

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“DISEÑO E INSTALACION DEL SISTEMA DE GAS Y FUEGO EN
PLATAFORMA MARINA”**

**INFORME DE SUFICIENCIA.
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁTRONICO.**

**ABRAHAM JAVIER GORA QUISPE
Promoción 2007-II**

**Lima – Perú
2010**

TABLA DE CONTENIDOS

TITULO:

“DISEÑO E INSTALACION DEL SISTEMA GAS Y FUEGO EN PLATAFORMA MARINA”

PROLOGO	1
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	2
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 OBJETIVOS	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 ALCANCES	3
1.5 LIMITACIONES	4
CAPITULO II: FUNDAMENTOS DEL SISTEMA DE GAS Y FUEGO.....	5
2.1 GASES DE HIDROCARBUROS	5
2.2 SISTEMA DE GAS Y FUEGO	7
2.3 DETECTORES DE FUEGO O FLAMA	7
2.4 DETECTORES DE GAS HIDROCARBURO	7
2.5 DETECTORES DE HUMO Y CALOR.....	9
2.6 VÁLVULA DE DILUVIO	10
2.7 OXIDACIÓN GALVÁNICA.....	10
CAPITULO III: CRITERIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE GAS Y FUEGO.....	11
3.1 CONDICIONES DEL PROYECTO	11
3.2 EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA PLATAFORMA MARINA	12

3.3	SELECCIÓN DE CONTROLADOR DE GAS Y FUEGO.....	21
3.4	SELECCIÓN DE DETECTORES DE FUEGO O FLAMA	24
3.5	SELECCIÓN DE DETECTORES DE GAS DE HIDROCARBUROS...	27
3.6	SELECCIÓN DE DETECTORES DE HUMO Y CALOR.....	29
3.7	SELECCIÓN DE INDICADOR VISUAL Y SONORO.....	31
3.8	SELECCIÓN DE ESTACIÓN MANUAL.....	33
3.9	SELECCIÓN DE MÓDULOS DEL SISTEMA DE GAS Y FUEGO	34
CAPITULO IV: CRITERIO DE CONTROL DEL SISTEMA DE GAS Y FUEGO		37
4.1	FILOSOFÍA DE OPERACIÓN.....	37
4.2	FILOSOFÍA DE CONTROL.....	40
4.3	SISTEMA DE MONITOREO Y REGISTRO (SCADA).....	45
4.4	ESTACIÓN DE MONITOREO Y REGISTRO (WORKSTATION).....	48
CAPITULO V: CRITERIOS DE INSTRUMENTACIÓN.....		49
5.1	CLASIFICACIÓN DE AREA.....	49
5.2	SELECCIÓN DE VÁLVULAS DE DILUVIO.....	50
CAPITULO VI: CRITERIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE GAS Y FUEGO		52
6.1	CALCULO DE ENERGÍA DE SISTEMA.....	52
6.2	CÁLCULO DE CAÍDAS DE VOLTAJE	55
6.3	CABLES DE ENERGÍA Y COMUNICACIÓN.....	70
6.4	SELECCIÓN DE FUENTE/CARGADOR DEL SISTEMA	73
6.5	SELECCIÓN DE BATERÍAS DE RESPALDO.....	74

CAPITULO VII: OPERACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA DE GAS Y FUEGO...	75
7.1 OPERACIÓN DEL SISTEMA DE GAS Y FUEGO	75
7.2 PRUEBAS DEL SISTEMA DE GAS Y FUEGO	80
CAPITULO VIII: COSTOS.....	83
8.1 COSTOS DE INGENIERIA	83
8.2 COSTOS DE PROCURA DE EQUIPOS	84
8.3 COSTOS DE MONTAJE Y TENDIDO DE CABLES	84
8.4 COSTOS DE PRUEBAS DE PRE-COMISIONADO, COMISIONADO Y PUESTA EN MARCHA.....	87
CONCLUSIONES.....	89
BIBLIOGRAFIA	90

ANEXOS

ANEXO A: PLANOS

- | | |
|---------------------------------|---|
| PNR-A3-F&G-001-H01 | : Plano de arquitectura del sistema |
| PNR-A3-F&G-002-H0x | : Plano de ubicación de equipos |
| • PNR-A3-F&G-002-H01 | : Ubicación de equipos Nivel Superior |
| • PNR-A3-F&G-002-H02 | : Ubicación de equipos Nivel Inferior |
| • PNR-A3-F&G-002-H03 | : Ubicación de equipos Nivel de Cabezales |
| • PNR-A3-F&G-002-H04 | : Ubicación de equipos en sala de control |
| • PNR-A3-F&G-002-H05 | : Ubicación de equipos en tablero TAB-F&G-01 |
| PNR-A3-F&G-003-H01 | : Plano unifilar del sistema |
| PNR-A3-F&G-004-Hxx | : Plano recorrido de bandejas y cables |
| • PNR-A3-F&G-004-H01 | : Ruta de bandejas Nivel Superior |
| • PNR-A3-F&G-004-H02 | : Ruta de bandejas Nivel Inferior |
| • PNR-A3-F&G-004-H03 | : Ruta de bandejas Nivel de Cabezales |
| PNR-A3-F&G-005-Hxx | : Plano de Lógica del sistema |

PROLOGO

El presente trabajo trata acerca de los requerimientos y descripción de los equipos utilizado en el sistema de Gas y Fuego utilizado en una plataforma marina (offshore) de extracción de hidrocarburos en el mar ubicado en el norte del país. El presente documento establece los criterios básicos y de detalle a utilizarse basados en la Norma Técnica Peruana y los estándares internacionales empleados en esta clase de instalaciones. Del mismo modo se trata de explicar de una forma lógica y concreta los criterios utilizados para minimizar los riesgos en las plataformas petroleras.

En el primer capítulo se describe los objetivos del proyecto y los alcances del mismo además de las limitaciones.

En el segundo capítulo se describen los fundamentos básicos empleados en los sistemas de gas y fuego.

En el tercer, cuarto y quinto capítulo se definen los requerimientos y criterios para la elección de los equipos y materiales a utilizarse en el proyecto en cada una de las disciplinas que intervienen.

En el sexto capítulo se define la operación del sistema que incluye las pruebas necesarias; en el sexto capítulo se muestra un estimado de costos del proyecto.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El proyecto consiste en el desarrollo del documento de ingeniería del sistema Gas y Fuego encargado de monitorear la presencia de gases combustibles, fuego o flama, activación del sistema contra incendio y alarmas en una plataforma petrolera ubicada en el norte del país. El sistema debe cumplir con los requerimientos de la normativa nacional e internacional.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Establecer los criterios de diseño o selección para lograr que el sistema realice el monitoreo y ejecución de las acciones ante un evento de riesgo como fuga de gas combustible, presencia de flama o alarma general.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Detallar los equipos e instrumentación específica para el caso propuesto.

- Detallar los requerimientos de la normativa existente.
- Establecer los criterios de instrumentación a emplearse.
- Establecer los criterios de la comunicación entre el sistema de Gas y Fuego y el sistema de control de la plataforma.
- Diseñar el sistema de energía del sistema y los componentes y materiales a utilizar.
- Explicar la filosofía de operación del sistema.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Necesidad de contar con un sistema que realice el monitoreo de eventos de riesgo para la protección del personal e instalaciones. Obtener la aprobación de la empresa aseguradora que exige un sistema de monitoreo de eventos de riesgos.

El propósito del sistema de seguridad es proteger al personal, el ambiente, las instalaciones a través de análisis de seguridad o riesgos para prevenir eventos indeseados o mitigar los efectos en caso de producirse.

1.4 ALCANCES

Desarrollo de temas relacionados con equipos de detección, control y monitoreo. No se detalla la parte de análisis o diseño mecánico, civil, eléctrico o instrumentación de proceso de la plataforma debido a que forma parte de otros documentos de ingeniería, llevados a cabo en una etapa anterior al proyecto.

1.5 LIMITACIONES

El presente trabajo no detalla la parte logística, gestión del proyecto y costos de construcción.

CAPITULO II: FUNDAMENTOS DEL SISTEMA DE GAS Y FUEGO

2.1 GASES DE HIDROCARBUROS

Por lo general en los yacimientos de petróleo están constituidos por una mezcla de hidrocarburos sólidos (asfaltos y betunes) y gaseosos hidrocarburos (metano, propano, butano) entre otras compuestos orgánicos. Los hidrocarburos son compuestos de moléculas de hidrogeno y carbono C_xH_y que se encuentran en forma natural en los yacimientos de petróleo y forman distintos grupos denominados alcanos, alquenos (hidrocarburos no saturados), cicloalcanos y hidrocarburos aromáticos (arenas).

Debido a su capacidad de generar energía a partir de la combustión es la principal fuente de energía utilizada en el mundo.

Dado la gran posibilidad de encontrar gas metano (gas natural) en las capas superiores al petróleo crudo, por lo cual se requiere sensar dicho gas una vez llegue a la superficie por su alto grado de inflamabilidad.

2.3.1 Gas Metano

Gas hidrocarburo alcano (CH_4) principal componente del gas natural, se encuentra naturalmente en los yacimientos de petróleo y en grandes proporciones en el mundo. Debido al alto nivel de inflamabilidad y además de presentar ventajas sobre otros combustibles fósiles, como ser un combustible

limpio por producir menos dióxido de carbono comparado con petróleo diesel en la combustión, lo convierte en una fuente codiciada de energía.

Las mayores fuentes de gas natural en el mundo están en el subsuelo marino como en el mar del norte, en el Perú se encuentra en el mar de la costa norte y selva de nuestro país.

Datos:

Densidad	0.717 Kg/m ³
Punto de ebullición	-161.6° C
Limite Bajo de explosividad (LEL)	5% Vol./Aire (100% LEL)
Limite Alto de explosividad (UEL)	15% Vol./Aire

Tabla 2.1.- Datos del Gas Metano

Datos obtenidos de la norma NFPA 69 Tabla 1.10. Se debe considerar que si la temperatura se incrementa el límite más bajo de explosividad disminuirá, por ejemplo si la temperatura alcanza 100°C el % LEL disminuirá aproximadamente 8%. Caso contrario del aumento de presión el cual no tiene un impacto significativo en el valor de LEL, sin embargo, el límite alto de explosividad UEL se incrementa al aumentar la presión.

2.3.2 Gas Propano

Gas hidrocarburo alcano (C₃H₈) que se encuentra a naturalmente en forma gaseosa que se suele comprimir para su transporte a líquido. En la industria es ampliamente utilizado mezclado con butano como combustible GLP (Gas Licuado de Petróleo). La densidad del Propano es mayor a la del aire conocido por ello como gas rastrero.

Datos:

Densidad	2.010 Kg/m ³
Punto de ebullición	-42.1 ° C

Limite Bajo de explosividad (LEL)	2.1% Vol./Aire (100% LEL)
Limite Alto de explosividad (UEL)	10.1% Vol./Aire

Tabla 2.2.- Datos del Gas Propano

Los valores del propano comercial suelen estar ubicarse en LEL=2.37 % Vol./Aire y el UEL=9.50 % Vol./Aire .

2.2 SISTEMA DE GAS Y FUEGO

Sistema compuesto principalmente de detectores de gas y fuego ubicados estratégicamente en distintos puntos de las instalaciones de petróleo encargados de la extracción, transporte y tratamiento de hidrocarburos. Además el sistema cuenta con módulos de activación de alerta y monitoreo de alarmas.

2.3 DETECTORES DE FUEGO O FLAMA

Los detectores de flama se emplean para la detección de fuego en lugares críticos dentro de una planta de proceso. La detección de flama se realiza monitoreando la emisiones de fuente de rayos ultravioleta (UV) o fuente de rayos infrarrojos (IR). A través de lentes ópticos altamente sensibles y con electrónica de procesamiento de señales y algoritmos avanzados para discriminar otras fuentes de UV o IR como los rayos solares o luces artificiales.

2.4 DETECTORES DE GAS HIDROCARBURO

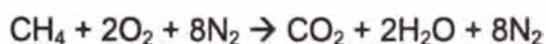
Dispositivo que detecta un gas hidrocarburo (combustible) en un determinado punto asociado a una área o sistema que se desea monitorear (ubicación del detector de gas). Se emplea para detectar una fuga de gas durante la extracción, refinación, almacenamiento o despacho del gas combustible.

En la industria se emplea una variedad de fabricantes y modelos de gases combustibles para detectar fugas de gases. Las tecnología de los sensores disponibles son Infrarroja y catalítica para la detección de gases combustibles, cada una de ellas tienen ventajas sobre otra y dependerá de la aplicación. Los detectores de gases pueden fijos o portátiles, en el presente documento se emplea los detectores puntuales fijos porque forman parte del sistema de Gas y Fuego.

2.4.1 Sensores de Gas Catalíticos

Los sensores catalíticos se basan en la reacción de oxidación química que se produce entre un hidrocarburo combinado con el oxígeno en determinadas temperaturas produciendo CO_2 y agua y energía. Los detectores de catalíticos generalmente de platino en forma de hilo cubierto de material metálico oxidante, funcionan como catalizador para complementar la falta de temperatura en la reacción química y de ese modo variar la resistencia en forma proporcional al calor generado en la reacción y de ese modo detectar la concentración del gas hidrocarburo en el ambiente. La ventaja que representan estos sensores es que pueden soportar una mayor temperatura ambiente (generalmente hasta máximo 150°C) que lo hace ideal para aplicaciones en turbinas o compresores.

El elemento sensor al reaccionar con el gas combustible conforme el tiempo transcurre ocurre un corrimiento del cero y el spam (rango disponible del sensor) dado que la resistencia del mismo varía. En la ecuación se describe la reacción química de la combustión del gas Metano que se repite en el interior de un sensor catalítico, pero una menor proporción.



2.4.2 Sensores de Gas Infrarrojo

Los sensores infrarrojos consisten en un transmisor que emite un haz de luz al receptor teniendo una señal de referencia. Cuando un gas hidrocarburo se interpone entre transmisor y receptor varía la intensidad de esta señal en forma proporcional a la concentración del gas, esto produce una diferencia entre los ratios. La longitud de onda del rayo infrarrojo que pasa por el área a monitorear cambia por la absorción IR del gas basado en el principio de la ley de Beer-Lambert.

$$T = I/I_0 = \exp(-aLc)$$

Dado que la señal se genera por interponerse en el haz de luz, el sensor no se consume a diferencia de los detectores catalíticos que se consumen conforme reacciona con el gas, disminuyendo la precisión, tiempo de vida y aumentando los costos de mantenimiento. Sin embargo por tener componentes electrónicos sensibles la aplicación se limita a lugares con temperaturas menores a 80°C.

2.5 DETECTORES DE HUMO Y CALOR

Generalmente para la detección de incendios en oficinas administrativas dentro de planta se emplean detectores de humo. Los detectores de humo son de 2 tecnologías infrarrojos e iónicos.

2.5.1.1 Detectores de Humo Infrarrojo

Se basan en el principio de emisor y receptor con una haz de luz que al entrar en contacto con el humo llega a oscurecer un determinado nivel y envía la señal de alerta (contacto, interruptor o switch SPST).

2.5.1.2 Detectores de Humo Iónico

Consisten en una cámara ionizante del aire. En la cámara dos electrodos permiten el flujo de corriente que al entrar en contacto con el humo disminuye hasta el punto de generar una alerta con salida de contacto. Se emplea generalmente para detectar humos con partículas pequeñas que no podría detectar un detector de humo infrarrojo, pero tienen un tiempo de respuesta mayor que un detector infrarrojo.

2.5.1.3 Detectores de Calor

Es un dispositivo diseñado para monitorear los incrementos de temperatura ante la presencia de fuego. Se emplean detectores de calor fijos para monitorear que un elemento alcance una determinada temperatura, un diferencial de temperatura en un corto tiempo.

2.6 VÁLVULA DE DILUVIO

Son válvulas que permiten el paso del fluido utilizado por el sistema contra incendio (SCI), que cuentan con un arreglo de tuberías, válvula solenoide y presostato para cumplir con la normativa existente.

2.7 OXIDACIÓN GALVÁNICA

Proceso de corrosión en el cual un metal se corroe cuando está en contacto eléctrico con un tipo diferente de metal en un ambiente húmedo o electrolito. Los diferentes potenciales de reducción en un ambiente húmedo (electrolito como medio) propician la migración de iones de ánodo a cátodo, la corrosión será del metal catódico (con mayor potencial de reducción).

CAPITULO III: CRITERIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE GAS Y FUEGO

Los criterios de los equipos y accesorios del sistema de Fuego y Gas empleados en el presente documento se basan en los siguientes estándares:

3.1 CONDICIONES DEL PROYECTO

El proyecto se localiza en la costa norte del país específicamente en el bloque Z-1 del departamento de Tumbes, a 15 Km mar adentro. La plataforma se emplea para la extracción de gas natural de una capacidad promedio de gas natural 19,500 MCFPD

3.1.1 Condiciones Ambientales

Las condiciones ambientales de la plataforma y para las cuales deben estar preparados para funcionar todos los equipos detectores de gas, fuego o flama, módulos de interface y dispositivos a ubicarse en el campo. Las condiciones son:

Temperatura ambiente : 22°C a 38°C

Presión atmosférica : 0 msnm, 1 atmosfera

Velocidad del viento Max. : Dirección predominante Este, 1 m/s a 4 m/s

Clima : Tropical, Cálido y húmedo

Humedad Relativa : 83% a 89%

Precipitaciones : Lluvias entre 0.41 mm a 91.55 mm al año

Salinidad del Mar : 30 UPS a 35.5 UPS

3.2 EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA PLATAFORMA MARINA

Tiene el objetivo identificar los riesgos presentes en el lugar y poder definir los criterios de a tomar en cuenta en el diseño del sistema de gas y fuego, como por ejemplo definir la ubicación idónea de los equipos que conforman el sistema, establecer posibles causas que originarían una situación de riesgo para el personal y las instalaciones; del mismo modo determinar las posibles consecuencias de no contar con el sistema en funcionamiento.

3.2.1 Metodología

Corresponde al criterio para la búsqueda de eventos de riesgo. Para ello se realizarán las siguientes acciones como recepción de la información, documentos de ingeniería, entre otras acciones como:

- Revisión de planos P&ID, información del proceso de la planta, personal de operaciones, documento diseño de ingeniería (sección de instrumentación, electricidad y mecánica), reportes de operación (regulares y emergencias).
- Inspección y reconocimiento del sitio, levantamiento de datos y metrados.
- Identificación de riesgos.
- Planteo de diagramas de flujo en eventos de riesgo.
- Medidas de control.

La solicitud de los planos de la plataforma servirá para el reconocimiento, trazos iniciales de las posibles ubicaciones de los equipos (en este caso la ubicación fue a través de un estudio HAZOP realizada en la etapa de concepción del proyecto), reconocimiento de las rutas de acceso y escape en casos de emergencia.

La inspección y reconocimiento se debe realizar con formatos estándares para todos los inspectores para tener datos objetivos independientemente de la experiencia y pericia del inspector que realiza el levantamiento de información. El código de reconocimiento de los equipos serán los mismos a los indicados en los planos de proceso.

3.2.2 Identificación de Riesgos

En el esquema de funcionamiento típico del proceso principal podemos encontrar peligros o fuentes que pueden ocasionar eventos de riesgos debido al almacenamiento parcial del gas natural mezclado con otros compuestos que es extraído desde el fondo del mar. El criterio para ubicar los detectores de gas de hidrocarburo es una fuente cercana (tanques skimmer, manifold, separador o tanque de combustible) capaz de tener fugas de gas hidrocarburo en puntos críticos o de alta probabilidad de fuga que lleguen alcanzar el 100% LEL de, y que puedan originar fuego o incendio (fuego fuera de control) en las instalaciones en el caso de encontrar un chispa o punto de ignición en el motor o compresor de alguna área de la plataforma.

- Cabezales (8 unidades)
- Manifold de producción A/B/C
- Knock Out Drum
- Scrubber de gas de servicio
- Pulmón de gas de arranque
- Separadores de Pruebas A/B

Estas instalaciones deben contar detectores de gas de hidrocarburo debido además a la antigüedad de las instalaciones que implica desgaste en empaques de válvulas dando lugar a fugas.

Los detectores de flama se ubicaran en las siguientes instalaciones: compresor principal skids (estructuras o patines que cuentan con válvulas de control), tanques o separadores que procesan o almacenan el gas natural provenientes de los pozos o almacenan combustibles o aceites de lubricación.

- Separador de Producción
- Tanques de aceite lubricante
- Tanques de Diesel
- Compresor principal

Las variables de detección de fugas de gas y detección de flama están cubiertas según la identificación de riesgos o con el análisis del diagrama de Flujo de Seguridad siguiente según la normativa del API (Offshore Production Facility API 14C).

Como se puede notar en el diagrama de flujo la fuga de gas hidrocarburo (en este caso gas natural) puede desencadenar una serie de eventos hasta llegar al daño del personal e instalaciones, por lo tanto, es de vital importancia prevenir la fuga de hidrocarburos y de darse el caso el control de la fuga inmediatamente.

Un riesgo adicional a la fuga de gas y fuego en los niveles se debe considerar el peligro de incendio producido por fallas eléctricas en la sala de control. Se debe considerar la protección del sistema de control principal de la plataforma, CCM y sistema de gas y fuego. Dado que las instalaciones para estos equipos abarcan un área pequeña y se encuentra en todo momento con personal se preverá la identificación de fuego por presencia de humo como es usual en esta clase de instalaciones, pero omitiendo el agente de extinción que suele ser CO2 automático y contar con extinguidores del mismo de uso manual.

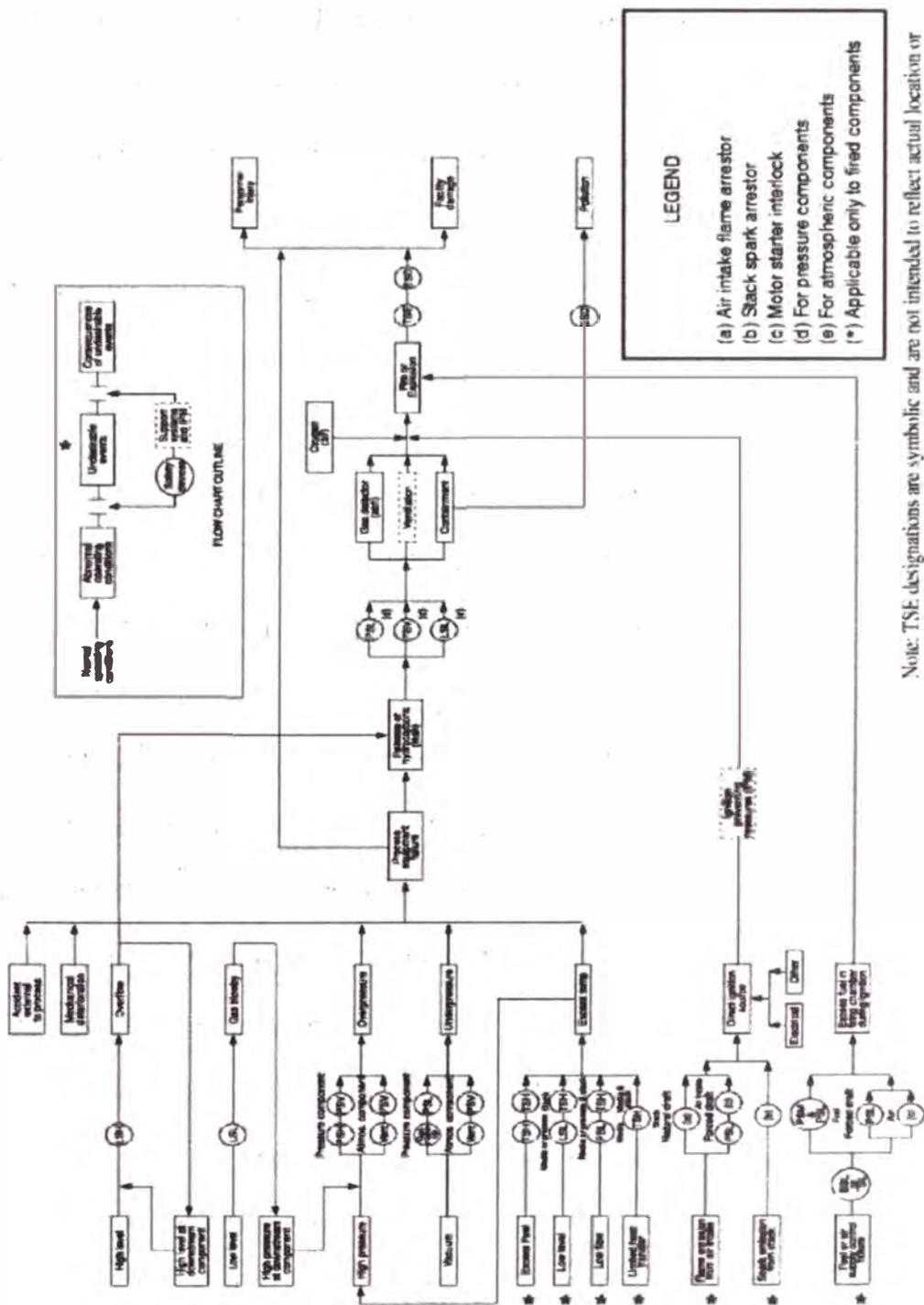


Figura 3.2.- Diagrama de Flujo de Seguridad para instalaciones de producción Offshore, API14C

Los objetivos que exige la recomendación del API son:

- Prevenir eventos indeseados que puedan originar una fuga de gas hidrocarburo. Causas comunes de fuga de hidrocarburos: corrosión,

erosión, falla mecánica, exceso de temperatura, desgaste en empaques en válvulas de control por movimiento continuo, ruptura por sobrepresión, daño por fuerzas externas.

