

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Mecánica



TESIS

Diseño de un Sistema de Protección Contra incendios, basado en el estándar NFPA 72, para garantizar la seguridad y protección del patrimonio empresarial en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias

Para obtener el título profesional de Ingeniero Mecatrónico

Elaborado por

Adrian Mauricio Révolo Taipe

 ["https://orcid.org/0000-0003-2495-766X"](https://orcid.org/0000-0003-2495-766X)

Asesor

Mag. Alcides Guillermo Joo Aguayo

 ["https://orcid.org/0000-0002-8459-8489"](https://orcid.org/0000-0002-8459-8489)

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	(Révolo, 2025)
Referencia/Reference	Révolo, A. (2025). <i>Diseño de un Sistema de Protección Contra incendios, basado en el estándar NFPA 72, para garantizar la seguridad y protección del patrimonio empresarial en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias</i> . [Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

“A Dios, por ser mi refugio y mi fuerza en los momentos de debilidad.

A mis padres, por su amor incondicional y constante apoyo hasta el día de hoy

A mi hermana, por su constante motivación y empujarme a seguir adelante.

A ustedes, con todo mi corazón, gracias... “

Agradecimientos

“Este logro no habría sido posible sin el apoyo y amor de las personas que han estado a mi lado en todo momento. Quiero expresar todo mi agradecimiento a mi familia, por su amor incondicional, su paciencia y su fe inquebrantable en mí.

A mi asesor, Guillermo Joo, le agradezco su compromiso, tiempo, dedicación y paciencia a lo largo de este importante proceso.

Y, finalmente, a Dios, por darme la fuerza y la serenidad en los momentos más difíciles.”

Resumen

El presente trabajo de investigación aborda la problemática de seguridad en salas eléctricas de entornos portuarios, en relación con la detección y notificación contraincendios utilizando el estándar NFPA 72. El objetivo principal es garantizar la integridad del personal, proteger los activos de la empresa y asegurar la continuidad de las operaciones ante posibles eventos de incendio con la implementación de un sistema contra incendio. Para la identificación de los riesgos, se empleó la metodología *Fire Risk Assessment* (FRA), complementada con los principios de la seguridad funcional según los estándares IEC 61508 e IEC 61511.

Con respecto a los hallazgos más relevantes, se identificaron riesgos significativos en celdas de media tensión y transformadores de alta tensión principalmente, elementos clave dentro de las salas eléctricas. Se evidenció la necesidad de diseñar un sistema de detección y extinción de incendios direccionable, con la capacidad de detectar y extinguir un evento de incendio en menos de 10 segundos. Con respecto a la extinción, se propuso el NOVEC 1230, agente adecuado para equipos eléctricos, además de sistemas de comunicación de emergencia que incluyen alarmas visuales y auditivas, estaciones manuales y paneles de control.

Los resultados obtenidos tras la validación del diseño mediante simulaciones y pruebas confirmaron la eficacia y confiabilidad del sistema propuesto. La simulación con el software SINORIX permitió determinar la cantidad óptima de agente extintor, asegurando la descarga en menos de 10 segundos. Se concluyó que la implementación del sistema diseñado reduce significativamente el riesgo en un 30% fortaleciendo la seguridad en entornos portuarios y garantizando la operatividad de la empresa ante posibles eventos adversos.

Palabras clave: Protección Contraincendios, Salas eléctricas, Media tensión, NFPA 72, Seguridad laboral, seguridad funcional, Operación portuaria, IEC 61508 e IEC 61511.

Abstract

This research addresses the issue of safety in electrical rooms within port environments, focusing on fire protection using the NFPA 72 standard. The main objective is to ensure personnel integrity, protect company assets and guarantee operational continuity in the event of possible fire incidents through the implementation of a fire protection system.

To identify fire risks, the *Fire Risk Assessment* (FRA) methodology was used, complemented by the principles of functional safety in accordance with IEC 61508 and IEC 61511 standards.

Among the most relevant findings, significant risks were identified in medium – voltage switchgear and high – voltage transformers, which are key components of electrical rooms. The study highlighted the need to design an addressable fire detection and suppression system, capable of detecting and extinguishing any fire event in less than 10 seconds, was evidenced. Regarding fire suppression, NOVEC 1230 was proposed as a suitable agent for electrical equipment, along with emergency communication systems that include visual and audible alarms, manual stations and control panels.

