gases inertes (no inflamables). En los recintos cerrados se puede llegar a su inundación con tales gases, ello es eficaz, aunque deban tenerse en cuenta riesgos subsidiarios de tal forma de prevención y extinción; a) atmósferas irrespirables; b) posibilidad de la formación de gases tóxicos y/o inflamables en la combustión pobre en oxígeno.

1.6.3 Extinción por eliminación de combustible

Retirar el combustible de un incendio es una maniobra no siempre factible, en ocasiones es difícil y peligrosa, pero en otros casos es tan simple que basta con cerrar una válvula para apagar el incendio, por ejemplo; cuando se producen gases inflamables que escapan de un tubo, el fuego se extingue al cerrar la válvula que corta el suministro de combustible.

1.6.4 Extinción por inhibición de la llama

Este método de extinción, que obviamente es aplicable sólo a la modalidad de combustión con llama, se basa en el ataque a las reacciones en cadena que tienen lugar en la misma, se trata aquí de introducir, en el seno de las llamas, sustancias que ejercen una catálisis negativa o inhibición, favoreciendo las reacciones de terminación de cadenas mediante la combinación de aquéllas con las especies activas y transmisoras.

1.7 Sistema de red de agua contra-incendio

Tiene como función principal proporcionar agua para enfriamiento a los equipos, el sistema deberá poder activarse en forma manual mediante botón o interruptor, en forma automática a través del sistema de tapón fusible o del F&G. Consiste de una red de tuberías de agua presurizada, bombas principales y reforzadoras, válvulas de diluvio, cañones de agua, mangueras y boquillas.

La red opera tratando de aislar zonas completas, para lograr abatir altas temperaturas en zonas determinadas y evitar que se presenten problemas de explosión o incendios en equipos adyacentes.

1.8 Sistemas de aspersión contra-incendio

Los sistemas de aspersión se componen generalmente de un arreglo de tuberías, alimentado por una fuente confiable de agua, a lo largo de la tubería se colocan válvulas independientes, activadas directamente por el calor o mediante un controlador electrónico, válvulas que permitan el flujo de agua en áreas seleccionadas conocidas como cabezas de aspersión.

Existen tres tipos básicos de sistemas de aspersión (tubería llena, seca y de preacción), cuya aplicación será dependiente de una variedad de condiciones tal como la severidad del incendio, relación anticipada de expansión, sensibilidad al contenido de agua, condiciones ambientales y velocidad de respuesta deseada.

1.9 Sistema de supresión por medio de FM-200

Está constituido por gas heptafluoropropano que no es corrosivo, impide la combustión y no reacciona con la mayoría de las sustancias, es un agente que no tiene impacto en el ozono ni en el medio ambiente en general. Se utiliza donde es esencial o deseable un medio no conductor, en donde la limpieza de otros agentes presenta problemas y en lugares normalmente ocupados que necesitan un agente no tóxico. La inundación total es el tipo de sistema disponible para la aplicación de este agente de extinción y consiste de un suministro fijo de gas FM-200, almacenado en recipientes a presión, montados en un bastidor y conectados a una red de tuberías con boquillas.

1.10 Sistema de supresión por medio de bióxido de carbono (CO₂)

El bióxido de carbono (CO₂) es un gas inerte componente de la atmósfera, generado por desechos, es más pesado que el aire, no tiene olor ni color y no deja residuos durante una descarga, su funcionamiento de extinción se basa en la reducción de oxígeno o la reducción de la concentración de vapores de combustible en el aire, con lo cual se rompe la cadena de combustión y se puede aplicar para sistemas de inundación total, de forma local o mediante mangueras para boquillas portátiles.

La descarga del CO₂ en lugares ocupados representa riesgos al personal por sofocación y reducción de visibilidad, por lo que normalmente se le agrega olor para detectar su concentración.

1.11 Sistemas manuales de protección contra-incendio

La ubicación del equipo manual contra incendio para las Plataformas, está indicada en los planos de seguridad. Se suministra el siguiente equipo manual para combatir los incendios:

- Cañones de agua contra incendio.
- Carretes de mangueras de agua contra incendio.
- Extintores de mano de polvo químico seco.
- Extintores portátiles de polvo químico seco.
- Extintores de mano de CO₂.
- Estaciones de equipo de emergencia

Se debe capacitar adecuadamente al personal designado para el uso de los cañones de agua contra-incendio y los carretes de mangueras. Todo el personal de la plataforma deberá ser capacitado en el uso de los extintores portátiles y de mano.

1.12 Como proceder ante un incendio

Todo el personal tiene que asistir a la orientación de seguridad a su arribo a la plataforma. De modo particular, tiene que familiarizarse con el diseño y la distribución de los sistemas de protección contra-incendio, detección de gas, paro y seguridad. Como parte de la orientación, escuchará los tonos de alarma y participará en una visita guiada de la plataforma con el objetivo

de que se familiarice con la ubicación de los botones accionados por tiro del Sistema de Paro por Emergencia (ESD), el equipo para combatir incendios, rutas de evacuación y ubicación de los botes salvavidas.

Se designa a cada individuo el bote salvavidas que le pertenece y las rutas de evacuación que deben usar se identifican. Al sonido de alarma, todo el personal se presentará en la estación de reunión especificada y se llamará a lista para confirmar que todo el personal en la plataforma está presente.

Las rutas de evacuación, primarias y secundarias tienen que mantenerse libres de obstáculos en todo momento. Las rutas de escape no están marcadas directamente en la cubierta, excepto en áreas adyacentes a las zonas de descarga y maniobras, en donde están indicadas con rayas diagonales de color naranja, por lo tanto, todo el personal y visitantes tienen que familiarizarse con las rutas de evacuación y asegurarse que las mismas se mantienen libres de equipos y otras obstrucciones.

Siempre que el personal esté trabajando en un área nueva de la plataforma lo primero que tiene que hacer es identificar las rutas de evacuación, ubicar la estación de alarmas visuales, el botón accionado por tiro del ESD, los extintores de incendio y la estación del sistema de voceo y telecomunicaciones.

Lo antes mencionado se puede resumir en siete pasos de vida, los cuales deben ser aplicados por todo el personal de la plataforma y los cuales son:

1. El personal debe tener presente la ubicación de los extintores más cercanos a su lugar de trabajo.
2. Debe conocer las vías de escape.
3. Dar aviso.
4. Mantener la calma y no infundir el pánico.
5. Intentar sofocar el fuego si es pequeño utilizando los extintores portátiles.
6. En caso de no lograr extinguir el fuego ayudar en la evacuación.
7. Recuerde que debe caminar rápido pero no correr.

La principal causa de muerte en un incendio es por pánico, luego por humo y finalmente por el fuego en si mismo.

1.13 Efectos sobre la salud humana

Los efectos que tienen los gases tóxicos y la falta de oxígeno sobre la salud humana, dependen de la concentración de los mismos, siendo algunos ejemplos los que se presentan en las siguientes tablas.

Contenido de oxígeno (% por volumen)	Efectos
23.5	Máximo nivel permitido.
20.5	Concentración de oxígeno en el aire.
19.5	Mínimo nivel permitido.
15.0 - 19.0	Poca coordinación.
12.0 - 14.0	Comienza desequilibrio.
10.0 - 12.0	Aumento de desequilibrio, labios azules.
8.0 - 10.0	Pérdida de conocimiento.
6.0 - 8.0	Letal en 8 minutos.
4.0 - 6.0	Coma en 40 segundos.

Tabla 1.13.1 Deficiencia de oxígeno en la atmósfera.

PPM	Efectos
35	Máximo nivel permitido.
200	Ligero dolor de cabeza.
400 - 600	Dolor de cabeza, molestia.
1000 - 2000	Palpitaciones del corazón.
2000 - 5000	Pérdida de conocimiento, muerte.

Tabla 1.13.2 Exposición al monóxido de carbono (CO).

PPM	Efectos
1	Máximo nivel permitido.
3.0 - 6.0	Molestia en ojos, garganta y nariz.
15.0 - 30.0	Irritación seria.
40.0 - 60.0	Daño respiratorio.
60.0 - 1000	Lesiones serias, muerte.

Tabla 1.13.3 Exposición al cloro.

PPM	Efectos
2	Máximo nivel permitido.
10	Molestia en ojos, garganta y nariz.
150	Irritación seria.
500	Daño respiratorio.
1000 - 2000	Lesiones serias, muerte.

Tabla 1.13.4 Exposición al dióxido de azufre.

PPM	Efectos
3	Ligera irritación.
10.0 - 20.0	Ataques de tos.
25	Síntomas pulmonares.
Más de 100	Agonía.
200 - 700	Daños severos a los pulmones.

Tabla 1.13.5 Exposición al dióxido de nitrógeno.

PPM	Efectos
0.01 - 10	Olor a huevo podrido.
11.0 - 20.0	Olor a huevo podrido, irritación en los ojos y garganta.
100 - 200	Pérdida del olfato.
250 - 400	Irritación en los ojos y garganta, pérdida de la conciencia.
450 - 600	Irritación en los ojos y garganta, dolor al respirar.
650 - 900	Dolor al respirar e inconsciencia.
950 - 1000	Inconsciencia con pequeña respiración.
> 1000	Pérdida del conocimiento, muerte.

Tabla 1.13.6 Sulfuro de hidrógeno (H₂S).

***VALORES APROXIMADOS.**

Capítulo II

FUNCIÓN, COMPONENTES Y DISPOSITIVOS

2.1 Introducción

Los equipos que formen parte del F&G, deben contar con una certificación o reconocimiento de laboratorios internacionales, los elementos deben ser compatibles entre sí. Al F&G deben poderse integrar, de acuerdo a un análisis de riesgo, los sistemas para combate y/o notificación de emergencias, de acuerdo con los requerimientos de la industria.

La información, documentación y registros del F&G que correspondan a su selección, adquisición, instalación, pruebas, operación y mantenimiento, en sus diferentes etapas, incluyendo el análisis de riesgos, debe mantenerse debidamente archivada por el usuario con los propósitos de referencia, evaluación y planificación, durante todo el tiempo que dicho sistema se encuentre operando.

2.2 Función del Sistema de Detección de Gas y Fuego (F&G) en instalaciones petroleras de producción costa afuera

Su función es brindar una detección temprana y activar alarmas (audibles y visibles) ante la presencia de fuego, gas combustible y gas tóxico. Para posteriormente activar en tiempo real, el funcionamiento automático de las bombas de agua contra incendio, las válvulas de diluvio y los sistemas de supresión.

El F&G está formado básicamente por los siguientes componentes:

- Interfase Hombre-Máquina (IHM).
- Tablero maestro de interconexiones.
- Unidad de Procesamiento Remoto (UPR):
 - Controladores Lógicos Programables (PLC's).
 - Módulos de alimentación, Entrada/Salida (E/S), comunicaciones y de red.
- Detectores:

- De fuego.
- De Gas Combustible (CG).
- De Gas Tóxico (TGD).
- Térmicos (TD).
- De Humo (SD).
- Alarmas:
 - Audibles.
 - Visibles.
- Estaciones manuales de alarma:
 - Por Fuego (M).
 - Por Abandono de Plataforma (IAP).
 - Por Hombre al Agua (IHA).
 - De actuación (válvulas de diluvio, sistemas de supresión, etc.).

2.2.1 Arquitectura

Un F&G tendría la siguiente arquitectura de control supervisorio; identificando para el sistema de detección a los sensores, transmisores, cableado de campo, PLC y accesorios; para el sistema de alarmas a los semáforos y altavoces; para los elementos de control a las válvulas y para visualización y programación del sistema la IHM.

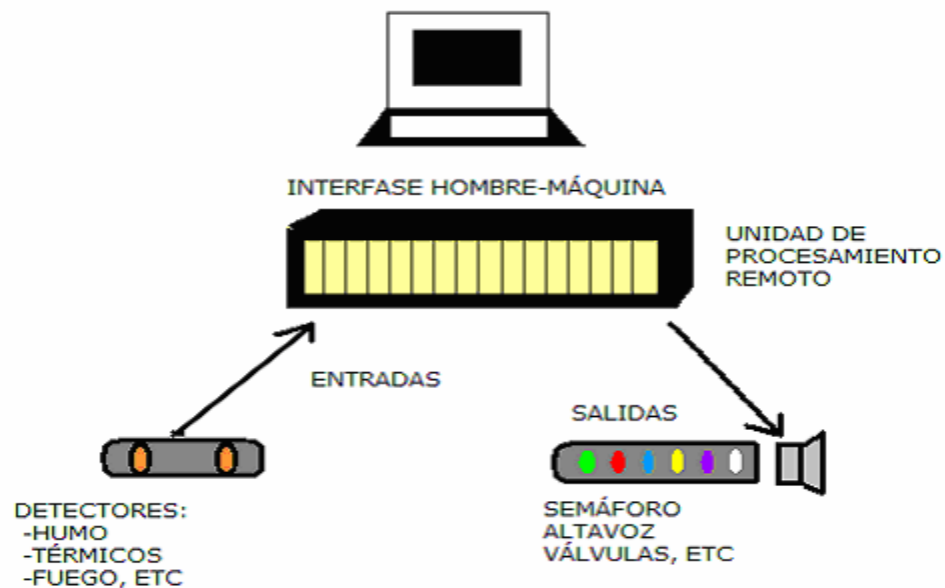


Figura 2.1 Arquitectura del F&G

2.2.2 Confiabilidad

El F&G debe ser diseñado a base de microprocesadores y debe contar con redundancia en todos sus componentes, para garantizar una confiabilidad igual o mayor al 99.99% de tal manera que cualquier falla en alguno de sus componentes no afecte la funcionalidad e integridad de éste.

2.2.3 Disponibilidad

Por el tipo de instalación donde se colocará el sistema, se requiere que se diseñe con una disponibilidad mínima del 99.99% detallando la disponibilidad en la que quedo instalado, así como los datos considerados para el Tiempo Promedio Entre Falla (MTBF) y el Tiempo Promedio Para Reparación (MTTR) de los componentes.

2.2.4 Códigos y normas aplicables

La terminología, criterios de diseño, materiales, procedimiento de construcción, métodos de prueba y todo lo relacionado con el desarrollo, fabricación e instalación del F&G, deben de estar de acuerdo con los estándares, normas y códigos vigentes.

2.2.5 Capacidad de expansión

El sistema propuesto debe ser diseñado para aceptar ampliaciones futuras con un mínimo de modificaciones en sus componentes y en su configuración, esta capacidad de ampliación debe cubrir como mínimo un 20% adicional.

2.2.6 Compatibilidad electromagnética

El F&G no debe ser afectado en su operación por interferencias electromagnéticas y de radiofrecuencia producidas por fuentes externas, el F&G no debe ser en sí mismo una fuente de interferencia la cual pueda afectar la operación de otros equipos cercanos a él. El sistema debe ser inmune a intensidades de campo.

2.3 Interfase Hombre-Máquina (IHM)

Su función es operar y configurar las estrategias, secuencias y parámetros para la operación del F&G. Tiene la programación y software necesario y suficiente para ejecutar todas las funciones necesarias y requeridas, las bombas de agua contra-incendio pueden ser activadas desde la IHM, al igual que las válvulas de diluvio y los sistemas de supresión.

La IHM está formada básicamente por los siguientes componentes:

- Una Unidad Central de Proceso (CPU).
- Un monitor de video.
- Teclado y ratón.
- Una impresora para secuencia de eventos.

2.4 Tablero maestro de interconexiones

Es el responsable de monitorear las distintas entradas de los dispositivos de campo, tales como los componentes de activación manual y automáticos (detectores), y después activar las señales de salida hacia los dispositivos indicadores de alarmas, tales como bocinas, timbres, luces, marcados telefónicos de emergencia, sistemas de supresión y controles en la instalación.

Los tableros pueden variar desde simples unidades con salidas individuales hacia una zona determinada o varias zonas dentro de un área, en general se manejan dos arreglos, el convencional (por zona) y el direccionable (inteligente).

La mayor diferencia entre los arreglos antes mencionados, es en el método por el cual se monitorea cada dispositivo. En estos arreglos, los dispositivos se pueden conectar al tablero ya sea de forma punto-punto por cada elemento o mediante un arreglo lazo.

El tablero maestro de interconexiones está formado básicamente por los siguientes componentes:

- Panel de pantalla.
- Un visor alfanumérico de 80 caracteres.

- Tarjetas y módulos de interfase.

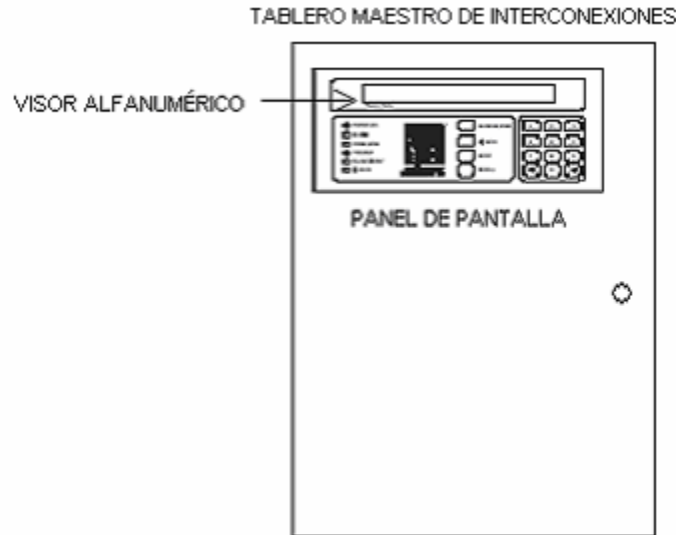


Figura 2.2 Identificación de los componentes del tablero maestro.

Los arreglos direccionables o inteligentes, deben contar con las siguientes funciones auxiliares:

- **Función día/noche:** Debe contar con esta modalidad en zonas designadas, con una respuesta de los detectores automáticos programados por su sensibilidad.
- **Zona cruzada:** Debe contar con capacidad de programar la zona cruzada, de tal forma que responda a una primera señal de prealarma, mientras que al recibir la señal de una segunda zona, debe iniciar una alarma general o una descarga.
- **Reconfirmación:** Debe ser capaz de programarse de tal manera que en una primera respuesta de un detector, envíe la señal al tablero y éste a su vez la restablezca inmediatamente con una alarma no iniciada; cuando ocurra una segunda respuesta del mismo detector, el tablero iniciará una alarma general.

2.5 Unidad de Procesamiento Remoto (UPR)

Son los responsables de ejecutar las funciones de adquisición de la información de los instrumentos detectores y alarmas de campo, además de la ejecución de toda la lógica para las acciones de control en tiempo real, sobre los dispositivos finales de campo de los diversos sistemas de seguridad.

La UPR está formada básicamente por los siguientes componentes:

- Chasis principal y de expansión.
- PLC's Triple Modular Redundantes (TMR's).
- Módulos de alimentación, E/S, comunicaciones y de red.



Figura 2.3 UPR.

2.5.1 Chasis principal

Aloja a los PLC's-TMR's principales, módulos de comunicación, de red, de E/S y de alimentación.

Cada chasis tiene un bus diferente de direccionamiento (1 al 15) en el que cada módulo tiene una dirección definida por su posición o ranura. En el chasis principal se tiene un selector de cuatro estados con lo cual se controla de forma completa al sistema, a este selector se le puede posicionar en RUN (Correr), PROGRAM (Programa), STOP (Alto) y REMOTE (Remoto).

Todas las ranuras del chasis que no se usen se cubren con tapas de color negro para minimizar la exposición de la tarjeta madre al polvo o desechos.

2.5.2 Chasis de expansión

Aloja a los PLC's-TMR's de expansión, así como a los módulos de E/S, de comunicaciones, de red y de alimentación adicionales.

2.5.3 Controlador Lógico Programable (PLC)

Es la parte central de la UPR, y constituye el elemento principal de procesamiento. Esta basado en una arquitectura TMR tolerante a fallas, es un módulo poderoso, configurable por el usuario. Su función es proporcionar el control global del sistema al procesar los datos de E/S (recibir, sincronizar, transmitir, votar, comparar y corregir) y ejecutar la aplicación programada por el usuario (Matrices Lógicas de Causa-Efecto MCE).

El PLC-TMR está formado básicamente por los siguientes componentes:

- Un bus de comunicación.
- Microprocesadores.
- Memoria: EPROM, FLASH ROM, DRAM y NVRAM.

2.5.4 Módulo de alimentación

Se debe contar con módulos de alimentación eléctrica, para garantizar el suministro de energía a todos los componentes de la UPR, así como a toda la instrumentación de campo asociada. Considerando la máxima demanda posible e incluyendo un porcentaje de reserva.

2.5.4.1 Sistema de Fuerza Ininterrumpible (UPS)

Estas fuentes soportan en conjunto con los módulos de alimentación, el suministro de energía a los dispositivos de campo, en caso de falla del módulo o la sustitución de éste, no se afectará la operación de la UPR ni del instrumental de campo.

Debe instalarse en interiores con baterías selladas y libres de mantenimiento, además debe ser capaz de funcionar en condiciones de humedad y temperatura de acuerdo a los parámetros climáticos del lugar donde se instale el equipo.

2.5.5 Módulos de Entrada/Salida (E/S)

El PLC-TMR debe contar con los módulos de E/S, necesarios para recibir y transmitir las señales analógicas y digitales de y hacia los dispositivos de campo, que conformen el sistema. Los módulos deben contar con LEDS indicadores de su estado de operación en la parte frontal, como parte de la supervisión de circuitos de conexión de los dispositivos de campo.

Los tipos de E/S que deben considerarse son:

1. Entradas analógicas.
2. Entradas digitales.
3. Salidas digitales.

Todos los módulos de E/S digitales y analógicos soportan una funcionalidad de respuesta en caliente (con lo cual se pueden reemplazar en línea), altas temperaturas y requieren de un ensamble de terminación de campo con un cable interfase para la placa madre.

2.5.5.1 Módulo de entrada analógica

Su función es recibir señales analógicas provenientes de instrumentos con salida analógica. Cada módulo contiene 16 puntos y se emplean también para recibir señales de los dispositivos de acción discreta y para supervisar el estado de cada uno de estos y detectar fallas de conexión en campo.

2.5.5.2 Módulo de entrada digital

Su función es recibir señales discretas, cuentan con circuitos de protección para sobrevoltaje, sobrecorriente y cortocircuito. Un microprocesador revisa cada punto de entrada al módulo, compila los datos y los trasmite al PLC-TMR principal.

2.5.5.3 Módulo de salida digital

Su función es recibir los datos de salida del PLC-TMR y enviarlos a una parte interna de hardware para una votación segura, cada salida es configurable por el usuario.

Emplean un circuito de salida cuadruplicada en el cual se consulta cada señal de salida de forma individual antes de aplicarle la carga conectada a la salida, se garantiza una máxima seguridad y disponibilidad.