- Parar el proceso o parte del proceso para detener la fuga del hidrocarburo o una sobrepresión.
- Acumulación y almacenaje del hidrocarburo líquido y la dispersión de gases desde el proceso.
- Prevenir la ignición del hidrocarburo que haya fugado.
- Parar el proceso o parte del proceso para detener la fuga del hidrocarburo o una sobrepresión si ocurre una falla externa (fenómeno natural, emergencia en lancha y errores del personal) al proceso que pueda impactar en la seguridad de las instalaciones.
- La existencia de poder activar manualmente el sistema automático del sistema contra incendio (SCI) e iniciar la parada total del proceso por emergencia en la plataforma (ESD: Emergency Shut Down).
- Sistema independiente del sistema principal de la plataforma para asegurar un nivel adicional de seguridad.
- Los componentes o variables de seguridad del proceso deben ser compartidos con el sistema de seguridad o sistema de gas y fuego para brindar al control y operador todas las variables que intervengan en un determinado evento de riesgo y definir una acción.
- Establecer un nivel de protección primaria para evitar fuga de hidrocarburos basado en interruptores de sobrepresión y parte del proceso. El segundo de protección serian las válvulas de seguridad

3.2.3 Diagramas de Flujo de Riesgos

Los siguientes diagramas explican los riesgos en forma individualmente al diagrama de flujo del API14C.

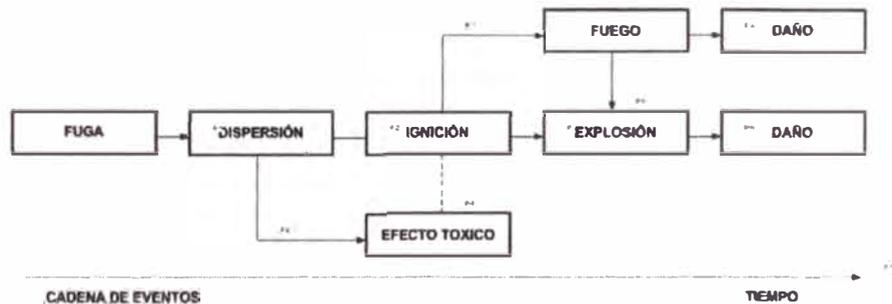


Figura 3.3.- Diagrama de flujo de riesgos

Con el sistema de gas y fuego implementado las consideraciones mencionadas anteriormente el diagrama de flujo cambia.

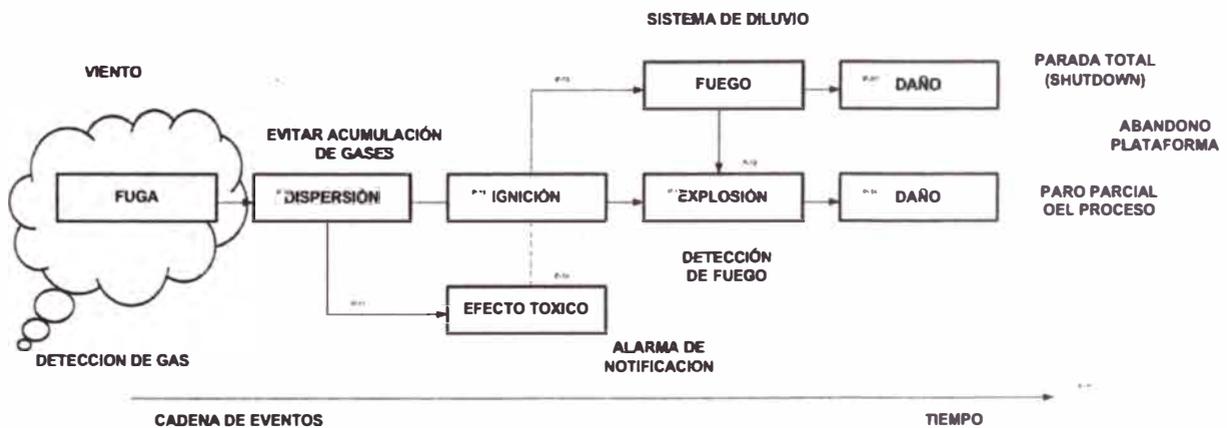


Figura 3.4.- Diagrama de flujo de riesgos con el sistema de gas y fuego

La implementación del sistema de gas y fuego es el primer paso de un completo sistema de seguridad, otras medidas adicionales como el entrenamiento continuo, recopilación de data, implementación de planes de contingencia, la integración con el sistema de control principal y un programa

de mantenimiento con el objetivo de desarrollar toda una estructura que integre los posible eventos de riesgo en un sistema más avanzado.

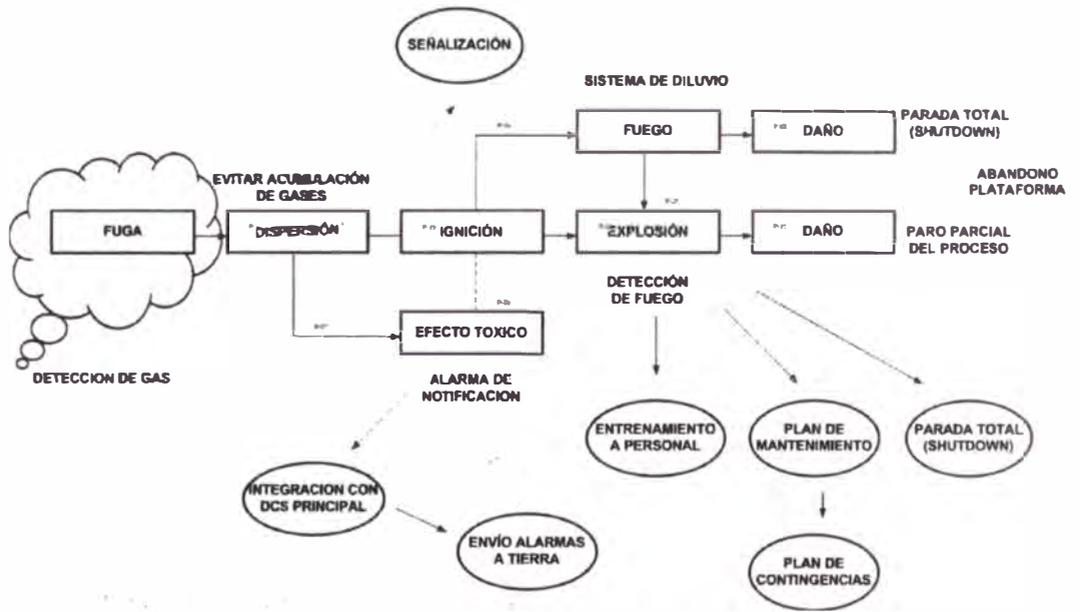


Figura 3.5.- Diagrama de flujo de riesgos con sistema integrado

3.2.4 Modelo de fuga de Gas

A partir de una fuga como el desplazamiento de la concentración de gas dependería de muchas variables.

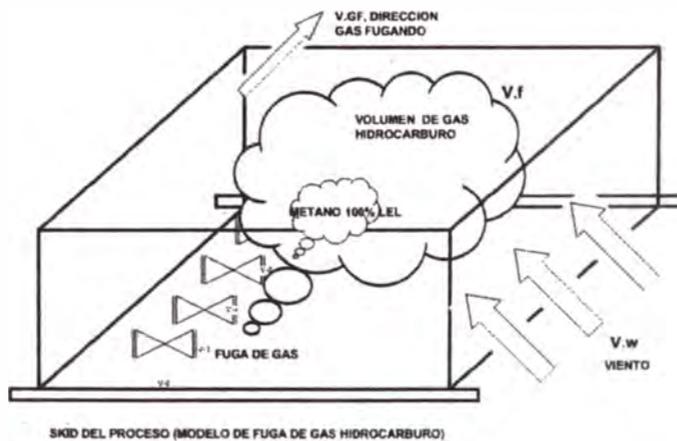


Fig. 3.5.- Representación de una fuga de gas

Donde:

V_f : Volumen de fuga de gas hidrocarburo

V_w : velocidad de viento

Q_{Fuga} =Caudal de fuga de gas

Q_{viento} =Caudal de volumen de viento alrededor de la fuga, cuando comience la fuga

$$K_{FUGA} = \frac{Q_{Fuga}}{Q_{viento}}$$

Se obtiene una variable referencial en la cual se aprecia que a un mayor caudal del viento en el área de la fuga el factor decrece, esta variable se podría utilizar como un valor de fuga promedio con respecto a la velocidad del viento.

3.2.5 Riesgo de BLEVE

BLEVE por las siglas de frase inglesa “Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion” o Explosión de Líquido hirviendo en expansión de vapor, consiste en una explosión resultante de la falla del tanque contiene un líquido que a temperatura y presión ambiente se encontraría en estado gaseoso (gas natural licuado, vapor saturado). Si en el tanque ocurre una ruptura del tanque, entonces el vapor ventea y la presión cae abruptamente produciéndose una explosión. En la grafica siguiente se puede observar que la curva de Bleve para Metano o Gas Natural está por debajo de las condiciones ambientales, por lo tanto, una ruptura o desgaste en los tanques de almacenamiento de gas seria crítica dentro de las instalaciones. Para la prevención de este evento se debe contar con válvulas que ejecuten acciones seguras de acuerdo al proceso y la revisión periódica de los tanques con gas a estas presiones. La detección de un evento de Bleve es muy difícil dado

que la fuga produce la explosión es forma muy repentina que supera el tiempo de detección de los detectores de gas siendo demasiado corto el tiempo para activar el sistema por medio de la detección de gas externa.

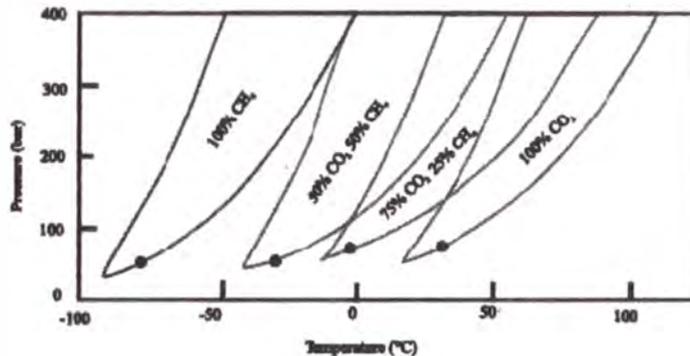


Figura 3.6.- Curva P vs. T°C

3.2.6 Activación del sistema de diluvio

Observando las instalaciones que se clasificaría como una plataforma pequeña en su tipo y no cuenta con instalaciones de personal destacado en forma permanente, instalaciones congestionadas de equipos y patines de procesos y problemas de espacio para establecer zonas de seguridad para el personal se opta por la ejecución o activación del sistema de extinción al haber alguna detección de fuego.

3.3 SELECCIÓN DE CONTROLADOR DE GAS Y FUEGO

El panel o controlador ejecuta la función de monitoreo y ejecución de la lógica del sistema de Gas y Fuego. Para una completa disponibilidad del controlador este será del tipo redundante de intercambio automático entre ellos en el caso de falla. El firmware y funciones interno del controlador no serán accesibles por el usuario para proteger la integridad de las funciones embebidas en el controlador.

3.3.1 Ubicación

La ubicación del controlador será en el interior del tablero principal del sistema de Gas y Fuego ubicado en la sala de control. La ubicación del tablero principal y su ubicación dentro del tablero del sistema se ve en el plano PNR-A3-F&G-002-H02 y PNR-A3-F&G-002-H03 respectivamente.

3.3.2 Alojamiento

La protección del controlador como mínimo IP54.

3.3.3 Voltaje de alimentación

El voltaje de alimentación nominal será de 24 VDC y con un rango de 18-30 VDC y con una protección de 10% de sobre voltaje para evitar daños por exceso de voltaje.

3.3.4 Protocolo de Comunicación

El protocolo de comunicación del controlador con los equipos del sistema del sistema será de topología redundante a prueba de fallas y tolerante a falla. La comunicación entre el controlador de gas y fuego y el sistema de control principal será un protocolo de comunicación abierto Modbus o en su defecto OPC Server.

3.3.5 Señales de Entrada

El controlador tendrá entradas para el conexionado y botones para las siguientes señales:

- Reconocimiento de alertas
- Restablecimiento de alertas
- Silenciado de alarmas en campo

3.3.6 Señales de Salida

Para tener una redundancia de entrega de señales críticas al sistema de control principal el controlador debe tener las salidas para el conexionado de relés de salida SPDT (1 A en 30 VDC) y luces de encendido para las siguientes señales:

- Alarma de Fuego
- Alarma alta de gas
- Alarma baja de gas
- Alarma Shutdown general
- Falla de comunicación del lazo
- Falla del sistema

Los relés serán normalmente cerrados desenergizados, en el caso de perder energía se cierran y al encenderse el sistema los contactos se abrirán, por lo tanto, en el caso de apagarse el sistema enviarán las señales de alerta. El tiempo de respuesta del controlador ante cualquier evento de riesgo no será mayor a 0.5 segundos.

Adicionalmente el controlador debe contar con una pantalla alfanumérica que muestre las alarmas presentes en el sistema y retener el último evento de falla.

3.3.7 Simbología

La símbolo de identificación del controlador será F&G-01.

3.3.8 Filosofía y Control

El control del sistema de gas y fuego del sistema se realizara a partir de una matriz causa-efecto en la cual se aprecie las entradas y salidas del sistema.

3.3.9 Software de Configuración

Debe estar de acuerdo a la norma IEC61131-3. Este requerimiento permitirá al integrador el sistema una fácil integración y configuración dado que implica una mayor interoperabilidad permitiendo una mayor flexibilidad en el uso de los drivers brindando una estandarización en la lógica de control.

3.4 SELECCIÓN DE DETECTORES DE FUEGO O FLAMA

3.4.1 Tecnología

La tecnología del detector de fuego o flama de los fabricantes actuales disponibles en el mercado son ultravioleta, infrarroja/ultravioleta (UV/IR) y multiespectro IR e UV.

La tecnología de los detectores de fuego será Ultravioleta/Infrarroja UV/IR, cono de visión de 90°, debido a la capacidad de rechazar falsas alarmas por: luz solar, fuentes de calor, luces artificiales y arcos eléctricos. La decisión se basa en el tiempo en que la tecnología UV/IR está trabajando en la industria petrolera Offshore mientras que la tecnología Multiespectro tiene solo unos años de haberse introducido al mercado.

3.4.2 Alojamiento

La carcasa de los detectores será de acero inoxidable o de aluminio anodizado para soportar la intensa humedad de la plataforma o el rociado del agua por el sistema contraincendio en el caso de efectuarse la activación o prueba del mismo. El alojamiento en general será para ubicarse en atmosferas peligrosas o clasificación según API 500 Clase 1, División 1 Grupos C y D de hidrocarburos.

3.4.3 Ubicación

La ubicación de los detectores de fuego será de acuerdo al estudio de riesgos previo siguiendo el criterio de la predominancia del aire y en el área donde se ubiquen posibles fuentes de ignición como procesos que contengan fuego o ciertas maquinas rotativas (API 14C, 4.2.4.3). La ubicación exacta de los detectores se muestra en el plano Anexo A, plano PNR-A3-F&G-002-H01.

El montaje de los detectores de fuego será en soportes de acero galvanizado y 3 metros de longitud según planos de detalle de montaje (Anexo A, plano PNR-A3-F&G-006-Hxx), los soportes brazos del detector de fuego tendrá placas o empaques de aislamiento en las superficies de contactos para evitar la oxidación galvánica entre soportes de materiales distintos, el material aislante serán arandelas de plástico o neopreno, casquillos o cintas aislantes. La dirección de los detectores de fuego será direccionado tomando como referencia el cono de visión o cono de cobertura de visión para verificar que los puntos donde se pueda producir el fuego como bombas, compresores o turbina estén siendo monitoreados.

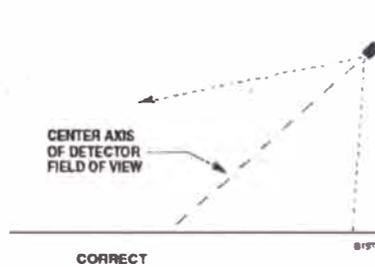


Figura 3.7.- Eje de alineación detector de fuego

3.4.4 Voltaje de alimentación

El voltaje de alimentación eléctrica nominal será de 24 VDC (rango 18-30 VDC). Dicho rango de voltaje de entrada permite al detector seguir operativo en el caso que haya una caída de voltaje y además permite al diseñador minimizar costos al calcular el calibre de los cables de alimentación.

3.4.5 Señal de Salida

Salida de señal para comunicación con controlador de Gas y Fuego (lazo de comunicación o señal de 4-20 mA con salida de relés de alarma). El detector contara con circuito de auto diagnostico para monitorear la superficie óptica de los detectores de fuego, sensibilidad y enviara la señal de alerta por alguna de las fallas mencionada.

3.4.6 Simbología

La simbología o símbolos para ubicar a los detectores de fuego se podrían utilizar el estándar ISA-S5.1. Símbolo para detectores de fuego de tecnología ultravioleta e infrarroja "USH", pero el personal de planta podría confundirlo con algún equipo de proceso por ello se opto por reemplazarlo por

siglas cercanas a detector de fuego o "flame detector" en ingles seguido con números correlativos al área de ubicación. Las siglas de los detectores se iniciaran con FDT-XXXX.

3.4.7 Pruebas de Funcionalidad

Para a prueba de funcionalidad de los detectores de fuego se empleara una lámpara intrínsecamente segura que simule fuego o flama y estimule los sensores de los detectores enviando la señal de alerta de fuego al controlador.

3.5 SELECCIÓN DE DETECTORES DE GAS DE HIDROCARBUROS

3.5.1 Tecnología

Los detectores de gas serán capaces de sensor con las condiciones de temperatura, humedad, velocidad del aire y vibración descritos en el estándar de la ISA 12.13.01. La tecnología ha emplear será la tecnología infrarroja que ofrece mejores ventajas de mantenimiento y disponibilidad que los sensores de tecnología catalítica. Los detectores son de detección puntual.

3.5.2 Alojamiento

La carcasa de los detectores de acero inoxidable SS316 preparada para la humedad y salinidad del medio ambiente o ambientes corrosivos por la salinidad del mar libre de cobre. El alojamiento en general será para ubicarse en atmosferas peligrosas o clasificación según API 500 Clase 1, División 1 Grupos C y D de hidrocarburos.

3.5.3 Ubicación

La ubicación de los detectores de gas será de acuerdo al estudio de riesgos previo siguiendo el criterio de la predominancia del aire y en el área donde se ubiquen posibles fuentes de ignición como procesos que contengan fuego o ciertas maquinas rotativas (API 14C, 4.2.4.3). Equipos como compresores, bombas y válvulas de control con partes móviles propensas al desgaste continuo. Su ubicación no será menor a 1 m de cualquier sistema de enfriamiento o HVAC.

Las superficies con temperaturas mayores a 400°F (204°C) deberán estar monitoreados por la exposición de hidrocarburos líquidos debido a dispersión o al derrame. La ubicación exacta de los detectores se muestra en el plano Anexo A, plano PNR-A3-F&G-002-H01.

3.5.4 Voltaje de alimentación

El voltaje de alimentación eléctrica nominal será de 24 VDC (rango 18-30 VDC). Dicho rango de voltaje de entrada permite al detector seguir operativo en el caso que haya una caída de voltaje.

3.5.5 Señal de Salida

Salida de señal para comunicación con controlador de Fuego y Gas (lazo de comunicación o señal de 4-20 mA).

3.5.6 Simbología

La simbología o símbolos para ubicar a los detectores de fuego se utiliza el estándar ISA-S5.1. Símbolo para detectores de fuego de tecnología

ultravioleta e infrarroja "USH", pero el personal de planta podría confundirlo con algún equipo de proceso por ello se opto por reemplazarlo por siglas cercanas a detector de gas o "gas detector" en ingles seguido con números correlativos al área de ubicación. Las siglas de los detectores se iniciaran con GD-118XX.

3.5.7 Pruebas de Funcionalidad

Para a prueba de funcionalidad de los detectores de gas se utilizara gas de calibración patrón del fabricante o de una empresa local certificada que emita certificado de concentración del gas.

3.6 SELECCIÓN DE DETECTORES DE HUMO Y CALOR

3.6.1 Tecnología

Los detectores de humo a utilizar serán de 2 tecnologías infrarrojas e iónicas para cubrir las 2 posible fuentes de fuego. Los detectores de humo fotoeléctricos que en promedio tienen un área de oscurecimiento del 3% para enviar el contacto o cierra los bornes del switch SPST (Single Pole, Single Throw) de alarma diseñado para detectar humo que se acumulan en forma lenta. Los detectores iónicos tiene un promedio de área de oscurecimiento de 1%, pero son más propensos a enviar falsas alarmas si se ubican donde se pueda originar en forma natural algún humo del proceso. En la aplicación los detectores de humo iónicos se ubicarán en la bandejas de los cables que no están expuestos al ambiente y de esa manera detectar cualquier indicio de fuego en los cables.

Los detectores de humo fotoeléctrico incluirán un detector de calor en el interior del alojamiento del detector y tendrá una salida de contacto o cierra los bornes del switch SPST (Single Pole Single Throw).

3.6.2 Alojamiento

Los detectores de humo se ubicaran en las casetas que corresponde a la Sala de control, almacén y sala de reuniones. Estas zonas no están dentro de la clasificación de áreas peligrosas, por lo tanto, no será necesario que los detectores sean de alojamiento especial. Los detectores de humo deben tener certificación UL.

3.6.3 Ubicación

La ubicación de los detectores de humo será en el techo de la Sala de control, almacén y sala de reuniones. El área de cobertura de cada detector será de 4 m² según NFPA 72.

3.6.4 Voltaje de alimentación

El voltaje de alimentación eléctrica nominal será de 24 VDC y la base de conexionado será de 4 hilos (4-wire) para la detección en caso de cortocircuito de señal y voltaje.

3.6.5 Señal de Salida

Contacto o cierre de terminales del switch de alarma por presencia de humo por fuego SPST. Un contacto de alarma de calor y relé de falla.

3.6.6 Simbología

La simbología o símbolos para ubicar a los detectores se utilizan SDH-XX correlativo al área.

3.6.7 Pruebas de Funcionalidad

Para la prueba se utilizara botellas de spray que simulan el humo.

3.7 SELECCIÓN DE INDICADOR VISUAL Y SONORO

3.7.1 Indicador Visual

Los indicadores serán de tipo de Xenón y tendrán una velocidad de alumbrado de 60 flashes/minutos (60 fpm) y 120 flashes/minuto (120 fpm).

3.7.1.1 Alojamiento

Los equipos deben tener certificación UL. La carcasa será para ubicarse en áreas peligrosas Clase 1, División 1 grupos C y D.

3.7.1.2 Ubicación

La ubicación será de modo que sea accesible a la vista al personal que se encuentre en el área de influencia. La ubicación exacta de las alarmas se muestra en el plano Anexo A, plano PNR-A3-F&G-002-H01, 2 y 3

3.7.1.3 Voltaje de alimentación

El voltaje de alimentación eléctrica nominal será de 24 VDC.

3.7.1.4 Criterio de activación

La alarma visual se activara cuando se detecte una alarma de fuego o una alerta alta de gas en una frecuencia de 120 fpm, cuando se detecte una alarma baja de gas de 60 fpm. El indicador visual debe permanecer activado mientras la alerta se encuentre presente y no se ha realizado un reset del sistema.

3.7.1.5 Simbología

La simbología para los indicadores visuales será XA-xxxx correlativo al área.

3.7.2 Indicador Sonoro

Los indicadores sonoros tendrán una potencia no menor de 99 dB a 1 m de distancia, diodo para corriente inversa.

3.7.2.1 Alojamiento

Los equipos deben tener certificación UL. La carcasa será para ubicarse en áreas peligrosas Clase 1, División 1 grupos C y D.

3.7.2.2 Ubicación

La ubicación será de modo que tenga obstáculos que impidan la difusión del sonido en el área de influencia. La ubicación exacta de las alarmas se muestra en el plano Anexo A, plano PNR-A3-F&G-002-H01.

3.7.2.3 Voltaje de alimentación

El voltaje de alimentación eléctrica nominal será de 24 VDC.

3.7.2.4 Criterio de activación

La alarma visual se activara cuando se detecte una alarma de fuego o una alerta alta de gas en una frecuencia de 120 fpm (flash por minuto), cuando se detecte una alarma baja de gas de 60 fpm. El indicador sonoro podrá ser silenciado solo desde el controlador de gas y Fuego si es que el operador verifica que la alarma ha sido controlada.

3.7.2.5 Simbología

La simbología para los indicadores visuales será XA-xxxx correlativo al área.

3.8 SELECCIÓN DE ESTACIÓN MANUAL

Las estaciones manuales serán de tipo no intrusivas y solo podrán ser restablecidas por llave y con el contacto mantenido al ser activadas.

3.8.1 Alojamiento

Los equipos deben tener certificación UL. La carcasa será para ubicarse en áreas peligrosas Clase 1, División 1 grupos C y D.