The results obtained through the validation of the design through simulations and testing confirmed the system's effectiveness and reliability. The simulation conducted using SINORIX software enabled the determination of the optimal quantity of extinguishing agent, ensuring discharge in less than 10 seconds. It was concluded that the implementation of the designed system significantly reduces risk by 30%, strengthening safety in port environments and ensuring business continuity in the face of potential adverse events.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	V
Abstract	VI
Introducción	XII
Capítulo I. Generalidades	1
1.1 Antecedentes Investigativos	2
1.2 Descripción Del Problema De Investigación	5
1.3 Formulación Del Problema General	8
1.3.1 Problema Principal.....	8
1.3.2 Problemas Específicos	9
1.4 Justificación E Importancia	9
1.5 Objetivos Del Estudio.....	10
1.5.1 Objetivo General.....	10
1.5.2 Objetivos Específicos	10
1.6 Hipótesis.....	11
1.6.1 Hipótesis.....	11
1.6.2 Hipótesis Especificas.....	11
1.7 Variables Y Operacionalización De Variables	12
1.8 Metodología.....	13
1.8.1 Diseño De Investigación	13
1.8.2 Recolección De Datos	13
1.8.3 Análisis De Datos	13
1.8.4 Unidad De Análisis	14
Capítulo II. Marco Teórico Y Conceptual.....	16
2.1 Marco Teórico.....	16
2.1.1 Principios De Seguridad Contra incendios.....	16
2.1.2 Estándar Nfpa 72.....	17
2.1.3 Estándar IEC61508	19

2.1.4 Estándar IEC61511	19
2.1.5 Casos De Estudio	19
2.2 Marco Conceptual.....	21
2.2.1 Características De Las Salas Eléctricas De Media Tensión	21
2.2.2 Seguridad Funcional.....	22
2.2.3 Safety Instrumented Function (SIF)	23
2.2.4 Safety Integrity Level (SIL).....	23
2.2.5 Safety Instrumented System (SIS).....	29
2.2.6 Sistemas De Detección Y Extinción De Incendios	29
2.2.7 Gestión De La Seguridad Y La Salud Ocupacional (SST).....	33
2.2.8 Análisis De Riesgos.....	36
2.2.9 Cálculo Del Riesgo De Incendios:.....	40
2.2.10 Modelado Y Cálculo Del Agente Extintor:.....	41
2.2.11 Diseño De Sistemas De Protección Contra incendios:	45
2.3 Matriz De Consistencia	50
Capítulo III. Desarrollo Del Trabajo De Investigación	51
3.1 Introducción	51
3.2 Análisis De Riesgos Según El Método Fra Y Asignación Del Sil	51
3.3 Diseño E Implementación Del Sistema Contra incendios.....	57
3.3.1 Componentes Del Sistema De Protección Contra incendios.....	57
3.3.2 Presupuesto	79
3.3.3 Proceso De Implementación	82
Capítulo IV. Resultados, Contratación De Hipótesis Y Discusión Resultados	95
4.1 Análisis Y Discusión De Resultados	95
Conclusiones	99
Recomendaciones	101
Bibliografía.....	103
Anexos.....	108