2.5.6 Módulo de comunicación

El papel principal del módulo, es proveer el manejo de las comunicaciones y la traducción a los protocolos de comunicaciones externas, se emplean dos Tarjetas de Comunicación Inteligentes (EICM) y de redundancia dual, colocadas en el chasis principal, éstas soportan comunicación serial y habilitan al sistema de control para comunicarse con dispositivos y estaciones de trabajo, cada EICM suministra tres puertos seriales, un puerto de red y un puerto de impresora.

2.5.6.1 Módulo de comunicación en red

Se utilizan dos módulos de comunicación en red (red principal y de respaldo) con lo cual el PLC-TMR se comunica con otros PLC's-TMR's y servidores externos bajo redes, estas tarjetas soportan diferentes aplicaciones y protocolos, así como aplicaciones escritas por el usuario, se emplea para esto dos conectores como puertos; en uno de los puertos se emplea el protocolo punto-punto y la sincronización de tiempo para redes seguras; el segundo puerto esta diseñado para conexiones con redes externas.

2.6 Sistema de detección y alarma

2.6.1 Detectores

Deben seleccionarse de acuerdo al principio de operación mostrado en la tabla 1 Apéndice C, “Guía básica para seleccionar el tipo de detector”, deben contar con un dispositivo de alarma local o LED, con el propósito de indicar que han detectado una concentración de alarma, esta acción se mantendrá mientras persista la condición anómala. Los instrumentos de detección tienen que seleccionarse de acuerdo al medio donde estarán instalados, los destinados por su uso en áreas donde existan gases o vapores agresivos deben estar contruidos de materiales resistentes a la corrosión y reunir las características para su instalación en áreas abiertas, evitando el uso de accesorios adicionales de protección contra condiciones ambientales y riesgos de impacto.

Además, tienen que contar con medios que permitan su calibración, revisión, ajuste y configuración en campo de manera no intrusiva (sin remover la tapa del mismo o desclasificar el área).

2.6.1.1 Detectores de fuego

Existen dos tipos de detectores de fuego/llamas Ultravioleta (UV) e Infrarrojo (IR), éstos se pueden usar en forma independiente o combinados. Debe determinarse la naturaleza de una llamarada potencial dentro de un área para seleccionar el tipo de detector correcto.

Los detectores de fuego UV/IR, están diseñados para proporcionar protección confiable contra incendios. Estos dos elementos detectores verifican porciones diferentes del espectro de radiación, y requieren respuesta simultánea de ambos sensores para activar el relevador de alarma de incendio, no tienen prácticamente ninguna fuente de falsas alarmas, lo que hace posible que el detector responda en caso de un incendio real aunque existan fuentes de falsas alarmas potenciales como la soldadura eléctrica de arco, los rayos X o algunos objetos vibratorios calientes.

El detector está equipado con un dispositivo de prueba de Integridad Óptica (**oi**). La prueba de **oi** se realiza tanto en el sensor UV como en el sensor IR, para verificar la limpieza y funcionamiento de los componentes ópticos del mismo.

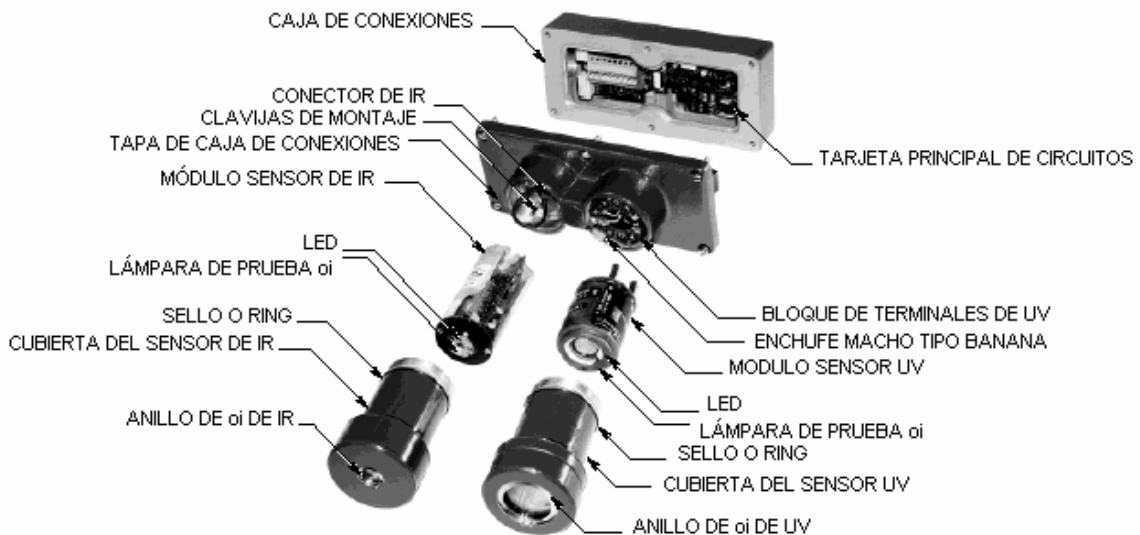


Figura 2.4 Identificación de los componentes del detector UV/IR.

2.6.1.2 Detectores de Gas Combustible (CG)

Deben supervisar la presencia de gas hidrocarburo, el equipo detector debe estar compuesto por dos componentes principales; sensor y transmisor, entre los CG (llamados también por aplicación detectores de mezclas explosivas) se encuentran dos clases; IR y catalítico (para detección de gas hidrógeno). El detector debe tener capacidad para determinar niveles peligrosos de concentración de gas de 0 a 100%, mediante sensores instalados estratégicamente en áreas con más probabilidades de presentar estas acumulaciones.

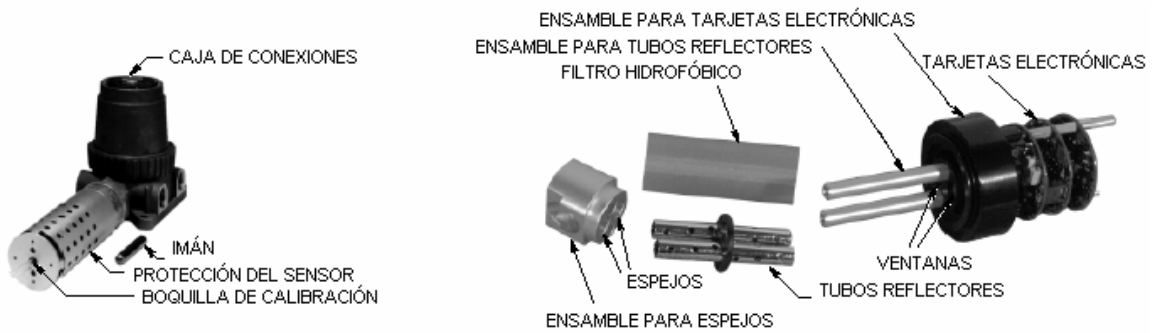


Figura 2.5 Identificación de los componentes del GC-IR.

2.6.1.3 Detectores de Gas Tóxico (TGD)

Están diseñados para vigilar continuamente el ambiente y detectar la presencia de gases tóxicos (H₂S, CO, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, cloro, etc.). Cada transmisor puede usarse para un sensor de gas individual, que se monta directamente sobre su cubierta protectora en el área de detección, o puede ubicarse por separado usando un juego de separación del sensor.



Figura 2.6 Identificación de los componentes del TGD.

- El detector para H₂S debe contener un sensor específico para este gas, sin interferencia y que opere bajo los principios de oxidación catalítica o difusión / adsorción.
- El detector de ácido fluorhídrico debe contener un sensor específico para este gas, sin interferencia y que opere bajo el principio de celda electroquímica.
- En caso de cualquier otro gas tóxico, el sensor debe ser específico para ese gas en particular y operar de acuerdo a las características del mismo.

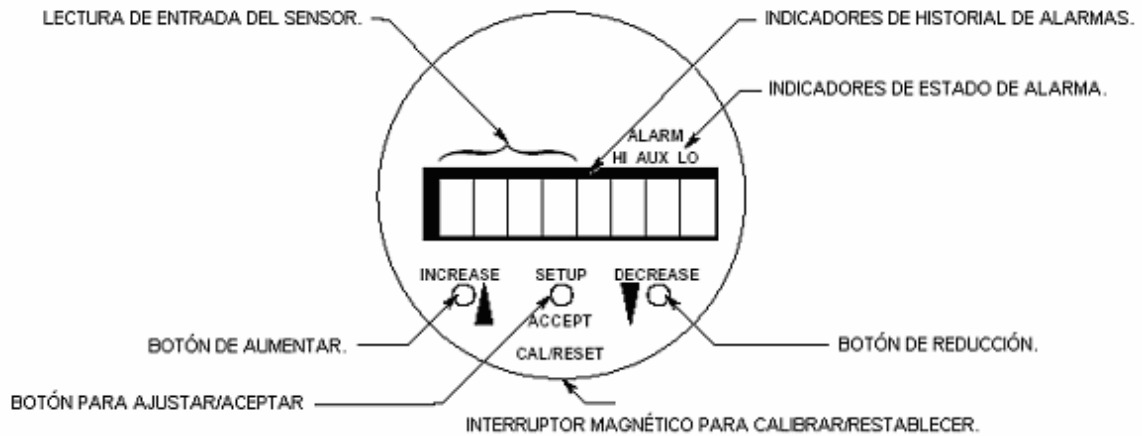


Figura 2.7 Visor del transmisor.

2.6.1.4 Detectores de Humo (SD)

Están diseñados para detectar los productos de la combustión, imitando el sentido del olfato humano, éstos operan ya sea por el principio de ionización o fotoeléctrico, en el que para cada tipo se tienen ventajas para diferentes aplicaciones (ductos de aire acondicionado, sistemas de detección precoz y cuartos de control). La selección dependerá de la naturaleza del incendio que se anticipa, del tamaño de la partícula del producto de combustión y del grado de sensibilidad que se desee del detector.

Los tamaños más pequeños típicos de productos de combustión invisibles se supervisan con detectores de ionización, se usan los detectores fotoeléctricos para supervisar la presencia de las partículas más grandes típicas del humo visible.

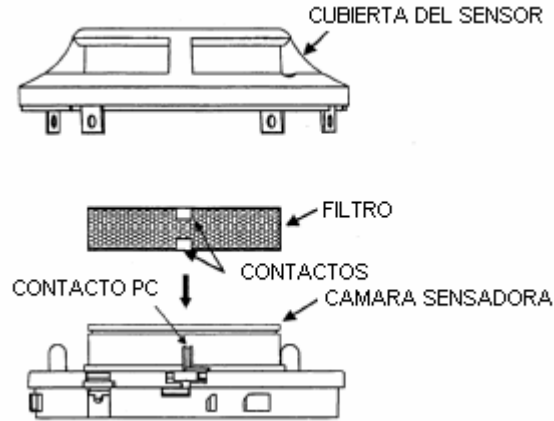


Figura 2.8 Identificación de los componentes del SD de ionización.

2.6.1.5 Detectores Térmicos (TD)

Los TD usan barras bimetálicas, las cuales se cierran al presentarse alta temperatura para dar una señal de alarma. Son del tipo puntual, lo que significa que se colocan a un intervalo debidamente espaciado en los techos o partes altas de una pared.



Figura 2.9 Identificación de los componentes del TD.

2.6.2 Alarmas

Las alarmas para alertar al personal son del tipo audibles y visibles, y están diseñadas para proporcionar información necesaria sobre la anomalía detectada.

2.6.2.1 Alarmas audibles

Existen muchos tipos de alarmas audibles; los altoparlantes tipo bocina, emiten niveles más bajos de sonido, por lo tanto se prefieren para uso en áreas de actividades múltiples o internas. Los altoparlantes tipo trompeta, emiten niveles de sonido más altos por lo tanto se prefieren para uso en áreas externas.

El equipo de alarma multi-tono debe usarse para proporcionar la capacidad de asociar peligros específicos con tonos de alarmas específicas.

El sistema de alarma audible debe estar formado por:

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

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

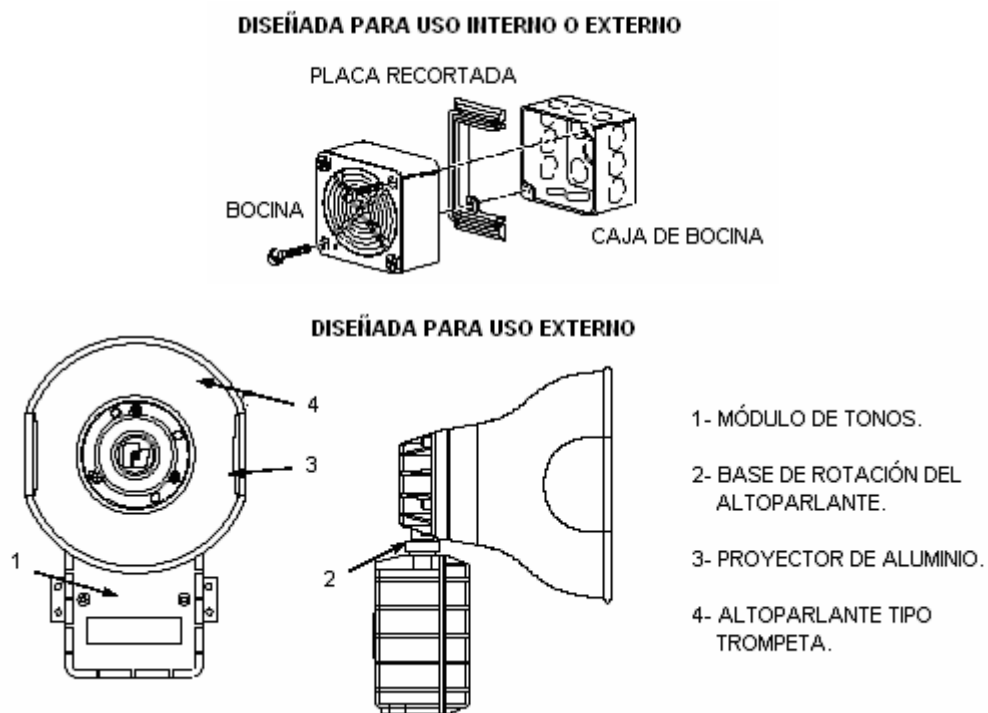
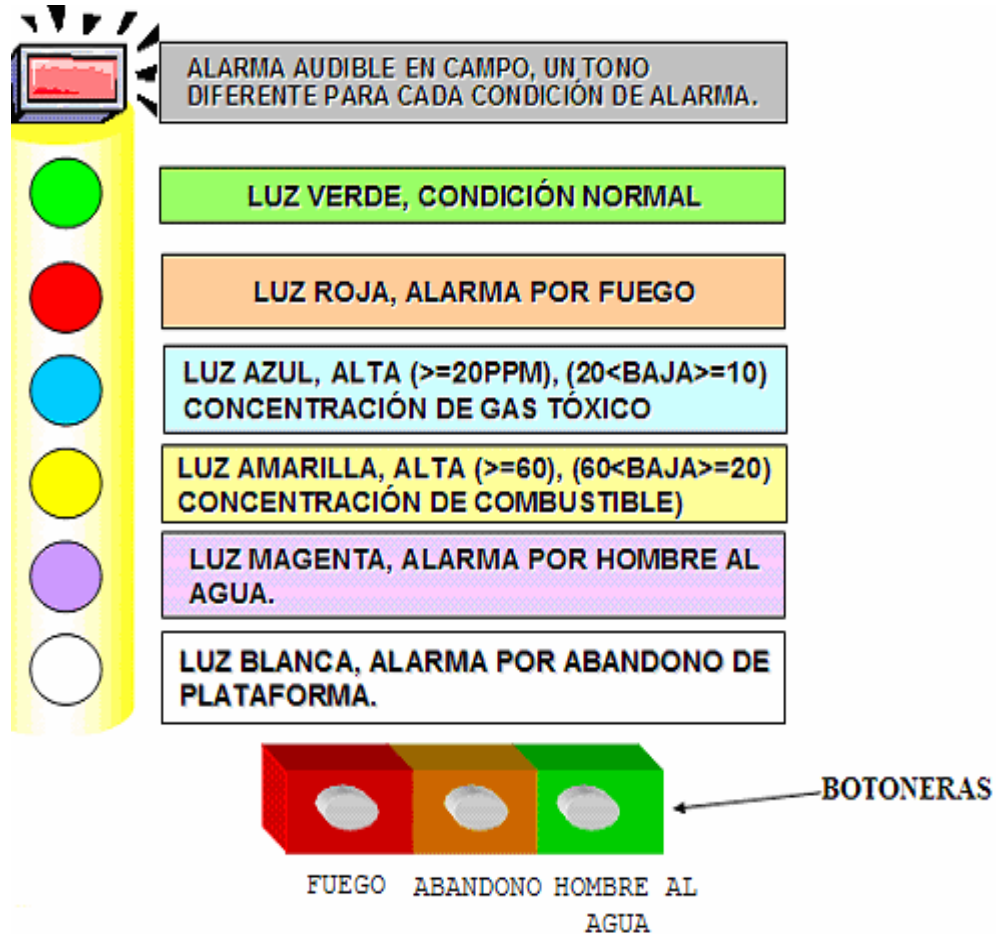


Figura 2.10 Identificación de los componentes de alarmas audibles.

2.6.2.2 Alarmas visibles

Se usan dos tipos de alarmas visibles, que a su activación emiten luces de colores con luz intensa, luces intermitentes (luz estroboscópica) y torretas rotadoras (de flasheo) primordialmente en las

instalaciones, son ideales en zonas donde existen altos niveles de ruido ambiental, imposibilitando en ocasiones el escuchar una alarma audible, deben usarse lámparas de diferentes colores para asociar alarmas de peligros específicos.



Figuras 2.11 Semáforo de alarmas.

Debe usarse una luz intermitente en áreas abiertas donde el personal tiene una vista libre de la lámpara de alarma, puede usarse un haz rotador con una lámpara de haz sellada en áreas abiertas como congestionadas, la luz de los haces sellados usados en torretas rotadoras se reflejan en el equipo, las paredes y los tanques.

Las alarmas visibles que indiquen condición normal (color verde) deben ser del tipo continuo, y en condiciones de alarma deben ser del tipo destellante/intermitente.

Podrán existir dos o más luces encendidas a la vez, excepto la luz verde, que se debe apagar en el momento en que se active cualquier otra luz de alarma, debe existir un letrero permanente que indique lo que significa cada luz y alguna otra información necesaria.

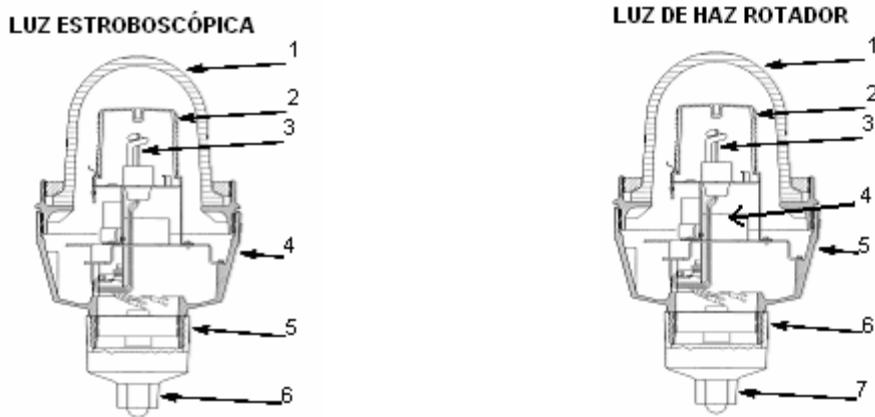


Figura 2.12 Identificación de los componentes de alarmas visibles.

- 1- Domo de vidrio.
- 2- Lente.
- 3- Tubo estroboscópico (alta intensidad).
- 4- Protección de aluminio.
- 5- Bloque de conexión eléctrica.
- 6- Entrada de 3/4".

- 1- Domo de vidrio.
- 2- Lámpara.
- 3- Lente interior.
- 4- Motor.
- 5- Protección de aluminio.
- 6- Bloque de conexión eléctrica.
- 7- Entrada de 3/4".

2.6.3 Estaciones manuales de alarma

Son dispositivos que al ser activados por una persona, transmiten una señal de alarma a la UPR o al tablero maestro de interconexiones, son de acción doble para prevenir su accionamiento accidental. Las señales de alarma que pueden ser transmitidas por este tipo de estaciones son:

- M.
- IAP.
- IHA.
- Alarma manual por gas combustible.
- Alarma manual por gas tóxico.

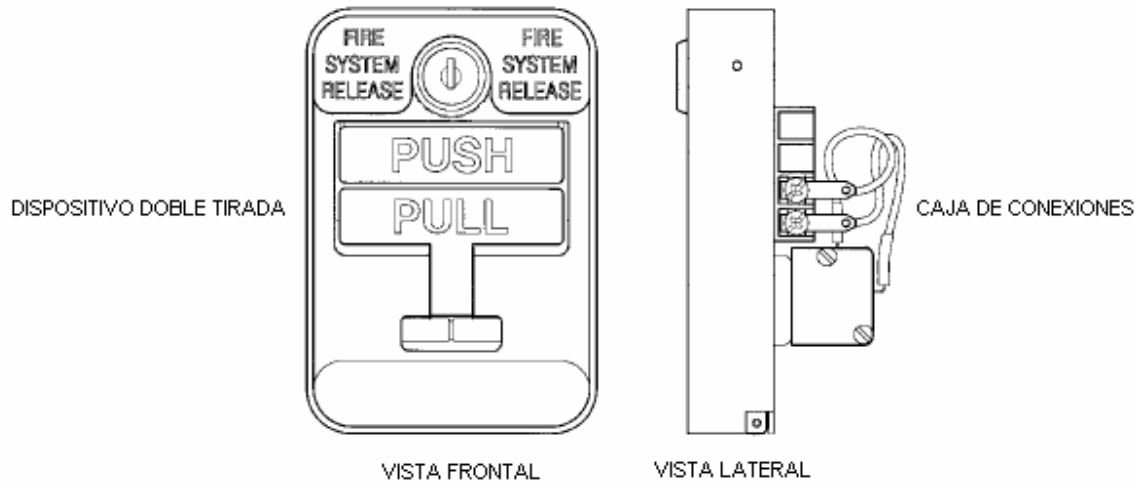


Figura 2.13 Identificación de los componentes de las estación manual de alarma.

Capítulo III

MATRICES LÓGICAS DE CAUSA – EFECTO

3.1 Introducción

El prestador de servicio debe desarrollar y/o aplicar según le corresponda, las especificaciones de los requerimientos de seguridad, conforme a las restricciones que la industria en cuestión imponga. Para tal efecto el contratista y la industria deben desarrollar las MCE, dichas MCE deben ser expresadas y estructuradas, de tal modo que sean claras, precisas, verificables, sostenibles, factibles y escritas de modo que puedan ser comprendidas y aplicadas.

Las MCE para el F&G, deben incluir:

- Acciones que el sistema y los componentes deben realizar bajo circunstancias establecidas.
- Integridad requerida (confiabilidad y disponibilidad) para operar en dichas circunstancias.
- Requerimientos de sobrevivencia una vez que un incidente mayor ha sucedido.