3.8.2 Ubicación

La ubicación de los indicadores será de acuerdo al plano PNR-A3-F&G-002-H01, 2 y 3. La ubicación será en la ruta de escape y de fácil acceso

para la activación. La ubicación exacta de las estaciones manuales se muestra en el plano Anexo A, plano PNR-A3-F&G-002-H01.

3.8.3 Criterio de activación

La estación de alarma solo será activada para transmitir al controlador de Gas y Fuego una alerta de fuego advertida por el personal en el caso que este evento no haya sido detecto por uno de los sensores de flama.

3.8.4 Señal de Salida

La estación de alarma proporcionara una señal de contacto para que ser enviada al transmisor correspondiente hasta el controlador principal e iniciar la señal de parada de planta. El tipo de contacto o switch será SPDT (Single Pole, Double Throw) para permitir una fácil integración al modulo de interface con el controlador principal y soportar una corriente de 10A con un voltaje de 125VAC.

3.8.5 Simbología

La simbología para los indicadores visuales será CS-xxxx correlativo al área.

3.9 SELECCIÓN DE MÓDULOS DEL SISTEMA DE GAS Y FUEGO

El sistema de Gas y Fuego que está conformado por alarmas sonoras, visuales, válvulas de diluvio y estaciones manuales necesitan de equipos o interface que sirvan de transmisores entre estos equipos y el controlador principal del sistema de Gas y Fuego.

Para las estaciones manuales se contara con modulo de interface que reciba la señal o contacto para ser transmitido al controlador, dicho modulo tendrá la identificación IDC. El termino IDC viene de las siglas en ingles "Initiating Device Circuit" definido en la norma NFPA 72 capitulo 2. Los circuitos iniciadores en teoría son los detectores de humo, estaciones manuales, detectores de gas y fuego.

Para la activación de los sirenas y alarmas visuales se contara con el modulo de interface de identificación SAM.

Para la apertura de las válvulas de diluvio se necesita energizar las válvulas solenoides del sistema de diluvio correspondiente, por lo tanto, los módulos ARM sirven de interfaz entre el sistema de gas y fuego, y el sistema de diluvio proporcionando el voltaje de 24 VDC necesario para abrir la válvula solenoide.

3.9.1 Ubicación

La ubicación de los módulos IDC será la misma que las estaciones manuales y el conexionado entre ellas están detallados en los planos o diagramas de lazo, a excepción de los módulos IDC que sirven para la adquisición de las señales de los presostatos en el cual se ubicaran a una distancia no mayor a 5m. La ubicación de los modulos SAM será la misma que las alarmas sonoras y visuales.

La ubicación de los módulos ARM será contiguo a las válvulas solenoides o sistema de diluvio.

La ubicación exacta de las módulos SAM e IDC se muestran en el plano Anexo A, plano PNR-A3-F&G-002-H01.

3.9.2 Alojamiento

El alojamiento de los módulos tendrá la clasificación para áreas peligrosas Clase 1, División 1, grupos C y D.

3.9.3 Voltaje de alimentación

El voltaje de alimentación eléctrica nominal será de 24 VDC.

3.9.4 Señal de Salida

La señal de salida será compatible con el protocolo de comunicación del controlador de Gas y Fuego.

3.9.5 Simbología

La simbología para los módulos será IDC-xx, SAM-xx y ARM-xx, correlativo a la cantidad de módulos presentes en el sistema.

3.9.6 Conexionado

El modulo de entrada de las señales de los detectores de humo deben ser conexionados supervisado para el corto circuito y rotura de cables (Clase A, estilo C según la NFPA 72). Los circuitos deben tener resistencia de fin de línea EOL de 10 K Ohm.

CAPITULO IV: CRITERIO DE CONTROL DEL SISTEMA DE GAS Y FUEGO

4.1 FILOSOFÍA DE OPERACIÓN

El sistema consiste de un controlador de gas y fuego encargado del monitoreo y ejecución de la lógica desarrollada para este proyecto, detectores de gas y fuego ubicados según los planos del proyecto en cada una de los niveles en la plataforma, estaciones manuales para activar una alarma shutdown general, detectores de humo en Sala de Control, alarmas visuales y sonoras en cada nivel además de módulos para apertura de las válvulas de diluvio del SCI.

El sistema debe enviar al operador de plataforma la información más relevante para ejecutar la mejor acción para el personal, instalaciones y el proceso, cuando ocurra algún evento que implique riesgo para el personal e instalaciones. Los eventos a considerar según la evaluación de riesgos son:

- Fuga de Gas
- Presencia de Fuego
- Presencia de humo

El sistema debe tener la capacidad de funcionar sin la intervención directa del operador (detección de fugas de gas, detección de fuego y detección de humo) y ejecutar las acciones de control de riesgo en forma automática (encendido de alarmas, activación del sistema d diluvio).

El sistema operar en forma independiente del control de proceso principal sin necesitar de señales externas de equipos que no formen parte del sistema de gas y fuego

El personal de la plataforma debe ser instruido para responder en forma inmediata a las señales de salida proporcionado por el sistema de gas y fuego (alarmas, apertura de las válvulas de diluvio, mensajes en la pantalla del controlador y señales enviadas al SCADA o pantallas destinadas al sistema de gas y fuego).

Para el mejor entendimiento de la operación del sistema se definen 4 escenarios principales que tiene el sistema. Estos escenarios en orden de mayor a menor probabilidad de aparición son:

4.1.1 Escenario 1: Operación normal

Es la situación en la cual el sistema no tiene alarmas de seguridad o que impliquen una alerta de peligro inminente (por ejemplo alarma de fuego o alarma de gas) y además el sistema eléctrico del sistema funciona normalmente. Es el escenario o situación más probable del estado del sistema considerado como operación normal.

4.1.2 Escenario 2: Alarma de peligro en el sistema sin falla del sistema eléctrico del sistema de gas y fuego

Es la situación en la cual el sistema tiene alarmas de seguridad o que impliquen una alerta de peligro inminente (por ejemplo alarma de fuego o alarma de gas), pero la fuente de alimentación principal del sistema (PS-01) trabaja correctamente proporcionando la energía necesaria para activar las

alarmas en campo y la activación del sistema contraincendio (SCI) de ser necesario.

4.1.3 Escenario 3: Operación normal con falla del sistema eléctrico del sistema de gas y fuego.

Es la situación en la cual el sistema no tiene alarmas de seguridad o que impliquen una alerta de peligro inminente (por ejemplo alarma de fuego o alarma de gas), pero la entrega de energía o voltaje de 220 VAC a la fuente de alimentación principal del sistema (PS-01) ha sido interrumpida o en su defecto la fuente de alimentación se encuentra fuera de operación. En este escenario la alimentación del sistema será proporcionado por las baterías de respaldo del sistema con una capacidad de entregar energía suficiente para 90 horas sin alarmas de peligro. El tiempo debe ser empleado para restablecer la entrega de corriente a la fuente o la reparación de la fuente/cargador.

4.1.4 Escenario 4: Alarma de peligro en el sistema con falla del sistema eléctrico del sistema de gas y fuego

Es la situación en cual el sistema tiene alarmas de seguridad o que impliquen una alerta de peligro inminente (por ejemplo alarma de fuego o alarma de gas), y además la entrega de energía o voltaje de 220 VAC a la fuente de alimentación principal del sistema (PS-01) ha sido interrumpida o en su defecto la fuente de alimentación se encuentra fuera de operación. En este escenario la alimentación del sistema será proporcionado por las baterías de respaldo del sistema con una capacidad de entregar energía suficiente para

90 horas sin alarmas de peligro presente y adicional de 10 minutos con alarmas de peligro presente (exigencia FM).

Es el escenario de mayor exigencia de energía y que deberá ser asumido por las baterías de respaldo, por lo tanto, es el escenario más crítico porque las baterías de respaldo tienen un voltaje no mayor a 24 VDC y el voltaje no es sostenido pues va decayendo conforme pasa el tiempo a diferencia de la fuente de alimentación con un voltaje nominal 27 VDC sostenido. El cálculo de caída de voltaje debe tener en cuenta este escenario para el dimensionado de los cables.

4.2 FILOSOFÍA DE CONTROL

4.2.1 Activación de alarmas

4.2.1.1 Alarma Baja en campo

El sistema debe activar las alarmas visual y sonora de campo del área o mesa (nivel: superior, inferior o cabezales) tono bajo (60 flashes/minuto) si:

- Alguno de los detectores de gas del área correspondiente sensa una concentración de gas por el encima del nivel bajo de alarma de gas (Metano al 20% LEL).
- Si hay una alerta por presencia de humo en Sala de Control.

En el nivel bajo de alarma se produce un activación de las alarmas sonora/visual en baja frecuencia permanece hasta que el nivel de gas no alcance el nivel alto de alarma de gas (Metano al 40% LEL). Esta alarma es local, es decir, por nivel.

4.2.1.2 Alarma Alta en campo

El sistema activa las alarmas visual y sonora de campo con el tono alto (120 flashes/minuto) si:

- Cualquiera de los detectores de gas del área alcanza la alerta alta de gas (Metano al 40% LEL).
- Cuando alguno de los pulsadores de alarma shutdown es activado.
- Cuando alguno de los detectores de fuego detecta presencia de fuego.

Los detectores de fuego y alarmas shutdown en estado de alerta activan la alarma sonora en 120 flashes/minutos y visual de todas las áreas o niveles al mismo tiempo.

4.2.1.3 Alarmas en Sala de Control

El controlador de gas y fuego emitirá con un pitido de alerta local para el operador en la Sala de Control en los casos de:

- Alerta de gas o fuego en campo, la ubicación de la señal de alerta se mostrará en la pantalla indicando el Tag correspondiente y el tipo de alarma baja o alta de gas, o alerta de fuego con los leds correspondientes.
- Señales de falla en el sistema o falla de comunicación, la pantalla indicará el tipo de falla y leds adicional. La intensidad y frecuencia del pitido será menor que en el caso de alarma de gas o fuego.

Toda activación de alarma se realizara en forma automática sin la necesidad de activar una señal adicional.

4.2.2 Reconocimiento de alarmas

- Para el reconocimiento de señales se debe realizar en forma local desde la ubicación del controlador de gas y fuego. El controlador contara con un botón de reconocimiento.
- El silenciado de las alarmas sonoras ubicadas en campo se debe realizar desde el controlador a través de un botón silencio. El operador deberá silenciar sirenas solo si el riesgo ha sido totalmente controlador y el total del personal tiene conocimiento del evento. Las alarmas visuales deben permanecer.

4.2.3 Activación del sistema de diluvio

La activación del sistema de diluvio (sistema contraincendio: SCI) se realiza en toda la plataforma al mismo tiempo. La orden de activar el sistema de diluvio se realizara en los siguientes casos:

4.2.3.1 Detección de fuego

Si algún detector de fuego detecta presencia de fuego. Esta acción se ejecuta en forma automática. No requiere acción del operador.

4.2.3.2 Detección de fuego

Si algún pulsador de alarma shutdown es accionado. El operador debe accionar la estación manual, la cual tiene la indicación "Fire Alarm", para iniciar la activación del sistema de diluvio.

4.2.3.3 Detección de gas

Se debe activar el sistema de diluvio si en el nivel de cabezales se detecta alarma alta de gas simultánea en 5 detectores en ese nivel. Se ha agregado esta acción debido a la alta probabilidad de fuga en dicho nivel y el reducido espacio para el personal.

4.2.4 Aborto de activación del sistema de diluvio

Se debe agregar un retardo de 4 segundos a la configuración para permitir al operador abortar la orden de expulsión del agente de extinción a través de un botón "ABORTO SCI" (a ser ubicado en la puerta del tablero TAB-F&G-01), en caso de tratarse de una falsa alarma de los detectores de fuego.

Sin embargo para evitar que el sistema se inhiba ante una fuente real de peligro solo deberá estar activa esta opción por un tiempo no mayor a 4 segundos. Solo en el caso de tener la seguridad que se trata una falsa alarma se debe ejecutar esta acción "Aborto SCI".

4.2.5 Matriz Causa-Efecto

El método para la secuencia de operaciones a realizarse será a través de una matriz donde se aprecien las entradas y salidas del sistema conocida como matriz causa-efecto.

La matriz será empleada por el personal de ingeniería y operaciones para la programación del controlador.

4.3 SISTEMA DE MONITOREO Y REGISTRO (SCADA)

El sistema de gas y fuego mostrar las señales más relevantes a través de pantallas diseñadas para que el operador pueda observar estas variables en el caso de presentar alarmas (pantallas HMI) y el rápido reconocimiento de los eventos. El sistema de monitoreo deberá almacenar las variables más relevantes para el personal de mantenimiento o una integración con otros sistemas.

4.3.1 Ubicación

Las pantallas HMI deben pueden ser parte de las pantallas HMI del sistema de control principal en una estación de monitoreo ubicado en la sala de control.

4.3.2 Protocolo de Comunicación

La adquisición de las señales desde el controlador de gas y fuego a través de un protocolo abierto de reconocido rendimiento como Modbus RTU serial o OPC Server TCP para una fácil integración.

4.3.3 Impresora

La estación central de monitoreo y registro deberá contar con una impresora virtual o de impresión directa a un archivo PDF (Portable File Document) en el caso de no contar con una impresora conectada directamente a la estación.

4.3.4 Alarmas y Presentación

Las alarmas deben ser en presentación, sonidos e indicación diferentes a las señales de proceso para el fácil y veloz reconocimiento. Además ser llamativos para el operador en el caso de presentarse un evento de riesgo o alguna falla del sistema.

Para el reconocimiento de las alarmas se deben establecer las prioridades, los eventos de riesgos tendrán prioridad "1" por la importancia del evento. Los eventos de falla del sistema que impida la ejecución de órdenes como activación de alarmas o apertura del SCI tendrán prioridad "2". Los eventos de fallas que impidan ejecución de acciones y no involucren un riesgo latente tendrán prioridad "3".

4.3.5 Barra de alarmas

La barra inferior de la pantalla del SCADA se ubicara una barra no menor a 3 renglones para mostrar la descripción y ubicación del evento presente en el momento, en el caso de ser un evento de riesgo la descripción estará resaltada en rojo.

4.3.6 Pantalla emergente

En el caso de presencia de un evento de riesgo una pantalla emergente aparecerá indicando Peligro, tipo de alarma, ubicación. Esta pantalla será cuadrada del tamaño de 1 cm x 1 cm, la cual tendrá un botón de aceptar para minimizar la pantalla y poder navegar en la pantalla principal y demás pantallas secundarias. La señal que implica un evento de riesgo se debe configurar para sobre ponerse sobre otras pantallas de proceso.

4.3.7 Filtros de Pantalla de Históricos

El SCADA contará con una pantalla dedicada a mostrar los eventos ocurridos en el sistema de gas y fuego, la cual contara con filtros para la ayuda de la clasificación de eventos al operador y/o personal de mantenimiento. Los filtros disponibles serán:

- Fecha o periodo de monitoreo
- Prioridad del evento
- Tag del equipo
- Ubicación
- Descripción del evento
- Tiempo de duración del evento

4.3.8 Archivo de registro de históricos

Todos los eventos deben ser almacenados en la memoria de la computadora o en la base de datos principal y debe permitir la creación de archivos *.CSV o *.XLS a partir de la selección en los filtros. Estos archivos serán extraídos a través del SCADA o impresora virtual PDF.

4.3.9 Propiedades pantalla o ventanas HMI

Las señales de cada equipo que conforma el sistema tendrá una ventana con las principales señales disponibles alarma de eventos de riesgo, alarmas de funcionamiento y señales que ayuden al diagnostico rápido del problema. Adicionalmente la pantalla tendrá un botón de acceso al registro de información del equipo como numero de serie, modelo, función en el sistema, ultimo evento.

En caso del detector de gas debe indicar la última fecha de calibración, pantalla de visualización del porcentaje de nivel de gas del detector en el tiempo (trend). La variable tiempo debe permitir el ajuste manual.

4.3.10 Color pantalla HMI

La pantalla de navegación principal tendrá un color tenue que resalte las pantallas o símbolos de los equipos en el sistema. Asimismo la pantalla principal mostrara un esquema de ubicación real de los equipos.

Los símbolos serán de color verde con tag o nombre del equipo en letras negras del tamaño necesario para la visualización del operador. El color rojo del símbolo indicara una alerta o evento de riesgo. El color ámbar indicara una falla en el equipo. Ambos colores rojo y ámbar parpadearan con una frecuencia no menor de 1.5 Hz.

4.4 ESTACIÓN DE MONITOREO Y REGISTRO (WORKSTATION)

La estación de trabajo será por diseño para aplicaciones de ingeniería o aplicaciones científicas multitarea. Los fabricantes admitidos para suministrar las estaciones de trabajo son DELL y HP, con procesadores Intel de 3 Ghz o superior (Quad Core 2 GHz), sistema operativo Windows Server 2008 o 2003, tarjeta de video 4 GB Net framework 4 independiente de la tarjeta principal (mainboard) y direct X9, DVD, 4 puertos USB 2.0, pantalla LCD con resolución de 1024 x 768.

CAPITULO V: CRITERIOS DE INSTRUMENTACIÓN

5.1 CLASIFICACIÓN DE AREA

En general los equipos seleccionados deben estar aprobados por una entidad internacional reconocida (ATEX, FM, CSA) para ser ubicados en áreas peligrosas según la NEC 505, API 500 que reconocen áreas o ambientes en las cuales normalmente haya presencia de gases de hidrocarburos. El fabricante debe cumplir con un mínimo de 2 años en servicio o uso en plataformas petroleras.

Áreas clasificadas o Clase 1, División I son en las cuales:

- Pueden existir continuamente bajo condiciones normales de operación, concentraciones de gases o vapores explosivos o inflamables.
- Existen intermitente o periódicamente o frecuentemente concentraciones peligrosas de gases o vapores explosivos o inflamables.
- Una interrupción o falla de operación del proceso pueda provocar la formación de gases o vapores explosivos o inflamables.

Áreas clasificadas o Clase 1, División II son lugares en los cuales se manejan o usan líquidos volátiles , gases o vapores inflamables, que están normalmente confinados en recipientes cerrados, pero de los cuales pueden fugarse en caso de rotura , a su vez están provistos de una adecuada ventilación con presión positiva para la dispersión de los gases. Su ubicación es la contigua a las áreas Clase 1 División I.

5.2 SELECCIÓN DE VÁLVULAS DE DILUVIO

5.2.1 Cuerpo de Válvula

El material del cuerpo será de acero dúctil con recubrimiento de material halar (ECTFE: clorotrifluoro etileno) o ASTM A216 WCB para resistir la alta corrosión para aplicaciones en plataforma marina y resistencia al contacto continuo con el agua de mar. Las válvulas restringen el paso del agente de extinción (en nuestro caso es el agua de mar). El cuerpo tendrá un diafragma interno para el cierre de la válvula por el principio de presión diferencial.

5.2.2 Arreglo de Cañerías (TRIM)

Las cañerías son el arreglo que permite que la válvula de diluvio se pueda abrir en forma manual local y remota a través de liberar la presión por un lado del diafragma ocasionando el diferencial de presión que permitiendo la apertura. El material será de aleación Níquel-Bronce (Monel).

5.2.3 Válvula solenoide

A través de la válvula solenoide se realiza la apertura remota de la válvula de diluvio. El voltaje de alimentación de la válvula solenoide será de 24 VDC, 2 posiciones y 2 vías que será proporcionado por el modulo de activación de agente de extinción (ARM). El alojamiento será para atmosferas peligrosas Clase 1, División 2, grupos C y D. Las válvulas serán de bajo consumo (2W) para ahorrar energía.

5.2.4 Interruptor de Presión (Presostato)

Tiene por función de sensar la presión en la salida de la válvula y proporcionar un contacto de salida para confirmar la apertura de la válvula de diluvio por exigencia de la NFPA 72. El contacto del presostato se calibrará a un diferencial de presión no mayor a 6 PSI. El alojamiento será para atmosferas peligrosas Clase 1, División 2, grupos C y D. La salida será un contacto SPDT de 2A a 30 VDC.

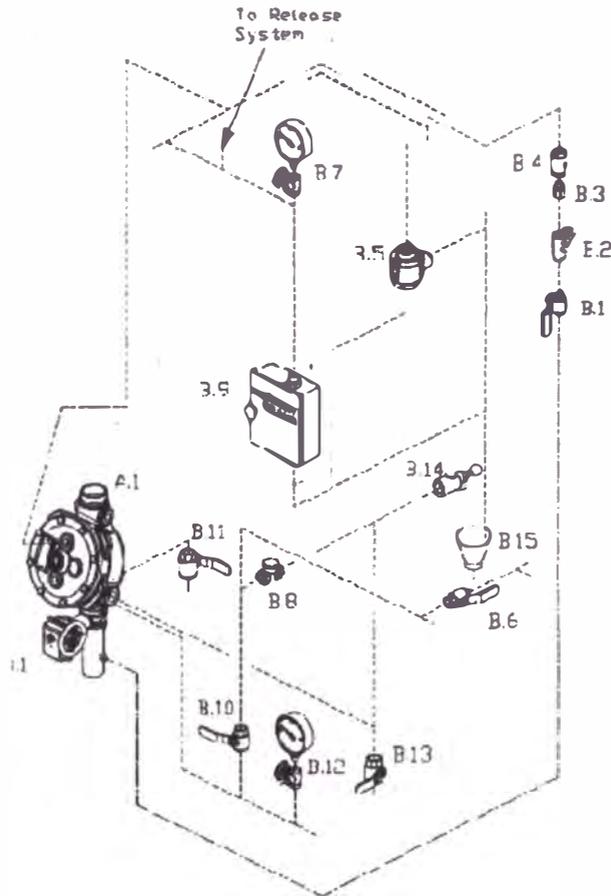


Figura 5.1.- Esquema de cañerías TRIM básico

CAPITULO VI: CRITERIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE GAS Y FUEGO

Los criterios de los equipos, accesorios y materiales eléctricos a emplearse para el sistema de fuego y gas tienen los siguientes alcances:

- Fuente/Cargador del sistema y baterías
- Baterías
- Conductores de energía y comunicación
- Interruptores y fusibles

6.1 CALCULO DE ENERGÍA DE SISTEMA

El sistema se compone de una serie de equipos distribuidos en toda la plataforma que deben ser alimentados con la energía necesaria para el correcto funcionamiento y además realizar la carga de las baterías de respaldo en 48 Horas.

Para el cálculo se considera posibles expansiones del sistema con la adición de más equipos o detectores dentro del lazo planteado y además de un factor de seguridad de 25% por sobre el cálculo realizado.

El criterio de cálculo es proporcionar la energía necesaria (corriente mínima de consumo de equipos) en el escenario más crítico utilizando el calibre del cable mínimo para el ahorro de energía y material.

Suma de corrientes de consumo con el sistema sin alarmas (Escenario 1 y 3 de la Filosofía de control)

Equipo	Cantidad	Corriente (A)	Corriente Total sin alarmas (A)
Controlador de Gas y Fuego (EQP)	1	0.360	0.360
Modulo de entradas y salidas digitales (EDIO)	1	0.075	0.075
Modulo de monitoreo de energía (PSM)	1	0.060	0.060
Modulo Iniciador (IDC)	9	0.055	0.495
Módulo de activación de alarmas (SAM)	3	0.060	0.180
Modulo de expulsión del agente de extinción (ARM)	3	0.075	0.225
Detector de Gas Hidrocarburo (GD)	15	0.270	4.050
Detector de Fuego o Flama (FD)	12	0.155	1.860
Extensor o repetidor de lazo comunicación (NE)	1	0.090	0.090
Fuente-cargador de 24 VDC	1	0.350	0.350
Válvulas solenoides	3	0.000	0.000
Alarma visual	3	0.000	0.000
Alarma Sonora	3	0.000	0.000
			7.745

Suma de corrientes de consumo con el sistema con alarmas (Escenario 2 y 4)

Equipo	Cantidad	Corriente (A)	Corriente Total con alarmas (A)
Controlador de Gas y Fuego (EQP)	1	0.430	0.430
Modulo de entradas y salidas digitales (EDIO)	1	0.130	0.130
Modulo de monitoreo de energía (PSM)	1	0.060	0.060
Modulo Iniciador (IDC)	9	0.090	0.810
Módulo de activación de alarmas (SAM)	3	0.120	0.360
Modulo de expulsión del agente de extinción (ARM)	3	0.120	0.360
Detector de Gas Hidrocarburo (GD)	15	0.275	4.125
Detector de Fuego o Flama (FD)	12	0.155	1.860
Extensor o repetidor de lazo comunicación (NE)	1	0.090	0.090
Fuente-cargador de 24 VDC	1	0.350	0.350
Válvulas solenoides	3	0.083	0.249
Alarma visual	3	1.050	3.150
Alarma Sonora	3	1.200	3.600
			15.574

La energía debe garantizar la disponibilidad completa de los equipos que exige las practicas recomendadas por FM (Factory Mutual) o NFPA 72, los tiempos

de disponibilidad con respaldo de baterías es de 90 horas en estado normal (standby) más 10 minutos (0.1667 horas) en estado de alerta.

Corriente sistema sin alarmas (A)	x	Tiempo de respaldo (H)	=	AH
7.7450		90		697.0500
Corriente sistema con alarmas (A)	x	Tiempo de respaldo (H)	=	AH
15.5740		0.1667		2.5957
Suma de AH sin alarmas + AH con alarmas				699.6457
Incremento AH por factor de seguridad 25%				174.9114
Total de AH requeridos				874.5571

Tabla 6.1.- Tabla de AH

Con el cálculo de corriente requerido y energía en AH calculo la corriente mínima de la fuente/cargador de baterías de energía, además del número de baterías de respaldo.