LISTA DE TABLAS

Tabla 1:	Relación de variables e indicadores.....	12
Tabla 2:	Valores de tasas de falla de válvulas y sensores de un SIF en un sistema de baja demanda.....	25
Tabla 3:	Valores de tasas de falla de un sistema de protección de presión	26
Tabla 4:	Tabla de factores de desempeño del SIS	28
Tabla 5:	Valores de vapores específicos	43
Tabla 6:	Valores de concentración de diseño	44
Tabla 7:	Valores de factores de corrección atmosférico	44
Tabla 8:	Espaciamento de dispositivos montados a la pared de notificación visual	48
Tabla 9:	Dimensiones de la sala eléctrica MS2.	54
Tabla 10:	Tabla resumen anexo 5	56
Tabla 11:	Comparación de resultados del agente limpio SINORIX 1230	62
tabla 12:	Listado de equipos del sistema contra incendios	78
tabla 13:	Presupuesto del sistema contra incendio en sala eléctrica MS2	79
tabla 13:	Cuadro comparativo del análisis de riesgo después de implementar un SCI	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Vista superior del puerto DP WORLD.....	15
Figura 2:	Descripción grafica de un SIS, compuesto por 3 SIF.....	29
Figura 3:	Área máxima de detección de un sensor de humo	46
Figura 4:	Diagrama de flujo para la evaluación de riesgos y asignación de la confiabilidad	52
Figura 5:	Subestación general MS2 vista superior.....	53
Figura 6:	Subestación general MS2 vista frontal	54
Figura 7:	Identificación de peligros potenciales para iniciar un incendio	55
Figura 8:	Sistema integrado de seguridad propuesto para la sala eléctrica MS2	57
Figura 9:	Ubicación de estación manual.....	59
Figura 10:	Valores de corriente para el equipo MTH-MC.....	63
Figura 11:	Distancia del tablero <i>SCI</i> hasta las sirenas estroboscópicas del área <i>UPS</i> . 64	
Figura 12:	Valores de resistencia / ft	65
Figura 13:	Distancia del tablero <i>SCI</i> hasta las sirenas estroboscópicas del área de bajo voltaje.....	66
Figura 14:	Distancia del tablero <i>SCI</i> hasta las sirenas estroboscópicas del área de Transformador.....	68
Figura 15:	Distancia del tablero <i>SCI</i> hasta las sirenas estroboscópicas del área de Baterías.....	70
Figura 16:	Distancia del tablero <i>SCI</i> hasta las sirenas estroboscópicas del área de Medio Voltaje	72
Figura 17:	Interfaz FCM2041-U3 del panel Cerberus Pro Modular	74
Figura 18:	Fuente PSC-12 del panel Cerberus Pro Modular.....	74
Figura 19:	Filtro PTB del panel Cerberus Pro Modular	75
Figura 20:	Slot CC-5 del panel Cerberus Pro Modular.....	75
Figura 21:	Tarjeta XDLC del panel Cerberus Pro Modular.....	76
Figura 22:	Tarjeta ZIC-4A del panel Cerberus Pro Modular.....	76

Figura 23:	Gabinete CAB-2 del panel Cerberus Pro Modular	77
Figura 24:	Montaje de panel de alarma contra incendio	82
Figura 25:	Montaje de estaciones manuales	83
Figura 26:	Montaje de cilindros de agente limpio NOVEC 1230	83
Figura 27:	Direccionamiento de dispositivos periféricos con el equipo DPU	84
Figura 28:	Energización del panel de alarma contra incendio.....	84
Figura 29:	Programación de la sala MS2 en software Zeus.....	85
Figura 30:	Matriz causa – efecto	86
Figura 31:	Pruebas de vacío a cilindro de agente limpio NOVEC 1230	87
Figura 32:	Activación de solenoide.....	88
Figura 33:	Pruebas de activación de sensores multicriterio	88
Figura 34:	Pruebas de activación de estaciones manuales	89
Figura 35:	Verificación de alarmas en panel de alarmas contra incendio	89
Figura 36:	Pruebas en presencia de OSITRAN	90
Figura 37:	Pruebas en presencia de DP WORLD.....	90
Figura 38:	Capacitación al personal DP WORLD	93

Introducción

El presente trabajo de investigación aborda la problemática de la seguridad en entornos portuarios, específicamente en la protección contra incendios en salas eléctricas de media tensión. Estos entornos representan un área de alto riesgo debido a la presencia de equipos de alta potencia y la posibilidad de fallas eléctricas que podrían culminar en un incendio. La ausencia de medidas adecuadas de prevención puede ocasionar daños materiales significativos, interrupciones operativas e inclusive poner en peligro vidas humanas.

El entorno portuario representa desafíos particulares en seguridad industrial. Los terminales marítimos, operan bajo condiciones altamente exigentes, donde la eficiencia logística y la disponibilidad energética son fundamentales para asegurar el flujo comercial. Por este motivo, la protección contra incendios es una prioridad estratégica. El presente estudio propone el diseño de un sistema contra incendios en el estándar internacional NFPA 72, el cual se complementa con los principios de la seguridad funcional, en cumplimiento con los estándares IEC 61508 e IEC 61511.