3.2 Especificaciones de sobrevivencia

Se refieren al requerimiento específico de que un F&G permanezca funcionando, durante o después de un incidente mayor y son identificadas en la evaluación de riesgos, si se requiere por parte de la industria, dichas especificaciones formarán parte de los estándares de desempeño. Una especificación de sobrevivencia será normalmente requerida por válvulas del F&G y de alivio en áreas de proceso en donde el actuador y la válvula puedan ser vulnerables a explosión por sobrepresión, fuego, caída de objetos y cualquier otro daño que la inhabilite antes de que la válvula regrese completamente a su posición segura.

3.3 Integración de la información y documentación

Las MCE deben de establecer lo que se va a lograr y no necesariamente de que manera. El método para documentar las especificaciones de los requerimientos de seguridad debe ser lo suficientemente simple para lograr un buen entendimiento del mismo.

Una vez terminadas las especificaciones de los requerimientos de seguridad, deben ser revisadas y aprobadas por la industria; una vez aceptadas no deben existir cambios a menos que estén debidamente justificados.

- Diagramas causa-efecto; también conocidas como Matrices Lógicas de Causa-Efecto, para muchos MCE, se han convertido en una herramienta muy familiar para documentar los requisitos funcionales, de integridad y de seguridad de un F&G, es una manera muy objetiva de representar la lógica del sistema.
- Diagramas lógicos; éstos se deben usar en adición a las MCE para funciones complejas y basadas en tiempo.

3.4 Diagramas lógicos

Se elaboran empleando un paquete de programación, los programas se realizan en dos tipos de arreglos gráficos, denominados bloques de función y funciones.

Los bloques de función serán elementos ejecutables, que proporcionan uno o más valores y que se identifican mediante un nombre único dentro del programa en que se invoque al bloque de función. Estos bloques retienen el valor calculado durante una evaluación para emplearse en la siguiente evaluación.

Las funciones también serán elementos ejecutables, las cuales proporcionan un solo resultado. A diferencia de los bloques de función, los valores en las funciones no se retienen de una evaluación a otra, ya que estos valores se calculan por cada evaluación.

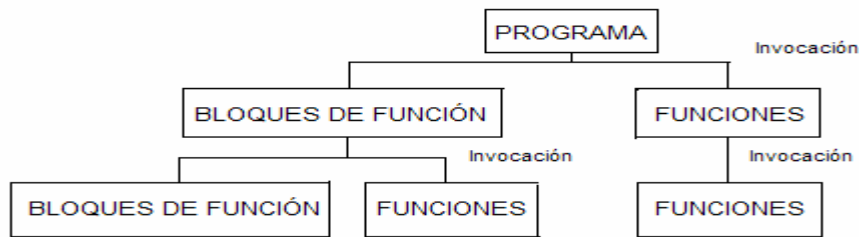


Figura 3.1 Estructura de un programa.

3.4.1 Función fuego

Las señales proveniente de los transmisores de fuego se procesan mediante un bloque de función, denominado “función-fuego”, realizado a partir de comparadores (mayor que, menor que) con los cuales se establecen rangos, que generan señales del tipo discreto a emplearse para activar otras funciones.

3.4.2 Función gas (combustible/tóxico)

Similar a la función fuego, mediante comparadores se establecen rangos para procesar las señales analógicas y generar datos específicos de tipo discreto. A diferencia del transmisor de fuego que genera valores predefinidos de corriente para notificar sus diferentes estados, el transmisor de gas suministra un valor de corriente para la concentración de gas detectada, establecido por su rango de detección y definido en Partes Por Millón (PPM), Nivel Mínimo de Flamabilidad/Explosividad (L.E.L) y porcentaje de volumen en la atmósfera.

Los valores para definir los rangos se seleccionan de acuerdo a los niveles establecidos para baja y alta concentración en cada tipo de gas a detectar por cada transmisor.

3.4.3 Función supervisión

Para poder supervisar las condiciones de diagnóstico de los dispositivos que generan valores discretos como alarmas y detectores, se emplea un arreglo de circuito para convertir los 24 VCD disponibles para estos dispositivos a una señal analógica de un máximo de 5 VCD.

Los circuitos a emplearse son los siguientes:

- Condición de circuito abierto.
- Condición de activado.
- Condición normal.
- Condición de corto circuito.

Condición de circuito abierto: Se presenta cuando se tiene una ruptura del cable o una desconexión en el punto de entrada de la tarjeta.

Condición de activado: Al accionarse el dispositivo de campo, el diagnóstico correspondiente al circuito será la de activado.

Condición normal: Mientras permanezca el dispositivo sin activarse, la condición a detectarse corresponde a la de normal, siendo este el estado en el que debe permanecer cada dispositivo durante la mayor parte del tiempo.

Condición de corto circuito: Se presenta cuando en alguna parte del circuito que va hacia campo, se presente un corto circuito.

3.5 Matrices Lógicas de Causa-Efecto (MCE)

En este capítulo MCE se representa cada una de las acciones que se realizará en el sistema para todas las eventualidades registradas en los detectores. A continuación se da la descripción de los elementos que componen a las MCE.

- En la primera columna de la figura 3.1, se listan los detectores involucrados en el área, a los que se les denomina “equipo que origina la señal”.
- En el siguiente campo, titulado “módulos de control”, se indican todas las condiciones de alarma posibles que se pueden monitorear para cada tipo de detector, niveles de calibración para cada señal, de las cuales se tiene que generar una acción de salida por el sistema.

- En el campo siguiente, “ubicación y registro de alarmas” se presenta la descripción específica de la eventualidad, con lo cual se puede saber para la señal que se este presentando, la localización y condición específica de alarma, siendo esta la forma en que se guarda en los registros históricos o reales cada actividad presentada.
- En el último campo de la tabla denominado “acciones de salida”, se presentan ahora las acciones de control correspondientes a cada eventualidad, éstas pueden ser; el registro de la eventualidad, el envío de señales para la activación de válvulas, alarmas, equipos externos, etc.

Las MCE, son los documentos principales para generar la programación del PLC-TMR.

En la figura 3.1 se muestra la matriz para la detección de fuego, está es similar a las matrices de los otros detectores (CG, TGD, etc.).

.....										B										A										EQUIPO QUE ORIGINALMENTE LA SEÑAL													
																														FUEGO DETECTADO										DETECCIÓN DE FUEGO		MÓDULO DE CONTROL	
																														DETECTADO SÓLO UV													
																														DETECTADO SÓLO IR													
																														LENTE SUCIO													
																														FALLA DE DETECCIÓN													
																														ALARMA INSTANTANEA													
																														FUEGO DETECTADO EN ÁREA "X"													
																														SÓLO UV DETECTADO EN ÁREA "X"													
																														SÓLO IR DETECTADO EN ÁREA "X"													
																														LENTE SUCIO DE DETECTOR EN ÁREA "X"													
																														FALLA DE DETECCIÓN DE FUEGO EN ÁREA "X"													
																														ALARMA INSTANTANEA EN ÁREA "X"													
																														FUEGO DETECTADO EN ÁREA "Y"													
																														SÓLO UV DETECTADO EN ÁREA "Y"													
																														SÓLO IR DETECTADO EN ÁREA "Y"													
																														LENTE SUCIO DE DETECTOR EN ÁREA "Y"													
																														FALLA DE DETECCIÓN DE FUEGO EN ÁREA "Y"													
																														ALARMA INSTANTANEA EN ÁREA "Y"													
																														ACTIVA VÁLVULA SOLENOIDE No "X" APERTURA DE VÁLVULA DE DILUVIO No "X"													
																														ACTIVA VÁLVULA SOLENOIDE No "Y" APERTURA DE VÁLVULA DE DILUVIO No "Y"													
																														DESPLEGADO IHM													
																														SEÑALES DISPONIBLES PARA CONEXIÓN CON TMR DEL SISTEMA DE PARO POR EMERGENCIA													
																														COLOR VERDE												ALARMIAS VISIBLES	
																														COLOR ROJO													
																														COLOR AZUL													
																														COLOR AMARILLO													
																														COLOR VIOLETA													
																														COLOR TRANSPARENTE													
																														TONO Y MENSAJE DE VOZ PARA FUEGO													
																														TONO Y MENSAJE DE VOZ PARA ALTA CONCENTRACIÓN DE GAS TÓXICO													
																														TONO Y MENSAJE DE VOZ PARA ALTA CONCENTRACIÓN DE GAS HIDRÓGENO												ALARMIAS AUDIBLES	
																														TONO Y MENSAJE DE VOZ PARA ALTA CONCENTRACIÓN DE GAS COMBUSTIBLE													
																														TONO Y MENSAJE DE VOZ PARA PRUEBA													
																														TONO Y MENSAJE DE VOZ PARA ABANDONO DE PLATAFORMA													

Figura 3.1 MCE para detección de fuego.

3.5.1 Detectores de fuego

Las eventualidades que se pueden presentar son: primer escenario; la señal proveniente del elemento de campo se interpreta como “fuego detectado”. Debido a que esta condición indica la presencia de un incendio, se tiene que enviar una señal a la válvula de diluvio del sistema de agua contra-incendio para proteger el equipo cercano al área en la que se detectó el incendio, con el fin de prevenir que con la radiación de calor, se lleguen a incendiar estos equipos o a explotar. Esta alarma tiene que mostrarse en los desplegados de la IHM y generar una señal de salida para activación del ESD, además de apagar la lámpara de color verde del semáforo, se activa la indicación visual de color rojo y el mensaje correspondiente a “fuego”.

El segundo escenario; corresponde a la presencia de señales interpretadas como “detección de sólo UV, detección de sólo IR, lente sucio, falla de detección y alarma instantánea”, de los cuales y como acciones de salida, se muestra la eventualidad en los desplegados de la IHM y se mantiene activada la luz verde del semáforo de alarmas. Todas estas acciones se muestran de forma individual para cada detector en las MCE.

3.5.2 Detectores de Gas Combustible (CG)

El primer escenario que se puede presentar es; la condición interpretada como “baja concentración de gas combustible @ 20% de L.E.L.”, como acciones de salida se reproduce la alarma en los desplegados de la IHM y se desactiva la luz verde del semáforo de alarmas, activando la luz de color amarillo.

El siguiente escenario será considerando la presencia de la señal correspondiente a “alta concentración de gas combustible @ 40% de L.E.L.”, las acciones de salida son; mostrar esta información en la IHM, generar una señal de salida para el ESD del lugar (condicionado por la detección cruzada de 2 o más detectores), se apagará la lámpara verde y se activará la indicación visual de color amarillo en el semáforo de alarmas, además de generarse una señal audible correspondiente a la alarma por gas combustible. Para los casos en que el detector se encuentre en ductos de aire de algún cuarto de control, se produce una señal de salida para realizar el paro del sistema de aire acondicionado.

El último escenario que se puede presentar es; cuando se reciben las señales interpretadas como “calibración y falla del transmisor”, cuando esto sucede, se registra la eventualidad y se muestra la información de estos eventos en los desplegados de la IHM, manteniendo activada la indicación visual verde en el semáforo de alarmas.

3.5.3 Detectores de Gas Tóxico (TGD)

El primer escenario que se puede presentar es; la condición interpretada como “baja concentración de gas tóxico H_2S @ 5 P.P.M.”, como acciones de salida, se muestra la alarma en los desplegados de la IHM y se desactiva la luz verde del semáforo de alarmas, activando la luz de color azul.

El siguiente escenario será considerando la presencia de la señal correspondiente a “alta concentración de gas tóxico H_2S @ 10 P.P.M.”, las acciones de salida serán; mostrar esta información en la IHM, generar una señal de salida para realizar el paro del sistema de aire acondicionado del cuarto de control, producir una señal de salida para el ESD del lugar (condicionado por la detección cruzada de 2 o más detectores), se apagará la lámpara verde y se activará la lámpara de color azul en el semáforo de alarmas, además de generar una señal audible correspondiente a la alarma por gas tóxico.

Finalmente, cuando se presenten las señales interpretadas como “calibración y falla del transmisor”, se registra la eventualidad y se muestra la información de estos eventos en los desplegados de la IHM, manteniendo activada la indicación visual verde en el semáforo de alarmas.

3.5.4 Estaciones manuales de alarmas

Para estos dispositivos, la 1er situación a presentarse será; cuando alguna persona active de forma manual dichas alarmas, teniendo con esto en la matriz la primera condición denominada como “señal activada”.

3.5.4.1 Alarma Manual de Fuego (M)

La acción de estos dispositivos es del tipo discreto (activado/desactivado), siendo esta la primera acción mostrada en la matriz identificada como “señal activada”, cuando se presente esta condición significa que en campo se accionó este dispositivo de forma manual, registrándose esta acción como “alarma manual por fuego activada”, como señales consecuentes de salida, se muestra la alarma en los desplegados de la IHM, en el semáforo de alarmas visibles se apagará la indicación visual verde y se activará la de color rojo, además de activarse la indicación audible correspondiente a “fuego”.

El segundo escenario corresponde a la señal denominada “falla de circuito eléctrico en alarmas manuales por fuego”, como acciones de salida, se muestra esta alarma en los desplegados de la IHM, manteniendo activada la indicación visual de color verde en el semáforo de alarmas.

3.5.4.2 Alarma Manual de Abandono de Plataforma (IAP)

Para la primer condición indicada en la matriz como “señal activada”, significa que en campo se accionó este dispositivo de forma manual, registrándose esta acción como “activado interruptor de abandono de plataforma”, como señales consecuentes de salida, se muestra la alarma en los desplegados de la IHM, en el semáforo de alarmas visibles se apagará la indicación visual verde y se activará la de color blanco, además de activarse la indicación audible correspondiente a “abandono de plataforma”.

El segundo escenario corresponde a “falla de circuito eléctrico en interruptor por abandono de plataforma”, las acciones de salida son; mostrar esta alarma en los desplegados de la IHM, manteniendo activada la indicación visual de color verde en el semáforo de alarmas.

3.5.4.3 Alarma Manual de Hombre al Agua (IHA)

Las acciones para estos dispositivos son similares a las descritas para las M e IAP, sólo que el color visible del semáforo de alarmas será de color violeta (magenta) y la alarma audible corresponderá a “hombre al agua”.

3.5.5 Sistema de red de agua contra-incendio

3.5.5.1 Transmisor de Presión (PIT)

La primer condición para este instrumento es la señal de “baja presión @ 20 psi”, la acción correspondiente a esta alarma consiste únicamente en mostrar esta eventualidad en los desplegados de la IHM.

La siguiente condición será la señal correspondiente a “muy baja presión @ 7 psi”, como primera acción de salida a efectuarse al recibir esta señal es; mostrar esta alarma en los desplegados de la IHM, enviar una señal eléctrica para activar y abrir la válvula de diluvio, posteriormente se apagará la indicación visual verde del semáforo de alarmas y se activará la indicación visual de color rojo y finalmente se activará el mensaje y tono correspondiente a “fuego”.

Como última eventualidad tenemos la denominada “falla de transmisor de presión de la válvula de diluvio”, cuando se presente esta condición se mostrará esta alarma en los desplegados de la IHM, manteniendo activada la indicación visual verde en el semáforo de alarmas.

3.5.5.2 Interruptor de Presión (PSH)

La función principal de este instrumento es la de confirmar la apertura de la válvula de diluvio, como primer escenario tenemos “funcionamiento de la válvula de diluvio”, la primer acción de salida correspondiente a esta condición será la de mostrar la alarma en los desplegados de la IHM, la siguiente acción consiste en apagar la indicación visual de color verde en el semáforo de alarmas y activar la de color rojo, finalmente se activa la alarma audible correspondiente a “fuego”.

Debido a que este instrumento es de acción discreta (activado/desactivado) la siguiente condición será la de “falla de circuito eléctrico en el interruptor de presión hidráulica en la descarga de la válvula de diluvio”, la acción de salida consiste en mostrar esta alarma en los desplegados de la IHM, manteniendo activada la indicación visual de color verde en el semáforo de alarmas.

3.5.5.3 Botón para apertura de válvula

Para este caso se tiene un botón de tipo virtual, configurado en el sistema para activarse desde los desplegados de la IHM, desde la cuál y para el momento en que el operador active esta opción, se registra la acción como “disparo remoto para accionamiento de la válvula de diluvio del sistema de aspersión”, las acciones de salida son; activar la válvula solenoide, mostrar la acción en los desplegados de la IHM, desactivar la indicación visual verde en el semáforo de alarmas y activar la de color rojo, y finalmente se activa la alarma audible correspondiente a fuego.

3.5.5.4 Bombas contra-incendio y reforzadoras

Para caídas no muy pronunciadas, se utilizan las bombas reforzadoras jockey las cuales deben ser del tipo vertical centrifugas, con accionamiento de motor eléctrico (trifásico, de corriente alterna y de inducción), tablero de control local a prueba de explosiones y una opción de arranque remoto desde la IHM.

Para compensar caídas de presión muy pronunciadas en la red, se emplean las bombas contra-incendio, las cuales cuentan con un tablero de control local a prueba de explosiones de redundancia neumática y con la opción de arranque remoto desde la IHM. Los instrumentos que se emplean para realizar este control son los PIT's localizados en el anillo principal de la red.

Esta son las acciones que se realizan en el sistema de red de agua contra-incendio.

Capítulo IV

ESPECIFICACIONES DE INGENIERÍA

4.1 Introducción

La ingeniería a detalle y la definición de las características y requerimientos que el F&G tiene que cumplir, deben ser desarrolladas por el contratista y estar basadas en un análisis de riesgo, de manera que se pueda identificar cada uno de los lugares y condiciones en los cuales se prevea la posible ocurrencia de alguna situación de emergencia; fuego, emisiones de productos tóxicos o inflamables y sus posibles consecuencias.

El F&G debe ser estructurado en forma modular. Cualquier módulo del sistema debe ser reemplazable, la reparación o reemplazo no debe requerir la interrupción de la ejecución del programa de aplicación, ni el congelamiento del estado de las señales de E/S. El equipo y la operación del F&G debe ser totalmente independiente de los Sistemas de Control de Proceso (SCD), ESD, entre otros.

4.2 Selección

Los componentes del F&G deben seleccionarse dependiendo de las condiciones del lugar en que se pretenden instalar, como por ejemplo; la topografía del terreno, las condiciones ambientales, la distribución del equipo, los requerimientos de mantenimiento, el acceso y el plan general de emergencias.

4.3 Instalación

Antes de iniciar la instalación de un F&G, se debe contar con la información documentada, especificaciones, programas de trabajo, requerimientos de interconexión a sistemas existentes, limitaciones, planos de localización general y Diagramas de Tuberías e Instrumentos (DTI). El proveedor debe identificar con etiquetas y marcas permanentes, el cableado entre las unidades de terminación de campo y la UPR y/o tablero maestro de interconexiones.

El cableado debe de ser instalado a través de rutas preestablecidas y de manera ordenada. Los cables conductores que forman los lazos del sistema, deben protegerse y soportarse de manera independiente y no paralelos a otros circuitos eléctricos.

Los componentes del F&G y su ubicación deben cumplir con lo siguiente:

- Requerimientos de detección.
- Características del equipo que lo integra.
- Los lugares que favorezcan la conservación del equipo.
- Facilidad para la realización de pruebas.
- Facilidad de mantenimiento y calibración.
- Planos de localización de los dispositivos que lo integran.

4.4 Interfase Hombre-Máquina (IHM)

El software de la IHM es un paquete que opera en ambiente windows, consiste de un grupo de componentes gráficos, tales como ventanas, menús de acceso y herramientas de diálogo. Puede instalarse en cualquier computadora que cumpla con las calificaciones mínimas para windows, sin embargo, el hardware siguiente se recomienda para el desarrollo de la aplicación:

Especificaciones:

- Procesador; Pentium (o mejor).
- Reloj de proceso; 100 MHz.
- Memoria; 32 Mb.
- Unidad de disco; 3.5'' (1.44 Mb) y CD-ROM.
- Disco duro; 500 Mb, con por lo menos 100 Mb espacio disponible.
- Monitor; 17'' y 256 colores SVGA.
- Teclado y ratón.
- Puertos; Paralelo, serial y ethernet.
- Adaptador gráfico SVGA.

4.5 Tablero maestro de interconexiones

Tienen el nombre exhibido en el frente superior “Tablero maestro de interconexiones”, éstos deben ser a prueba de explosiones y para condiciones ambientales correspondientes al ambiente marino.

Especificaciones: Pueden variar dependiendo del fabricante.

- Voltaje; 24 VCD.
- Corriente de supervisión; 64 mA.
- Corriente de alarma; 85 mA.
- Frecuencia; 50-610 Hz.
- Entrada por módulo; 120 VCA, 1.9 A.
- Salida por módulo; 24 VCD, 4 A.
- Temperatura de operación; 0°C a 49°C.
- Humedad de operación; 0 a 95% sin condensación.
- Dimensiones; Alto 711.2 mm, Largo 457.2 mm.
- Peso; 2 Kg.

4.6 Unidad de Procesamiento Remoto (UPR)

Es del tipo auto soportado, construido en lámina de acero inoxidable calibre 12, con puertas de bisagras reforzadas y cerradura de llave. Tiene acabado natural pulido, sin pintar en el exterior y pintado en el interior, a fin de minimizar la condensación que daña los equipos electrónicos. Debe instalarse en cuartos que cuenten con aire acondicionado, manteniendo una presión positiva y temperatura controlada de 20°C.

Especificaciones:

- Alto; 2100 mm.
- Largo; 1800 mm.
- Ancho; 800 mm.

- Temperatura máxima; 45°C.
- Humedad de operación; 5 a 65% sin condensación.

4.6.1 Chasis principal.

Puede ser montado en bastidor de marco batiente o en un marco fijo. Puede poblarse de diferentes maneras dependiendo de los requisitos de cada sistema, para acomodar hasta un máximo de 8 interfases de ancho sencillo (30 mm) y hasta dos PLC's-TMR's de ancho triple (90 mm). Es de ensamblaje rápido y no tiene partes que puedan ser reparadas por el usuario.

Un espacio de 90 mm debe proporcionarse entre chasises en un marco para ayudar al proceso de enfriamiento.

Especificaciones:

- Voltaje; 18 a 28 VCD.
- Temperatura de operación; -5°C a 60°C.
- Humedad de operación; 5 a 95% sin condensación.
- Dimensiones; ver figura 4.1.
- Peso; 5Kg.
- Vibración; 10 a 57 Hz.

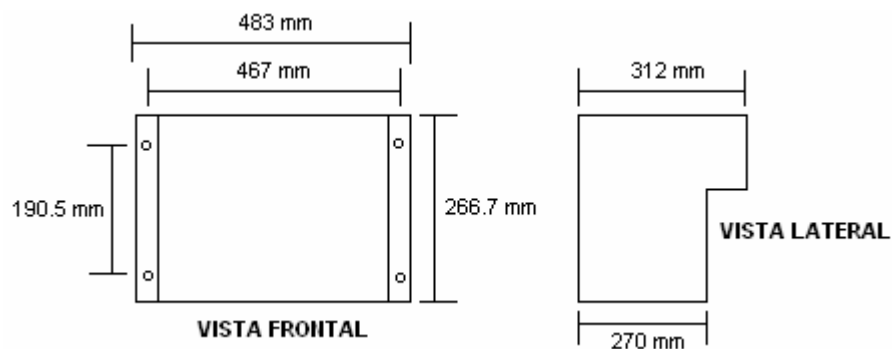


Figura 4.1 Dimensiones del chasis principal.