Corriente promedio Mínima de carga	Corriente en alarma	15.574
	<u>Total AH</u> 48 Horas	18.220
Corriente Cargador/Fuente 24 VDC sistema		33.794
Baterías de 105 AH @ 20 Hr-rate		105
# Par de Baterías (12 VDC)		8.33

Tabla 6.2.- Tabla de AH baterías

De los cálculos se obtiene que el sistema necesita de una fuente/cargador que tenga la capacidad de entregar mínimo 34 A, además de 8 pares de baterías o 16 unidades de batería de 12 VDC, 105 AH@20Hr-rate. Las baterías se colocaran en serie para obtener 24 VDC entre los terminales.

Para el proyecto se utilizara la bandejas existentes para el recorrido de los conductores, para la cual se realizara el metrado correspondiente que se muestra en los planos PNR-A3-F&G-004-HXX.

6.2 CÁLCULO DE CAÍDAS DE VOLTAJE

El sistema de gas y fuego tiene una fuente de 24 VDC que distribuye la energía para todos los equipos separado por niveles, para el cual utiliza 3 cajas o tableros de distribución: JB1 para el nivel superior, JB2 nivel inferior y JB3 nivel de cabezales. La distribución desde la fuente hacia cada tablero de distribución en directa o lineal, la distribución desde cada tablero a los puntos de alimentación de los equipos en una zona (que en algunos casos son los mismos equipos) tiene un arreglo en forma de anillo (con el objetivo de proveer una redundancia al voltaje de alimentación que siguen rutas distintas) y la distribución desde los puntos de alimentación a los equipos tienen un arreglo lineal.

Por lo tanto, el cálculo se realiza en arreglos lineales y arreglo con el mismo punto de alimentación en ambos extremos de acuerdo a cada caso.

6.2.1 Cálculo de caída de voltaje en Arreglo Lineal

El cálculo de caída de voltaje se produce principalmente por la resistencia del cable que se acentúa en largos recorridos o tramos, por lo tanto, se hace imprescindible realizar el cálculo para tener en cuenta el calibre de los cables a utilizar y poder asegurar el voltaje necesario en la llegada a los equipos. La fórmula para la caída en circuitos de corriente continua es la siguiente:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \rho}{S}$$

Donde:

ΔV : Caída de voltaje, unidades Voltios (V)

L: distancia o longitud de recorrido de tramo del cable, unidades metros (m)

I: Corriente que circula por el tramo del cable, unidades Amperios (A)

p: Resistividad del cable, unidades $\Omega.m$

S: Sección del cable utilizado, unidades m^2

Debido a que los cables se conforma de 2 o más conductores, en la formula antes descrita se utilizara un factor R_C equivalente a (p/S) el cual será Ω/m proporcionado por el fabricante el cual es un factor equivalente al total del cable proporcional al calibre (AWG). La variación del factor R_C es mínima entre un fabricante a otro. Por lo tanto, la formula será:

$$\Delta V = 2.L.I.R_C$$

R_C : Factor del cable, unidades Ω/m

6.2.2 Cálculo de caída de voltaje en Arreglo de Anillo

En este arreglo se utilizara el método de momentos magnéticos para realizar el cálculo de caída de tensión.

Se define el **Momento Eléctrico** análogo al momento mecánico se calcula por el producto de la potencia con por la longitud (momento mecánico: fuerza por longitud).

$$M = P.L$$

Donde:

M: momento eléctrico, unidades $W.m$

P: Potencia eléctrica, unidades W

L: Longitud, unidades m

Para el cálculo de caída de voltaje en un arreglo de anillo, si se despliega el circuito será como obtener ambos extremos al mismo potencial.

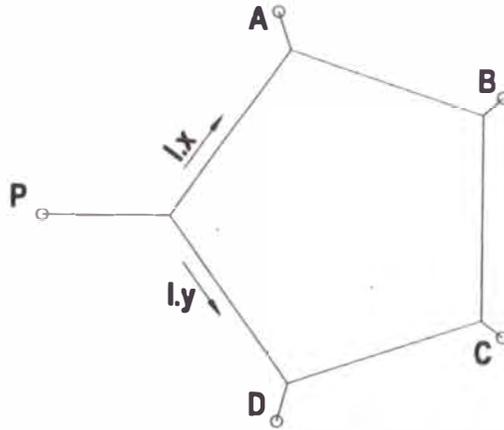


Figura 6.1.- Arreglo en anillo

Expandido:

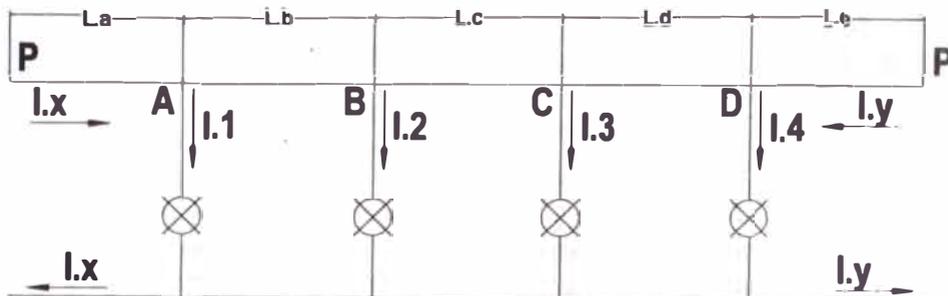


Figura 6.2.- Arreglo en anillo expandido

En este arreglo las cargas están distribuidas en distancias irregulares (no equidistantes) en los puntos A, B, C y D, además el calibre del cable no cambia (Sección del conductor constante) en todo el tramo en arreglo en anillo. En el anterior cálculo, la caída de tensión máxima se daba en el punto más lejano el cual es un caso diferente al arreglo en anillo porque la formula se deduce a partir que el punto inicial y final de alimentación es el mismo, por lo tanto, la caída de tensión entre estos puntos es cero.

$$V_p - 2 \cdot R_C \cdot [I_X \cdot L_a + (I_X - I_1)L_b + (I_X - I_1 - I_2)L_c + (I_X - I_1 - I_2 - I_3)L_d + (I_X - I_1 - I_2 - I_3 - I_4)L_e] = V_p$$

$$0 = 2 \cdot R_C \cdot [I_X(L_a + L_b + L_c + L_d + L_e) - I_1(L_b + L_c + L_d + L_e) - I_2(L_c + L_d + L_e) - I_3(L_d + L_e) - I_4 \cdot L_e]$$

De aquí:

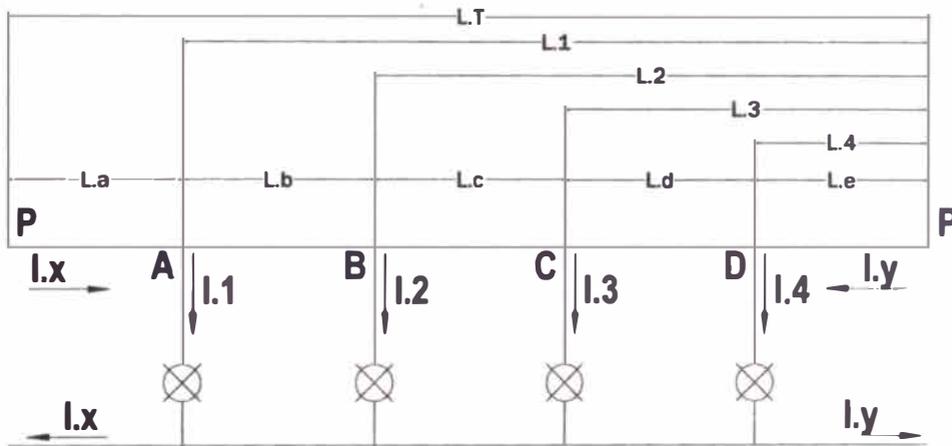


Figura 6.3.- Arreglo en anillo expandido

$$0 = 2 \cdot R_C \cdot [I_X \cdot L_T - I_1 \cdot L_1 - I_2 \cdot L_2 - I_3 \cdot L_3 - I_4 \cdot L_4]$$

$$I_X \cdot L_T = I_1 \cdot L_1 + I_2 \cdot L_2 + I_3 \cdot L_3 + I_4 \cdot L_4$$

Con: $L_T = L_a + L_b + L_c + L_d + L_e$

Formula general para "n" tramos

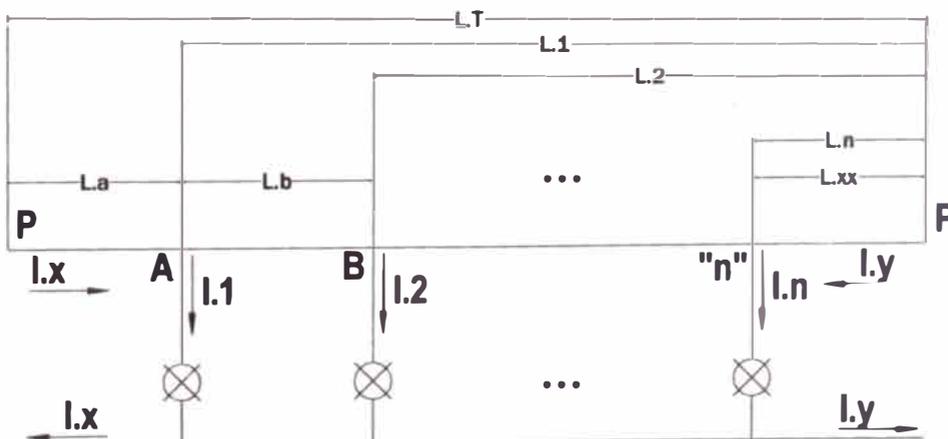


Figura 6.4.- Arreglo en anillo expandido

$$I_X = \frac{\sum_{n=1}^n I_n \cdot L_n}{L_T}$$

$$I_Y = \sum_{n=1}^n I_n - I_X$$

El objetivo es hallar los voltajes en los puntos A, B, C hasta el "n" enésimo punto y de acuerdo a estos dimensionar el calibre cable que cumpla con el voltaje necesario y a la vez el ahorro de material.

Por lo tanto:

$$V_A = V_P(24 VDC) - 2 \cdot R_C \cdot I_X \cdot L_a$$

$$V_B = V_A - 2 \cdot R_C \cdot (I_X - I_1) \cdot L_b = V_P - 2 \cdot R_C \cdot$$

$$V_n = V_{n-1} - 2 \cdot R_C \cdot \left[I_X \cdot L_T - \sum_{n=1}^n I_n \cdot L_n \right]$$

Pero para hallar el punto de mínima tensión hallaremos las corrientes intermedias:

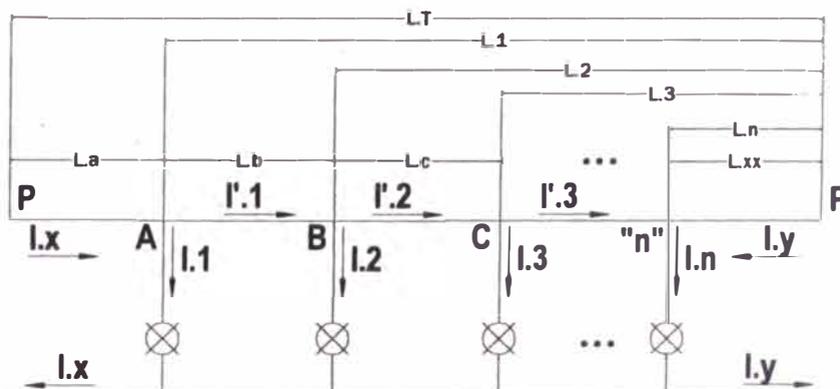


Figura 6.5.- Arreglo en anillo expandido

A través de restas sucesivas se va obteniendo las corrientes intermedias hasta que la corriente sea negativa, dicho punto será el punto de mínima tensión a partir de allí las corrientes se invierten.

$$I_1' = I_X - I_1$$

$$I_2' = I_1' - I_2$$

$$I_{n-1}' = I_{n-2}' - I_{n-1}$$

Estos datos podrían proporcionar un cálculo más sencillo de la caída de voltajes

$$V_A = V_P(24 \text{ VDC}) - 2 \cdot R_C \cdot I_X \cdot L_a$$

$$V_B = V_A - 2 \cdot R_C \cdot I_1' \cdot L_b$$

$$V_C = V_B - 2 \cdot R_C \cdot I_2' \cdot L_c$$

$$V_n = V_{n-1} - 2 \cdot R_C \cdot I_{n-1}' \cdot L_{n-1}$$

Los datos de L_a, L_b, \dots, L_n se obtiene a partir de los metrados del cable de alimentación en cada uno de los niveles planos PNR-A3-F&G-004-H01 (nivel superior), PNR-A3-F&G-004-H02 (nivel inferior) y PNR-A3-F&G-004-H03 (nivel de cabezales).

6.2.3 Metodología y Cálculo

La ruta y conexionado de los cables de energía (denominados también como cables de fuerza de baja tensión), no tienen un arreglo lineal o de anillo en todo el recorrido sino es una combinación de ambos.

Como se puede apreciar es un arreglo de anillos intermedia dado que en la acometida a las cajas de distribución es directa y salida directa en los extremos a los equipos. Se aprecian 3 topologías anillo una por nivel o por caja de distribución (JB1, JB2 y JB3). Aparte de la ruta de los cables a los equipos en campo también se considera el consumo del controlador del

sistema y los módulos que se encuentran en el tablero, a pesar que el consumo de estos no tendrá un impacto apreciable a los resultados.

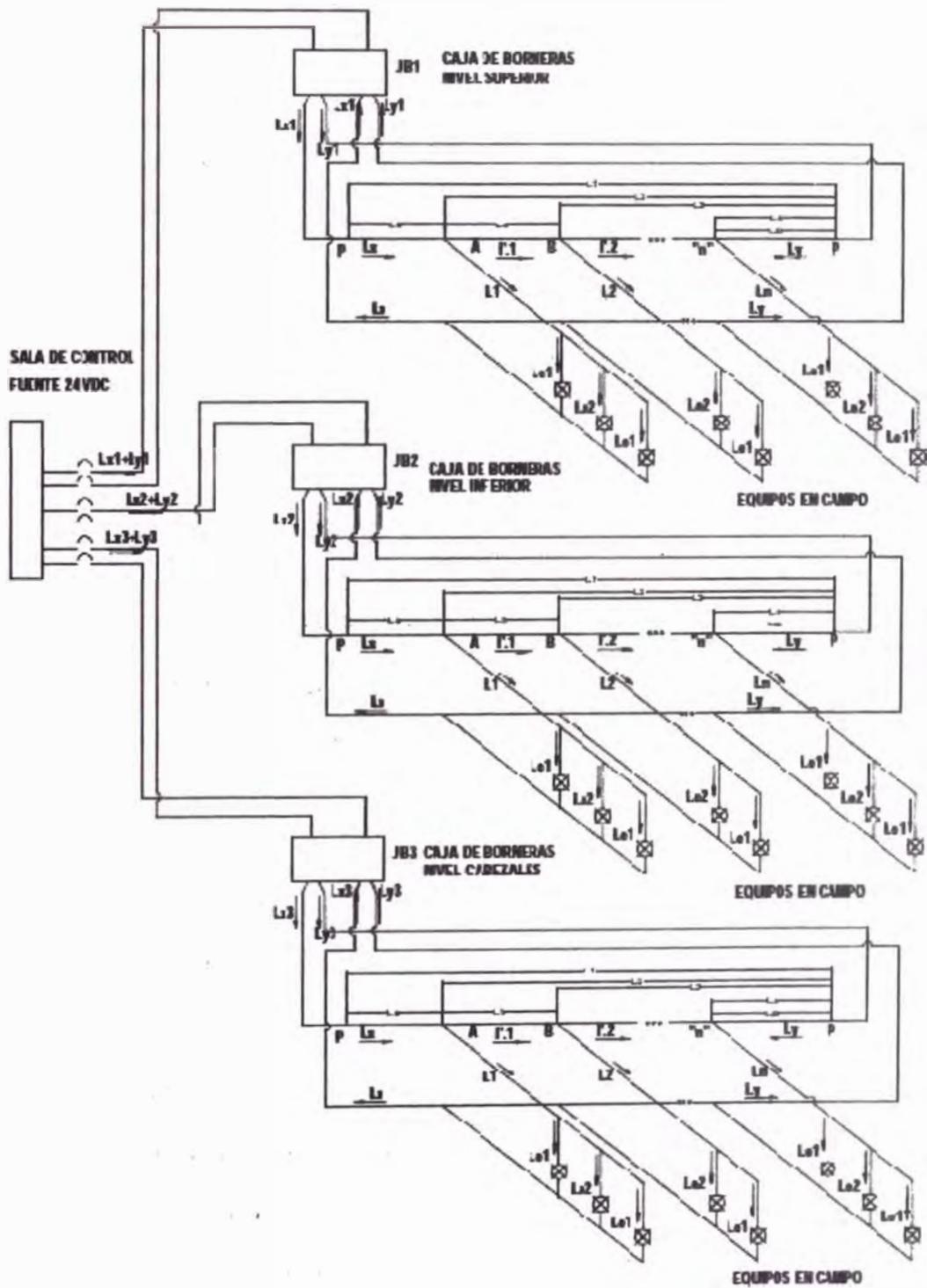


Figura 6.5.- Arreglo típico de diseño en anillo con extremos

6.2.4 Caída de voltaje Arreglo anillo JB1 Nivel Superior

El primer arreglo utilizando las distancias del metrado en el plano PNR-A3-F&G-004-H01 que consideran la altura de elevación de los soportes y distancias propios del montaje del equipo. En el plano se ubican 12 puntos o derivaciones a cada uno de los circuitos (Cada punto equivale a un circuitos formado por uno o más equipos).

En la siguiente tabla de cálculo (Escenario 1) se considera que el sistema se energiza desde la fuente principal del sistema (27 VDC voltaje nominal) y sin las alarmas presentes. El sistema proporciona la energía a los equipos para el funcionamiento normal (estado: stand by).

Derivacion	De	Hasta	Distancia (m)	Corriente Ia (A)	Corriente Ic (A)	R.L (Ohm/m)	Cable Voltaje (V) circuito	Estado Cable	Ln	M (kg) o (Lm)	Pa	Cable voltaje (V) nominal	Voltaje puntos y equipos	Voltaje equipos	% Caída Vn (20VDC)
Breaker 1	BE1		775.9												
1 JB1	JA1		724		0.225	0.006148	12 AWG	961.88	21.631	0.971	0.071	26.828			
	JA3	ARM1	1400	0.33		0.009755	14 AWG						26.820	0.67%	
	ARM1	ARM2	3400	0.13		0.009755	14 AWG						26.820	0.71%	
	ARM2	ARM3	3400	0.075		0.009755	14 AWG						26.804	0.72%	
2 A1	BA1		5708		0.033	0.006148	12 AWG	904.30	4.974	0.911	0.068	26.760			
	BA2	DCD6	2569	0.054		0.009755	14 AWG						26.717	0.90%	
3 B1	CA1		12814		0.153	0.006148	12 AWG	776.11	12.030	0.763	0.145	26.615			
	CA2	FD11856	6000	0.154		0.009755	14 AWG						26.603	1.47%	
4 C1	DA1		4486		0.154	0.006148	12 AWG	729.25	11.303	0.608	0.044	26.571			
	DA2	FD11857	3000	0.154		0.009755	14 AWG						26.546	1.61%	
5 D1	EA1		24208		0.153	0.006148	12 AWG	687.17	7.551	0.451	0.184	26.390			
	EA2	FD11857	3342	0.154		0.009755	14 AWG						26.380	2.39%	
6 E1	FA1		1142		0.053	0.006148	12 AWG	475.75	2.617	0.398	0.038	26.384			
	FA2	DCD5	1549	0.054		0.009755	14 AWG						26.312	2.39%	
7 F1	GA1		6887		0.153	0.006148	12 AWG	627.08	6.620	0.743	0.024	26.340			
	GA2	FD11851	2023	0.154		0.009755	14 AWG						26.314	2.39%	
8 G1	HA1		3634		0.440	0.006148	12 AWG	389.77	37.941	0.291	0.171	26.340			
	HA2	GD11843	1514	0.540		0.009755	14 AWG						26.313	2.47%	
	HA3	GD11844	8056	0.277		0.009755	14 AWG						26.301	2.59%	
9 H1	IA1		875.7		0.695	0.006148	12 AWG	836.20	21.381	0.991	0.090	26.379			
	IA2	GD11845	1450	0.491		0.006148	12 AWG						26.347	2.35%	
	IA3	GD11846	1871	0.489		0.006148	12 AWG						26.314	2.54%	
	IA4	FD11855	5214	0.211		0.006148	12 AWG						26.300	2.59%	
10 I1	JA1		8983		0.153	0.006148	12 AWG	216.35	1.353	1.147	0.110	26.489			
	JA2	FD11847	4000	0.154		0.009755	14 AWG						26.471	2.40%	
11 J1	KA1		1362		0.153	0.006148	12 AWG	1524.3	2.363	1.302	0.090	26.579			
	KA2	FD11854	6000	0.154		0.009755	14 AWG						26.567	1.61%	
12 K1	LA1		9019		0.215	0.006148	12 AWG	6224	1.338	1.517	0.144	26.721			
	LA2	SAM1	804.6	0.213		0.009755	14 AWG						26.689	1.15%	
	LA3	FD11853	4529	0.154		0.009755	14 AWG						26.677	2.20%	
L1	BE1		6234												

2.715
 1.740
 1.317
 2.978

Tabla 6.2.- Tabla de caída de voltajes JB1 escenario 1

presentes) este es el circuito que presenta la mayor caída de voltaje en el sistema (5.03%). El objetivo es obtener una caída no mayor al 6% de caída voltaje con respecto al voltaje nominal de la fuente o baterías. Los calibres mostrados cumplen con los requerimientos.

La siguiente tabla de cálculo (Escenario 4) en iguales condiciones a la anterior, pero con un calibre de menor diámetro 16 AWG en el circuito H1.

Derivación	Dr	Costo	Distancia (mm)	Corriente In (A)	Corriente Is (A)	R.L (Ohm/m)	Caída Voltaje (V) circuitos	Calibre Cable	L.n	IR (ic) = (L.n)	r'n	Caída voltaje (V) Inanexo	Voltaje puntos de Flujo	Voltaje nominal	% Caída Vn (24VDC)
Breaker 1	JB1		775												
1	JB1	A1	724		0.670	0.006148		12 AWG	96138	58.548	1.17%	0.076	23.638		
		A1													
		ARM1	ARM1	1900	0.670	0.006725	0.024	16 AWG					23.936	23.936	1.52%
		ARM2	ARM2	3600	0.670	0.006725	0.029	16 AWG					23.907	23.907	1.68%
		ARM3	ARM3	3800	0.670	0.006725	0.014	16 AWG					23.193	23.193	1.70%
2	AI	B1	5700		0.090	0.006348		12 AWG	90430	8.139	1.08%	0.083	23.546		
		B1	18006		0.090	0.006725	0.005	16 AWG					23.171	23.171	1.79%
3	BI	CI	12819		0.155	0.006148		12 AWG	77611	17.030	1.931	0.171	23.465		
		CI	FD11856		0.155	0.006725	0.072	16 AWG					23.893	23.893	2.33%
4	CI	DI	4886		0.155	0.006148		12 AWG	72925	11.303	1.77%	0.064	23.951		
		DI	FD11857		0.155	0.006725	0.006	16 AWG					23.845	23.845	1.73%
5	DI	E1	24273		0.155	0.006148		12 AWG	48717	9.551	1.621	0.231	23.187		
		E1	FD11857		0.155	0.006725	0.010	16 AWG					23.110	23.110	1.71%
6	E1	F1	1244		0.090	0.006148		12 AWG	47575	4.282	1.531	0.089	23.111		
		F1	18005		0.090	0.006725	0.003	16 AWG					23.109	23.109	1.71%
7	F1	G1	4889		0.155	0.006348		12 AWG	82708	6.620	1.37%	0.032	23.089		
		G1	FD11851		0.155	0.006725	0.006	16 AWG					23.074	23.074	1.88%
8	BI	H1	5834		0.530	0.006348		12 AWG	38872	21.380	1.17%	0.078	23.062		
		H1	GD11843		0.530	0.006725	0.016	16 AWG					23.046	23.046	1.98%
		H1	GD11844		0.275	0.006725	0.023	16 AWG					23.013	23.013	4.11%
9	BI	I1	8777		0.705	0.006725		16 AWG	34870	21.587	1.879	0.078	23.050		
		I1	GD11845		0.705	0.006725	0.020	16 AWG					23.070	23.070	3.87%
		I1	GD11846		2.808	0.006725	0.489	16 AWG					22.705	22.705	5.89%
		I1	GD11846		5.234	0.006725	0.258	16 AWG					23.128	23.128	1.94%
		I1	FD11856		2.330	0.006725	0.037	16 AWG					22.791	22.791	1.11%
10	BI	J1	8981		0.155	0.006148		12 AWG	21635	1.353	1.034	0.087	23.187		
		J1	FD11850		0.155	0.006725	0.012	16 AWG					23.175	23.175	1.44%
11	J1	K1	6189		0.155	0.006148		12 AWG	25243	1.363	1.189	0.081	23.218		
		K1	FD11854		0.155	0.006725	0.012	16 AWG					23.256	23.256	3.16%
12	K1	L1	9074		2.525	0.006348		12 AWG	6224	11.718	1.714	0.132	23.407		
		L1	SAMJ		2.525	0.006725	0.396	16 AWG					23.004	23.004	4.15%
		L1	FD11853		0.166	0.006725	0.022	16 AWG					23.002	23.002	1.20%
L	BI		6224												

Tabla 6.4.- Tabla de caída de voltajes JB1 escenario 4

Ahora si cambiamos el calibre de todo el anillo de JB1. En ambas tablas se aprecia una caída mayor al 6% del voltaje nominal. El voltaje de llegada a los equipos no baja de 22 VDC y 21 VDC respectivamente, aun cuando el voltaje de los equipos tiene un rango de trabajo de 18-30 VDC sobrepasa el voltaje de diseño de caída permisible.