Para una correcta evaluación del riesgo, se emplea la metodología Fire Risk Assessment, la cual es reconocida y avalada por la NFPA 551. En función del riesgo evaluado y calculado, se definieron Funciones Instrumentadas de Seguridad (SIF), a las cuales se les asignó un Nivel de Integridad de Seguridad (SIL), que determina el grado de confiabilidad requerido para garantizar una reducción efectiva del riesgo.

Este trabajo es importante porque contribuye a fortalecer la seguridad en instalaciones críticas de puertos marítimos, minimizando riesgos y optimizando la gestión de emergencias. La implementación de la solución planteada permitirá reducir significativamente la probabilidad de incidentes, mejorar la capacidad de respuesta ante

emergencias y consolidar un entorno laboral más seguro, eficiente, resiliente y sobre todo proteger vidas.

Capítulo I. Generalidades

La industria portuaria es uno de los pilares económicos más importantes para el Perú, por eso es una fuente clave de ingresos y empleo para el país. El 92% de la transacción mercantil del Perú es llevada a través de los por los puertos marítimos (García Lopez, 2022). Esta industria no solo contribuye significativamente al Producto Interno Bruto (PIB) del país, sino que también juega un papel crucial en la balanza comercial, gracias a la exportación de minerales a mercados globales (García Lopez, 2022).

Este sector se caracteriza por la presencia de grandes empresas privadas multinacionales. Las operaciones de gran escala, como las que se llevan a cabo en el terminal portuario DP World, destacan por su uso intensivo de tecnología avanzada y su contribución a la economía local y nacional.

Dada la naturaleza de las actividades portuarias, que incluyen la importación y exportación de contenedores, la seguridad es una prioridad crítica. Los entornos portuarios presentan una serie de desafíos y riesgos inherentes, como la exposición a caídas de objetos, la posibilidad de caídas y los riesgos eléctricos. En particular, la seguridad eléctrica es un área de gran preocupación, ya que las operaciones portuarias requieren el uso de equipos eléctricos de alta potencia, lo que aumenta el riesgo de incendios y otros accidentes relacionados con la electricidad (Safety Culture, 2025).

Las salas eléctricas de media tensión son elementos importantes en la infraestructura de cualquier operación portuaria. Estas salas alojan equipos fundamentales para la distribución de energía eléctrica, incluyendo transformadores, interruptores, celdas de media tensión y paneles de control. El correcto funcionamiento de estos equipos es vital para garantizar la continuidad de las operaciones portuarias y la seguridad del personal. Los incendios en salas eléctricas pueden no solo interrumpir las operaciones, sino también representar un peligro significativo para la vida y la propiedad.

Para mitigar los riesgos asociados con las operaciones portuarias, existen diversas normativas y regulaciones que deben cumplirse. A nivel internacional, la NFPA 72

proporciona directrices específicas para los sistemas de detección de incendios, alarmas y comunicaciones de emergencia. En Perú, el Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (OSITRAN) es responsable de regular la seguridad en instalaciones eléctricas.

El cumplimiento de estas normativas es esencial no solo para asegurar la protección de los trabajadores y la infraestructura, sino también para evitar sanciones legales y garantizar la viabilidad operativa a largo plazo de las operaciones portuarias.

1.1 Antecedentes investigativos

Cardenas Guzman (2021)¹. "Análisis del nivel de integridad de seguridad (SIL) en un tanque de almacenamiento de una planta de combustible". El objetivo fue la de determinar el nivel de integridad de seguridad (SIL), en el proceso de llenado de un tanque de almacenamiento de GLP. La metodología fue de tipo cuantitativa. Los resultados indicaron establecer el nivel de seguridad a un SIL 2, ya que era adecuado para reducir el riesgo a niveles tolerables. Se concluyo que el enfoque de la seguridad funcional permite identificar con precisión los niveles de riesgo asociados a procesos industriales.