4.6.2 Chasis de expansión

Puede ser montado en un marco batiente o fijo. Es de ensamblaje rápido y no tiene partes que puedan ser reparadas por el usuario, se puede poblar de diferentes maneras y acomoda un máximo de 12 interfases de ancho sencillo (30 mm), y hasta dos PLC's-TMR's de expansión de ancho sencillo (30 mm). Comparte las mismas características del chasis principal con excepción de las que se muestran a continuación.

Especificaciones:

- Voltaje; 20 a 32 VCD.

4.6.3 Controlador Lógico Programable (PLC)

Es de operación TMR, tolerante a falla. Contiene indicadores que muestran la salud y estado del módulo LEDS, así como un hardware especializado en el reconocimiento rápido de fallas sin alarmas molestas.

Especificaciones:

- Voltaje; 18 a 32 VCD.
- Carga máxima; 80 W.
- Disipación de calor; 80 W.
- Reloj procesador; 100 MHz.
- Tamaño y tipo de memoria; DRAM 16 MB, EPROM 512 KB, FLASH 2MB, NVRAM 128 KB.
- Temperatura de operación; -5°C a 60 °C.
- Temperatura de almacenamiento; -40 °C a 60 °C.
- Humedad de operación; 5 a 95% sin condensación.
- Dimensiones; Alto 241 mm, largo 90 mm, ancho 300 mm.
- Peso; 2.71Kg.
- Vibración de 10 a 57 Hz.

4.6.4 Módulo de alimentación

En cada chasis (principal o respaldo) se colocan dos módulos de alimentación de redundancia dual.

Especificaciones:

- Voltaje de entrada; 110 VCA.
- Voltaje de salida; 24 VCD.
- Frecuencia; 50 a 60 Hz.
- Corriente de salida; 50°C 65 A, 60°C 45 A, 75°C 26 A.
- Eficiencia; 78 – 82%.
- Temperatura de operación; -10°C a 71°C.

4.6.4.1 Sistema de Fuerza Ininterrumpible (UPS)

El UPS debe poseer la capacidad requerida y un adicional del 30%, de modo que a carga plena, su utilización no exceda el 70% de su capacidad nominal, alimentará al PLC-TMR y a los componentes del F&G y debe suministrar un respaldo de energía de 30 minutos como mínimo.

Especificaciones:

- Fuentes; 1500 W.
- Voltaje de entrada; 100 VCA.
- Voltaje de salida; 24 VCD.
- Frecuencia; 50 Hz a 60 Hz.
- Corriente de salida; 50°C 65 A, 60°C 45 A y 75°C 26 A.
- Eficiencia; 78 a 82%.
- Temperatura de operación; -10°C a 71°C, recomendable no mayor a 50°C.

4.6.5 Módulo de entrada analógica

Contienen una redundancia triple en sus circuitos, y tienen capacidad para interfazar 40 dispositivos de terminación sencilla de 4 - 20 mA. Un amplio rango de entradas y umbrales programables permiten al módulo ser usado en la mayoría de las configuraciones de voltaje o corriente, usa un filtro digital para cada canal de entrada. Los canales pueden ser configurados en forma individual para alta inmunidad al ruido (50 Hz, 60 Hz o rechazo), baja inmunidad al ruido (respuesta rápida), o para operación paso directo sin filtrado.

Especificaciones:

- Voltaje; 18 a 32 VCD.
- Número de entradas; 40 canales.
- Corriente de entrada; 22 mA.
- Voltaje de entrada; 25 VCD.
- Aislamiento de campo; 250 VCD.
- Consumo de energía; 15 a 18 W.
- Temperatura de operación; -5°C a 60°C.
- Humedad de operación; 5 a 95% sin condensación.
- Dimensiones; Alto 241 mm, largo 30 mm, ancho 300 mm.
- Peso; 1.13Kg.
- Vibración; 10 a 57 Hz.

4.6.6 Módulo de entrada digital

Contiene internamente una serie de circuitos de redundancia triple, y tienen capacidad para interfazar hasta 40 dispositivos de campo de 24 VCD.

Especificaciones:

- Voltaje; 18 a 32 VCD.
- Número de entradas; 40 canales.
- Aislamiento de campo; 250 VCD.

- Consumo de energía; 15 a 18 W.
- Temperatura de operación; -5°C a 60°C .
- Humedad de operación; 5 a 95% sin condensación.
- Dimensiones; Alto 241 mm, largo 30 mm, ancho 300 mm.
- Peso; 1.13Kg.
- Vibración; 10 a 57 Hz.

4.6.7 Módulo de salida digital

Éstos también son de redundancia triple en sus circuitos y proporcionan una interfase para 40 dispositivos de salida de campo. Se colocan las salidas en cinco grupos de ocho salidas, cada canal de salida consiste en un arreglo de seis elementos de votación, todas las salidas en un grupo comparten una fuente de poder y retornos comunes.

Especificaciones:

- Voltaje; 0 a 36 VCD.
- Número de salidas; 40 canales.
- Grupos independientes de salida; 5, cada uno con 8 salidas.
- Corriente de salida; 0.75 A por canal, 6 A por grupo de energía.
- Mínima corriente de carga para encendido; 20 mA.
- Consumo de energía; suministro de campo a 24 V (0.75 A por canal) 18 W. Suministro de sistema (24 V) 36 W.
- Aislamiento de campo; 250 VCD.
- Temperatura de operación; -5°C a 60°C .
- Humedad de operación; 5 a 95%.
- Dimensiones; Alto 241 mm, largo 30 mm, ancho 300 mm.
- Peso; 1.13 Kg.
- Vibración; 10 a 57 Hz.

4.6.8 Módulo de comunicación

Construido en una cubierta de plástico resistente, contiene opciones para ethernet duales y cuatro puertos en serie y soporta una amplia gama de protocolos de comunicación, cuenta con autodiagnóstico de hardware y software incorporados al módulo, es configurable por el usuario y puede ser reemplazado en Caliente.

Especificaciones:

- Voltaje; 20 a 32 VCD.
- Disipación de calor; 24 W.
- Número de puertos; 1 puerto serial y 2 puertos ethernet.
- Velocidad del procesador; 100 MHz.
- Tamaño y tipo de memoria; DRAM 16 MB, EPROM 512 KB, FLASH ROM 2 MB.
- Temperatura de operación; -5°C a 60°C.
- Humedad de operación; 5 a 95%.
- Dimensiones; Alto 241 mm, largo 30 mm, ancho 300 mm.
- Peso; 1.23 Kg.
- Vibración; 10 a 57 Hz.

4.6.8.1 Módulo de comunicación en red

Este módulo es compatible con la interfase de comunicación.

Especificaciones:

- Voltaje; 5 VCD.
- Corriente de operación; 250 mA.
- Temperatura de operación; 0°C a 49°C.

4.7 Sistema de detección y alarma

4.7.1 Detectores

Los detectores a instalar deben ser similares a los existentes en la instalación o proporcionados por diseño del proyecto. No se usan materiales de aleación de cobre para superficies o componentes expuestos a atmósferas externas o de H₂S, el F&G será independiente y distinguible del sistema de alarmas de evacuación.

Todos los detectores deben ser suministrados con una clara indicación sobre el cuerpo del mismo, del tiempo de vida útil del elemento sensor y del detector en conjunto, además de los certificados y recomendaciones correspondientes, deben ser cuidadosamente seleccionados de acuerdo al riesgo del área donde serán instalados.

Características generales:

- Nombre del fabricante.
- Número de serie y de modelo.
- Fecha de fabricación.
- Clasificación eléctrica del área.
- Condiciones de operación.
- Certificación.

4.7.1.1 Detectores de fuego

Es un aparato a prueba de explosiones, que se compone de un sensor UV y un IR, montados lado a lado en una caja de conexiones, la cual contiene circuitos de control a base de microprocesadores. Este arreglo de montaje permite que ambos sensores vigilen la misma zona con un cono de visión de 90 grados.

El sensor UV responde a radiación de alta energía con longitudes de onda de 0.185 a 0.245 micras. Mientras que el sensor IR es sensible a radiación IR en un margen de 4.2 a 4.7 micras.

Especificaciones:

- Voltaje nominal; 24 VCD.
- Voltaje máximo; 32 VCD.
- Potencia de operación; 2 W nominal, 4.5 W máximo.
- Sensibilidad; Detecta fuego de gasolina de 30.5 cm por 30.5 cm a una distancia de 15 m.
- Tiempo de respuesta; 0.5 a 3 segundos.
- Material de la cubierta protectora; Aluminio libre de cobre (rojo) o acero inoxidable.
- Temperatura; Operación -40°C a 75°C , almacenamiento -40°C a 85°C .
- Humedad relativa; 0 a 95% sin condensación.
- Vibración; 6 a 200 Hz.
- Inmunidad a interferencias electromagnéticas y de radiofrecuencia.
- Cableado; calibre 16 a 22 AWG, estilo D (clase A).
- Dimensiones; ver la figura 4.2.
- Peso de embarque; Cubierta de aluminio 2.7 Kg, cubierta de acero inoxidable 6.3 Kg.

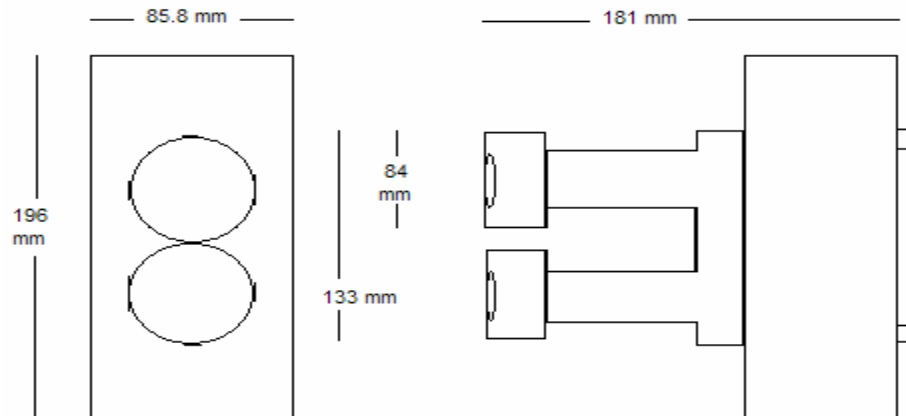


Figura 4.2 Dimensiones del detector UV/IR.

4.7.1.2 Detectores de Gas Combustible (CG)

Es un aparato a prueba de explosiones, que se compone de un sensor y un transmisor. El transmisor cuenta con una pantalla indicadora de ocho caracteres digitales para indicar

concentraciones de gas, condiciones de alarma, falla, encendido y estado de salida. Se ofrece la facilidad de poder ajustar en el lugar de la instalación los puntos de control de alarma.

Especificaciones:

- Voltaje nominal; 24 VCD.
- Voltaje máximo; 32 VCD.
- Rango de detección; 0 a 100% LEL.
- Gases; Responde a gases hidrocarburos (metano, etano, propano, butano, etileno y propileno).
- Corriente de salida; 4 a 20 mA.
- Exactitud; $\pm 3\%$ LEL de 0 a 50% LEL, $\pm 5\%$ LEL de 51% a 100% LEL.
- Tiempo de respuesta; Menor a 5 segundos.
- Temperatura; Operación -40°C a 75°C , almacén -40°C a 85°C .
- Humedad relativa; 0 a 99% sin condensación.
- Material del cuerpo que contiene al sensor; Aluminio o acero inoxidable.
- Inmunidad a interferencias electromagnéticas y de radiofrecuencia.
- Cableado; calibre 16 a 22 AWG, estilo D (clase A).
- Dimensiones; ver la figura 4.3.
- Peso de embarque; Cubierta de aluminio 1.3 Kg, cubierta de acero inoxidable 2.2 Kg.

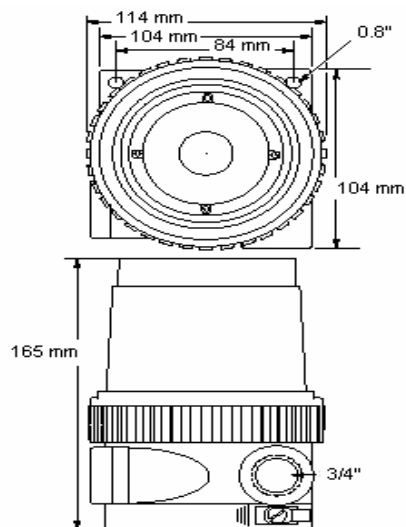


Figura 4.3 Dimensiones del CG.

4.7.1.3 Detectores de Gas Tóxico (TGD)

Esta contenido en una cubierta protectora a prueba de explosiones, que se ofrece en aluminio o en acero inoxidable. El transmisor tendrá una pantalla indicadora de ocho caracteres digitales para indicar concentraciones de gas, condiciones de alarma, falla, encendido y estado de salida, es de calibración sin intrusión.

Especificaciones:

- Voltaje nominal; 24 VCD.
- Voltaje máximo; 32 VCD.
- Voltaje mínimo; 15 VCD.
- Corriente de salida; 4 a 20 mA.
- Rango de detección; H₂S de 0 a 100 PPM.
- Temperatura; Estándar -40°C a 40°C, opcional -40°C a 55°C.
- Humedad de operación; 15 a 90% sin condensación.
- Tiempo de respuesta; 30 segundos.
- Cableado; calibre de 12 a 18 AWG.
- Peso de embarque; Aluminio 2.7 Kg, acero inoxidable 7.7 Kg.
- Dimensiones; ver figura 4.4.

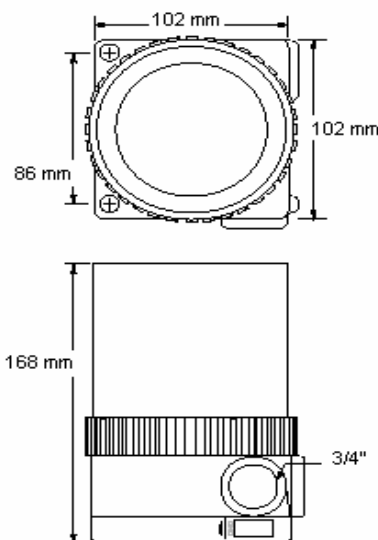


Figura 4.4 Dimensiones del TGD.

4.7.1.4 Detectores de Humo (SD)

Son compatibles con el tablero maestro de interconexiones, tienen electrónicos de estado sólido con alarma LED. Las cámaras de detección permitirán la entrada del humo en 360 grados a través de una pantalla de acero inoxidable, los SD montados en conductos de aire varían según lo siguiente; Las cámaras de muestreo de ductos de aire se diseñan para operar a velocidades de viento de 500 hasta 3000 pies por minuto, y se componen de dos elementos principales: una unidad de control; en el que se aloja la cámara de detección formado por un ventilador y circuitos de operación; y una red de tuberías o tubos para muestreo.

Especificaciones:

- Voltaje de entrada; 15 a 28 VCD.
- Tiempo de respuesta; 20 segundos.
- Sensibilidad; 0.75 – 1.75% / 304.8 mm.
- Temperatura de operación; 0°C a 49°C.
- Humedad de operación; 10 a 93% sin condensación.
- Dimensiones; ver figura 4.5.
- Peso; 0.099 Kg.

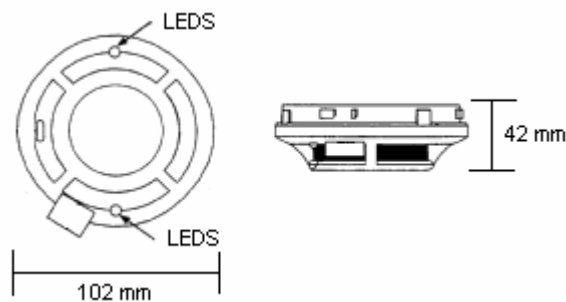


Figura 4.5 Dimensiones del SD.

4.7.1.5 Detectores Térmicos (TD)

Son de temperatura fija, del tipo fusible – enchufe. Proveen un caparazón tubular o cuerpo de diafragma flexible, una caja de conexiones a prueba de explosiones y resistente a la corrosión. Deben tener código de identificación de temperatura que es visible en una superficie expuesta.

Especificaciones:

- Voltaje; 124 VCA o VCD.
- Corriente; 5 A ó 0.5 A.

4.7.2 Alarmas

4.7.2.1 Alarmas audibles

Están construidas a prueba de explosiones y con retardo al fuego, usan electrónica de estado sólido para producir una salida de volumen ajustable, tienen capacidad para recibir hasta 4 señales independientes de alarma, las bocinas de salida son de montaje remoto desde el amplificador y generador de tonos.

Especificaciones de las alarmas audibles para interiores:

- Voltaje; 24 VCD o VCA.
- Corriente de operación; 0.07 A.
- Corriente en espera; 0.025 A.
- Frecuencia; 50 a 60 Hz.
- Decibeles; 88 a 3 m, 98 a 1 m.
- Temperatura de operación; -35°C a 71.1°C .
- Peso; 0.8 Kg.
- Dimensiones; ver figura 4.6.

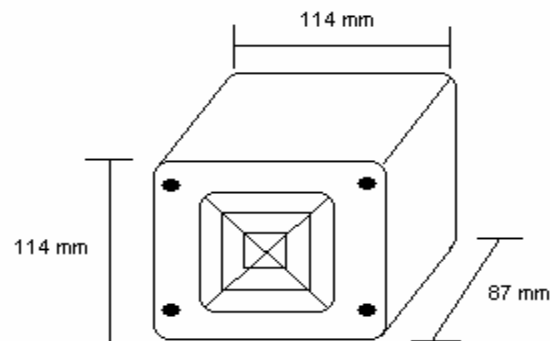


Figura 4.6 Dimensiones de las alarmas audibles/interiores.

Especificaciones de las alarmas audibles para exteriores:

- Voltaje; 24 VCD o VCA.
- Corriente de operación; 1.10 A.
- Corriente en espera; 0.03 A.
- Frecuencia; 50 a 60 Hz.
- Decibeles; 114 a 3 m, 124 a 1 m.
- Temperatura de operación; -35°C a 72°C.
- Peso; 3.5 Kg.
- Dimensiones; ver figura 4.7.

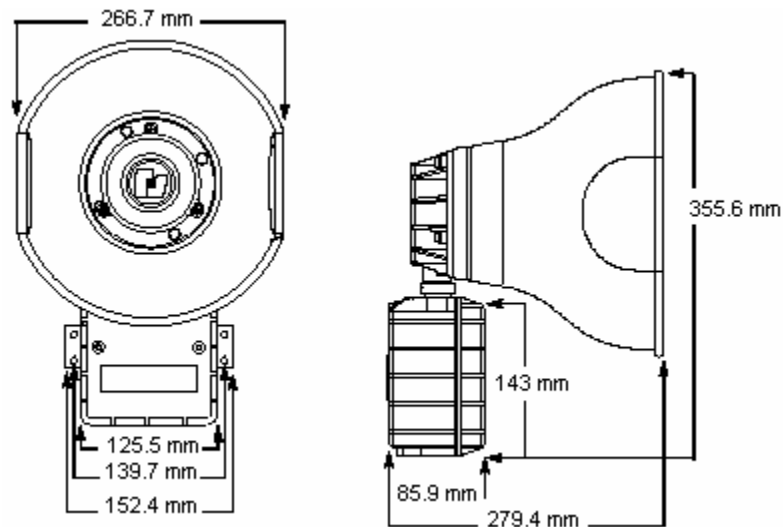


Figura 4.7 Dimensiones de las alarmas audibles/exteriores.

4.7.2.2 Alarmas visibles

Los paneles de lámparas tienen un mínimo de 6 lámparas LDE con ventanas de identificación. Tienen que estar protegidas con una cubierta de aluminio libre de cobre y a prueba de explosiones, impactos y resistentes a la corrosión.

Especificaciones de las luces estroboscópicas:

- Voltaje; 24 VCD.

- Corriente de operación; 1.25 A.
- Intensidad luminosa; 2, 000, 000 candelas.
- Vida de la lámpara; 10,000 horas.
- Electrónica de estado sólido.
- Temperatura de operación; -35°C a 66°C .
- De 60 a 85 destellos por minuto.
- Un lente de policarbonato o vidrio.
- Visibilidad de 360 grados.
- Peso; 6.4 Kg.
- Dimensiones; ver figura 4.8.

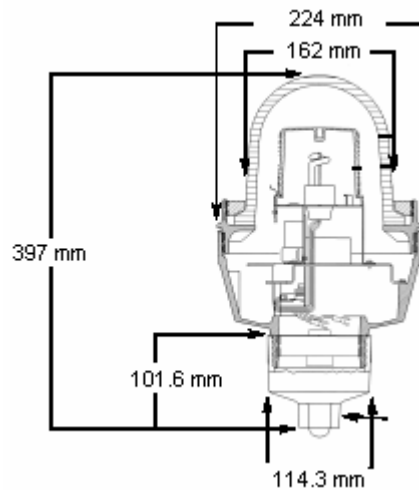


Figura 4.8 Dimensiones de las alarmas visibles, tipo estroboscópica y giratorias.

Especificaciones de las luces giratorias.

- Voltaje; 24 VCD.
- Corriente de operación; 1.05 A.
- Rotación de 50 a 80 revoluciones por minuto.
- Un mecanismo de rotación de 360 grados.
- Intensidad luminosa; 2350 candelas.
- Tipo de lámpara; incandescente.
- Vida de la lámpara; 800 horas.
- Temperatura de operación; -35°C a 66°C .
- Peso; 6.69 Kg.

- Dimensiones; ver figura 4.8.

4.7.2.3 Estaciones manuales de alarma

Las estaciones manuales (de alarma de incendio y de actuación) que se usen fuera o en áreas peligrosas, deben cumplir con las siguientes características:

- Estar construidas de materiales resistentes a la corrosión y a impactos.
- Tipo; jállese en caso de incendio o botonera.
- Temperatura de operación; -25°C a 56°C .

Las estaciones de actuación usadas para los sistemas de extinción, tienen la siguiente información grabada o pintada en el frente o sobre una placa anexa:

- Tipo de sistema.
- Instrucciones operacionales de la estación.
- Identificación de zona y área.

Para aplicaciones en áreas peligrosas o externas, son aceptables los encierros no metálicos y de aluminio libre de cobre con pintura epóxica. Como mínimo, debe proporcionarse una lista de todas las estaciones manuales requeridas para las instalaciones.