Derivacion	De	Costa	Distancia (mm)	Corriente (A)	Coeficiente t (A)	R.L (Ohm/m)	Caida Voltaje (V)	Calibre Cable	L.n	Ø (in) = (L.n)	f.n	Caida voltaje (V) tramos	Voltaje puntos V. final	Voltaje equipos	% Caída Vn (24VDC)
Breaker 1	JB1		7.750												
1	A1		774		0.009	0.009755		14 AWG	961.88	51.548	1.176	0.025	23.649		
	A1	ARM1	1900	0.600		0.009755	0.023	14 AWG						23.676	1.56%
		ARM3	3400	0.400		0.009755	0.029	14 AWG						23.598	1.86%
		ARM2	3600	0.200		0.009755	0.014	14 AWG						23.584	1.73%
2	B1		5.700		0.000	0.009755		14 AWG	204.30	4.330	1.080	0.231	23.518		
	B1	DC06	2560	0.090		0.009755	0.005	14 AWG						23.514	2.02%
3	C1		12800		0.155	0.009755		14 AWG	7.761.1	11.030	0.931	0.272	23.247		
	C1	FD11856	6000	0.155		0.009755	0.012	14 AWG						23.234	3.19%
4	D1		4680		0.155	0.009755		14 AWG	7.29.25	11.203	0.776	0.085	23.163		
	D1	FD11852	2000	0.155		0.009755	0.006	14 AWG						23.155	3.52%
5	E1		74.200		0.155	0.009755		14 AWG	6.971.7	7.941	0.621	0.464	17.695		
	E1	FD11857	3340	0.155		0.009755	0.010	14 AWG						21.785	5.08%
6	F1		1340		0.090	0.009755		14 AWG	4.75.75	3.082	0.531	0.014	22.781		
	F1	DC05	1540	0.090		0.009755	0.003	14 AWG						22.779	5.09%
7	G1		4860		0.155	0.009755		14 AWG	42.708	1.620	0.376	0.050	22.731		
	G1	FD11891	2000	0.155		0.009755	0.004	14 AWG						22.725	5.31%
8	H1		3.900		0.550	0.009755		14 AWG	3887.2	21.380	0.114	0.028	22.703		
	H1	GC11843	1510	0.550		0.009755	0.016	14 AWG						22.686	5.47%
		GC11844	8050	0.275		0.009755	0.233	14 AWG						22.554	5.61%
9	I1		8.750		0.205	0.009755		14 AWG	308.20	7.587	0.829	0.028	22.721		
	I1	GC11845	1460	0.205		0.009755	0.020	14 AWG						22.711	5.87%
		GC11846	8870	2.800		0.009755	0.485	14 AWG						22.226	7.39%
		FD11886	5234	2.525		0.009755	0.238	14 AWG						22.988	6.47%
		SAVD2	800	2.370		0.009755	0.037	14 AWG						21.911	8.52%
10	J1		8.980		0.255	0.009755		14 AWG	210.30	3.253	1.034	0.154	22.860		
	J1	FD11890	4000	0.155		0.009755	0.012	14 AWG						22.872	4.70%
11	K1		6.590		0.255	0.009755		14 AWG	152.43	1.343	1.189	0.189	23.074		
	K1	FD11854	4000	0.155		0.009755	0.012	14 AWG						21.902	4.16%
12	L1		9010		2.525	0.009755		14 AWG	6.224	1.710	2.714	0.300	23.263		
	L1	SAW1	8040	2.525		0.009755	0.994	14 AWG						22.277	4.89%
		SAW2	4000	0.155		0.009755	0.012	14 AWG						22.915	4.98%
13	M1		6.224												

Tabla 6.5.- Tabla de caída de voltajes JB1 escenario 4

De los cálculos se selecciona que el calibre del cable es 12 AWG en el anillo con ramificaciones de 14AWG y 12 AWG en el circuito H1.

6.2.5 Caída de voltaje Arreglo anillo JB2 Nivel Inferior

El segundo arreglo utilizando los datos del metrado en el plano PNR-A3-F&G-004-H02 que consideran la altura de elevación de los soportes y distancias propios del montaje del equipo. En el plano se ubican 9 puntos o derivaciones a cada uno de los circuitos (Cada punto equivale a un circuitos formado por uno o más equipos).

Análogamente al caso anterior se muestra la siguiente tabla de cálculo (Escenario 1) se considera que el sistema se energiza desde la fuente principal del sistema (27 VDC voltaje nominal) y sin las alarmas presentes.

LT2		BIB07																
Derivacion	De	Hasta	Distancia (mm)	Corriente Io (A)	Corriente Is (A)	R.L (Ohm/m)	Caída Voltaje (V)	Calibre	Ln	M (A) a (Lm)	Is	Caída voltaje (V) transm.	Voltaje puntos V (V)	Voltaje equipos	% Caída Vn (24VDC)			
Branch 2	JB2																	
1	A2		5470		0.155	0.000348		12 AWG	75.177	4.146	1.244	0.087	26.548					
	A2	IDC04	1300	0.055		0.000755	0.001	14 AWG						26.547	1.67%			
2	A2	B2	5708		0.225	0.000148		12 AWG	69.679	29.428	0.819	0.087	26.481					
	B2	FD11849	2728	0.425		0.000755	0.023	14 AWG						26.458	2.01%			
		GD11874	4994	0.270		0.000755	0.023	14 AWG						26.455	2.09%			
3	B2	C2	3244		0.080	0.000148		12 AWG	66.721	3.986	0.779	0.083	26.448					
	C2	SAND1	3789	0.080		0.000755	0.004	14 AWG						26.444	2.09%			
4	C2	D2	11285		0.425	0.000148		12 AWG	55.190	23.428	0.334	0.186	26.344					
	D2	GD11841	4101	0.425		0.000755	0.084	14 AWG						26.310	2.56%			
		GD11841	3085	0.155		0.000755	0.010	14 AWG						26.300	2.59%			
5	D2	E2	11578		0.425	0.000348		12 AWG	42.587	18.525	0.091	0.040	26.296					
	E2	GD11847	1647	0.425		0.000755	0.024	14 AWG						26.282	2.64%			
		GD11847	5394	0.155		0.000755	0.016	14 AWG						26.266	2.72%			
6	E2	F2	12377		0.055	0.000348		12 AWG	312.201	1.717	0.146	0.014	26.310					
	F2	IDC03	1200	0.055		0.000755	0.001	14 AWG						26.309	2.56%			
7	F2	G2	13680		0.270	0.000348		12 AWG	173.501	4.758	0.116	0.023	26.334					
	G2	GD11840	1200	0.270		0.000755	0.006	14 AWG						26.318	2.69%			
8	G2	H2	14995		1.080	0.000348		12 AWG	158.121	17.107	1.496	0.009	26.348					
	H2	GD11815	8428	1.080		0.000755	0.133	14 AWG						26.208	3.93%			
		GD11815	4924	0.810		0.000755	0.088	14 AWG						26.189	3.19%			
		GD11835	5258	0.540		0.000755	0.053	14 AWG						26.084	3.36%			
		GD11837	4863	0.270		0.000755	0.021	14 AWG						26.059	3.48%			
9	H2	I2	4536		0.155	0.000148		12 AWG	112.881	1.742	1.251	0.085	26.428					
	I2	FD11814	1780	0.155		0.000755	0.004	14 AWG						26.424	2.19%			
		J2	11289															
							2.930											

Tabla 6.6.- Tabla de caída de voltajes JB2 escenario 1

Las siguientes tablas de cálculo en el escenario 4 para dimensionar el calibre del cable.

De los cálculos se selecciona que el calibre del cable es 12 AWG en el anillo con ramificaciones de 14AWG. La caída de voltaje superior a 6% no permite que el calibre del cable en el anillo JB2 sea de 14AWG.

12.2 JB2

Descripción	De	Hacia	Distancia (mm)	Corriente de (A)	Corriente de (A)	R.L (Ohm/m)	Caída Voltaje (V)	Cable	Ln	SA (k) x (Ln)	Fa	Caída voltaje (V)	Voltaje puntal (V)	Voltaje equipotencial	% Caída Vn (240/DC)
Breaker 2	JB2														
1 JB2	A2		5470		0.090	0.006148	12 AWG	75377	6.788	3.168	0.219	23.154			
	A2	IDC04	1300	0.080		0.009755	14 AWG	2.002					23.152	2.57%	
2 B2	B2		4700		0.430	0.009755	12 AWG	65628	29.952	2.738	0.151	22.801			
	B2	FD11809	2720	0.430		0.009755	14 AWG	0.023				22.779	5.08%		
	FD11809	GD11824	4394	0.275		0.009755	14 AWG	0.024				22.755	5.19%		
3 B2	C2		3244		2.370	0.006148	12 AWG	66425	157.427	0.368	0.109	22.823			
	C2	SAM07	3790	1.370		0.009755	14 AWG	2.170				22.847	5.66%		
4 C2	D2		11235		0.430	0.006148	12 AWG	55190	23.732	0.062	0.051	22.772			
	D2	GD11841	4100	0.430		0.009755	14 AWG	2.034				22.737	5.20%		
	GD11841	FD11807	3285	0.155		0.009755	14 AWG	2.010				22.727	5.20%		
5 E2	E2		11593		0.430	0.006148	12 AWG	48297	18.747	0.482	0.000	22.781			
	E2	GD11842	1642	0.430		0.009755	14 AWG	2.014				22.767	5.14%		
	GD11842	FD11808	6200	0.154		0.009755	14 AWG	2.004				22.760	6.22%		
6 B2	F2		12377		0.090	0.006148	12 AWG	31220	2.810	0.582	0.071	22.855			
	F2	IDC03	1200	0.090		0.009755	14 AWG	2.002				22.858	4.78%		
7 F2	G2		18600		0.275	0.006148	12 AWG	17530	4.823	0.817	0.084	22.863			
	G2	GD11840	1200	0.275		0.009755	14 AWG	2.000				22.847	4.39%		
	H2		1690		1.100	0.006148	12 AWG	15635	17.418	1.937	0.021	22.373			
	H2	GD11815	6474	1.100		0.009755	14 AWG	2.130				22.807	6.06%		
8 C2		GD11815	4324	0.825		0.009755	14 AWG	3.077				22.763	5.15%		
		GD11815	5214	0.580		0.009755	14 AWG	2.195				22.707	5.08%		
		GD11817	4662	0.275		0.009755	14 AWG	2.031				22.882	5.49%		
		GD11837	4662	0.275		0.009755	14 AWG	2.031				22.882	5.49%		
9 F2	I2		4530		0.155	0.006148	12 AWG	31239	1.742	2.113	0.111	23.382			
	I2	FD11814	1200	0.155		0.009755	14 AWG	2.004				23.078	3.84%		
I2	JB2		11235												
						5.370									

Tabla 6.7- Tabla de caída de voltajes JB2 escenario 4

12.2 JB2

Descripción	De	Hacia	Distancia (mm)	Corriente de (A)	Corriente de (A)	R.L (Ohm/m)	Caída Voltaje (V)	Cable	Ln	SA (k) x (Ln)	Fa	Caída voltaje (V)	Voltaje puntal (V)	Voltaje equipotencial	% Caída Vn (240/DC)
Breaker 2	JB2														
3 JB2	A2		5470		0.090	0.006148	12 AWG	75377	6.788	3.168	0.219	23.154			
	A2	IDC04	1300	0.080		0.009755	14 AWG	2.002					23.152	2.58%	
2 A2	B2		4700		0.430	0.009755	12 AWG	65628	29.952	2.738	0.151	22.801			
	B2	FD11809	2720	0.430		0.009755	14 AWG	0.023				22.779	5.08%		
	FD11809	GD11824	4394	0.175		0.009755	14 AWG	0.024				22.755	5.19%		
3 B2	C2		3244		2.370	0.006148	12 AWG	66425	157.427	0.368	0.109	22.823			
	C2	SAM01	3790	1.370		0.009755	14 AWG	2.170				22.852	6.45%		
4 C2	D2		11235		0.430	0.006148	12 AWG	55190	23.732	0.062	0.051	22.547			
	D2	GD11841	4100	0.430		0.009755	14 AWG	2.034				22.812	6.23%		
	GD11841	FD11807	3285	0.154		0.009755	14 AWG	2.010				22.801	6.28%		
5 D2	E2		11593		0.430	0.006148	12 AWG	48297	18.747	0.482	0.014	22.561			
	E2	GD11842	1642	0.430		0.009755	14 AWG	2.014				22.567	6.07%		
	GD11842	FD11808	6200	0.154		0.009755	14 AWG	2.004				22.571	6.17%		
6 D2	F2		12377		0.090	0.006148	12 AWG	31220	2.810	0.582	0.119	22.680			
	F2	IDC03	1200	0.090		0.009755	14 AWG	2.002				22.678	5.54%		
7 F2	G2		18600		0.275	0.006148	12 AWG	17530	4.823	0.817	0.155	22.835			
	G2	GD11840	1200	0.275		0.009755	14 AWG	2.000				22.870	6.09%		
8 C2	H2		1690		1.100	0.006148	12 AWG	15635	17.418	1.937	0.021	22.804			
	H2	GD11815	6474	1.100		0.009755	14 AWG	2.130				22.716	5.81%		
		GD11815	4324	0.825		0.009755	14 AWG	3.077				22.856	5.68%		
		GD11817	4662	0.275		0.009755	14 AWG	2.031				22.880	5.88%		
9 H2	I2		4530		0.155	0.006148	12 AWG	31239	1.742	2.113	0.175	23.095			
	I2	FD11814	1200	0.155		0.009755	14 AWG	2.004				23.095	6.07%		
I2	JB2		11235												
						5.370									

Tabla 6.8.- Tabla de caída de voltajes JB2 escenario 4

6.2.6 Caída de voltaje Arreglo anillo JB3 Nivel de Cabezales

El tercer arreglo utilizando las distancias del metrado en el plano PNR-A3-F&G-004-H03 considerando la altura de elevación de los soportes y distancias propios del montaje del equipo. En el plano se ubican 4 puntos o derivaciones a cada uno de los circuitos.

Se muestra la siguiente tabla de cálculo (Escenario 1) se considera que el sistema se energiza desde la fuente principal del sistema (27 VDC voltaje nominal) y sin las alarmas presentes.

Conductor	No	Medida	Distancia (mm)	Corriente I ₁ (A)	Corriente I ₂ (A)	RI (Ω/m)	Caída voltaje (V)	Calibre	I ₁	M (k) x (L.A)	I ₂	Caída voltaje (V) Resistor	Voltaje puntos (V)	Voltaje equipos	% Caída Vn (V/Vn)
Arreglo 3	JB3														
1	JB3	A3	683		0.270	0.002755		16 AWG	29730	9.329	0.263	0.0717	26.703		
		A4	683	0.270		0.002755	0.0074	16 AWG						26.774	0.00%
2	A3	B3	940		0.270	0.002755		16 AWG	23280	5.470	-0.002	0.0492	26.733		
		B4	940	0.270		0.002755	0.0074	16 AWG						26.774	1.00%
3	B3	C3	1284		0.225	0.002755		16 AWG	17040	5.530	0.127	0.0001	26.723		
		C4	1284	0.225		0.002755	0.0074	16 AWG						26.774	1.00%
		CULI034	1000	0.050		0.002755	0.0074	16 AWG						26.718	1.00%
4	C3	D3	1461		0.055	0.002755		16 AWG	11590	0.630	-0.582	-0.0347	26.768		
		D4	1461	0.055		0.002755	0.0074	16 AWG						26.704	0.05%
		D3	1150		0.220										
					0.220										

Tabla 6.9.- Tabla de caída de voltajes JB3 escenario 1

Las siguientes las tablas de cálculo en el escenario 4 para dimensionar el calibre del cable. Se observa que la caída de voltajes con cables de 16 AWG está dentro de las condiciones de diseño, por lo tanto se realizar el cambio para el cable del anillo de la caja JB3. El calibre aun puede disminuir más el diámetro, pero se considera por diseño no utilizar calibre menor calibre a 16 AWG.

Voltaje Bateria (VDC)	De	Distancia (mm)	Corriente It (A)	R.L (Ohm/m)	Caida Voltaje (V)	Calibre	Voltaje JB	Caida de Voltaje (%)
24	Tramo a JB1	7659	5.499	0.003868	0.326	10 AWG	23.6742	1.36%
24	Tramo a JB2	15083	5.370	0.003868	0.627	10 AWG	23.3734	2.61%
24	Tramo a JB3	20461	1.005	0.006148	0.253	14 AWG	23.7472	1.05%
24	Tramo a JB4	200	1.060	0.009755	0.004	16 AWG	23.9959	0.02%
12.934								

Tabla 6.13.- Tabla de caída de voltajes de tablero a JB escenario 4

Aquí se ve la distribución desde el tablero principal hacia las cajas de distribución JB1, JB2 y JB3 en ambos casos con fuente de alimentación y con baterías de respaldo. Los calibres seleccionados cumplen con los requisitos en el criterio de caída de voltaje.

6.3 CABLES DE ENERGÍA Y COMUNICACIÓN

6.3.1 Cables de Energía

Los cables de energía serán de bajo voltaje (600 V) dado que el sistema de gas y fuego se considera dentro del campo de la instrumentación industrial. Tanto los cables de señal y energía será cable armado (cables con recubrimiento de metal flexible) inmune a las interferencias o ruido y el ambiente hostil. Los cables desde el tablero hasta los equipos en campo serán cablea armados para ambientes Clase 1, División I y II.

Estimando la cantidad de cable necesario, tipo y modelo:

Equipo	Cantidad Módulos	Long. Estimado por módulo (m)	Longitud Requerida (+30%)	Calibre
Modulo SAM, IDC	12	1.5	23.40	16 AWG
Modulo SAM	1	2.5	3.25	14 AWG
Modulo ARM	3	6	23.40	16 AWG

Tabla 6.14.- Estimado de cable armado para conexionado en módulos

Se debe considerar un 30% adicional por perdidas en conexionado

Cable	Longitud Calculada (m)	Conductores	Modelo
Cable calibre 16 AWG	108.03	4x16 AWG	9350.1604001
Cable calibre 14 AWG	164.82	2x14 AWG + 14(T)AWG	9500.0140211
Cable calibre 12 AWG	229.58	2x12 AWG + 14(T)AWG	9500.0120211
Cable calibre 10 AWG	29.56	2x10 AWG + 14(T)AWG	9500.0100211

Tabla 6.14.- Estimado de cable armado estimado total

Los modelos y referencia de los valores son tomados del fabricante General Cable. Los cables utilizados son cables armados aprobados para aplicaciones en plataforma petroleras (Offshore) y para uso en atmosferas peligrosas Clase 1, División 1 o Zona 1 y 2 de acuerdo a las especificaciones de la NEC501, 502.

Los cables para el conexionado entre el controlador y los módulos internos en el tablero del sistema de gas y fuego.

Equipo	Cantidad Módulos	Long. Estimado módulo x conductor(m)	Longitud Requerida (+30%)	Tipo
Modulo Controlador	1	40	52.00	1x16AWG
Modulo I/O EDIO	1	50	65.00	1x16AWG

Tabla 6.15.- Estimado de cable conductor estimado total

6.3.2 Cables de Comunicación

Los cables de comunicación serán de bajo voltaje (600 V) dado que el sistema de gas y fuego se considera dentro del campo de la instrumentación industrial. Los cables de señal y energía serán cable armado (cables con recubrimiento de metal flexible) inmune a las interferencias o ruido y el ambiente hostil. Los cables desde el tablero hasta los equipos en campo serán cablea armados para ambientes Clase 1, División I y II.

El estimado considerando la arquitectura del sistema en el plano PNR-A3-F&G-001-H01 que indica una topología en forma de anillo para todos los equipos.

De	Hasta	Tramo (mm)
TAB-FG	JB1	3016
JB1	IDC-7-8-9	2043
IDC-7-8-9	ARM 1-3	3500
ARM 1-3	IDC6	9932
IDC6	FD11856	20957
FD11856	FD11852	10686
FD11852	FD11857	27610
FD11857	IDC5	7142
IDC5	FD11851	8267
FD11851	GD11843	6436
GD11843	GD11844	6850
GD11844	GD11845	13502
GD11845	GD11846	8871
GD11846	FD11855	2911
FD11855	SAM2	6000
SAM2	FD11850	17133
FD11850	FD11854	8792
FD11854	SAM3	17062
SAM3	FD11853	7911
FD11853	JB1	21454
JB1	JB3	13148
JB3	GD11823	12535
GD11823	GD11839	6832
GD11839	GD11838	5016
GD11838	IDC1	11890
IDC1	IDC2	4866
IDC2	JB3	14869
JB3	JB2	13263
JB2	FD11814	13263
FD11814	GD11815	12324
GD11815	GD11835	5270
GD11835	GD11837	4312
GD11837	GD11836	3298
GD11836	GD11840	12644
GD11840	IDC3	16090
IDC3	GD11842	15219

GD11842	FD11848	5394
FD11848	GD11841	20330
GD11841	FD11847	4485
FD11847	SAM1	21319
SAM1	GD11824	15231
GD11824	JB2	8598
JB2	JB1	7494
JB1	TAB	9559
		467324

Tabla 6.16.- Metrado cables de comunicación

El estimado de cable armado de comunicación ser por lo tanto un adicional de 30% sobre el metrado, en total 608 m.

6.4 SELECCIÓN DE FUENTE/CARGADOR DEL SISTEMA

6.4.1 Tecnología

La tecnología será ferorrresonante con regulación de voltaje.

6.4.2 Potencia

La potencia o capacidad de entrega de corriente de la fuente será la mínima necesaria para alimentar todo el circuito del sistema a partir del cálculo de la carga. Según el cálculo de cargas en la tabla 6.2 se necesita una corriente de 33.794 A para energizar el sistema y la vez cargar a las baterías. Para asegurar una futura ampliación se considera se considera un 50% de carga adicional. En total la potencia de entrega a la fuente será de un mínimo de 50A.

6.4.3 Voltaje de Entrada y Salida

Voltaje nominal de entrada será de 240 VAC \pm 10%, 60 Hz con un consumo no mayor a 240 W. La salida será de 50A a 24 VDC, voltaje de salida de variable 24.5 a 28 VDC.

6.5 SELECCIÓN DE BATERÍAS DE RESPALDO

6.5.1 Ubicación

Las baterías se ubicaran en un tablero independiente contiguo al panel del sistema de gas y fuego.

6.5.2 Tecnología

Las baterías serán libres de mantenimiento y certificadas TUV libres de emisión de gases tóxicos que puedan afectar al personal. Baterías selladas de plomo-acido.

6.5.3 Capacidad

De las tablas 6.1 y 6.2 se obtiene la capacidad para cumplir con el cálculo de cargas 105 AH@20Hr-rate. En total se necesitan 16 unidades de 12 VDC, en serie para obtener 24 VDC entre los terminales.

CAPITULO VII: OPERACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA DE GAS Y FUEGO

7.1 OPERACIÓN DEL SISTEMA DE GAS Y FUEGO

7.1.1 Encendido del sistema de gas y fuego

El tablero del sistema de gas y fuego **TAB-F&G-01** ubicado en Sala de Control cuenta con llaves termomagnéticas (I1-I7) ubicadas en forma ascendente de izquierda a derecha.

I1	Llave general de entrada de 220 VAC para fuente/cargador en el tablero
I2	Llave de entrada de 24 VDC desde fuente/cargador
I3	Llave para detectores del nivel de cabezales JB-01
I4	Llave para detectores del nivel inferior JB-02
I5	Llave para detectores del nivel superior JB-03
I6	Llave de relés de aislamiento de salida para el DCS
I7	Llave de baterías de respaldo 24VDC

Tabla 7.1.- Relación de interruptores tablero del sistema

Para el encendido del sistema con los todos las llaves abajo:

- Levantar la llave termomagnética I1 para encender la fuente/cargador VDC de la parte inferior del tablero. Esperar unos 15 segundos para

esperar que se establezca la fuente y la pantalla indique la tensión de 27 o 26.6 VDC.

- Levantar la llave de entrada de I2, esto encenderá el controlador y los módulos del tablero. Esperar hasta que el controlador se establezca unos 10 segundos.
- Levantar las llaves I3, I4, I5 e I6 de forma secuencial y con un intervalo de 2 segundos.
- Esperar unos 30 segundos para que el controlador reconozca todos los equipos conectados al sistema y presionar el botón RESET para borrar las alertas. Si las alarmas siguen presentes esperar 30 segundos adicionales y volver a presionar el botón RESET.
- El led rojo del módulo PSM-1 deberá parpadear, si esta parpadearo levantar llave I7, de lo contrario esperar hasta que el led comience a parpadear para levantar la llave. Una vez se encuentre levantada la llave el parpadeo desaparecerá automáticamente después de unos minutos.
- Por último una vez apagado el led rojo del módulo PSM-1 y sin otras alarmas presentes en el sistema presionar el botón RESET del controlador EQP. El sistema no deberá presentar alarmas ejecutado estas instrucciones.
- En estado normal solo el led verde "Power" del controlador EQP debe estar encendido.
- En estado normal el led verde "AC" (entrada de 22VAC normal) y rojo "VOLT" (salida de voltaje DC normal) deben estar encendidos y el voltaje de pantalla en 27VDC de la fuente/cargador.