Reynolds, C. (2021) ². "Functional safety Concept to support Hazard Assesment and Risk Management in Water-Supply Systems". El objetivo fue la de desarrollar un concepto de seguridad funcional, siguiendo principios de la norma IEC 61508. La metodología fue de tipo cuantitativa. Los resultados permitieron identificar funciones criticas donde era necesario implementar SIF con requerimientos de SIL1 y SIL2. Se concluye que

¹ Cárdenas Guzmán (2021) ("Análisis del nivel de integridad de Seguridad (SIL) en un tanque de almacenamiento de una planta de combustibles") <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/20.500.14076/71152>

² Reynolds, C. (2021) (Functional safety concept to support hazard assessment and risk management in water-supply systems) <https://doi.org/10.3390/en14040947>

la aplicación del concepto de seguridad funcional mejora significativamente el proceso de evaluación y gestión de riesgos.

Venegas Riera (2014)³. “La seguridad funcional en la industria de procesos: conceptos y metodologías de diseño”. El objetivo fue de analizar los principios de la seguridad funcional en la industria de procesos. Se empleo una metodología cualitativa con un enfoque descriptivo y analítico. Los resultados indicaron que la correcta definición del SIL, en conjunto con la selección de arquitecturas redundantes, reduce la probabilidad de fallas peligrosas. Se concluye que la implementación del un diseño estructurado de los SIS, contribuyen significativamente a la prevención de incidentes mayores y fortaleciendo la seguridad operativa en instalaciones de proceso.

Molano & Luis (2017)⁴. “Diseño del sistema de extinción y detección de incendios para la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, conforme a la Norma NFPA y la NSR-10”. El objetivo es diseñar un sistema de detección y extinción de incendios, cumpliendo con las directrices de las normativas NFPA y NSR-10. Se empleó una metodología del tipo aplicada con un enfoque cuantitativo Los resultados fueron la identificación de zonas de alto riesgo y deficiencias en el sistema existente. Se concluyó que la implementación del sistema propuesto aumentaría significativamente la seguridad en la facultad y podría servir de referencia para otras instituciones educativas.

Panduro Cachique (2020)⁵. “Sistema contra Incendio bajo la norma NFPA para incrementar la seguridad del personal en la Minera Las Bambas, Apurímac-2020”. El

³ Venegas Riera (2014) (La seguridad funcional en la industria de procesos: conceptos y metodologías de diseño) <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6870>

⁴ Molano & Luis (2017) (Diseño del sistema contra incendios de extinción y detección para la facultad tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas, conforme a la norma NFPA Y LA NSR-10). <http://hdl.handle.net/11349/6037>

⁵ Panduro y Cachique (2020). Sistema contra incendio bajo la norma NFPA para incrementar la seguridad del personal en la minera las bambas, Apurímac. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/8054>

objetivo fue incrementar la seguridad del personal a través de un sistema contraincendios en base a la NFPA. Se empleo una metodología del tipo aplicado y con un enfoque mixto (cuantitativo – cualitativo). Los resultados fueron la detección de fallas como la falta de dispositivos automáticos y deficiencias en la capacitación del personal. Se concluyo que la implementación del nuevo sistema tuvo una reducción significativa del riesgo de incendios y mejoro la seguridad operativa en la mina.

Vázquez Mendoza & Mendoza Terrores (2021)⁶. “Diseño de un sistema contra incendio para reducir riesgos en una empresa minera en Cajamarca”. El objetivo fue diseñar un sistema de protección contraincendios para una empresa minera para reducir los riesgos. Se empleó una metodología del tipo aplicada con enfoque mixto. La investigación determinó que la protección era deficiente en todas las áreas, por lo que después de diseñar un sistema basado en detección de humo y temperatura los resultados indicaron una reducción significativa en los riesgos de incendio. Se concluyo que el sistema propuesto logro una reducción significativa de riesgos, mejorando la seguridad en entornos mineros.

Morales & Marquina (2019)⁷. “Protección Contraincendios: foco a procesos y recursos criticos”, se utilizó una metodología semicuantitativa mediante el modelo de evaluación de riesgos de incendio específico para operaciones mineras, conocido como Fire Risk Assessment. El objetivo fue desarrollar un modelo de evaluación de riesgos orientado a operaciones mineras. Los resultados demostraron ser eficaz en la identificación de riesgos y la propuesta de mejoras en los sistemas de protección contraincendios. Se concluyó que el modelo permitió mejorar significativamente la gestión del riesgo de

⁶ Vazquez Mendoza & Mendoza Terrones (2021). Diseño de un sistema contra incendio para reducir riesgos en una empresa minera en Cajamarca. <https://hdl.handle.net/11537/29484>

⁷ Morales & Marquina (2019). Protección Contraincendios: foco a procesos y recursos criticos. https://www.essac.com.pe/userfiles/cms/noticia/documento/SM154_NT_Jose_Morales_1.pdf

incendio, demostrando la necesidad de adoptar un enfoque integral que contemple tanto variables técnicas como operacionales. Los autores enfatizaron la necesidad de un enfoque integral que considere tanto los riesgos técnicos como operacionales.