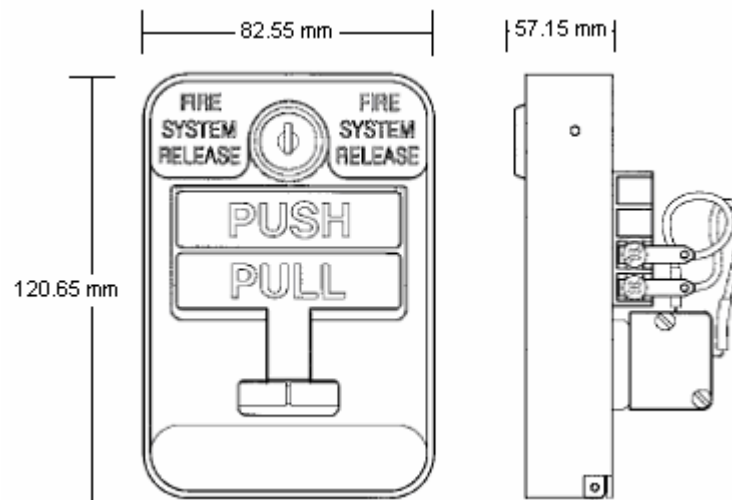


Figura 4.9 Dimensiones de las estaciones manuales.

Capítulo V

FILOSOFÍA DE OPERACIÓN Y RECOMENDACIONES PARA MANTENIMIENTO

5.1 Introducción

La filosofía de operación es uno de los capítulos principales, es básicamente una interpretación textual de las MCE, se incluye además de la causa-efecto para cada dispositivo, equipo o subsistema, conceptos y secuencias que involucran al tiempo, muy adecuado para que el personal que opere y dé mantenimiento al sistema, comprenda el funcionamiento y comportamiento del mismo.

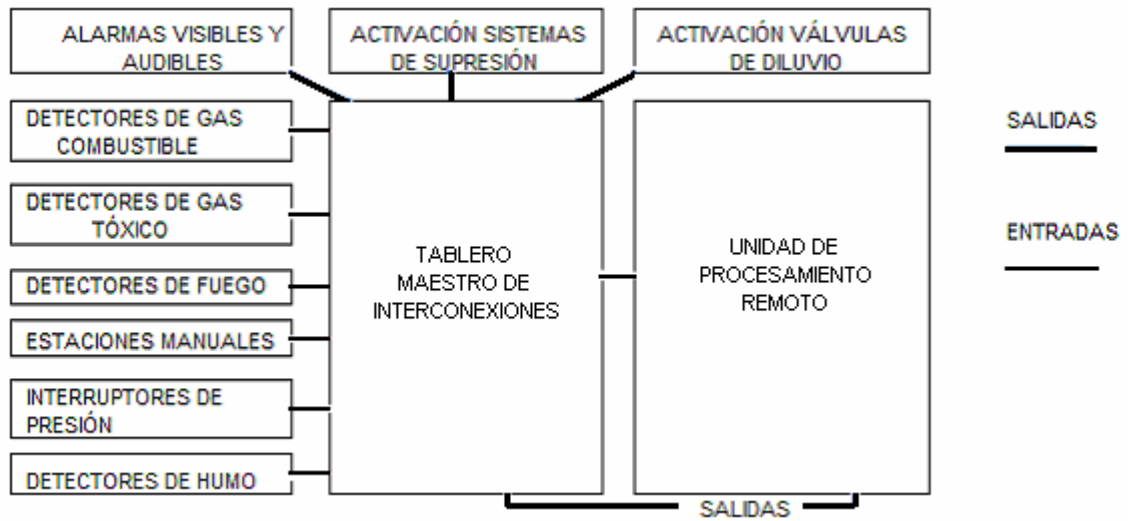


Figura 5.1 Filosofía de operación del F&G.

5.2 Interfase Hombre-Máquina (IHM)

Al iniciar la sesión del F&G, en la pantalla aparece un cuadro de dialogo, en la que el operador deberá introducir su nombre de usuario y clave personal secreta. Una vez introducidos los datos de acceso, aparecen en la pantalla las distintas ventanas, el número y tipo de ventanas dependerá de los privilegios del usuario.

Al entrar al sistema aparecen una serie de zonas bien diferenciadas en la pantalla, que muestran la configuración inicial de ventanas. A esta configuración se le identificará como menú general de ventanas. El aspecto general de la IHM es el siguiente:

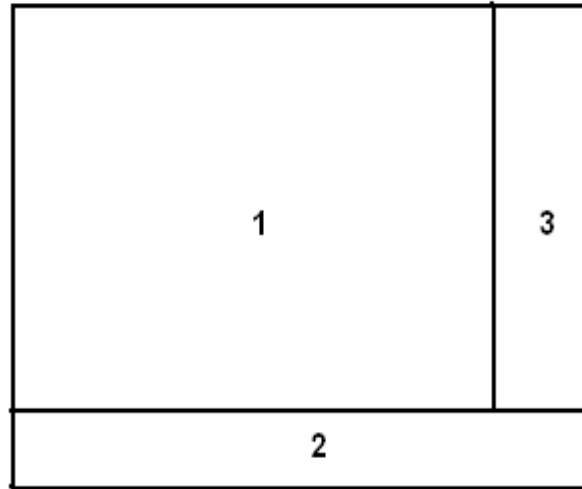


Figura 5.2 Menú general de ventanas.

1. Zona de formatos gráficos: En esta zona central de la pantalla aparece el gráfico, los listados o el diagrama de curvas de tendencia que el operador desee visualizar.
2. Zona de alarmas: En la parte inferior de la pantalla, aparece una ventana con la lista de las seis últimas alarmas producidas. Las alarmas mostradas se ordenan por fecha, de tal manera que la primera alarma de la lista es la más reciente.
3. Zona de dialogo del F&G: A la derecha de la pantalla aparece una botonera, con el listado de todas las áreas y cuartos de control, que permite acceder a toda la información gráfica de estado de bombas, válvulas e instrumentos que se pueden encontrar en cada una de ellas.

Todas las alarmas del F&G serán duplicadas en la IHM, para así garantizar que ninguna señal pasa desapercibida ante los operadores. Las alarmas también son grabadas en el orden en que ocurren por una grabadora e impresora de secuencia de eventos, una sola grabadora e impresora de secuencia de eventos está instalada para el uso del F&G y para el PLC-TMR del ESD.

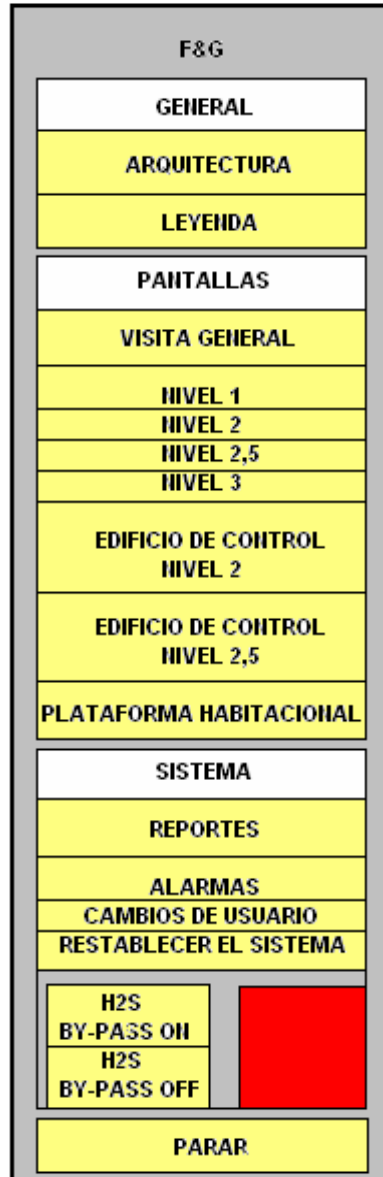


Figura 5.3 Zona de dialogo del F&G.

- General: Contiene los botones que permiten mostrar la arquitectura del sistema, así como la simbología utilizada.
- Pantalla: Contiene los botones que permiten mostrar las condiciones en las que se encuentran cada uno de los niveles y cuartos de control de la plataforma.
- Sistema: Contiene los botones que permiten hacer cambios de usuario, generar reportes, desplegar total de alarmas activas, enviar mandos para restablecimiento del sistema, inhibir el envío de la señal de alta concentración de gas tóxico al ESD y detener aplicaciones.

5.3 Tablero maestro de interconexiones

Al haber un suceso de riesgo, se pueden operar uno o varios detectores. Esta acción origina que se cierre eléctricamente un circuito, el cual hará que el tablero de control reconozca una condición de emergencia. El tablero entonces, activa varias señales de circuitos hacia los sistemas de supresión, de alarmas y hacia tableros de control en otras localizaciones para que esta eventualidad se monitoree desde diferentes puntos remotos.

El tablero debe asignar la dirección de los dispositivos automáticamente, de acuerdo a la posición física del elemento, debe ser capaz de generar zonas, donde cada zona puede tener un solo detector.

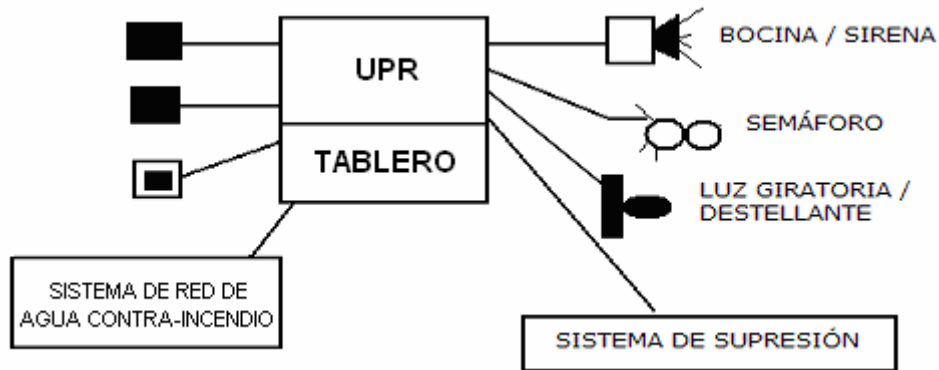


Figura 5.4 Filosofía del tablero, tipo punto-punto.

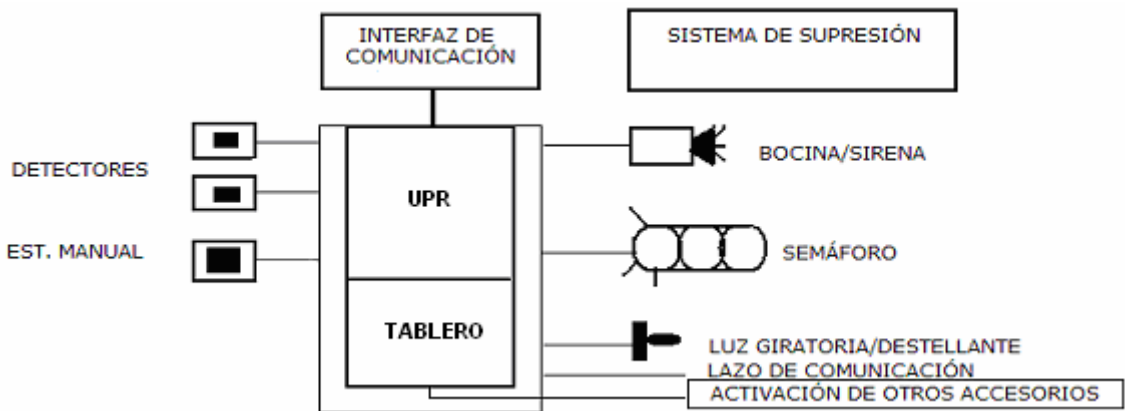


Figura 5.5 Filosofía del tablero, tipo lazo.

5.4 Unidad de Procesamiento Remoto (UPR)

El sistema opera en la siguiente secuencia básicamente; el módulo de entrada recibe, almacena en memoria temporal (buffer) y transporta hacia el PLC-TMR la información. El PLC-TMR trabaja junto con el módulo de comunicaciones para suministrar la capacidad de secuencia de eventos, durante cada barrido, el PLC-TMR inspecciona las variables designadas para identificar cambios conocidos como eventos, cuando ocurre un evento, el PLC-TMR guarda el valor actual de la variable y lo etiqueta en función del tiempo. Esta variable es transmitida a los otros dos PLC's-TMR's para realizar el voto de la información y de esta manera corregir y aplicar la secuencia lógica programada por el usuario, a través de los módulos de salida.

5.4.1 Desvío de las Señales de Entrada/Salida (E/S) Dentro del Controlador Lógico Programable (PLC)

Los desvíos alrededor de las señales de E/S del PLC-TMR del F&G son necesarios durante la puesta en servicio del sistema y el arranque, al igual que para las pruebas y las actividades de mantenimiento de los dispositivos de campo. Un interruptor de llave está ubicado en la puerta del gabinete del PLC-TMR del F&G o en la estación de trabajo de ingeniería, para permitir la instalación de los desvíos. Una vez que el interruptor de llave es activado, los desvíos pueden ser puestos alrededor de las señales individuales de E/S, según se requiera. Los desvíos pueden ser colocados directamente en la tarjeta individual de la señal de E/S o por medio del software de la IHM.

Cuando se activa un desvío, las luces indicadoras en el tablero y en la IHM del F&G, cambian de color verde o rojo a color ámbar. Una luz piloto adjunta al interruptor de llave se ilumina para indicar que se ha establecido un desvío y una alarma para esa señal de E/S es registrada. La condición de alarma de desvío permanecerá en posición hasta que sea removida manualmente la llave del interruptor.

Los desvíos no deben dejarse activados indefinidamente en el PLC-TMR, para prevenir que esto ocurra, la llave de desvío debe ser controlada con un sistema de bitácora. Cuando la llave sea removida de la oficina del supervisor de turno, se debe anotar la fecha y hora en que se tomó, la razón del uso de la llave y el tiempo esperado de retorno. El procedimiento de cambio de turno

entre supervisores debe incluir la verificación de que la llave ha sido devuelta, de lo contrario, una explicación del ¿por qué? de la ausencia.

5.5 Detectores de fuego

Para la detección de fuego, se emplea la señal de luz IR y UV emitida por una condición de incendio y mediante un sensor óptico/transmisor colocado en campo, se procesa esta señal para obtener una corriente variable, se envía a la tarjeta de entrada analógica del PLC-TMR la información correspondiente a las condiciones de campo y del estado del detector.

El microprocesador interno de estos dispositivos combina ambos detectores, un UV y un IR en un detector único y requiere simultáneamente respuesta de ambos sensores para accionar el relevador de alarma de fuego. Estos elementos monitorean el área utilizando distintas porciones del espectro de radiación y tienen virtualmente fuentes no comunes de falsas alarmas. Estas características habilitan el detector para ignorar fuentes de radiación que afecten al sensor UV/IR, permitiéndole sólo responder a fuegos reales.

El PLC-TMR toma como referencia los puntos de ajuste para los diferentes niveles de corriente recibida, genera para la condición de alarma por fuego una señal de tipo discreto, con la que se genera las diferentes respuestas del sistema para un estado de emergencia, siendo estas respuestas una señal audible y visible, para notificación del personal que se encuentra en el área protegida, y una señal para activar el sistema de agua contra-incendio.

Toda la información enviada por el detector, se tiene disponible para monitoreo desde la IHM.

Los rangos de alarma que se obtienen son:

- 0 mA Falla.
- 2 mA Falla de integridad óptica.
- 4 mA Operación normal.
- 8 mA Sólo detector IR.
- 12 mA Sólo detector UV.
- 16 mA Alarma instantánea.
- 20 mA Fuego detectado.

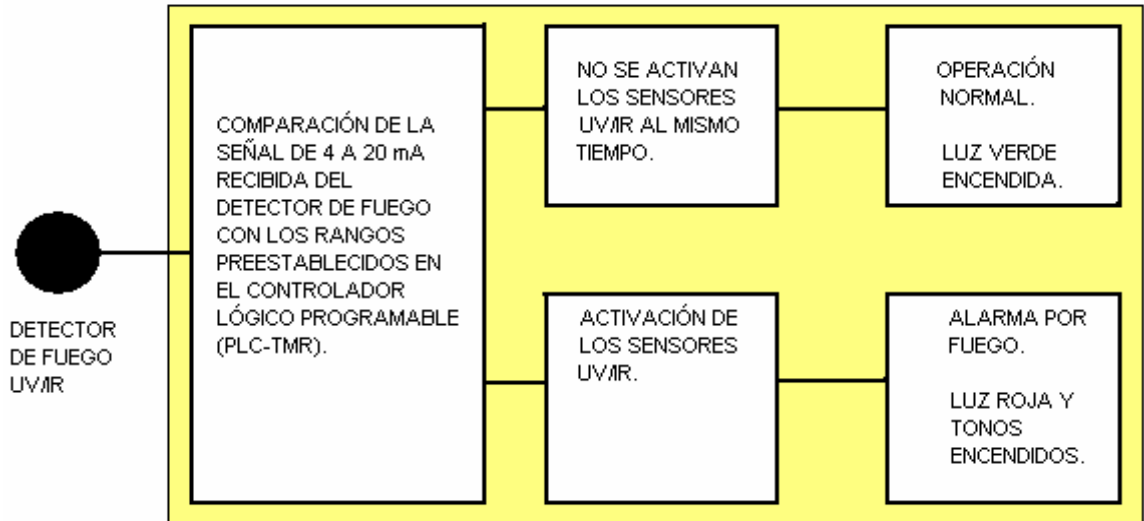


Figura 5.6 Filosofía de operación, detectores de fuego UV/IR.

En caso de fuego detectado, se manda alarmar en campo de manera audible con tono de sirena y mensaje de “fuego”, y visible de color rojo, cuando el detector envíe 20 mA al PLC-TMR.

5.6 Detectores de Gas Combustible (CG)

La detección de gas por medio de tecnología IR, se realiza empleando la propiedad de los gases de absorber longitudes de ondas específicas de luz IR, del cual, un transmisor genera una corriente y de cuya intensidad se genera tanto el diagnóstico del instrumento como sus condiciones de alarma por concentración de gases. Cuando se tiene una alta concentración de gas, se generan señales discretas de salida para activar las alarmas de indicación visual y audible, así como una señal para el ESD condicionado por la detección cruzada de 2 o más detectores.

Al presentarse una concentración de gases inflamables, la sección de medición de este detector reacciona con las moléculas del gas, provocando un cambio en su señal que el patrón de referencia compensará creando una diferencia de potencial, lo cual se interpreta por el transmisor convirtiéndola en una señal de 4 a 20 mA. Con este rango de corriente eléctrica se puede establecer un porcentaje de 0 a 100% de concentración como L.E.L, es decir:

- 40% L.E.L = 13.6 mA Alta concentración de gas combustible.
- 20% L.E.L = 7.2 mA Baja concentración de gas combustible.

- 2 mA Calibración.
- Entre 0 – 1 mA Falla.

Todas las condiciones provenientes del transmisor de gas (alarma por baja o alta concentración, falla de transmisor, condición normal de operación o transmisor inhibido) se observan desde la IHM.

También el transmisor/indicador exhibe localmente en su desplegado numérico una alarma visual por baja o alta concentración. Se manda alarmar en campo de manera audible con tono de audio y mensaje de “alta concentración de gas combustible”, y visible de color amarillo, cuando el detector envíe 13.6 mA al PLC-TMR o un valor igual o mayor al 40% del L.E.L de medición para el gas detectado.

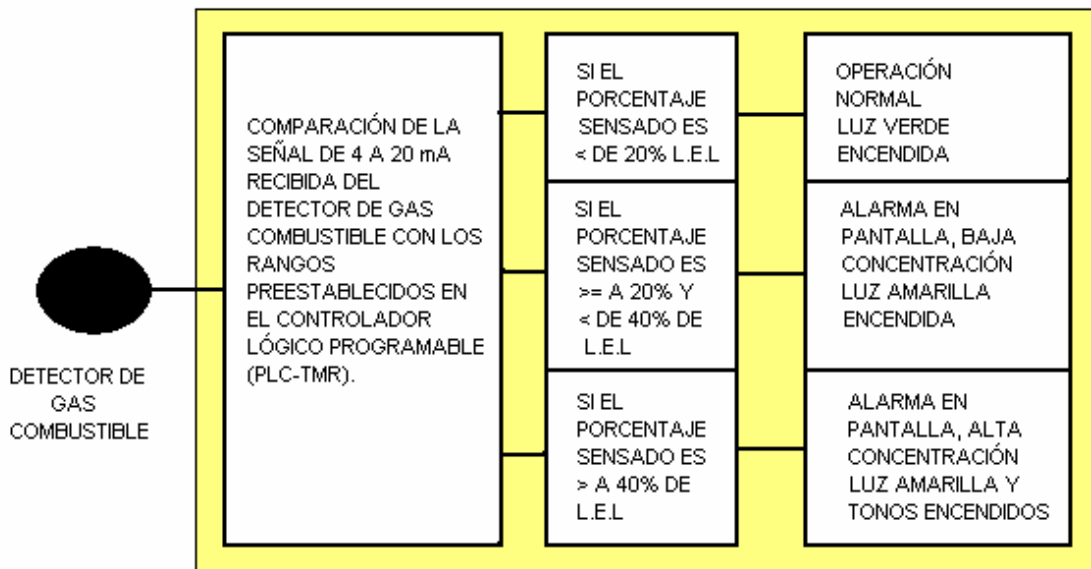


Figura 5.7 Filosofía de operación, CG.

5.7 Detectores de gas hidrógeno

Al detectarse una concentración de gas hidrógeno, la sección de medición de este detector reacciona con las moléculas de este gas, provocando una oxidación catalítica y generando un cambio de temperatura y un cambio de resistencia en el elemento activo, que el patrón de referencia compensará creando una diferencia de potencial entre dos cámaras catalíticas, lo cual

es interpretado por el transmisor y convertida en una señal de 4 a 20 mA. Con este rango de corriente eléctrica se puede establecer un porcentaje de 0 a 100% de concentración como L.E.L, ó 1 a 5% de volumen, con lo que se permite establecer niveles de alta o baja concentración, es decir:

- 40% L.E.L ó 3% Vol. = 16 mA Alta concentración de gas hidrógeno.
- 10% L.E.L ó 1% Vol. = 8 mA Baja concentración de gas hidrógeno.
- 2 mA Calibración.
- Entre 0 – 1 mA Falla.

Con la referencia de los datos anteriores, el F&G tiene disponibles las señales para que mediante la IHM se muestren y registren las alarmas, también el transmisor/indicador mostrará localmente en su desplegado numérico una alarma visual por baja o alta concentración. Se manda alarmar de manera audible con tono de pulso y mensaje, y visible con color amarillo, cuando el detector envíe 16 mA al PLC-TMR o un valor mayor a 40% de L.E.L.