7.1.2 Apagado del sistema de gas y fuego

Para el apagado del sistema seguir los siguientes pasos:

- Bajar llave 17 para impedir que el voltaje de las baterías siga alimentando a los equipos del sistema. Las baterías tienen la capacidad de operar todo el sistema durante 90 horas en estado normal sin alarmas más 10 minutos con todas las alarmas sonoras y visuales del sistema encendidas al mismo tiempo. La energía de respaldo entra automáticamente cuando falla el suministro de 220VAC.
- Bajar las llaves 13, 14, 15 e 16 de forma secuencial y con un intervalo de 2 segundos.
- Bajar la llave 12 para apagar el controlador.
- Por último bajar la llave 11 para desenergizar todo el tablero.

7.1.3 Operación del detector de fuego

Los detectores de fuego o flama cuentan con un led multicolor para indicar su estado.

- En el caso de operación normal el led se enciende en verde.
- En el caso de detección de alarma de fuego el led se enciende en rojo.
- En el caso de falla el led se enciende en ámbar.

7.1.4 Operación del detector de gas

Los detectores de gas cuentan con un led multicolor para indicar su estado.

- En el caso de operación normal el led se enciende en verde.

- En el caso de alcanzar el nivel de alarma baja de gas el led se parpadea en rojo.
- En el caso de alcanzar el nivel de alarma alta de gas el led se enciende en rojo.

7.1.5 Operación del modulo SAM

Los módulos SAM cuentan con tres (3) leds para indicar su estado.

- En el caso de operación normal el led verde esta encendido.
- En el caso de falla del módulo el led rojo parpadea. La falla podría ser un problema con el conexionado interno, retiro de la resistencia de fin de línea o cables de comunicación dañados.
- En el caso de falla de la electrónica del módulo el led ámbar se enciende y se debe reemplazar el módulo.

7.1.6 Operación del modulo IDC

Los módulos IDC cuentan con tres (3) leds para indicar su estado.

- En el caso de operación normal el led verde esta encendido.
- En el caso de activarse la estación manual o confirmación de apertura de la válvula de diluvio el led rojo se enciende.
- En el caso de falla del módulo el led rojo parpadea. La falla podría ser un problema con el conexionado interno, retiro de la resistencia de fin de línea o cables de comunicación dañados.
- En el caso de falla de la electrónica del módulo el led ámbar se enciende y se debe reemplazar el módulo.

7.1.7 Operación del modulo ARM

Los módulos ARM cuentan con tres (3) leds para indicar su estado.

- En el caso de operación normal el led verde esta encendido.
- En el caso de detectarse fuego o activar la alarma shutdown el led rojo se enciende dado que energiza la válvula solenoide para abrir las válvulas de diluvio.
- En el caso de falla del módulo el led rojo parpadea. La falla podría ser un problema con el conexionado interno, retiro de la resistencia de fin de línea o cables de comunicación dañados.
- En el caso de falla de la electrónica del módulo el led ámbar se enciende y se debe reemplazar el módulo.

7.1.8 Operación del modulo EDIO

El módulo EDIO cuenta con tres (3) leds pequeños para indicar su estado. Además de tres leds adicionales por canal en cada uno de sus 8 canales.

- En el caso de operación normal el led verde esta encendido.
- En el caso de falla del módulo el led rojo parpadea. La falla podría ser un problema con el conexionado interno o cables de comunicación dañados.
- En el caso de llegar una señal de entrada a uno de sus canales el led rojo del canal se enciende.
- En el caso que el conexionado del canal se rompe el led ámbar del canal se enciende o si la resistencia de monitoreo se retira.

7.1.9 Operación del modulo PSM

El módulo PSM cuenta con tres (3) leds para indicar su estado.

- En el caso de operación normal el led verde esta encendido.
- En el caso de falla: de voltaje de entrada 220VAC, voltaje de la fuente de 24VDC, voltaje de las baterías, falla a tierra de los cables (+), (-) o comunicación, el led rojo parpadea.
- En el caso de falla de la electrónica del módulo el led ámbar se enciende y se debe reemplazar el módulo.

7.2 PRUEBAS DEL SISTEMA DE GAS Y FUEGO

El ensayo o prueba de funcionalidad para el sistema se realizará por partes

7.2.1 Prueba de los Detectores de Gas

Para la prueba se necesita de lo siguiente:

- Gas de calibración gas patrón certificado.
- Regulador de flujo de gas con conexión para el cilindro de gas patrón a utilizar. Rango de flujo de 0.5-5 Litros/Minuto.
- Protocolo de revisión de funcionalidad.

La prueba consiste en una lista de puntos a revisar (check list), además, reconocer la activación de la alarma baja, alta de gas en el controlador y verificar la activación de la sirena asociada al detector en prueba. Estos puntos y el orden son:

- Desenergizar los detectores de gas del nivel que se desea probar, el desenergizado es desde el tablero del sistema de gas y fuego TAB-F&G-01.
- Encender los detectores de gas desenergizados.

- Verificar que el led del detector de gas se encuentre encendido y en verde. Los detectores de gas demoran un promedio de 2 minutos en calentarse, mientras tanto el led estará encendido en ámbar.
- Aplicar gas patrón con un flujo de 1.5 litros/minuto. Si la brisa marina es intensa cubrir el filtro del sensor con un trapo para impedir que se disipe rápidamente. El valor observado en el punto anterior debe incrementarse al aplicar gas.
- Verificar encendido en rojo y parpadeo del led del detector de gas.
- Visualizar el encendido del led “Alarma Baja de Gas” (20% LEL) y a su vez un mensaje en la pantalla en el controlador. En este punto debe coincidir el tag detector de gas en prueba con el tag visualizado en la pantalla.
- Verificar que las alarmas visuales y sonoras del nivel en que se encuentra el detector en prueba se han encendido. La frecuencia de encendido de sirenas y luz serán de baja frecuencia.
- Visualizar el encendido del led “Alarma Alta de Gas” (40% LEL) y a su vez un mensaje en la pantalla en el controlador.
- Verificar que las alarmas visuales y sonoras del nivel en que se encuentra el detector en prueba se han encendido. La frecuencia de encendido de sirenas y luz serán de alta frecuencia.

7.2.2 Prueba de los Detectores de Fuego

Para la prueba se necesita de lo siguiente:

- Lámpara intrínsecamente segura para simulación del fuego
- Escalera de fibra de vidrio de 8 pasos.

- Protocolo de revisión de funcionalidad.

La prueba consiste en una lista de puntos a revisar (check list), además, reconocer la activación de alarma de fuego y verificar la activación de la sirena asociada al detector en prueba. Estos puntos y el orden son:

- Desenergizar los detectores de fuego del nivel que se desea probar, el desenergizado es desde el tablero principal TAB-F&G-01. Verificar la limpieza de los sensores ópticos y que no se encuentran obstruidos. De ser necesario se debe proceder con la limpieza de las lentes de los detectores de fuego.
- Encender los detectores de fuego desenergizados.
- Con la lámpara apuntar hacia el detector de fuego y observar que el led cambie de verde a rojo y mantenerlo por 4 segundos seguidos.
- En controlador verificar encendido del led “Alarma de Fuego” y en la pantalla observar el mensaje “Fire Alarm” con el tag del detector de fuego en prueba.

CAPITULO VIII: COSTOS

8.1 COSTOS DE INGENIERIA

Los costos de ingeniera se realizan por estimación de costos de hora-hombre que intervienen en el desarrollo del mismo. El número de horas es una promedio entre las horas de trabajo y las horas empleadas en la movilización al lugar para levantamiento de datos.

Ingeniería						
Unidad				Un		
Rendimiento				1		
Horas por día				8		
Mano de Obra				405.00	hh	10,073.22
Item	Descripción	%	Und	Cant	\$PU	Parcial
1	Ing. Senior	100%	hh	70.00	32.56	2,279.20
2	Ing. Instrumentacion y control	100%	hh	225.00	20.15	4,533.75
3	Instrumentista	100%	hh	110.00	10.94	1,203.40
4	Mecanico	100%	hh	0.00	13.44	0.00
5	Electrico	100%	hh	0.00	13.44	0.00
6	Oficial	100%	hh	0.00	9.33	0.00
7	Ayudante	100%	hh	0.00	6.86	0.00
8	Proveebista	100%	hh	36.00	10.50	378.00
Materiales						1,510.98
Item	Descripción		Und	Cant	\$PU	Parcial
1	Gastos generales oficina (15%)		Gb	0.15	10,073.22	1,510.98
Otros						3,475.26
Item	Descripción		Und	Cant	\$PU	Parcial
1	Utilidad (30%)		Gb	0.3	11,584.20	3,475.26
TOTAL						15,059.46

Tabla 8.1.- Costos de Ingeniería

8.2 COSTOS DE PROCURA DE EQUIPOS

Los costos de procura o suministros están considerados a través de suministro local por representante del fabricante de procedencia americana.

Procura de equipos					
Unidad		Un			
Rendimiento					
Horas por día					
Equipos					
Item	Descripción	Und	Cant	\$PU	Parcial
	Controlador de gas y fuego	Und	1	8,268.00	8,268.00
	Detector de fuego	Und	12	3,612.00	43,344.00
	Detector de gas	Und	15	2,575.00	38,625.00
	Soporte detector de fuego	Und	12	436.00	5,268.00
	Modulo ARM	Und	3	1,392.00	4,176.00
	Modulo SAM	Und	3	1,292.00	3,876.00
	Modulo IDC	Und	9	1,292.00	11,628.00
	Valvulas solenoide de bajo consumo	Und	3	750.00	2,250.00
	Valvula de diluvio (incluye presostato)	Und	3	15,250.00	45,750.00
	Alarma visual	Und	3	857.00	2,571.00
	Alarma sonora	Und	3	1,714.00	5,142.00
	Software de configuracion	Und	1	2,774.00	2,774.00
	Fuente/Cargador	Und	1	7,980.00	7,980.00
	Modulo de monitoreo de energia (PSM)	Und	1	1,612.00	1,612.00
	Modulo I/O (EDIO)	Und	1	2,570.00	2,570.00
	Laser para detectores de fuego (alineado)	Und	1	746.00	746.00
	Retenedor de laser (prueba)	Und	1	643.00	643.00
	Lampara intrinsecamente segura (prueba)	Und	1	7,895.00	7,895.00
	Estacion manual Eex	Und	1	1,378.00	1,378.00
TOTAL					196,496.00

Tabla 8.2.- Costos de suministro de equipos

8.3 COSTOS DE MONTAJE Y TENDIDO DE CABLES

Los costos consideran personal costos de hora-hombres que incluye los costos por el uso de herramientas o equipos de prueba a excepción de los adquiridos especialmente por el proyecto por el usuario los cuales deben proporcionados para la instalación de ser necesario.

Montaje y Conexión de detectores en campo						
Unidad						Un
Rendimiento						1
Horas por día						8
Mano de Obra						10.10 hh
						215.96
Item	Descripción	%	Und	Cant	\$PU	Parcial
1	Ing. Senior	100%	hh	0.60	48.84	29.30
2	Ing. Supervisor	100%	hh	1.50	30.23	45.34
3	Instrumentista	100%	hh	0.50	16.41	8.21
4	Mecánico	100%	hh	2.00	13.44	26.88
5	Electrico	100%	hh	1.00	13.44	13.44
6	Oficial	100%	hh	2.00	9.33	18.66
7	Ayudante	100%	hh	2.50	6.86	17.14
8	Proyectista	100%	hh	2.00	10.50	21.00
Materiales						257.37
Item	Descripción		Und	Cant	\$PU	Parcial
1	Prensaestopas 3/4" NPT		Und	5	25	125
2	Tapones 3/4" NPT		Und	2	3.1	6.2
3	Terminales de energía y comunicación		Und	14	0.2	2.8
4	Marcadores de cables		Und	14	0.2	2.8
5	Bomeras 4 mm ²		Und	2	1.6	3.2
6	Perno de expansión 3/8"x2"		Und	4	5.4	21.6
7	Perno galvanizado con tuerca unistrut 3/8"x1.5"		Und	4	5.4	21.6
8	Plancha de acero galvanizado 1/4", 150mm x 250mm		Und	1	8.5	8.5
9	Plancha de acero galvanizado 3/16", 230mm x 164mm		Und	1	12.5	12.5
10	Canal galvanizado ranurado unistrut A-1200, 1200mm		Und	1	24	24
11	Placa de identificación, incluye sujetador		Und	1	7.5	7.5
12	Soportes U, acero galvanizado		Und	1	20.6	20.6
13	Riel		Mt	0.1	10.67	1.07
TOTAL						473.32

Tabla 8.3.- Costo unitario montaje por detector de gas o fuego

Montaje y Conexión de módulos en campo						
Unidad						Un
Rendimiento						1
Horas por día						8
Mano de Obra						10.10 hh
						215.96
Item	Descripción	%	Und	Cant	\$PU	Parcial
1	Ing. Senior	100%	hh	0.60	48.84	29.30
2	Ing. Supervisor	100%	hh	1.50	30.23	45.34
3	Instrumentista	100%	hh	0.50	16.41	8.21
4	Mecánico	100%	hh	2.00	13.44	26.88
5	Electrico	100%	hh	1.00	13.44	13.44
6	Oficial	100%	hh	2.00	9.33	18.66
7	Ayudante	100%	hh	2.50	6.86	17.14
8	Proyectista	100%	hh	2.00	10.50	21.00
Materiales						284.22
Item	Descripción		Und	Cant	\$PU	Parcial
1	Prensaestopas 3/4" NPT		Und	7	25	175
2	Tapones 3/4" NPT		Und	2	3.1	6.2
3	Terminales de energía y comunicación		Und	14	0.2	2.8
4	Marcadores de cables		Und	14	0.2	2.8
5	Bomeras 4 mm ²		Und	2	1.6	3.2
6	Perno de expansión 3/8"x2"		Und	4	5.4	21.6
7	Perno galvanizado con tuerca unistrut 3/8"x1.5"		Und	4	5.4	21.6
8	Plancha de acero galvanizado 1/4", 150mm x 250mm		Und	0.5	8.5	4.25
9	Plancha de acero galvanizado 3/16", 230mm x 164mm		Und	0.5	12.5	6.25
10	Canal galvanizado ranurado unistrut A-1200, 1100mm		Und	0.5	24	12
11	Placa de identificación, incluye sujetador		Und	0.5	7.5	3.75
12	Soportes U, acero galvanizado		Und	1	20.6	20.6
13	Riel		Mt	0.1	10.67	1.07
TOTAL						500.17

Tabla 8.4.- Costo unitario montaje por modulo en campo

Suministro y Tendido de Cables							
Unidad						Un	
Rendimiento						1	
Horas por día						8	
Mano de Obra						730.00 hh	9,059.95
Item	Descripción	%	Und	Cant	\$PU	Parcial	
1	Ing. Senior	100%	hh	0.00	48.84	0.00	
2	Ing. Supervisor	100%	hh	30.00	30.23	906.75	
3	Instrumentista	100%	hh	0.00	16.41	0.00	
4	Mecánico	100%	hh	100.00	13.44	1,344.00	
5	Electrico	100%	hh	225.00	13.44	3,024.00	
6	Oficial	100%	hh	150.00	9.33	1,399.50	
7	Ayudante	100%	hh	225.00	6.86	1,542.38	
8	Proyectista	100%	hh	0.00	10.50	0.00	
Materiales						35,778.32	
Item	Descripción		Und	Cant	\$PU	Parcial	
1	Cable armado comunicación 16 AWG (rollo 300 m)		Mt	608	19.077	11,598.61	
2	Cable armado energia 16 AWG (rollo 300 m)		Mt	110	4.240	466.40	
3	Cable armado energia 14 AWG (rollo 300 m)		Mt	165	12.833	3,080.00	
4	Cable armado energia 12 AWG (rollo 300 m)		Mt	230	15.167	3,488.33	
5	Cable armado energia 10 AWG (rollo 300 m)		Mt	30	18.067	90.00	
6	Cable unipolar energia (rollo 100 m)		Mt	120	2.5	300.00	
7	Cinta aislante		Und	20	3	60.00	
8	Cinta mastape		Und	20	1	20.00	
9	Rotulos SS316 cables		Und	100	8.5	850.00	
10	Tablero clase 1, div 1		Und	3	750	2,250.00	
11	Soporte galvanizado 1400 mm		Und	3	65	195.00	
12	Sujetadores 6" ss316		Und	200	13.5	2,700.00	
13	Cajas GUAT 3/4" NPT, EEX		Und	50	115	5,750.00	
14	Otros		Gb	1	4,929.98	4,929.98	
TOTAL						45,638.27	

Tabla 8.5.- Costo global por suministro y tendido de cables

Montaje de alarma sonora/visual							
Unidad						Un	
Rendimiento						1	
Horas por día						8	
Mano de Obra						10.00 hh	155.79
Item	Descripción	%	Und	Cant	\$PU	Parcial	
1	Ing. Senior	100%	hh	0.00	48.84	0.00	
2	Ing. Supervisor	100%	hh	1.00	30.23	30.23	
3	Instrumentista	100%	hh	1.00	16.41	16.41	
4	Mecánico	100%	hh	2.00	13.44	26.88	
5	Electrico	100%	hh	1.00	13.44	13.44	
6	Oficial	100%	hh	2.00	9.33	18.66	
7	Ayudante	100%	hh	2.00	6.86	13.71	
8	Proyectista	100%	hh	1.00	10.50	10.50	
Materiales						173.90	
Item	Descripción		Und	Cant	\$PU	Parcial	
1	Prensaestopas 3/4" NPT		Und	2	25	50.00	
3	Terminales de energia y comunicación		Und	14	0.2	2.80	
6	Perno de expansion 3/8"x2"		Und	4	5.4	21.60	
7	Perno galvanizado con tuerca unistrut 3/8"x1.5"		Und	4	5.4	21.60	
14	Otros		Gb	1	77.90	77.90	
TOTAL						329.69	

Tabla 8.6.- Costo unitario montaje por alarma sonora/visual

Suministro y Montaje del tablero del sistema						
Unidad						Un
Rendimiento						6
Horas por día						8
Mano de Obra						
				66.00	hh	
Item	Descripción	%	Und	Cant	\$PU	Parcial
1	Ing. Senior	100%	hh	0.00	48.84	0.00
2	Ing. Supervisor	100%	hh	4.00	30.23	120.90
3	Instrumentista	100%	hh	0.00	16.41	0.00
4	Mecánico	100%	hh	26.00	13.44	349.44
5	Electrico	100%	hh	36.00	13.44	483.84
6	Oficial	100%	hh	8.00	9.33	74.64
7	Ayudante	100%	hh	24.00	6.86	164.52
8	Proyectista	100%	hh	4.00	10.50	42.00
						1,145.02
Materiales						
Item	Descripción		Und	Cant	\$PU	Parcial
1	Tablero 1800mm x 600mm x 800mm		Und	2	1,620.81	1,601.84
2	Baterias 105 AH@20Hr-rate		Und	16	115.00	1,840.00
3	Bomeras 4 mm ²		Und	30	0.09	2.70
4	Bomeras de tierra 4 mm ²		Und	110	2.50	275.00
5	Bomeras porta fusible 4 mm ⁴		Und	240	3.39	804.00
6	Tope final para riel Ts35		Und	20	0.47	9.40
7	Terminales (130 unid)		Und	2	2.90	5.80
8	Interruptores termomagnéticos 2x10A		Und	5	12.85	64.25
9	Interruptores termomagnéticos 2x20A		Und	6	12.85	77.10
10	Interruptores termomagnéticos 2x32A		Und	2	12.85	25.70
11	Canaleta ranurada 40mm x 60mm x 2000mm		Und	5	39.24	196.20
12	Pambo expansion		Und	4	1	4.00
						7,895.99
TOTAL						9,041.00

Tabla 8.7.- Costo global por suministro, conexionado y montaje tableros del sistema

Los costos no consideran la logística y flete del envío de los equipos y materiales a la plataforma marina dado que es responsabilidad del usuario.

8.4 COSTOS DE PRUEBAS DE PRE-COMISIONADO, COMISIONADO Y PUESTA EN MARCHA

Los costos consideran personal costos de hora-hombres que incluye los costos por el uso de herramientas o equipos de prueba a excepción de los adquiridos especialmente por el proyecto por el usuario los cuales deben proporcionados para la instalación de ser necesario.

Pruebas de Pre-comisionado, Comisionado y Puesta en marcha						
Unidad						Un
Rendimiento						1
Horas por día						8
Mano de Obra						288.00 hh
						7,039.87
Item	Descripción	%	Und	Cant	\$PU	Parcial
1	Ing. Senior	100%	hh	32.00	48.84	1,562.88
2	Ing. Supervisor	100%	hh	72.00	30.23	2,176.20
3	Instrumentista	100%	hh	72.00	16.41	1,181.52
4	Mecanico	100%	hh	0.00	13.44	0.00
5	Electrico	100%	hh	0.00	13.44	0.00
6	Oficial	100%	hh	72.00	9.33	671.76
7	Ayudante	100%	hh	40.00	6.88	274.20
8	Proyectista	100%	hh	0.00	10.50	0.00
TOTAL						7039.87

Tabla 8.8.- Costo global de las pruebas y puesta en marcha

COSTOS GLOBALES DEL PROYECTO							
Item	Descripción	Un	Cant	CU\$	CP\$	GG	Total \$
	Etapas						
1	Incineración	Gb	1	15,059.46	15,059.46	0.00	15,059.46
2	Procura de equipo	Gb	1	196,196.00	196,196.00	0.00	196,196.00
3	Montaje y Conexión de detectores en campo	Un	27	473.32	12,779.73	6,836.67	15,616.30
4	Montaje y Conexión de módulos en campo	Un	1	506.17	7,602.60	1,012.96	11,516.56
5	Montaje de alarma sonora/visual	Un	3	329.69	989.06	629.62	1,518.08
6	Suministro y tendido de Cables	Gb	1	46,638.27	46,638.27	24,410.60	70,049.07
7	Suministro y Montaje del tablero del estacion	Gb	1	9,041.00	9,041.00	4,836.61	13,876.81
8	Pruebas de Pre-comisionado, Comisionado y Puesta en marcha	Gb	1	7,039.87	7,039.87	3,766.46	10,806.33
							538,835.62
	COSTOS GENERALES						
	Descripción	Un	Cant	CU\$	CP\$		
1	Mezclación	Und	32	220	7,040.00		
2	Alimentación personal	Dis	60	230	12,000.00		
3	Estadia personal	Dis	60	21	1,260.00		
4	Seguros	Gb	1	5,030	5,000.00		
5	Gastos Financieros (2% procura)	Gb	1	3,930	3,929.92		
6	Gastos de Oficina	Gb	1	1,244	11,244.24		
7	Imprevistos	Gb	1	150	50.00		
SUBTOTAL					40,624.16		

Tabla 8.9.- Costo global del proyecto

CONCLUSIONES

- Los sistemas de gas y fuego cumplen una función importante en el sistema de seguridad de la plataforma marina para la protección del personal, facilidades y protección de la inversión de los socios. Cuantas más capas de protección tenga el personal e instalaciones la probabilidad de pérdidas humanas y materiales será cada vez menor.
- El sistema de gas y fuego constituye una capa adicional al procedimiento de contingencia del personal en caso de emergencia. Como consecuencia se incrementará la seguridad en las instalaciones.
- El costo del proyecto \$ 338,935.62 es considerable, pero no prohibitivo para la industria del petróleo y gas con los actuales precios internacionales y el aumento de la demanda de combustible. Además el usuario tiene planeado seguir en la exploración de nuevos pozos con alta probabilidad de encontrar más reservas de gas natural.
- El sistema de gas y fuego es el primer paso para la implementación de un sistema integrado de seguridad que involucre a todo el personal de la empresa.
- La protección de las instalaciones contribuyen a la protección del medio ambiente en el marco del proceso de certificación ISO 14001 de gestión ambiental.
- La implementación del sistema contribuye al aumento de la confiabilidad de los trabajadores reflejándose en una mejor productividad.

BIBLIOGRAFIA

- ✓ **NFPA 72**, Código de Señalización y Alarmas de fuego, Asociación Nacional para la Protección contra el Fuego, USA.
- ✓ **NFPA 70**, Código Eléctrico Nacional (NEC), Asociación Nacional para la Protección contra el Fuego USA.
- ✓ **ASME/ANSI B16.5** Estándar de Conexiones bridadas y accesorios, Instituto Nacional de Estándares americanos, USA.
- ✓ **API RP 14C** Practicas Recomendadas para el Análisis, Diseño y Prueba de loa sistemas de los sistema de superficie en plataformas de producción marina, Instituto Americano del Petróleo, USA.
- ✓ **API RP 14F** Prácticas Recomendadas para el Diseño e Instalación de sistemas Eléctricos para plataformas de producción marina, Instituto Americano del Petróleo, USA
- ✓ **API RP 500** Clasificación de Lugares para instalaciones Eléctricas en instalaciones de Petróleo clasificadas como Clase 1, División 1 y División 2, Instituto Americano del Petróleo, USA
- ✓ **ISA S5.1**, Estándar de Símbolos de instrumentación e Identificación, Asociación, USA.
- ✓ **NRF-210-PEMEX**, sistemas de gas y fuego en detección de alarmas, Petrolera Pemex, México.
- ✓ **Desarrollo del índice de probabilidad de errores humanos en la evacuación de plataformas marinas**, Departamento de Ingeniería de Procesos y Ciencias de la Universidad de Dalhousie, Canadá
- ✓ **Tecnología Eléctrica**, Mujal Rosas, Universidad Politécnica de Cataluña, España.
- ✓ **Encuesta de sistemas de tecnología SCADA y Disponibilidad en la industria del Gas y Petróleo**, Universidad de Missouri, USA
- ✓ **Artículo sobre la perspectiva de Riesgos en fuegos en plataformas marinas**, Universidad de Stanford, USA
- ✓ **Minimización de pérdidas en eventos de riesgo en operación de plataformas marinas**, Universidad Autónoma Metropolitana, México.