5.8 Detectores de Gas Tóxico (TGD)

Los sensores electroquímicos son esencialmente celdas para gas, compuestas de un electrodo de metal noble en un compuesto electrolito. El electrolito es generalmente una solución acuosa de un ácido inorgánico fuerte. Cuando se detecta un gas, en la celda se genera una corriente de baja intensidad (efecto electrolisis) proporcional a la concentración de gas, el cual es interpretado por el transmisor y convertida en una señal de 0 a 20 mA. Con este rango de corriente eléctrica se puede establecer una proporción en PPM, con lo que se permite establecer niveles de alta o baja concentración de gas tóxico, es decir:

- 10 PPM de H₂S = 10.4 mA Alta concentración de gas tóxico.
- 5 PPM de H₂S = 5.6 mA Baja concentración de gas tóxico.
- 2 mA Calibración.
- Entre 0 – 1 mA Falla.

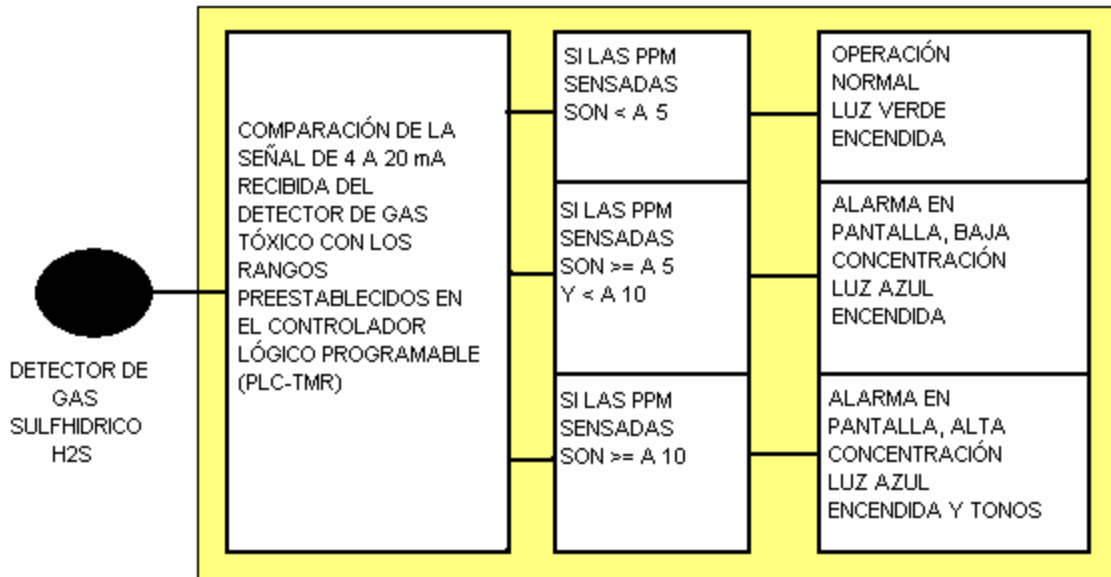


Figura 5.8 Filosofía de operación, TGD.

5.9 Detectores de Humo (SD)

- Instalados en ductos de aire y cuartos de control.

El detector constantemente extrae muestras de aire, a través de un par de ductos, hacia la cámara de detección, A medida que el humo pasa entre los dos componentes (transmisor de luz y un receptor) el haz de luz se obstruye y el receptor no será capaz de recibir la misma intensidad de haz. Esto se interpreta como una condición de humo, transmitiéndose la señal de alarma al tablero maestro de interconexiones.

- Instalados en equipos de distribución de potencia (Advertencia temprana).

El funcionamiento es el siguiente: El aire es absorbido continuamente por un aspirador de alta eficiencia, hacia un detector principal a través de una red simple de tuberías. El aire que entra en la unidad pasa por un sensor de flujo antes de que la muestra pase por un filtro de polvo de doble etapa (la mayor parte del aire es expulsada del detector). La primera etapa del filtro elimina polvo y suciedad de la muestra, antes de que ésta penetre en la cámara para detección de humo. La segunda etapa del filtro es ultra fina produciendo aire exento de todo tipo de partículas para uso

dentro de la cámara de detección, se forman barreras de aire limpio, con las que se protege las superficies ópticas de la contaminación.

La cámara de detección utiliza una fuente de rayos láser, estable, de alta eficiencia y una configuración única del sensor para lograr una respuesta óptima a una gran variedad de tipos de humo. Cuando el humo pasa a través de la cámara de detección, crea una dispersión de luz que es detectada por un circuito sensor de gran sensibilidad. En el momento de detectarse presencia de humo al nivel configurado en el equipo, se cierra el contacto de relevador correspondiente, se provoca una alarma en el sistema, iniciándose las secuencias programadas en el mismo.

5.10 Detectores Térmicos (TD)

Cuando en el lugar en que se encuentren instalados se alcance una temperatura predeterminada (normalmente entre 57°C a 74°C), el diafragma del detector se deformará, y esto se interpreta como una condición de fuego, para lo cual se manda una señal al tablero maestro de interconexiones, para la aplicación de la lógica programada por el usuario.

5.11 Estaciones manuales de alarma

El accionamiento de estas alarmas esta condicionada a la acción manual de un operador, con lo cual se da aviso a los ocupantes del lugar de la presencia de alguna situación de riesgo, observando la información en la IHM cuando la alarma manual se accione. Se recibe por el punto de entrada de la tarjeta, un voltaje de tipo discreto, mediante el cual se activa a través del PLC-TMR las señales de alarma correspondientes, siendo estas salidas señales de tipo discreto.

Estos dispositivos son del tipo “jalar palanca” y cuando se accione manualmente alguna de las alarmas, el sistema alarmará en campo de manera audible y visible, esto depende de la estación manual accionada.

NOTA: El tono y su mensaje se reproducirá intercaladamente (tres veces el tono por una vez el mensaje). En caso de activarse 2 ó más tonos y su respectivo mensaje, sólo se reproduce aquel que tenga mayor prioridad. Las alarmas audibles se silencian automáticamente al desaparecer la señal del dispositivo que la origino.

5.12 Reposición de las alarmas

Un interruptor de llave está ubicado en la puerta del gabinete del PLC-TMR o en la IHM del F&G para permitir que las alarmas sean reposicionadas. La llave será para reposicionar todas las alarmas, o simplemente permitirá que cada alarma sea reposicionada individualmente. Lo anterior dependerá del proveedor seleccionado para suministrar el PLC-TMR.

La llave de reposición del F&G no debe ser dejada indefinidamente en el PLC-TMR, para prevenir que esto ocurra, la llave de reposición debe ser controlada con un sistema de bitácora. Cuando la llave sea removida de la oficina del supervisor de turno, se debe anotar la fecha y hora en que se tomó, la razón del uso de la llave y el tiempo esperado de retorno. El procedimiento de cambio de turno entre supervisores debe incluir la verificación de que la llave ha sido devuelta, de lo contrario, una explicación del ¿por qué? de la ausencia.

5.13 Mantenimiento del Sistema de Detección de Gas y Fuego (F&G)

5.13.1 Capacitación

Antes de realizar el mantenimiento de los equipos, es muy importante conocerlos detalladamente. Una vez que el sistema haya sido probado y puesto en servicio, el proveedor debe impartir los cursos de capacitación correspondientes, los cuales deben ser expuestos en idioma español.

Se debe incluir con el paquete del F&G información sobre los siguientes temas:

- Operación del F&G: El curso debe estar dirigido al personal de seguridad industrial, de operación y mantenimiento.
- Mantenimiento del F&G: El curso debe estar dirigido al personal de automatización/instrumentación e incluirá además, la configuración, calibración y programación de todos los componentes.
- Configuración de la IHM y de los PLC's-TMR's.

5.13.2 Requisitos de mantenimiento

El personal de la instalación (departamentos de seguridad, operación e instrumentos) tiene la responsabilidad de implantar los mecanismos que aseguren la correcta operación del sistema. Entre ellos se incluyen rutinas de revisión, verificación operativa, su interacción con otros sistemas y la respuesta a equipos fijos para combate de emergencias.

La revisión, reparación y conservación del sistema, debe realizarse en forma integral por una sola entidad o proveedor e incluirá equipos y materiales compatibles entre sí. El mantenimiento de los equipos debe cumplir con los programas y especificaciones dadas por el fabricante, las pruebas deben abarcar todas las funciones del sistema e incluir conductividad y resistencia de las conexiones eléctricas, suministros de energía y niveles de respuesta. Al sistema se le puede dar mantenimiento en línea, sin que por ello se causen acciones de paro y sin perder la protección.

5.13.3 Plan de mantenimiento

El contratista debe establecer y entregar los programas de mantenimiento, en los cuales se detalle de manera escrita; procedimientos, pruebas y reparación del F&G a fin de mantener el nivel integral de seguridad requerido. Este plan debe incluir como mínimo lo siguiente:

- Programas periódicos de pruebas funcionales.
- Inspecciones regulares a los equipos de campo para detectar cualquier deterioro visible.
- Programas periódicos de mantenimiento preventivo a los equipos que lo requieran.
- Reparación de fallas detectadas. Una vez terminadas las reparaciones se deben realizar las pruebas apropiadas.

El mantenimiento del sistema es muy simple. Podemos considerar dos partes bien diferenciadas:

- Parte mecánica (tuberías, cilindros, etc.).
- Parte Electrónica (sensores, cableado, contactos, etc.).

Dentro del mantenimiento preventivo se puede realizar semanalmente la comprobación de la presión en los cilindros de CO₂, FM-200, etc. A través de su medidor individual colocado en la

parte superior de los mismos. Si indica un nivel menor a 10% (corregido por temperatura), debe procederse a su ajuste de recarga según los niveles de la memoria de cálculo del proyecto.

Mensualmente, se puede realizar una inspección general de los cilindros y resto de equipos, para reconocer si hubiera piezas dañadas o desaparecidas. De ser así, proceder a su sustitución o reparación, si es posible. Además comprobar que el acceso a los cilindros, estaciones manuales, boquillas de descarga y resto del equipo está despejado y sin obstáculos importantes que impidan la descarga del gas y su rápido acceso en caso de emergencia.

Cada detector debe inspeccionarse verificando que esté conectado, calibrado, energizado y ubicado de acuerdo a las especificaciones dadas en el manual o libro de ingeniería y dentro de su ciclo de vida útil. La tubería y cableado eléctrico debe encontrarse en buenas condiciones y sin aparentes muestras de desgaste, tirantez, óxido o cualquier tipo de degradación. Buscar siempre en los puntos de unión de cada parte del sistema cualquier rastro evidente de fuga de gas o de deterioro externo, así como el revisar la soportería del sistema.

Anualmente, se puede realizar una prueba del F&G. Evidentemente, se evitará descargar el gas en los recintos protegidos. Para conseguirlo, simplemente se deben desmontar las cabezas de descarga de los cilindros, de esta manera se evitará que se transmita la presión del émbolo de la cabeza hacia el resorte que retiene la salida del gas del cilindro.

Una vez hechos todos los preparativos, se procede a probar todas las estaciones de disparo, estaciones de aborto, la lógica operacional del sistema, cableado y resto del equipo que intervenga en la prueba. Al finalizar la prueba, se volverán a montar todas las cabezas de descarga sobre cada cilindro, esto se hará con cautela de no mover el dispositivo que retiene el gas en el cilindro y siempre con la precaución de evitar que se activen eléctricamente las válvulas.

5.13.4 Procedimiento para mantenimiento

Antes de comenzar a reparar alguna falla en el sistema, se debe recordar la siguiente metodología:

Primero: Se desenergiza la unidad central.

Segundo: Se reflexiona sobre el entorno que rodea el área dañada. Es decir, si se va a trabajar sobre armarios de alta tensión, proceder primero a crear un entorno seguro de trabajo tomando todas las medidas que se consideren oportunas por los responsables de seguridad. Una vez creado un entorno de trabajo seguro, se procede a la reparación de las deficiencias encontradas donde se utiliza el material y herramientas adecuadas.

Una vez terminados todos los trabajos, se deja la instalación en el mismo estado de funcionamiento que se encontraba antes de nuestra intervención.

Capítulo 6

EJEMPLOS DE CAMPO

6.1 Introducción

Los complejos de producción son por lo general, un grupo de plataformas fijas comunicadas entre sí por medio de estructuras (puentes), que permiten el tendido aéreo de tuberías que transportan diversos tipos de fluidos, así como el libre acceso del personal que ahí labora. Un complejo está integrado por las siguientes plataformas:

- Plataforma habitacional.
- Plataforma de compresión.
- Plataforma de enlace.
- Plataforma de perforación.
- **Plataforma de producción (pueden ser varias).**

En este capítulo se describe a manera de ejemplo el F&G en una plataforma de producción, la cual ha sido dividida en las siguientes zonas para su estudio:

- Zona A: Cuarto de control y sala de baterías.
- Zona B: Separadores de producción.
- Zona C: Turbobombas.
- Zona D: Paquete de medición de aceite.

Por lo general en el campo, los complejos de producción contienen de dos a tres plataformas de producción, dependiendo del volumen de aceite que sea necesario manejar. En estas plataformas se efectúa la separación y medición del gas y aceite; asimismo, mediante equipo de bombeo se envía el crudo, a los centros de distribución, almacenamiento o refinación. A estas plataformas, es común que en el campo se les denomine baterías de separación.

6.2 Zona A: Cuarto de control y sala de baterías

En el cuarto de control y sala de baterías, están instalados los siguientes detectores:

- SD.
- TGD.
- CG.
- TD.

Los CG están ubicados en las entradas de aire del cuarto de control y en la sala de baterías. Su función es detectar la presencia de gases combustibles, que lograrán introducirse al cuarto de control a través del sistema de aire acondicionado, sistema de calefacción y ventilación.

En la sala de baterías, se encuentran instaladas un grupo de baterías de hidróxido de níquel-cadmio, las cuales son el alma del UPS y tienen como características principales las siguientes; se pueden recargar cientos de veces y proporcionan corrientes excepcionalmente altas. Una de sus mayores desventajas, es que en el proceso de recarga se desprende o libera gas hidrógeno, por lo tanto el CG instalado en la sala de baterías, deberá configurarse para la detección de este gas en particular.

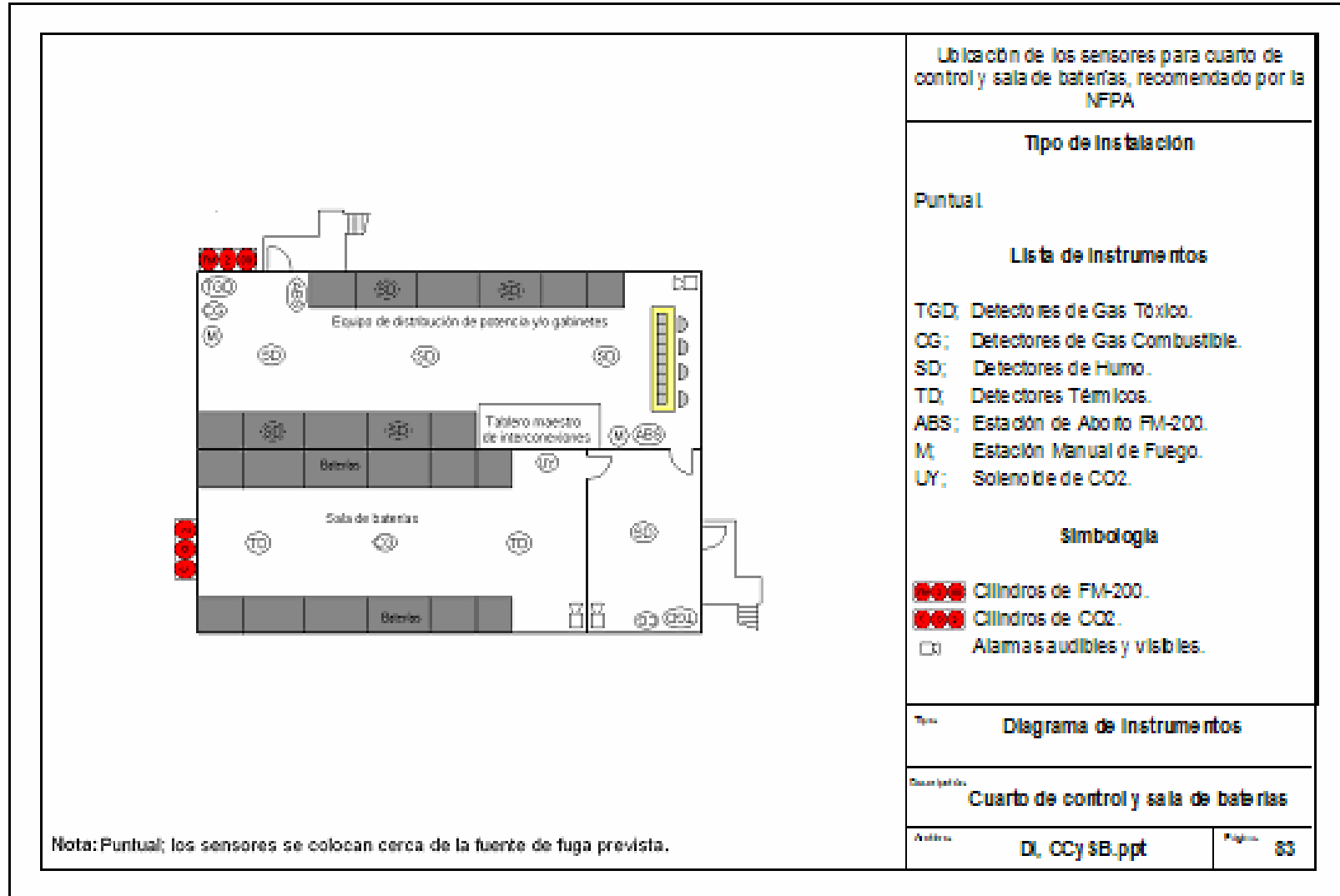
Las sustancias que componen a las baterías, pueden reaccionar con otras sustancias provocando liberación de energía en forma de calor, lo cual puede producir un conato de incendio ya que también liberan gas hidrógeno que es extremadamente inflamable y reacciona con la mayoría de los elementos. Por lo anterior se deben instalar en el falso plafón del cuarto de baterías TD, que serán los encargados de monitorear las condiciones de temperatura en el lugar.

Los TGD están ubicados en las entradas de aire del cuarto de control y en los conductos del sistema de calefacción y aire acondicionado. Su función es detectar la presencia de gases tóxicos, que pudieran introducirse al cuarto de control, de la misma forma que en el gas combustible.

Los SD están montados en diferentes áreas del falso plafón, así como en los conductos del sistema de aire acondicionado, sistema de calefacción y ventilación del cuarto de control. Los SD de advertencia temprana, están ubicados sobre el equipo de distribución de potencia y dentro de los gabinetes de control. Su función es detectar los productos de la combustión, ocasionados principalmente por la generación de “cortos circuitos”, esto debido a la generación de calor por el paso de la corriente eléctrica en equipos y conductores, así como a la naturaleza y propiedades

combustibles de los materiales existentes de uso común y a los utilizados en la construcción de estos cuartos.

Finalmente, se cuenta con estaciones manuales de alarma, ubicadas estratégicamente en el cuarto de control y sala de baterías, así como Estaciones de Aborto del Sistema de Supresión FM-200 (ABS) y CO₂, que son los sistemas de supresión encargados de la protección de dichos cuartos.



6.3 Zona B: Separadores de producción

En la zona de separadores de producción, están instalados los siguientes detectores:

- Detectores de fuego UV/IR.
- CG.
- TGD.

Los equipos de separación, como su nombre lo indica, se utilizan en la industria petrolera para separar mezclas de líquido y gas. Por esta razón es indispensable contar con dispositivos que salvaguarden la integridad de los mismos.

Cada separador de producción debe contar cuando menos con dos frentes de ataque para el caso de un incendio, ubicados preferentemente en sentido contrario a la dirección de los vientos dominantes, la distancia mínima entre separadores será igual a la semi-suma de sus diámetros, pero nunca menor de 1.5 metros.

Los detectores de fuego UV/IR tienen una cobertura de detección de forma cónica, lo cual se extiende a partir del elemento óptico del instrumento llamado cono de visión, siendo el eje central del cono en donde se encuentra la mayor sensibilidad del instrumento.

La sensibilidad de un sensor se puede controlar, hasta determinado límite, moviendo la cabeza del mismo hacia la fuente de fuga.

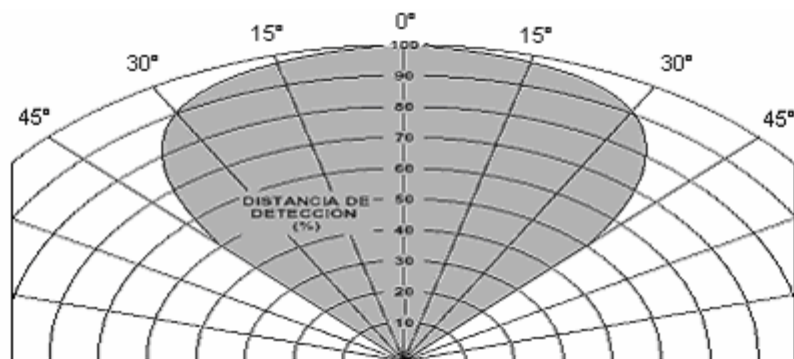


Figura 6.1 Cono de visión.

Para monitorear un área, hay que tomar en cuenta que el sensor no se debe colocar a más de 15 metros de la probable fuente de fuga, y de no colocar al sensor a más de 15 metros separados uno de otro. Algunos fabricantes especifican que la separación entre sensores sea entre 9 y 12 metros.

Los detectores de fuego UV/IR, están instalados en grupos dirigidos hacia el mismo volumen, típicamente estos grupos son de cuatro detectores colocados y orientados en las esquinas superiores de un prisma rectangular, aunque en algunas áreas sólo dos detectores están agrupados.

Asimismo, se deben colocar en los extremos del separador de producción los TGD y CG, los cuales supervisan la presencia de sus respectivos gases, esto debido a que en la etapa de separación se libera gas de la corriente de aceite o viceversa, teniendo con esto el riesgo de fuga de los mismos.

Finalmente, el sistema de supresión que actúa en los separadores de producción ante la presencia de un incendio, es el sistema de red de agua contar-incendio, esto a través de dos anillos de aspersión, uno en la parte superior y otro en la parte inferior del separador de producción, con la finalidad de obtener una distribución homogénea del agua.

Además, también se cuenta con estaciones manuales de alarma, colocadas en lugares estratégicos y cercanos al separador de producción.