10

9

8

7

6

5

4

3

2

MESA SUPERIOR

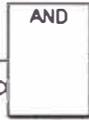
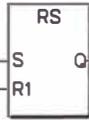
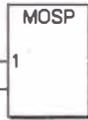
F

Activar Alarma Visual
XA-11871

Activar Alarma Sonora
XA-11870

E

FIREAL GRAL



XA-11871.Activate 120 bpm

XA-11870.Activate 120 bpm

D

GD-11843.High Alarm
GD-11844.High Alarm
GD-11845.High Alarm
GD-11846.High Alarm
HS-11864.Channel Active
HS-11865.Channel Active
SHUTDW-GRAL.Channel Active



Activar Alarma Visual
XA-11871

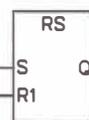
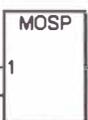
XA-11871.Activate 60 bpm

C

GD-11843.Low Alarm
GD-11844.Low Alarm
GD-11845.Low Alarm
GD-11846.Low Alarm
DH-SC-HON.Channel Active



False

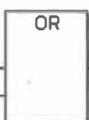


Activar Alarma Sonora
XA-11870

XA-11870.Activate 60 bpm

B

Reset Alarma Sonora y Visual
General
EQP-FG.Reset Button

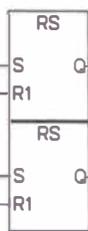


SILEN-SIR-MS

Pulsado boton silenciar alarma
sonora en Mesa Superior
Disponible por SCAIDA

A

Silenciar Alarma Sonora
General
EQP-FG.Silence Button
XA-11871.Activate 120 bpm
EQP-FG.Silence Button
XA-11871.Activate 60 bpm



SEP03-2010
11

PRN-FG

FG-BPZ-MS

ALARMAS-MESA.SUPERIO

DRAWING

B

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

1 6

MESA INFERIOR

F

E

D

C

B

A

Activar Alarma Visual
XA-11869

XA-11869.Activate 120 bpm

Activar Alarma Sonora
XA-11868

XA-11868.Activate 120 bpm

Activar Alarma Visual
XA-11869

XA-11869.Activate 60 bpm

Activar Alarma Sonora
XA-11868

XA-11868.Activate 60 bpm

Reset Alarma Sonora y Visual
General

EQP-FG.Reset Button

Silenciar Alarma Sonora
General

EQP-FG.Silence Button
XA-11869.Activate 120 bpm

EQP-FG.Silence Button
XA-11869.Activate 60 bpm

SEP03-2010
11

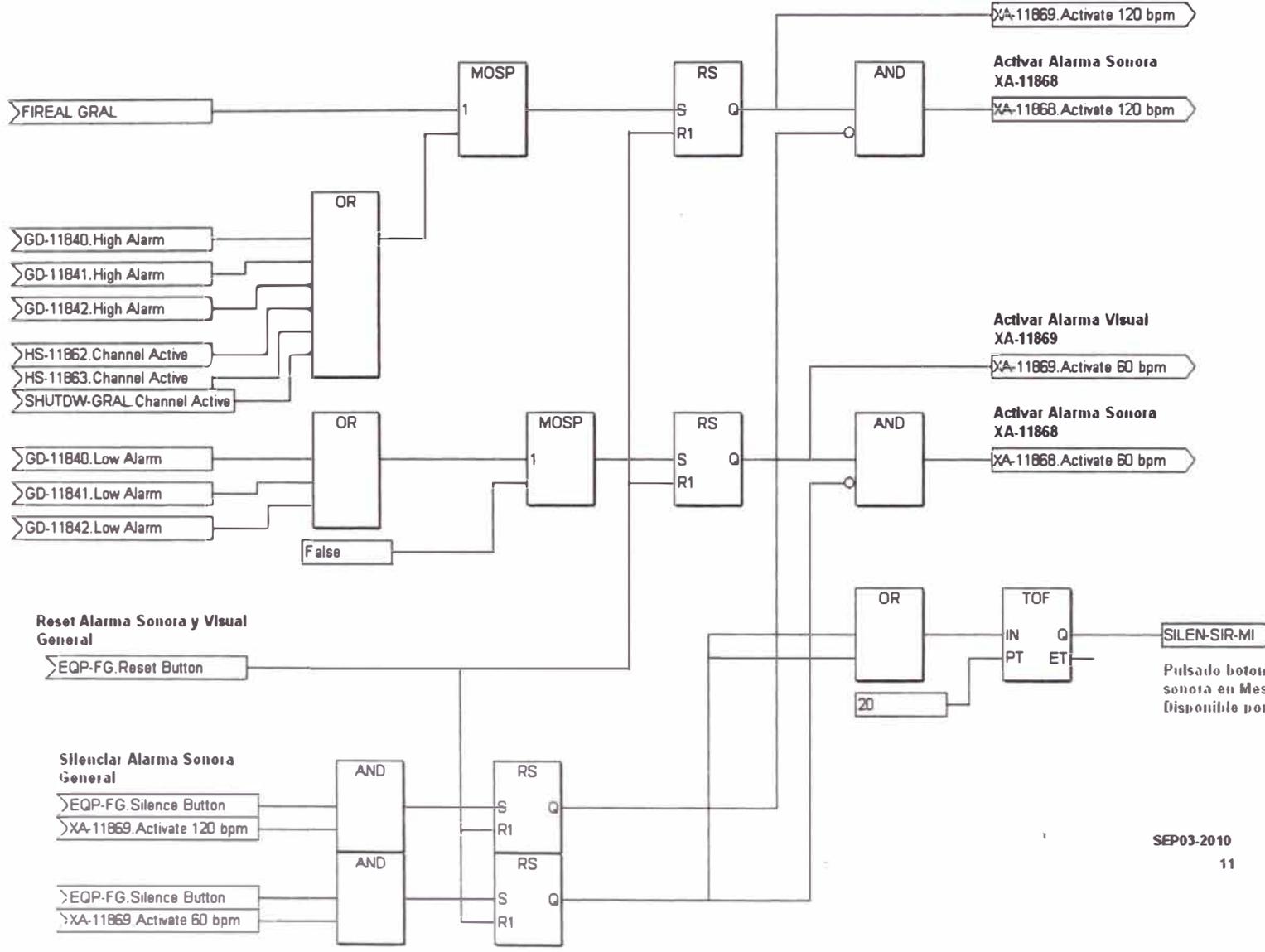
PRN-FG
NAME
FG-BPZ-MS

ALARMAS-MESA.INFERIOR
DRAWING NUMBER

2 OF 5

REV

B



SILEN-SIR-MI
Pulsado boton silenciar alarma
sonora en Mesa Inferior
Disponible por SCADA

10 9 8 7 6 5 4 3

MESA CABEZALES

F

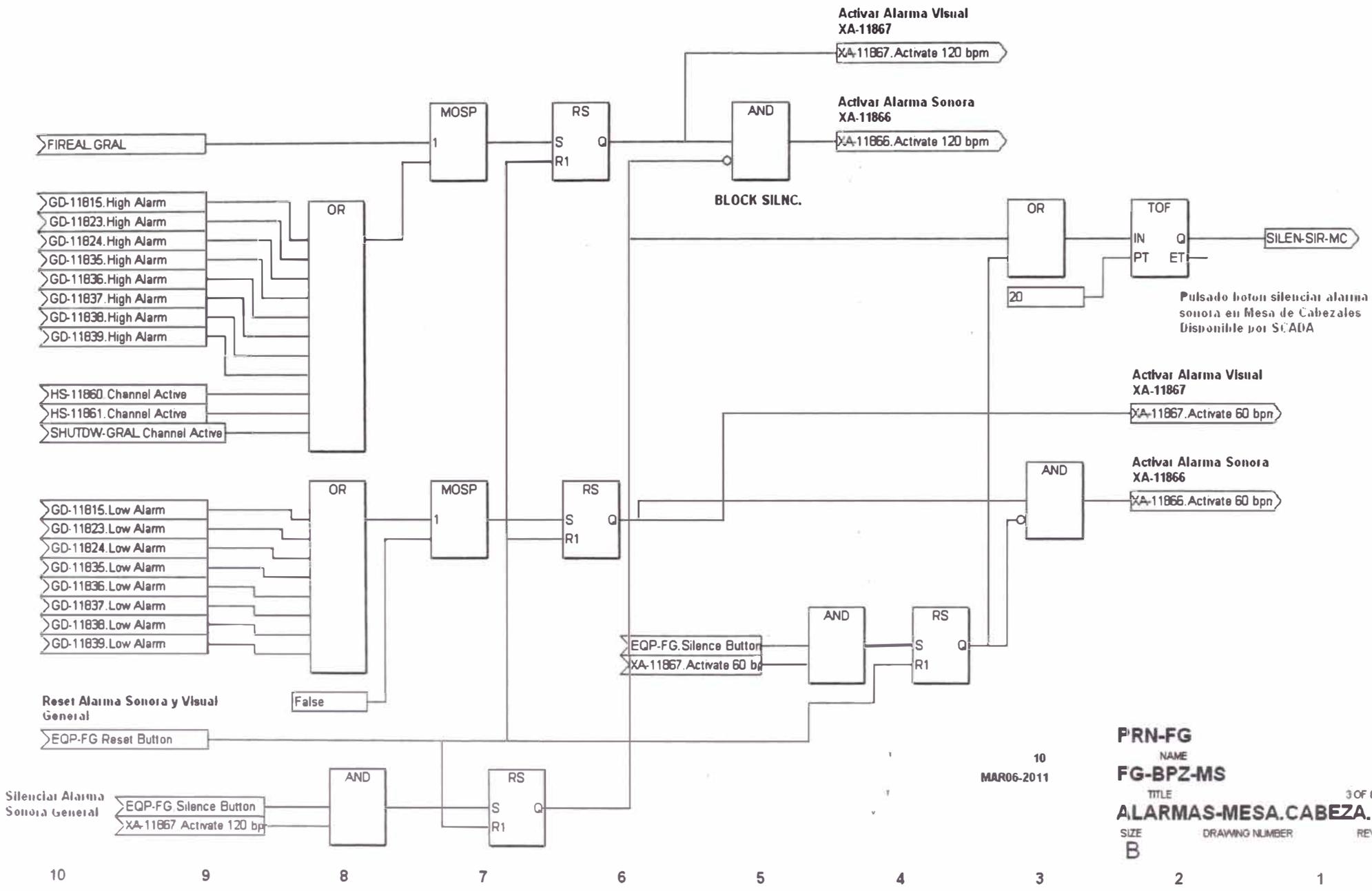
E

D

C

B

A



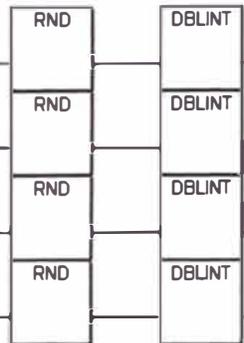
10
MAR06-2011

PRN-FG
NAME
FG-BPZ-MS
TITLE
ALARMAS-MESA.CABEZA.. 3 OF 6
SIZE B DRAWING NUMBER REV

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

F
E
D
C
B
A

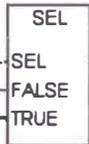
MESA SUPERIOR
 >GD-11843.Process Variable
 >GD-11844.Process Variable
 >GD-11845.Process Variable
 >GD-11846.Process Variable



>EQP-FG.Reset Button



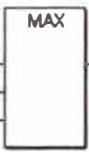
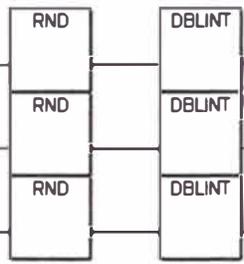
0



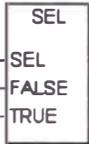
MAX-GLEL-MS

Maximo Nivel %LEL alcanzado en los detectores de Gas en la Mesa Superior. Disponible por SCADA

MESA INFERIOR
 >GD-11840.Process Variable
 >GD-11841.Process Variable
 >GD-11842.Process Variable



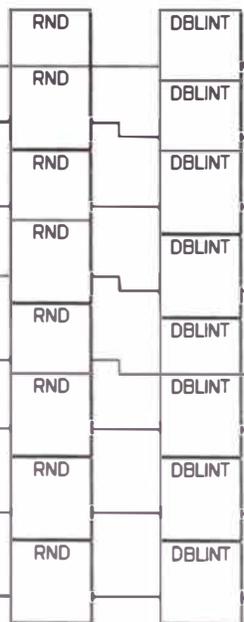
0



MAX-GLEL-MI

Maximo Nivel %LEL alcanzado en los detectores de Gas en la Mesa Inferior. Disponible por SCADA

MESA CABEZALES
 >GD-11815.Process Variable
 >GD-11823.Process Variable
 >GD-11824.Process Variable
 >GD-11835.Process Variable
 >GD-11836.Process Variable
 >GD-11837.Process Variable
 >GD-11838.Process Variable
 >GD-11839.Process Variable



0



MAX-GLEL-MC

Maximo Nivel %LEL alcanzado en los detectores de Gas en la Mesa de Cabezales. Disponible por SCADA

Notas

TAG: LOW-GAS-AL
 Alarma Baja de Gas General
 Disponible por CABLEADO DURO y SCADA

TAG: HIGH-GAS-AL
 Alarma Baja de Gas General
 Disponible por CABLEADO DURO y SCADA

SEP03-2010
 MAR06-2011

PRN-FG
 NAME
FG-BPZ-MS
 TITLE

MAXIMO-GAS.LEL
 DRAWING NUMBER

4 OF 6

REV

B

10

9

8

7

6

5

4

2

RELEASE GENERAL

F

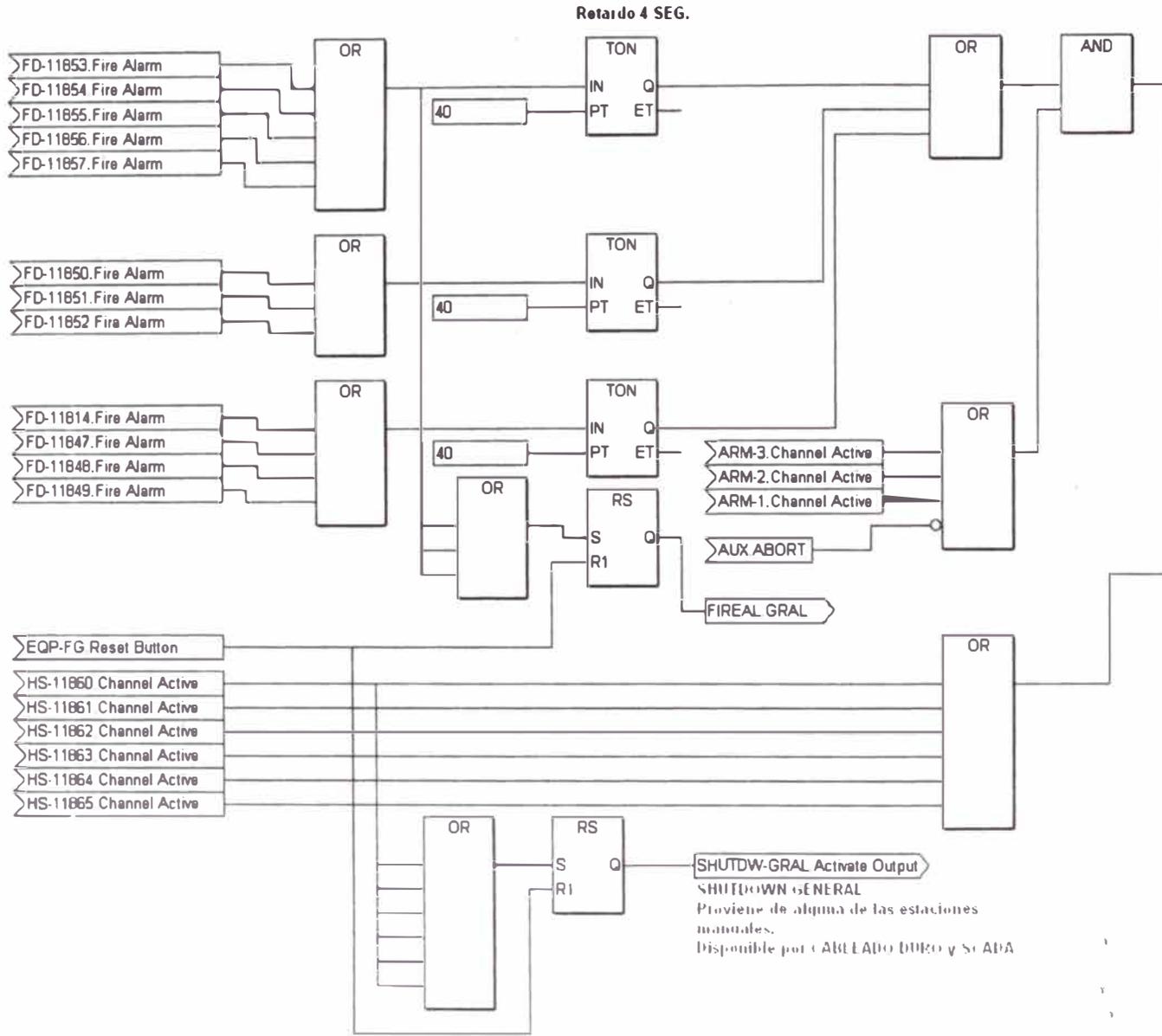
E

D

C

B

A



Retardo 4 SEG.

Notas:

(1) Cualquiera de los detectores de fuego ordena abrir las 3 valvulas de diluvio al mismo tiempo. Se ha insertado un retardo de 4 segundos para permitir al operador del HMI abortar la orden de abrir las valvulas de diluvio.

El retardo es cuando la señal proviene de los detectores de fuego o flama.

(2) Pulsador de ABORTO general es normalmente mantenido, ubicado en la puerta del panel F&G principal, cableado a modulo EDIO.

TAG: FIRE ALARM
ALARMA DE FUEGO GENERAL
Disponible por CABLEADO DURO y SCADA

- ARM-3.Release
"Orden Abri
DV-11816", para ARM
- ARM-2.Release
"Orden Abri
DV-11817", para ARM
- ARM-1.Release
"Orden Abri
DV-11818", para ARM

SEP28-2010
MAR06-2011

PRN-FG
NAME
FG-BPZ-MS
TITLE
AG.RELEASE-GENERAL
DRAWING NUMBER

5 OF 6
REV

B

10

9

8

7

6

5

4

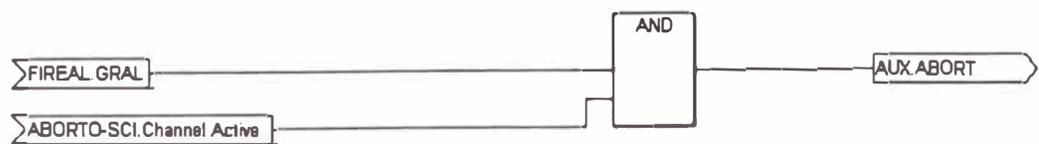
3

2

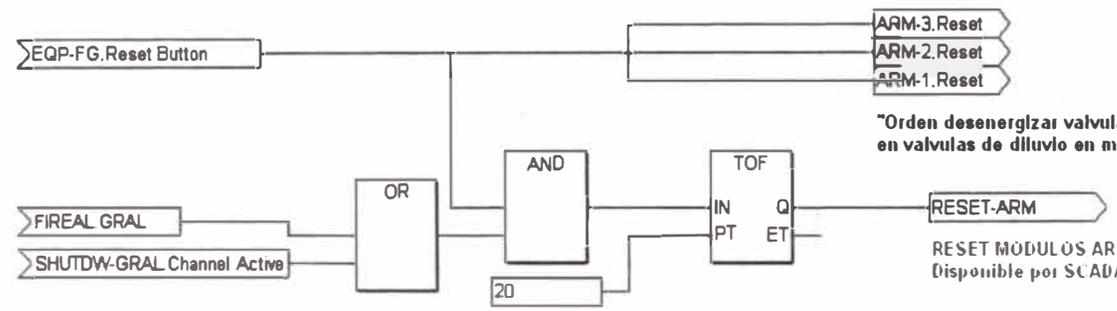
1

PULSADOR ABORTO Y RESET

F
E
D
C
B
A



TAG: ABORTO-SCI
 Abortar expulsión del Agente de Extinción de las valvulas de diluvio.
 Disponible por SCADA



*Orden desenergizar valvulas solenoides en valvulas de diluvio en modulos ARM.

RESET MODULOS ARM
 Disponible por SCADA

Notas:

(1) Cualquiera de los detectores de fuego ordena abrir las 3 valvulas de diluvio al mismo tiempo. Se ha insertado un retardo de 4 segundos para permitir al operador del HMI abortar la orden de abrir las valvulas de diluvio.

El retardo es cuando la señal proviene de los detectores de fuego o flama.

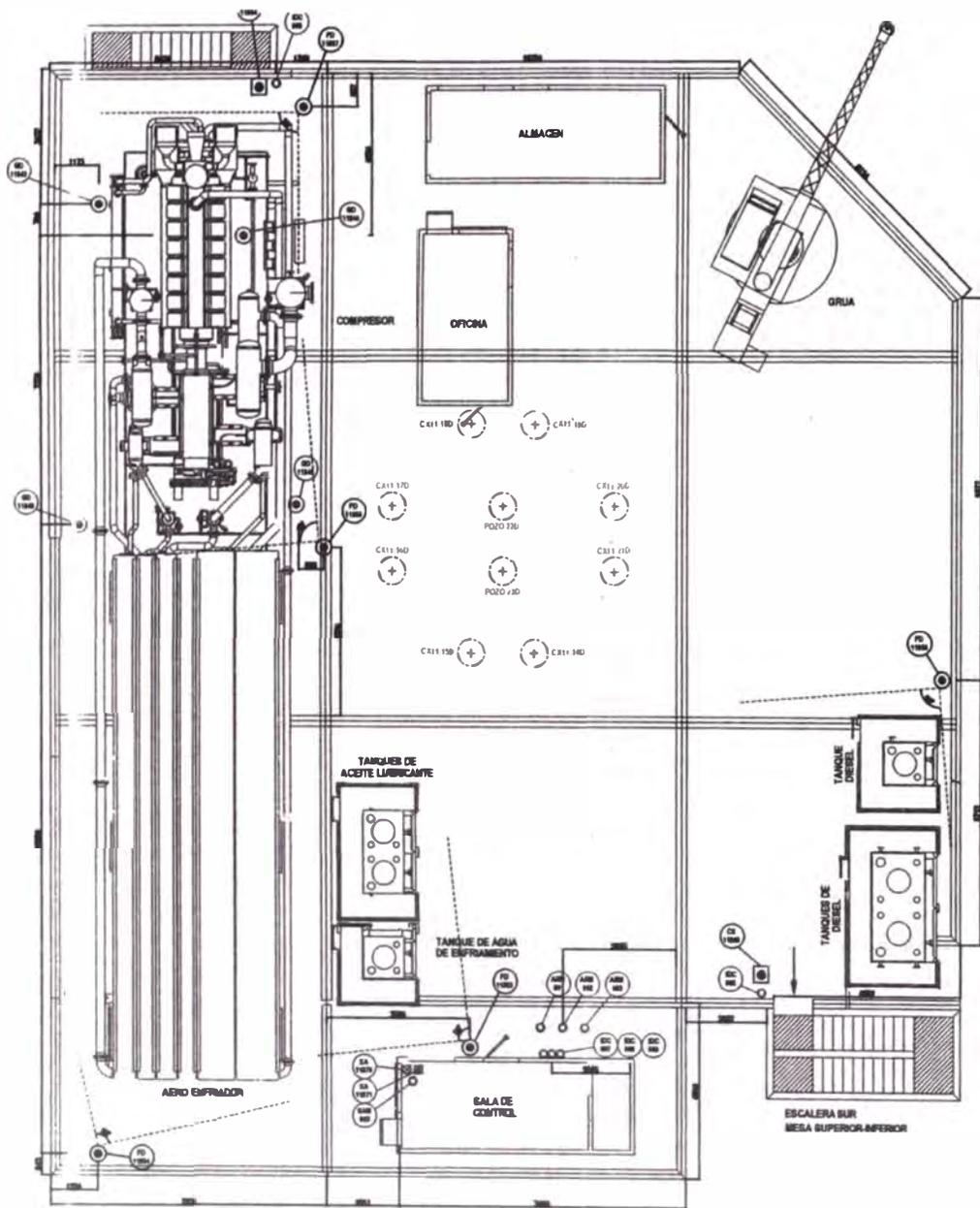
(2) Pulsador "ABORTO SCI" es normalmente mantenido, ubicado en la puerta del panel F&G principal, cableado a modulo EDIO.