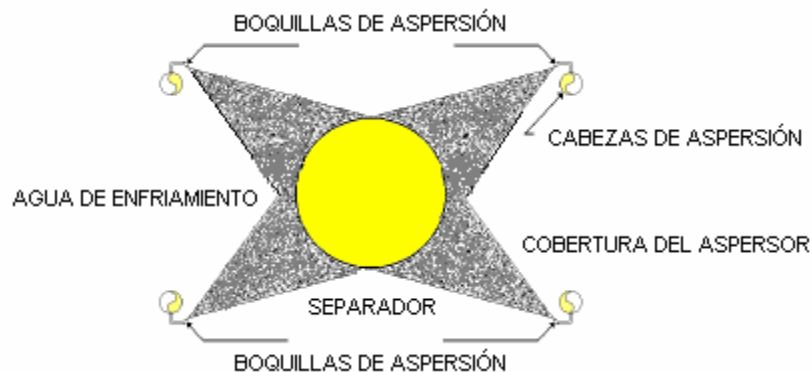
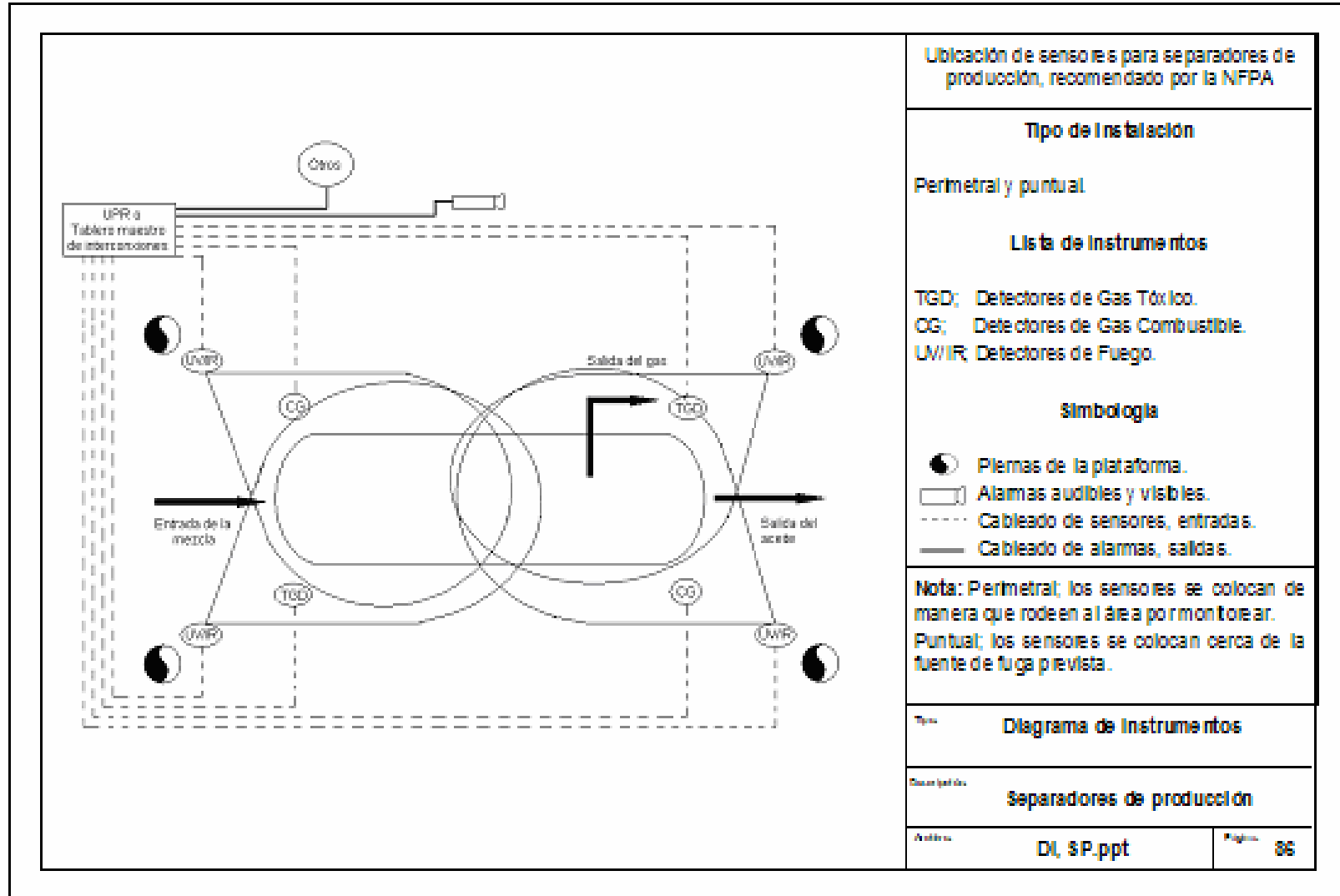


Figura 6.2 Cono de cobertura de los aspersores.



6.4 Zona C: Turbobombas

Las turbobombas son el equipo utilizado en plataforma para el envío del aceite separado a los centros de proceso, las cuales están compuestas, como su nombre lo indica por una turbina (en cabina hermética al polvo, humedad y resistente al fuego) y una bomba. La turbina es accionada por gas combustible y convierte la energía térmica en trabajo mecánico, el cual es transmitido por medio de una flecha hacia la bomba.

La cabina debe tener ventilación con capacidad suficiente para suministrar el 100% de ventilación, barrido y presurización de la cabina. La ventilación debe permitir tener temperatura máxima de 65°C en el interior, evitar la entrada de gases y la concentración de los mismos dentro de la cabina.

Por lo antes mencionado, se hace necesario contar con el siguiente subsistema del F&G, instalado en el interior de la cabina.

En el interior de la cabina están instalados los siguientes detectores:

- Detectores de fuego UV/IR.
- TGD.
- CG.
- SD.
- TD.

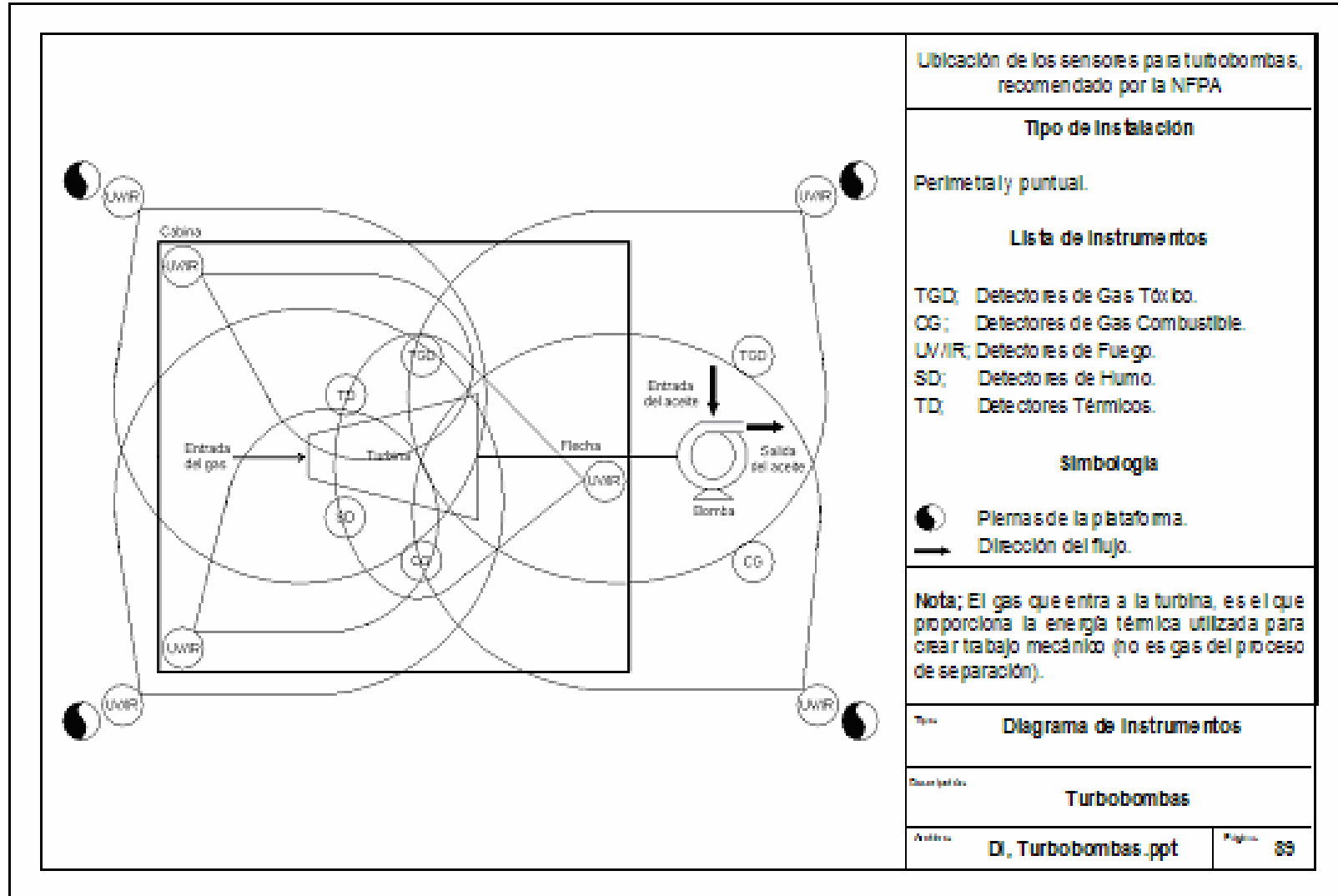
El sistema de supresión de fuego en el interior de la cabina debe ser a base de CO₂.

En el área de bomba están instalados los siguientes detectores:

- Detectores de fuego UV/IR.
- TGD.
- CG.

El sistema de red de agua contra-incendio, es el encargado de proteger el área de bomba, así como el exterior de la cabina de la turbina, esto a través de los anillos de aspersión colocados en la parte superior de dicho equipo.

Cabe mencionar que la filosofía de operación de los detectores en las diferentes zonas de la plataforma, es la misma, esto con el fin de no ser repetitivo en la descripción de los mismos.



6.5 Zona D: Paquete de medición de aceite

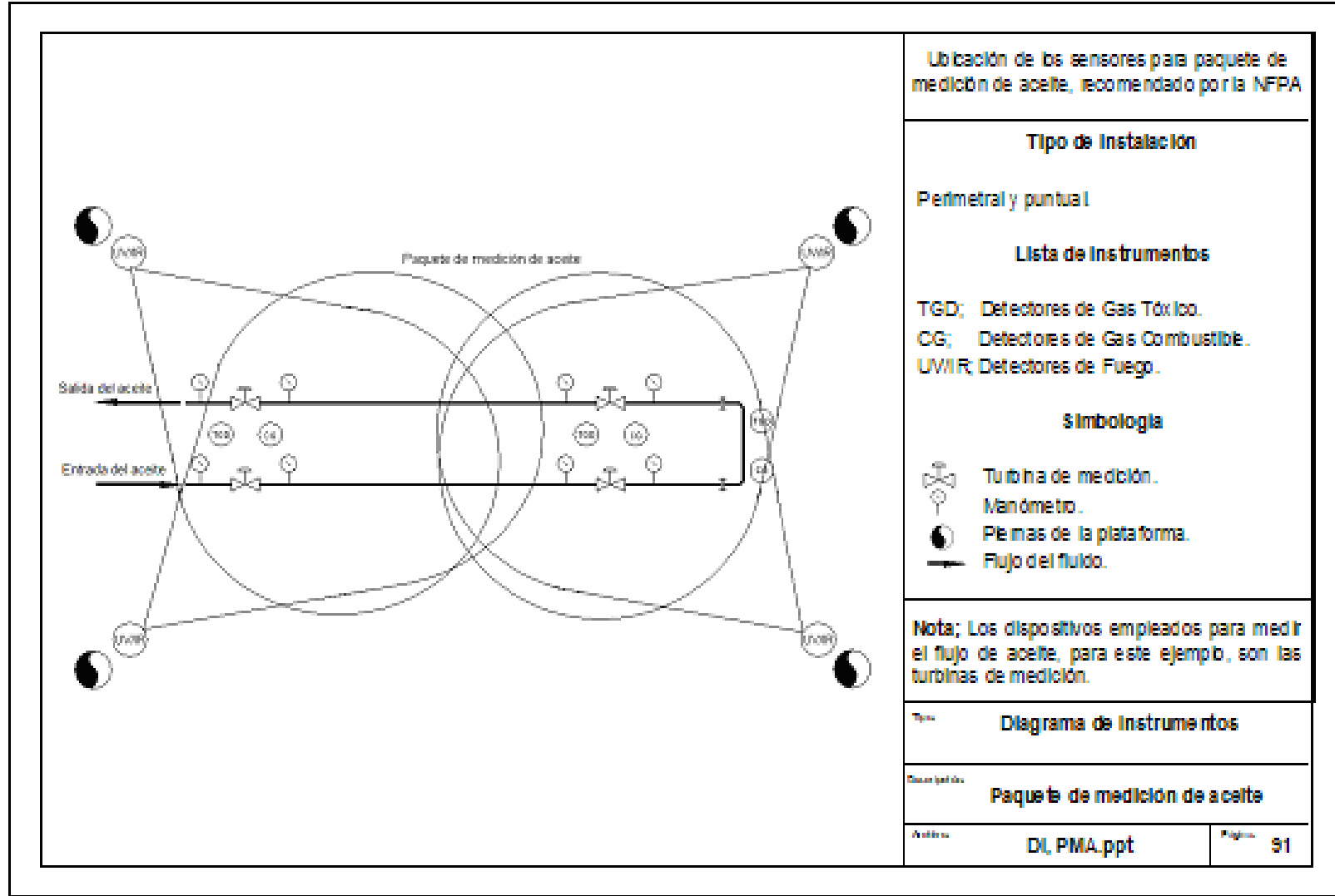
La medición de gas y aceite en la industria petrolera, tiene como objetivo, el control de la producción. Se conoce como paquete de medición de aceite a un conjunto de elementos (válvulas, tuberías, dispositivos mecánicos, eléctricos, etc.) que indican, registran y/o totalizan el fluido que pasa a través de ellos.

En el paquete de medición de aceite están instalados los siguientes detectores:

- Detectores de fuego UV/IR.
- TGD.
- CG.

En cuanto a la instalación de los TGD y CG, se recomienda que se instalen de forma puntual. Para monitorear una fuga localizada en exterior, y considerando que el gas es más ligero que el aire, se deben instalar un mínimo de 4 sensores, se coloca cada sensor a 90 grados de cada uno. Para obtener una buena medición, hay que instalar como mínimo 8 sensores, considere en colocar a los sensores a no más de 1.5 – 3 metros separados de la fuente de fuga.

Finalmente, se cuenta con estaciones manuales de alarma, ubicadas a lo largo del paquete de medición de aceite, así como con un anillo de aspersores, colocado en la parte superior y alimentado a través de la red de agua contra-incendio.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las instalaciones petroleras de producción costa afuera, deben estar diseñadas, equipadas y organizadas a fin de proveer los medios para la evacuación segura de todo el personal, bajo todas las posibles circunstancias de emergencia. Debido a la ubicación geográfica de dichas instalaciones, éstas contarán con dispositivos de seguridad y salvamento, que prevengan y salvaguarden al personal que las ocupa, así como con sus planes de emergencia y planos de ubicación de los equipos de combate de siniestros.

Con la implementación de un F&G se estarían solucionando varias problemáticas ya que se daría una respuesta rápida a una condición de emergencia, se obtendría una detección oportuna de diversos factores, como pueden ser; la detección de alguna concentración de gas tóxico y/o combustible antes de que este llegue a niveles de explosividad, flamabilidad o toxicidad. Así como el monitoreo continuo de la presión en la red de agua contra-incendio, el arranque y paro de las bombas, así como el diagnóstico de las mismas.

El panorama que se nos ofrece de cara al futuro podría resumirse con las siguientes recomendaciones:

1. Los F&G tendrán que involucrarse cada día más con la automatización de procesos de producción, para exponer a los colectivos de trabajo a riesgos importantes cada vez más reducidos.
2. La homologación de sistemas de detección de fallas y de F&G y otras catástrofes permitirán mejorar su eficiencia.
3. El papel que juega en el futuro una buena planeación de la seguridad industrial y protección ambiental determinará el nivel de prevención de accidentes.
4. La formación y sensibilización del personal involucrado en materia de seguridad industrial y protección ambiental son piezas clave en el proceso de optimización.
5. Las inversiones y los gastos realizados para la seguridad industrial y protección ambiental son prioritarios para todo proyecto petrolero.
6. Las mejora continua de los F&G permitirán reducir considerablemente el monto de las primas de las pólizas de seguros.

7. Un buen control en los sistemas de lucha contra-incendios permitirá aminorar los riesgos personales, así como los daños que pudieran sufrir las instalaciones y el medio ambiente.

NOMENCLATURA

A:	Ampere (Unidad de intensidad de corriente eléctrica).
ABS:	Estación Manual de Aborto de FM-200.
API:	Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute).
AWG:	Calibre Americano de Cable (American Wire Gauge).
°C:	Grados Celsius.
CA:	Corriente Alterna.
CD:	Corriente Directa.
CG:	Detectores de Gas Combustible.
cm:	Centímetros (Unidad de longitud).
CO:	Monóxido de Carbono.
CO₂:	Bióxido de Carbono.
CPU:	Unidad Central de Proceso.
dB:	Decibel.
DRAM:	Memoria Dinámica de Acceso Aleatorio (Dynamic Random Access Memory).
DTI:	Diagrama de Tuberías e Instrumentos.
EICM:	Tarjetas de Comunicación Inteligentes.
EPROM:	Memoria de Sólo Lectura Programable y Borrable (Erasable Programmable Read-Only Memory).
E/S:	Entrada/Salida.
ESD:	Sistema de Paro por Emergencia (Emergency Shut Down).
FAT:	Pruebas de Aceptación en Fábrica (Factory Acceptation Test).
F&G:	Sistema de Detección de Gas y Fuego (Fire and Gas System).
FLASHROM:	Memoria de Sólo Lectura Rápida (Flash Read Only Memory).
H₂S:	Gas Sulhídrico.
Hz:	Hertz.
IAP:	Alarma Manual por Abandono de Plataforma.
IHA:	Alarma Manual por Hombre al Agua.
IHM:	Interfase Hombre – Máquina.
ISA:	Sociedad Instrumentista de América (Instrument Society of America).
Kb:	Kilo bite.
Kg:	Kilogramo (Unidad de masa).

LED:	Diodo Emisor de Luz (Ligth Emitting Diode).
LEL:	Límite Inferior de Explosividad.
M:	Alarma Manual por Fuego.
m:	Metro (Unidad de longitud).
m²:	Metro Cuadrado (Unidad de área).
mA:	Miliamperes (Unidad de intensidad de corriente eléctrica).
Mb:	Mega bites.
MCE:	Matrices Lógicas de Causa – Efecto.
MHz:	Mega Hertz.
mm:	Milímetros (Unidad de longitud).
MTBF:	Tiempo Promedio Entre Falla.
MTTR:	Tiempo Promedio Para Reparación.
NVRAM:	Memoria de Acceso Aleatorio No Volátil (Non-Volatile Random Access Memory).
NFPA:	Asociación Nacional de Protección al Fuego (National Fire Protection Association).
oi:	Integridad Óptica.
OSAT:	Pruebas de Aceptación en Sitio (On Site Acceptation Test).
PC:	Computadora Personal (Personal Computer).
PEMEX:	Petróleos Mexicanos.
PEP:	PEMEX Exploración y Producción.
PIT:	Transmisor de Presión.
PLC:	Controlador Lógico Programable (Programming Logic Control).
PPM:	Partes Por Millón.
PSH:	Interruptor de Presión.
PSI:	Libras sobre Pulgada Cuadrada (Pound Square Inch).
RAM:	Memoria de Acceso Aleatorio (Random Acces Memory).
ROM:	Memoria de Sólo Lectura (Read Only Memory).
SCD:	Sistema de Control de Proceso.
SD:	Detectores de Humo.
SIASPA:	Sistema Integral de Administración de la Seguridad y la Protección Ambiental.
SVGA:	Arreglos Gráficos de Video (Super Video Graphics Array).
TD:	Detectores Térmicos.
TGD:	Detectores de Gas Tóxico.

TMR:	Triple Modular Redundante.
UPR:	Unidad de Procesamiento Remoto.
UPS:	Sistema de Fuerza Ininterrumpible.
UV/IR:	Ultravioleta/Infrarrojo.
UY:	Solenoides de FM-200.
V:	Volts (Unidad derivada del SI de diferencia de potencial eléctrico).
VCA:	Volts Corriente Alterna.
VCD:	Volts Corriente Directa.
W:	Watt (Unidad de potencia).

BIBLIOGRAFÍA

1. Libros:

- J.M. Storch de Gracia, “Manual de seguridad industrial en plantas químicas y petroleras”, España, Mc Graw Hill, 1998.
- Henry Rakoff y Norman C. Rose, “Química orgánica fundamental”, México, Limusa, 1980.
- Teresita Flores de Labardini y Arcelia Ramírez de Delgado, “Química orgánica”, México, Esfinge, 2001.
- Glyn James, “Matemáticas avanzadas para ingeniería segunda edición”, México, Prentice Hall, 2002.
- Fernando Castro Pérez, “Diseño del sistema digital para monitoreo y control de gas y fuego, plataforma akal L”, México, UNAM, 2004.
- José Ángel Gómez Cabrera, “Apuntes de manejo de la producción en superficie”, México, UNAM.

2. Normas:

- NFPA 72, “National protection fire”.
- NRF-011-PEMEX-2001, “Sistema automático de alarma por detección de fuego y/o por atmósferas riesgosas SAAFAR”.
- NRF-045-PEMEX-2002, “Determinación del nivel de integridad de seguridad de los sistemas instrumentados de seguridad”.
- API-RP-14G, “Prevención y control de incendios en plataformas de producción costa afuera tipo abierto”.
- NRF-015-PEMEX-2003, “Protección de áreas y tanques de almacenamiento de productos inflamables y combustibles”.
- NRF-100-PEMEX-2004, “Turbinas de gas para accionamiento de equipo mecánico en instalaciones costa afuera”.
- NRF-019-PEMEX-2001, “Protección contra-incendio en cuartos de control que contienen equipo electrónico”.

3. Manuales técnicos:

- Dragados offshore, “Manual de operación y mantenimiento”.
- Dragados offshore, “Sistema TMR del F&G”.
- PEMEX exploración y producción, campo cantarell, plataforma de producción/compresión akal L, “Manual de operación/mantenimiento.
- Det-tronics, “Manual técnico de detectores de fuego, gas combustible y gas tóxico”.
- Demar instaladora y constructora S.A. de C.V., “Especificación técnica de gabinete de gas y fuego”.
- Ics-triplex, “Especificaciones técnicas del equipo electrónico del gabinete de gas y fuego (Controladores, módulos y chasis)”.
- KIDDE-FENWAL, “Manuales de supresión de fuego FM-200 y CO₂”.
- Federal signal, “Especificaciones alarmas audibles y visibles”.
- System sensor, “Especificaciones de los detectores de humo”.
- KIDDE-FENWAL, “Detectores térmicos”.

4. Otros:

- APS-F&GD-00-E, “Seguridad de proceso, equipo de detección de incendios y gas y alarma, especificaciones de ingeniería”, México, 1997.
- APS-F&GD-00-G, “Seguridad de proceso, equipo de detección de incendios y gas y de alarma, guía”, México, 1997.
- APS-F&GD-FDA-P, “Seguridad de proceso, equipo de detección de incendios y gas y de alarmas, especificación de suministro”, México, 1997.
- Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, “Especificación de detectores de gas combustible, fuego”.

Apéndice A

GLOSARIO

Accidente:	Evento o combinación de eventos no deseados, inesperados e instantáneos, que tienen consecuencias tales como lesiones al personal, daños a terceros en sus bienes o en su persona, daños al medio ambiente, daños a las instalaciones o alteración a la actividad normal del proceso.
Actuador:	Son dispositivos que transforman una señal de entrada (eléctrica, neumática, hidráulica, etc.) en movimiento.
Arquitectura:	Es el arreglo físico y de configuración de los componentes y subsistemas de un sistema.
Arquitectura punto-punto:	Se define como el sistema en el cual cada uno de sus componentes externos está cableado uno a uno a la unidad de control.
Arquitectura de lazo:	Se define como el sistema en el cual cada uno de sus componentes externos está cableado a un lazo general de comunicaciones.
Arrestador de flama:	Su propósito es prevenir la propagación de la flama desde el interior de la cabeza del detector. Reduce el efecto del enfriado diferencial por el viento hacia el elemento sensor y protege al sensor de inundación por una alta velocidad del gas.
Carácter exotérmico:	Cantidad de calor o energía que se puede desprender de una sustancia, al ser sometida a una reacción.
Catálisis:	Alteración de la velocidad de una reacción química, producida por la presencia de una sustancia adicional, llamada catalizador, que no resulta químicamente alterada en el transcurso de la reacción.
Causa raíz:	Es la razón, motivo u origen real, por el que ocurrió un incidente, estos por lo general obedecen a errores administrativos entre los que se pueden citar: Mala organización, falta de capacitación, mala planeación, etc.
Circuito eléctrico:	Trayecto o ruta de una corriente eléctrica. El término se utiliza principalmente para definir un trayecto continuo compuesto por conductores y dispositivos conductores.
Comburente:	Es la propiedad de una sustancia que puede iniciar y mantener una

	reacción de oxidación con, y en presencia de otra sustancia reductora.
Combustión:	Es una reacción química en cadena que libera energía o productos que provocan reacciones sucesivas del mismo tipo.
Comunicación serial:	Aquella en donde los datos se transfieren mediante un bit a la vez.
Controlador:	Dispositivo de hardware o software que controla o regula otro dispositivo.
Convección:	Transporte de calor en un fluido a través del movimiento del propio fluido.
Corrosión:	Es definida como el deterioro de un material metálico a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno, sin embargo, es un fenómeno mucho más amplio que afecta a todos los materiales.
Defensa activa:	Se hace uso de dispositivos eléctricos, mecánicos, así como humanos para hacer frente al siniestro.
Defensa pasiva:	No se utiliza ningún dispositivo mecánico ni humano, para hacer combate a una emergencia, solamente se vigila que el daño no aumente.
Deflagración:	Onda de combustión que se propaga a velocidad subsónica (explosión violenta).
Efecto bleve:	Estallido violento, producido por calentamiento externo de un recipiente que contiene un líquido a presión.
Efecto domino:	Concatenación de efectos que multiplica las consecuencias, debido a que los fenómenos peligrosos pueden afectar, además de los elementos vulnerables, otros recipientes.
Efecto electroquímico:	Parte de la química que trata de la relación entre las corrientes eléctricas y las reacciones químicas, y de la conversión de la energía química en eléctrica y viceversa. En un sentido más amplio, es el estudio de las reacciones químicas que producen efectos eléctricos y de los fenómenos químicos causados por la acción de las corrientes o voltajes.
Efecto electrolisis:	Es la acción de una corriente sobre un electrolito.
Efecto fotoeléctrico:	Formación y liberación de partículas eléctricamente cargadas que se produce en la materia cuando es irradiada con luz u otra radiación electromagnética.
Eficacia:	Es la capacidad de lograr un efecto deseado o esperado.
Eficiencia:	Es la capacidad de lograr el efecto en cuestión con el mínimo posible de

	recursos.
Electrodo:	Componente de un circuito eléctrico que conecta el cableado convencional del circuito a un medio conductor como un electrolito o un gas. El electrodo de carga positiva se denomina ánodo y el de carga negativa cátodo.
Electrónicos de estado sólido:	Son dispositivos que en su circuitería utilizan elementos semi-conductores, constituidos de germanio y silicio.
Espectro electromagnético:	Serie de colores semejante a un arco iris, que se produce al dividir una luz compuesta como la luz blanca en sus colores constituyentes. Está compuesto por rayos gamma, rayos X duros y blandos, radiación UV, luz visible, rayos IR, microondas y ondas de radio.
Gas hidrógeno:	Es un gas extremadamente inflamable, es el elemento químico más ligero y más abundante del universo, es capaz de reaccionar con la mayoría de los elementos. Debido a que el hidrógeno es escaso en forma libre y la mayor parte de él se encuentra combinado con otros elementos, no es una fuente de energía primaria.
Ignición:	Proceso de encendido de una sustancia combustible. Se produce cuando la temperatura de una sustancia se eleva hasta el punto en que sus moléculas reaccionan espontáneamente con el oxígeno, y la sustancia empieza a arder.
Incidente:	Evento no deseado, inesperado e instantáneo, que puede o no traer consecuencias al personal, a terceros ya sea en sus bienes o en sus personas, al medio ambiente, a las instalaciones y/o alteración a la actividad normal del proceso.
Inflamable:	Susceptible de entrar y de continuar en estado de combustión con desprendimiento de llamas durante o después de ser sometido a una fuente de calor.
Inmersión:	Acción de introducir alguna cosa a un líquido.
Interruptor:	Dispositivo empleado para interrumpir o establecer una corriente en un circuito.
Oxidación catalítica:	Es cuando se acelera la reacción de oxidación de los compuestos orgánicos volátiles a temperaturas relativamente bajas, sin experimentar un cambio químico.
Pirólisis:	Descomposición química irreversible de un material debido

	exclusivamente al calor, generalmente en ausencia de oxígeno.
Principio de ionización:	Formación de moléculas o átomos con carga eléctrica. Cuando una partícula de movimiento rápido, como un electrón, colisiona con un átomo de gas, éste expulsa un electrón, dejando un ion cargado. Los iones convierten en conductor al gas, la cantidad de energía necesaria para extraer un electrón de un átomo se llama energía de ionización.
Radiación:	Proceso de transmisión de ondas o partículas a través del espacio o en algún medio.
Radiación electromagnética:	Ondas producidas por la oscilación o la aceleración de una carga eléctrica. Las ondas electromagnéticas tienen componentes eléctricos y magnéticos.
Reacción de combustión:	Es una reacción de oxidación rápida en la que se libera energía luminosa y calorífica. Los procesos de combustión y de oxidación tienen algo en común: La unión de una sustancia con el oxígeno, la única diferencia es la velocidad en la que se da la reacción; Lento se habla de <i>oxidación</i> , rápido recibe el nombre de <i>combustión</i> .
Reacción de oxidación:	Reacción química correspondiente a la acción de un cuerpo oxidante sobre un cuerpo reductor, que da lugar a la reducción del oxidante y a la oxidación del reductor. Por tanto, la oxidación de un cuerpo corresponde a una pérdida de electrones y la reducción corresponde a una ganancia de electrones.
Reacción química:	Proceso en el que una o más sustancias (reactivos) se transforman en otras sustancias diferentes (productos de la reacción).
Relevador:	Es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor, controlado por un circuito eléctrico, en el que por medio de un electroimán se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.
Salud ocupacional:	Conjunto de actividades dedicadas a la salud del personal y de la compañía, reduce el riesgo de accidentes, litigios y tiempo improductivo.
Seguridad industrial:	Conjunto de actividades dedicadas a la identificación, evaluación y control de factores de riesgo que puedan ocasionar accidentes de trabajo.
Sensor:	Dispositivo que mide las condiciones del proceso, mediante el arte del

	monitoreo.
Señal:	Es un flujo de información proveniente de una fuente, la cual puede tener una naturaleza diversa: Mecánica, óptica, magnética, eléctrica, acústica, etc.
Señal analógica:	Es aquella función matemática continua en la que es variable su amplitud (representando un dato de información) en función del tiempo.
Señal digital:	Se dice que una señal es digital cuando las magnitudes de la misma se representan mediante valores discretos en lugar de variables continuas. Por ejemplo, el interruptor de la luz sólo puede tomar dos valores o estados: Abierto o cerrado, o la misma lámpara: Encendida o apagada.
Señal discreta:	Sólo tiene valores en una cantidad discreta de puntos. La diferencia está en que se puede tomar cualquier valor, es decir, no están cuantificados. Estas señales provienen normalmente de dispositivos analógico-digitales, o lo que es lo mismo, de la discretización de señales continuas. Cuando una señal discreta es cuantificada mediante un cuantificador se transforma en una señal digital.
Siniestro:	Catástrofe que acarrea grandes pérdidas materiales y hace entrar en acción la garantía del asegurador.
Sistema de supresión:	Sistema de extinción, a base de un agente extinguidor y conformado por varios dispositivos.
Solenoides:	Es básicamente un electroimán que utiliza su campo magnético para atraer un objeto y actuar otros mecanismos, cuando este se utiliza en conjunción con un tipo de mecanismo para regular el flujo de algún fluido, se le conoce como válvula solenoide.
Transmisor:	Dispositivo para transmitir las señales eléctricas.
Válvula:	Dispositivo empleado para regular el flujo de un fluido.

Apéndice B

PRUEBAS DE COMPROBACIÓN EN FÁBRICA Y EN SITIO

Una vez aprobados los documentos de ingeniería, especificaciones técnicas, MCE, arquitecturas, gabinetes, dimensiones, etc. El diseño se somete a una etapa de dos pruebas para verificar el funcionamiento del mismo, se requiere que el diseño del F&G y de los equipos electrónicos cumplan con lo aprobado y solicitado por el cliente. A la primera etapa de pruebas se le denomina “Pruebas de Aceptación en Fábrica (FAT)”, las cuales se realizan antes de instalar los equipos electrónicos (sensores, PLC-TMR, transmisores, etc.) en el lugar de la aplicación final.

Para realizar las FAT se emplea el equipo PLC-TMR a instalar en el sitio final, se carga a cada PLC-TMR la configuración aprobada por PEP, se instala un dispositivo de entrada y un elemento final por tipo y se emplean tableros de pruebas para simular el resto de los dispositivos de entrada y elementos finales de control, para cubrir todos los elementos y para poder verificar el funcionamiento de la lógica, de acuerdo a lo indicado en las MCE y en la filosofía de operación.

El número de participantes depende de la complejidad y del tamaño del F&G. Se deben definir las responsabilidades de cada individuo participante.

- Representantes del contratista (pueden participar los proveedores de cada uno de los diferentes subsistemas o equipos). El contratista es el responsable de conducir y coordinar las FAT, así como de preparar los procedimientos de pruebas requeridos.
- Representantes de PEMEX.

Estas pruebas se desarrollan en las instalaciones del fabricante que tiene a su cargo el suministro de los equipos, con una duración aproximada de 3 a 4 días con un horario de trabajo de 8 horas por día y de acuerdo a un protocolo de trabajo establecido y certificado.

El contratista debe probar el hardware del sistema lógico, completo, incluyendo los módulos de E/S, las terminales, el cableado interno, los PLC-TMR, la IHM, el software (de operación y de aplicación), así como la redundancia en todos los elementos.

Las pruebas deben realizarse empleando el siguiente criterio:

- Inspección visual.
- Suministro de E/S de 4 – 20 mA, para observar la respuesta del F&G.
- Crear escenarios de falla para probar los sistemas de respaldo.
- Simulación completa de la lógica del F&G.
- El sistema debe ser probado al 100%.

La simulación lógica debe hacerse de manera escrita en el PLC-TMR, en donde las salidas son ligadas a las entradas dentro de la simulación, de modo que cuando una salida es enviada desde el sistema lógico, debe obtenerse una confirmación de que el dispositivo de salida ha operado.

De acuerdo a los resultados de estas pruebas, se pueden realizar ajustes al diseño o cambios que se autoricen y/o soliciten por el revisor designado por PEP y bajo acuerdo con la compañía constructora.

A la segunda etapa de pruebas a las que se somete el diseño se les denomina “Pruebas de Aceptación en Sitio (OSAT)”, las cuales se realizan una vez instalado en el sitio final de la aplicación y antes de ponerse en servicio definitivo, para verificar que el sistema construido, cumple con el objetivo inicial planteado en el proyecto y que todos los elementos del diseño, materiales y equipos cumplen con las normas nacionales e internacionales establecidas para los F&G.

Durante el desarrollo de estas pruebas, se activa cada uno de los elementos sensores y dispositivos inicializadores, para verificar, que el sistema realiza su función preestablecida y ejecuta la respuesta estimada para cada condición establecida por la filosofía de operación y las MCE. También se revisa que la construcción del sistema este apegada a las condiciones de diseño establecidas por los documentos de ingeniería.

Para la ejecución de estas pruebas, participa un inspector designado por PEP, personal de calidad de la compañía constructora, así como los encargados de la etapa de pruebas y arranques de ambos.

El contratista debe presentar lo siguiente antes de iniciar las OSAT:

- El acta de aprobación de las FAT.
- El protocolo de las OSAT aprobado y certificado, el cual debe contener; las actividades a realizar, responsables, ¿Cómo se van a realizar?, criterios de aceptación y formatos de registro.

En estas OSAT el contratista debe confirmar lo siguiente:

- Que las fuentes de energía son operacionales.
- Que todos los instrumentos han sido calibrados de acuerdo a los requerimientos de operación.
- Que todos los dispositivos de campo, el PLC-TMR, así como sus E/S son operacionales.

Debido a que las OSAT se ejecutan en condiciones reales (detección de gas, fuego, actuación de válvulas, arranque y paro de equipo, etc.) es necesario tomar medidas de precaución, para evitar accidentes y daños al personal e instalaciones, así como al medio ambiente.

Apéndice C

UBICACIÓN DE SENSORES EN INSTALACIONES PETROLERAS

El espaciado máximo para detectores de incendios según lo enlista el fabricante ha sido modificado por la NFPA y deberá revisarse donde proceda. Es económico usar detectores con el espaciado máximo aprobado.

Para ayudar a evitar efectos sobre las características de repuesta, los detectores no deben ubicarse cerca de obstrucciones, ventilación o enfriamiento de aire. Para determinar la altura a la que se colocarán los detectores, se deben considerar las propiedades físicas de los productos a detectarse, como son; presión, temperatura y especialmente la densidad, además de otros factores ambientales.

A continuación se mencionan algunos factores que deben ser considerados en la instalación de los detectores:

- ***Detección de la fuente:*** En la cual, los detectores se colocan cerca de la fuente de fuga prevista (por punto). En estos casos la respuesta puede ser muy rápida bajo condiciones de viento reducido, pero puede ser inadecuada si el gas es arrastrado lejos del detector.
- ***Detección perimetral:*** En la cual, los detectores se colocan de manera que rodeen al área por monitorear. De esta forma puede reducirse el número de detectores requeridos, pero puede incrementarse el tiempo de respuesta. En algunos casos convendrá combinar este método con el anterior.

Para determinar la ubicación de detectores del tipo “por punto” en espacios libremente ventilados, debe considerarse la velocidad y dirección del viento, así como la densidad y propiedades del producto, los efectos perturbadores debidos a las condiciones y operaciones que se realizan en el área (humo, solvente soldadura), así como la presencia de estructuras y equipos, que puedan interferir en el grado de detección y limitar la eficacia de algunos sistemas.

Todos los componentes del F&G deben fijarse firmemente a las estructuras, en especial los detectores, para prevenir movimientos que propicien falsas alarmas o desviación de las señales del detector.

- ***Densidad del gas y/o vapor a monitorear.***

Se debe colocar a los sensores cerca del suelo para gases o vapores que son más densos que el aire, se considerará una altura mínima respecto al suelo de 45 cm, disminuyendo así la probabilidad de concentración de lodo y agua. Para detectar gases ligeros, la mayoría de los fabricantes ofrecen sensores para instalarse a alturas máximas de 150 cm, los sensores se deben colocar junto al techo o en ventilas para casos de gases que son más ligeros que el aire. Sin embargo, uno no se debe de confiar en que con lo pesado o ligero del gas este se comportará de determinada manera, ya que las corrientes de aire pueden generar ciertas anomalías, además hay que tomar muy en cuenta las áreas que puedan ser potenciales bolsas de aire.

- ***Dispersión del gas y/o vapor.***

Generalmente se deben instalar los sensores cerca de las potenciales fuentes de fuga. En particular, para los líquidos de baja volatilidad se requiere que el sensor se instale en el área inmediata a la fuente de gas y/o vapor. Los líquidos con una alta temperatura de combustión o con una baja relación de dispersión toman un tiempo más prolongado para generar una lectura si el sensor se encuentra a cualquier distancia del derrame o fuga.

- ***Limitaciones de temperatura.***

Todos los sensores y dispositivos eléctricos o electrónicos, tienen limitaciones a la temperatura del ambiente. La instalación del sensor se debe realizar dentro de su propio rango de operación, si la temperatura del lugar es muy alta para la electrónica, se puede obtener de los fabricantes, accesorios para separar el sensor del transmisor o módulo de calibración remoto. Si la temperatura del gas es muy alta para el sensor, hay que adquirir entonces un adaptador de recuperación para extraer muestras de aire al sensor.

- ***Corrientes de aire.***

Instalando los sensores en donde prevalezcan las corrientes de aire, puede que con esto se obtenga la máxima concentración del gas a ser monitoreado. Hay que considerar la posibilidad de cambios en las corrientes de aire en distintos momentos del día o en diferentes temporadas del año. La información para la dirección y velocidad de los vientos durante las diferentes temporadas del año se puede obtener en el centro de información meteorológico local.

- ***Velocidad del aire.***

Los sensores operan mediante un principio de difusión. Si la velocidad del aire que pasa por el sensor es muy alta, este puede alterar el flujo normal de aire dentro y fuera de la cámara de detección. En un sensor catalítico, se puede ocasionar una alteración en su interior ocasionando que el elemento sensor y de referencia se enfríe diferencialmente. Si se instala el sensor en un lugar abierto, se puede ver afectado por vientos ocasionalmente fuertes, estos vientos podrían generar falsas alarmas.

- ***Protección contra polvo.***

Si se instalan sensores en ambientes con suciedad o polvo, hay que tomar en cuenta los accesorios correspondientes, que también proporcionan los fabricantes.

- ***Protección contra salpicaduras.***

Se debe instalar a los sensores en un lugar en el cual se encuentren protegidos por inmersión o contacto directo con el agua, en caso de que se tenga la posibilidad de contacto con agua o vapor. Se deben adquirir los accesorios contra salpicaduras que también se proporcionan por cada fabricante.

- ***Cableado.***

El cableado del sensor se debe realizar de forma separada de otros cables de alto voltaje de CA o CD. Si se tiene problema de interferencia electromagnética o interferencia eléctrica, se tiene que aterrizar el transmisor, el cual estará separado de otras tierras del sistema. Los conectores en el

transmisor y calibrador remoto deben ser firmes y libres de corrosión. Una buena práctica en el cableado de instrumentos es algo esencial en la instalación de los sensores. Es conveniente ver el manual del usuario, antes de realizar cualquier instalación, para las recomendaciones por el fabricante en cuanto a calibre y distancia del cable. Para instalaciones en que se requiere colocar al sensor a una distancia separada del transmisor, será forzoso adquirir los accesorios de separación proporcionados por el fabricante.

- ***Vibración.***

La vibración de las instalaciones puede dañar los sensores e invalidar la garantía. Sujete el sensor a una pared o a una base firme distinta a la posible fuente de vibración.

- ***Orientación del sensor.***

Algunos sensores son sensibles a la orientación; se tiene que los sensores catalíticos se deben colocar en posición vertical, con el elemento sensor apuntando hacia el suelo, si no se cuida esta orientación, no se podrá obtener una operación adecuada del mismo, adicionalmente, el sensor podrá acumular humedad y fallar, haciendo que el arrestador de flama quede bloqueado con mayor facilidad.

- ***Obstrucciones.***

El flujo normal de aire entre la fuente de fuga y el lugar en que se encuentra el sensor puede ser desviado hasta por pequeñas estructuras, tales como tuberías o equipos. Es por esto que se hace necesaria una cuidadosa evaluación de cada estructura.

- ***Lugares cerrados.***

Cuando se quiere cubrir un área completa, hay que poner especial cuidado en el grado, área útil y operación de las corrientes de aire que provengan del aire acondicionado o de algún sistema de ventilación. Se debe cuidar no solamente las áreas con posibles fuentes de fuga, sino también los lugares por los cuales puedan ingresar corrientes de aire y con esto concentraciones de gas a los lugares cerrados.

- *Accesibilidad.*

Los sensores que requieran de una calibración periódica, se deben instalar en un lugar razonablemente accesible, para facilitar este trabajo, se necesita un espacio suficiente para emplear las herramientas o equipos de calibración. Si se va a colocar al transmisor en una posición remota (por ejemplo en el techo), hay que adquirir extensiones con las cuales se pueda facilitar la calibración y en su caso consultar con el fabricante.

ÁREA	MATERIAL	EFEECTO DETECTADO	TIPO DE DETECTOR	COBERTURA
Almacenamiento de Hidrocarburos, etc.	gases, vapores.	explosivo, fuego.	catalítico, UV/IR.	puntos, área.
	metano.	fuego.	UV/IR.	área.
	hidrógeno, solventes.	fuego.	UV.	área.
	ácido sulfhídrico.	toxicidad.	Electroquímico.	puntos.
Área poco accesible	gases, vapores.	fuego.	cable (<temp.<resist)	senda.
Bodega, almacén.	materiales clase A.	humo-fuego.	humo-fuego.	puntos.
	materiales clase B.		UV/IR.	puntos, área.
Casa de bombas.	gases, vapores.	explosivo, fuego.	catalítico, UV/IR.	puntos, área.
casa Turbocompresores Turbobombas.	gases.	explosivo, fuego.	catalítico, UV/IR.	puntos, área.
Cuarto control.	electricidad/equipo.	humo, toxicidad.	humo-fuego.	puntos.
	electrónico/contaminante/gas.	explosivo, fuego.	Electroquímico Catalítico UV/IR.	puntos, área.
Cuarto eléctrico, Subestación.	electricidad/aislantes aceite.	humo, fuego.	hu.F/I Temperatura.	puntos.
Drenaje.	gases, vapores, tóxicos.	explosivo, fuego, toxicidad.	catalítico, electroquímico.	puntos.
Fosa recuperación Neutralización.	gases, vapores.	explosivo, fuego.	catalítico, UV/IR. Electroquímico.	puntos, áreas
Límite de batería.	gases, vapores.	explosivo, toxicidad.	IR.	senda.
Llenaderas Descargaderas.	gases, vapores.	explosivo, fuego.	catalítico, UV/IR.	puntos.
Proceso.	gases, vapores.	explosivo, fuego, toxicidad.	catalítico, UV/IR, Electroquímico.	puntos, área.

Tabla 1 Guía básica para seleccionar el tipo de detector.