Cuando se restablezca la condiclon inicial se debe retornar el pulsador "ABORTO SCI" a la poslcion normal.

SEP28-2010
 ENE03-2011

PRN-FG
 NAME
 FG-BPZ-MS

AG.REL-ABORTO.RESET
 SIZE B
 DRAWING NUMBER
 REV



EQUIPO	TAG	CANTIDAD
⊕ DETECTOR DE GAS HIDROCARBURO	DG-xxxx	4
⊙ DETECTOR DE FUEGO O FLAMA	FD-xxxx	6
⊞ ESTACION MANUAL DE ALARMA	CS-xxxx	2
○ MIDOLLO SAM	SAM-xxx	1
○ MIDOLLO IDC	IDC-xxx	8
○ MIDOLLO ARM	ARM-xxx	3
⊞ ALARMA SONORA	XA-xxxx	1
⊞ ALARMA VISUAL	XA-xxxx	1

SISTEMA DE GAS Y FUEGO (FIRE&GAS)
EN PLATAFORMA MARINA

DISEÑADOR

UBICACION DE EQUIPOS
NIVEL SUPERIOR

JGO
SE

DISEÑADO
JGO
NGS

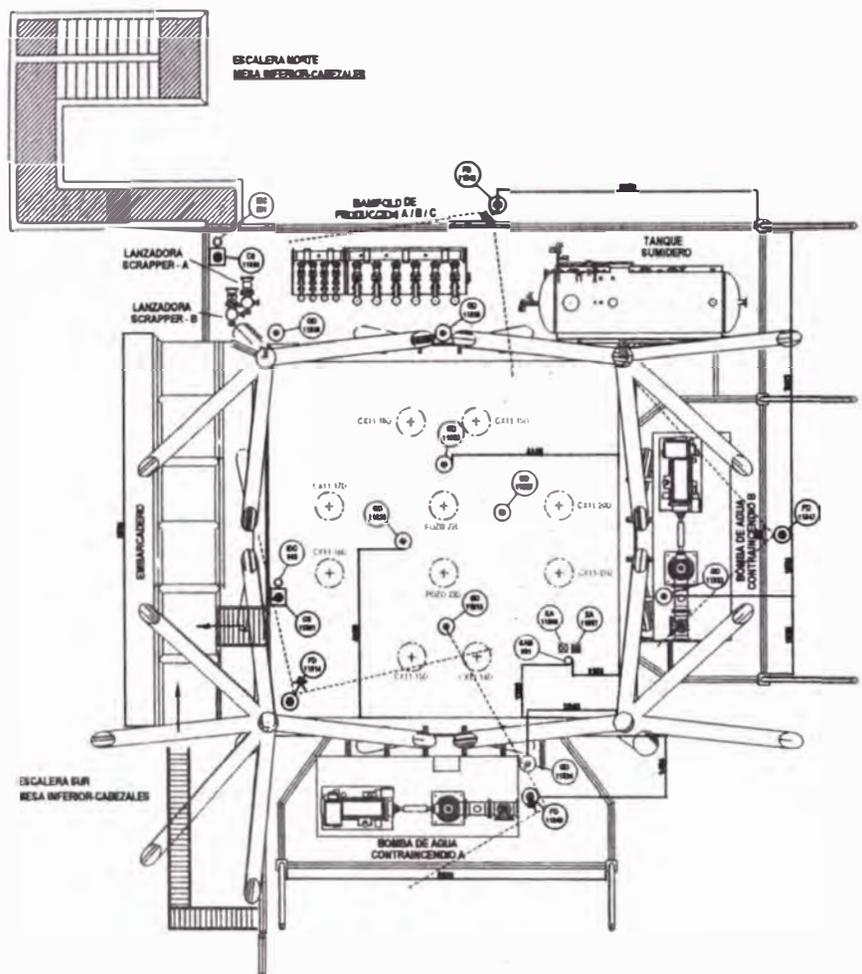
JGO
xxxxxx

PLANO
PNR-A3-F&G-002-H01
FECHA 01-08-2011

DWG

TITLE

A



EDQUIPO	TAG	CANTIDAD
⊕ DETECTOR DE GAS HIDROCARBURO	GD-0000	4
⊙ DETECTOR DE FUEGO O FLAMA	FD-0000	5
☐ ESTACION MANUAL DE ALARMA	CS-0000	2
○ MÓDULO BAM	BAM-000	1
○ MÓDULO IDC	IDC-000	6
○ MÓDULO AFM	AFM-000	2
■ ALARMA SONORA	XA-0000	1
■ ALARMA VISUAL	XA-0000	1

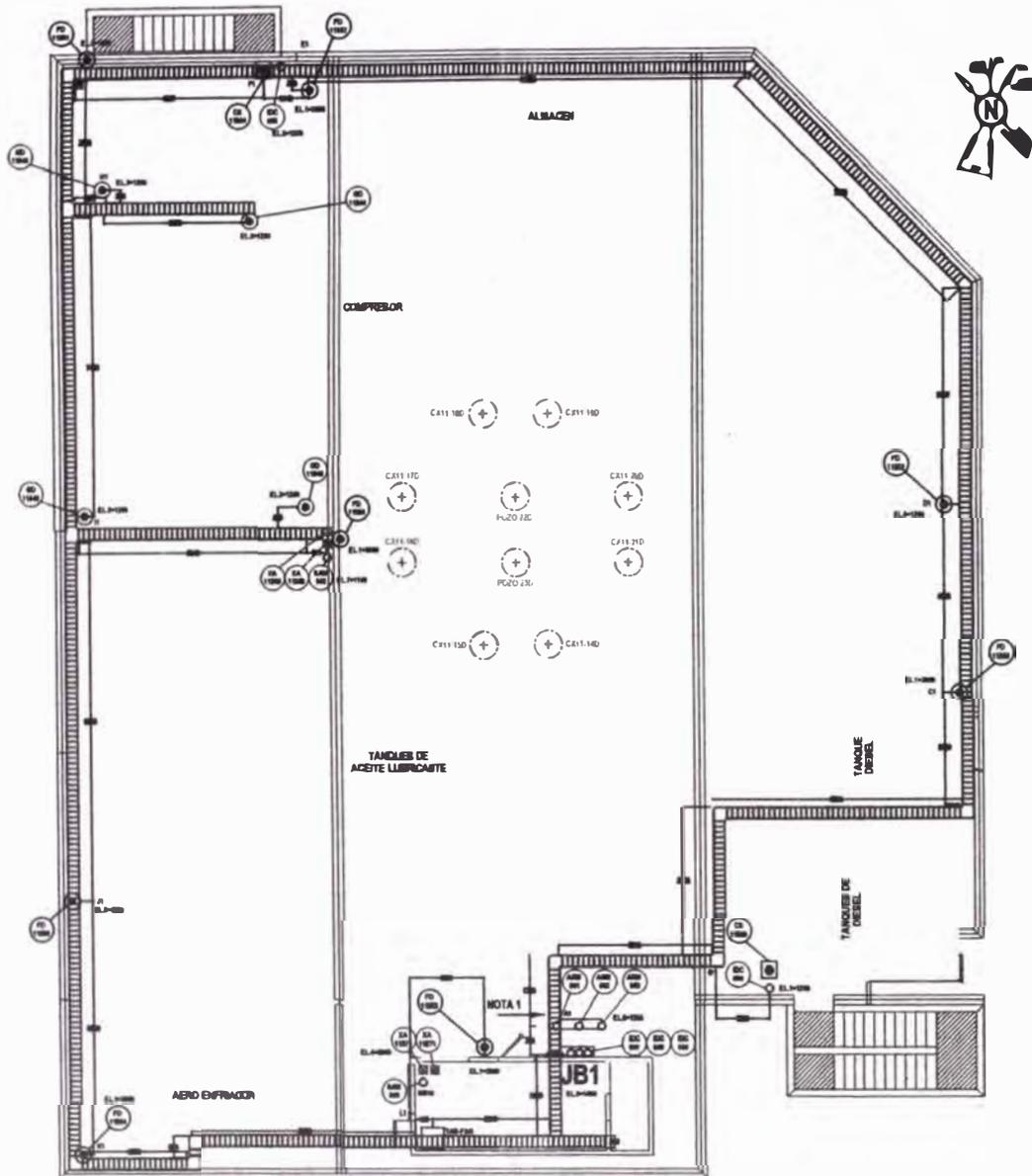
PROYECTO: SISTEMA DE GAS Y FUEGO (FIRE&GAS)
 EN PLATAFORMA MARINA
 DESCRIPCION: UBICACION DE EQUIPOS
 NIVEL DE CABEZALES
 DISEÑADO: JGG
 REVISADO: JGG
 DIBUJADO: JGG
 ESCALA: S/E
 PLANO: PNR-A3-F&G-002-H03
 FECHA: 01-08-2011

Rev _____ DATE _____ DRAWING BY _____ BY _____ CHECK BY _____ APPROVAL BY _____

TITLE DRAWING

A
B
C
D
E
F

A
B
C
D
E
F



	EQUIPO	TAG	CANTIDAD
⊕	DETECTOR DE GAS HEDICARBURDO	DG-xxxx	4
⊙	DETECTOR DE FUEGO O FLAMA	FD-xxxx	5
⊞	ESTACION MANEJA DE ALARMA	CS-xxxx	2
○	MODULO SAM	SAM-xxx	1
○	MODULO IDC	IDC-xxx	5
○	MODULO APIM	APM-xxx	2
■	ALARMA SONORA	EA-xxxx	1
■	ALARMA VISUAL	VA-xxxx	1

PROYECTO: SISTEMA DE GAS Y FUEGO (FIRE&GAS) EN PLATAFORMA MARINA
 DESCRIPCION: RUTA DE BANDEJAS NIVEL SUPERIOR
 DISEÑADO POR: JGO / NGS
 REVISADO POR: JGO / NGS
 PLANO: PNR-A3-F&G-004-H01
 FECHA: 01-MAY-2011

B

B

D

D

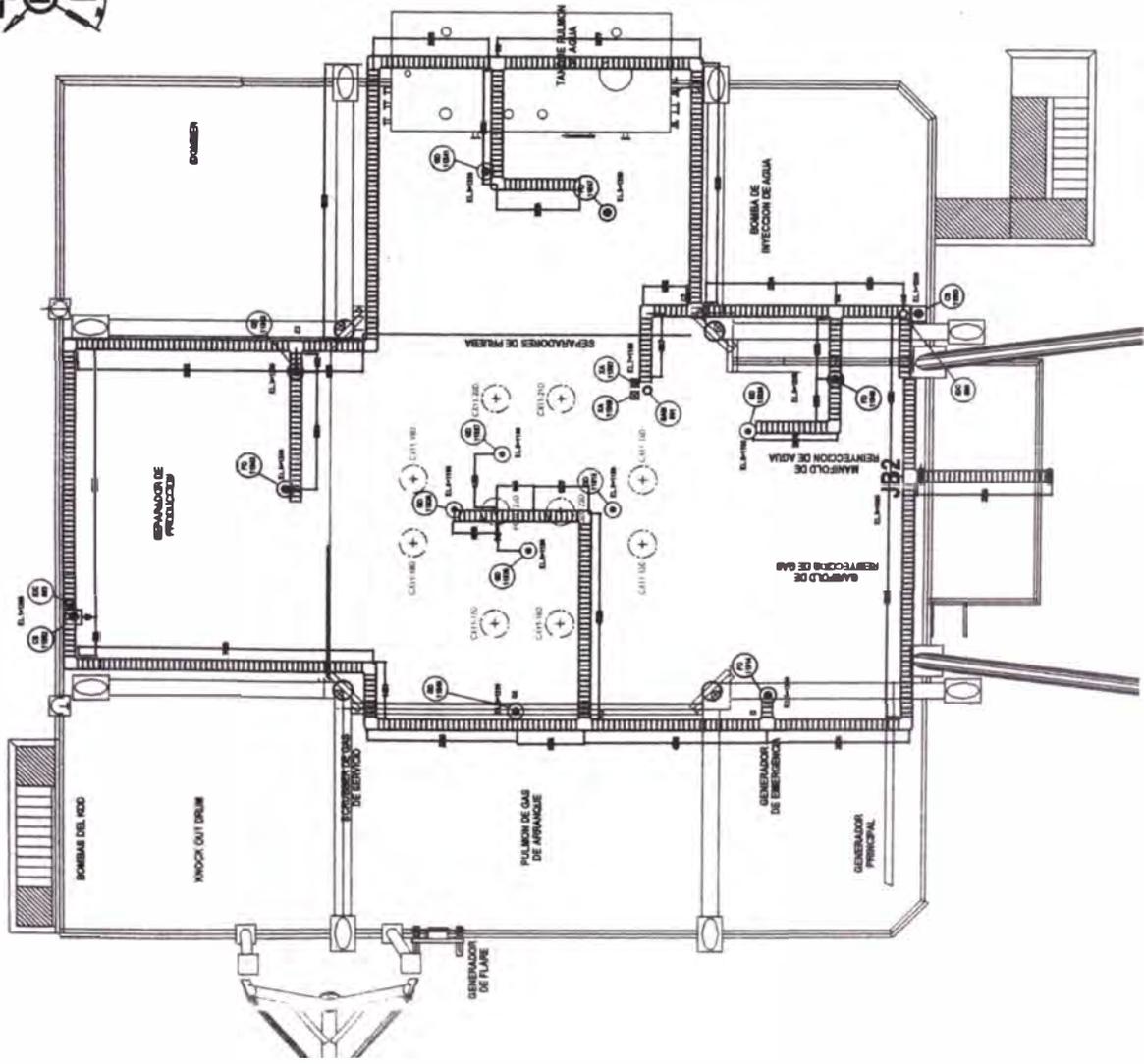
E

E

F

F

A



B C D E F

LETRA	EQUIPO	TMO	CANTIDAD
Ⓐ	DETECTOR DE GAS INDEPENDIENTE	DO-1000	4
Ⓑ	DETECTOR DE FUEGO O PLAMA	FD-1000	3
Ⓒ	ESTACION MANUAL DE ALARMA	CS-1000	2
Ⓓ	MODULO SAM	SAM-100	1
Ⓔ	MODULO DC	DC-100	6
Ⓕ	MODULO AMB	AMB-100	3
Ⓖ	ALARMA BICHOPA	BA-1000	1
Ⓗ	ALARMA VISUAL	VA-1000	1

PROYECTO SISTEMA DE GAS Y FUEGO (FIRE&GAS)
EN PLATAFORMA MARINA

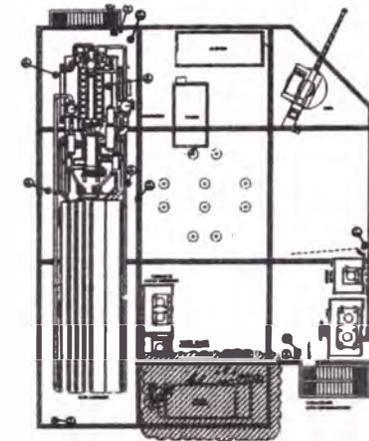
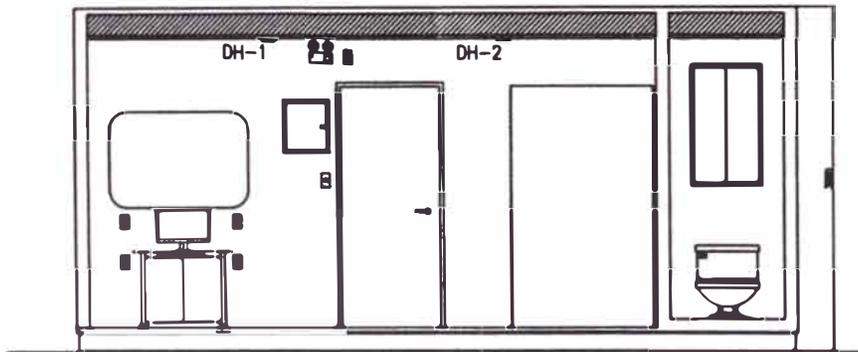
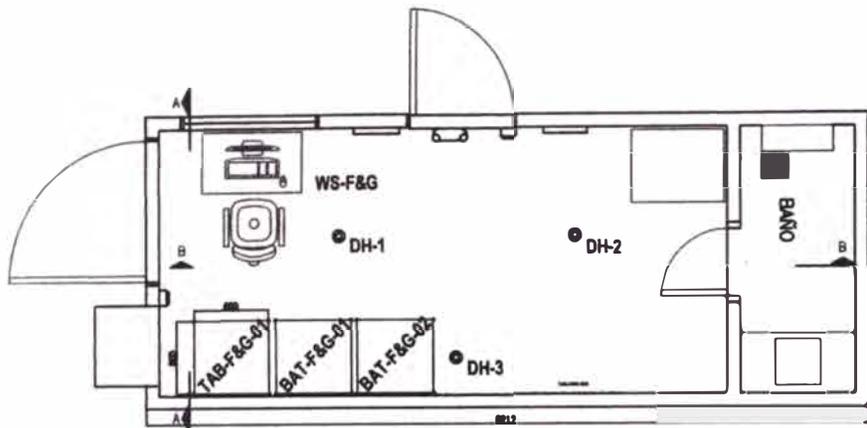
DESCRIPCION RUTA DE BANDEJAS NIVEL INFERIOR

ESCALA DE 1:100

PLANO PNR-A3-F&G-004-K02

FECHA 15/04/2011

B C D E F



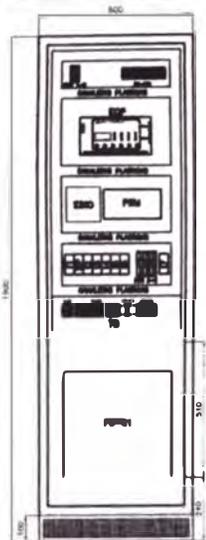
EQUIPO	TAG	CANTIDAD
⊙ DETECTOR DE GAS MEDICABLE/FO	DG-0001	4
⊙ DETECTOR DE FUEGO O FLAMA	FD-0001	6
☐ ESTACION MANUAL DE ALARMA	CS-0001	2
○ MÓDULO SAM	SAM-001	1
○ MÓDULO EDC	LOC-001	5
○ MÓDULO ARM	ARM-001	3
■ ALARMA SONORA	ZA-0001	1
■ ALARMA VISUAL	ZA-0002	1

PROYECTO: SISTEMA DE GAS Y FUEGO (FIRE&GAS)
EN PLATAFORMA MARINA

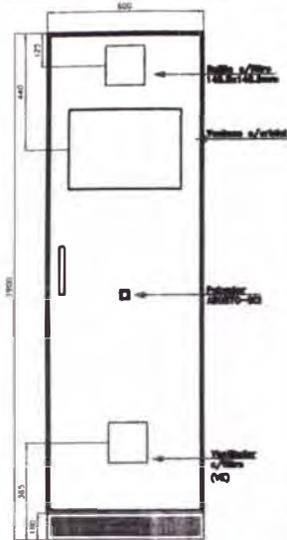
DESCRIPCION: UBICACION DE EQUIPOS
SALA DE CONTROL

No.	DESCRIPCION	DATE	DRAWING BY	DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVAL BY	Nº DWG REF	TITLE DRAWING (REF 1)
1	PLAN MONTAJE	21-09-11	JGO	JGO	MOS	CEL		

DESIGNADO	REVISADO	MODIFICADO POR	PLANO	REV
JGO	JGO	JGO	PNR-AS-F&G-002-H04	A
SE	MOS	CEL	FECHA: 21-09-11	



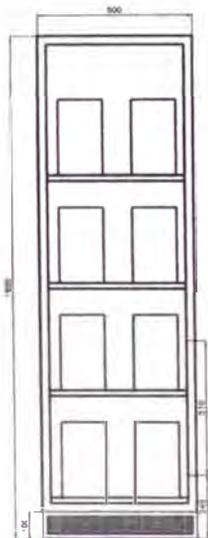
VISTA FRONTAL TABLERO F&G
TAB-F&G-01
(SIN PUERTA)



VISTA FRONTAL



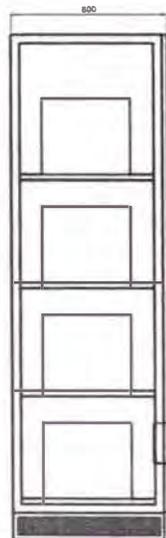
CORTE LATERAL



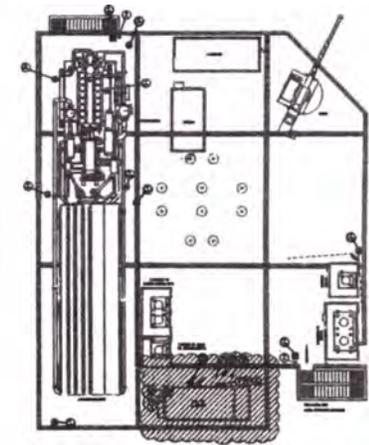
VISTA FRONTAL TABLERO
BAT-F&G-01
BAT-F&G-02



VISTA FRONTAL



CORTE LATERAL



EQUIPO	TAG	CANTIDAD
--------	-----	----------

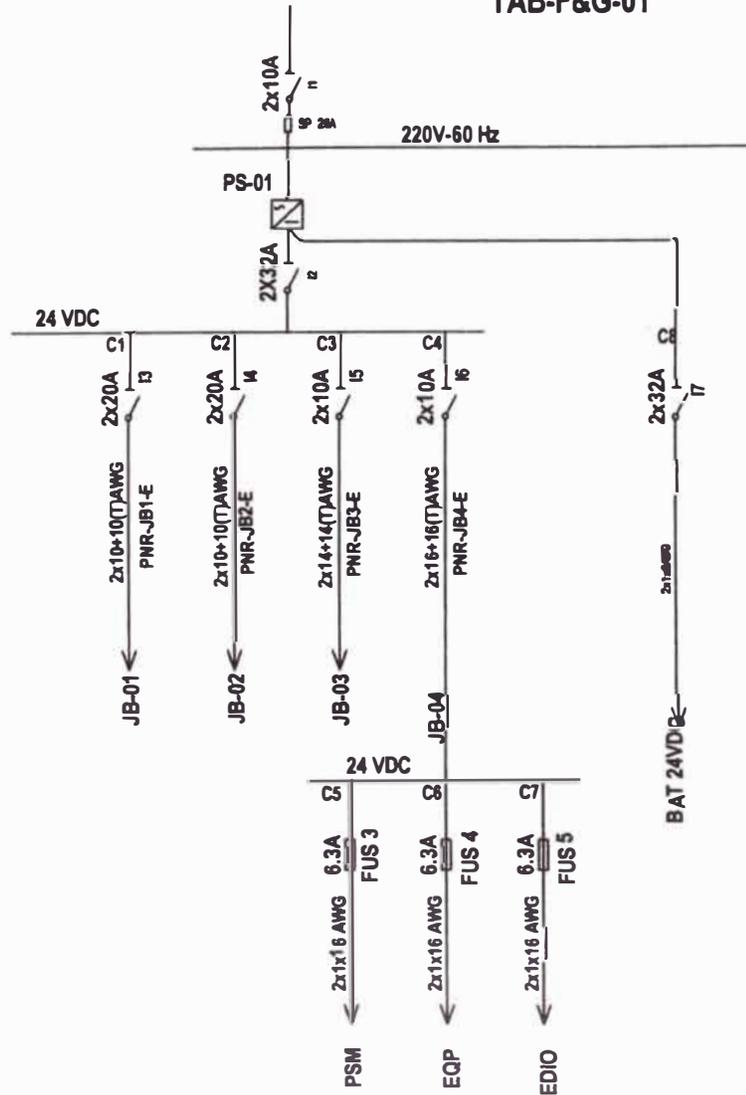
CONTROLADOR DE GAS Y FUEGO	EQP-01	1
MODULO DE ENTRADAS I/O	EDIO-01	1
MODULO MONITOR DE ENERGIA	PSM-01	1

PROYECTO: SISTEMA DE GAS Y FUEGO (FIRE&GAS) EN PLATAFORMA MARINA			
UBICACION DE EQUIPOS TABLERO DEL SISTEMA DE GAS Y FUEGO TAB-F&G-01			
DESIGNADO JGO	REVISADO JGO	MODIFICADO JGO	PLANO PNR-A3-F&G-002-H05
ESCALA S/E	REVISADO NGS	APROBADO POR CARRERA	REV A
FECHA: 31 MAY 2011			

NO.	FECHA	DESCRIPCION	DATE	DRAWING BY	DESIGNED BY	CHECK BY	APPROVAL BY	Nº DWG REF	TITLE DRAWING REF
1	31-05-11	PARA REVISION		JGO	JGO	NGS	CEL		

Viene de tablero existente
220V-60 Hz

TAB-F&G-01



LEYENDA

- I1 Interruptor termomagnético 2x10A
- I2 Interruptor termomagnético 2x32A
- I3-I4 Interruptor termomagnético 2x20A
- I5 Interruptor termomagnético 2x10A
- I6 Interruptor termomagnético 2x6A
- I7 Interruptor termomagnético 2x32A
- FUS1-FUS7 Seccionador fusible 6.3A c/fus 2A
- SP Supresor transitorios 230VAC-26A
- PS Fuente/cargador baterias 24 VDC-30A

PROYECTO: SISTEMA DE GAS Y FUEGO (FIRE&GAS)
EN PLATAFORMA MARINA

DESIGNADO: JGO
DISEÑADO: JGO
Escala: SIF

PLANO: PNR-A3-F&G-003-H01

PROYECTADO: NGS