Gallardo Cárdenas (2020)⁸. “Diseño e implementación del sistema automático de detección y extinción de incendio para un centro de control”. El objetivo fue la de realizar el diseño integral de un sistema de protección contra incendios para estaciones críticas, considerando normativa nacional e internacional como la NFPA 72. Empleó una metodología del tipo cualitativa, basada en la revisión normativa y el análisis de riesgos operativos. El autor destaca la importancia de implementar soluciones técnicas que garanticen la protección de instalaciones eléctricas sensibles, con enfoque en la sostenibilidad operativa y la reducción de riesgos. Los resultados fueron el diseño de un sistema que integra tecnologías de detección temprana, agentes de supresión adecuados y procedimientos de intervención, todo bajo un enfoque de sostenibilidad operativa y seguridad continua. Se concluyó que la aplicación rigurosa de criterios normativos y técnicos permite garantizar la protección efectiva de instalaciones eléctricas sensibles, lo cual resulta fundamental para proyectos como el diseño de sistemas de protección contra incendios en salas eléctricas de media tensión, especialmente en entornos industriales y portuarios como el presente estudio.

1.2 Descripción del problema de investigación

La seguridad en entornos laborales, especialmente en sectores industriales y portuarios, abarca varios aspectos cruciales. Desde una perspectiva general, se debe considerar la protección del patrimonio de la empresa, la salud ocupacional de los trabajadores, la continuidad de los procesos y operaciones, así como el cumplimiento de las normativas y regulaciones establecidas por entidades como el OSITRAN.

⁸ Gallardo Cárdenas (2020). Diseño e implementación del sistema automático de detección y extinción de incendio para un centro de control. <https://hdl.handle.net/20.500.12952/6018>

En primer lugar, la protección del patrimonio de la empresa implica salvaguardar sus activos físicos y financieros de posibles daños o pérdidas ocasionadas por incendios u otros eventos adversos. Esto incluye la prevención de incendios, donde la falla en la implementación de medidas de seguridad adecuadas podría resultar en pérdidas significativas de equipos y estructuras. Los costos asociados a pérdidas materiales de ocurrencia de un incendio ascienden a los 15 millones de soles aproximadamente, la recompra de equipos de la planta quemados tendrían un valor similar, adicional a ello se tiene que considerar la reinstalación de los equipos y la pérdida de producción (Vazquez, 2017).

La salud ocupacional de los trabajadores es otro aspecto fundamental que debe abordarse en el diseño de sistemas de protección contraincendios. La exposición a riesgos relacionados con incendios, como humos tóxicos o condiciones de trabajo peligrosas, puede tener efectos negativos en la salud de los empleados. De acuerdo con Óscar Carrasco Pérez, quien es consultor de la Cámara Minera del Perú, la gestión y prevención de incendios representa un desafío significativo debido a su complejidad (Pérez, s.f.). Por eso, es crucial no solo considerar las áreas afectadas por el fuego, sino también gestionar adecuadamente el humo y los gases generados. El riesgo asociado a los incendios radica en su capacidad para extenderse y en el potencial de causar lesiones graves entre los trabajadores implicados (Pérez, n.d.).

Que los procesos y operaciones no paren es esencial para garantizar la productividad y el funcionamiento eficiente de la empresa. Los incendios pueden ocasionar interrupciones en las operaciones comerciales, lo que resulta en pérdidas económicas y retrasos en la producción. La regulación vigente en Perú carece de disposiciones que impongan a las empresas la obligación de implementar medidas de protección contraincendios y llevar a cabo una evaluación de riesgos de incendio utilizando un enfoque metodológico adecuado. Por ejemplo, el Modelo Fire Risk Assessment, muy utilizados en operaciones portuarias, representa una metodología semicuantitativa que se enfoca en

evaluar el impacto potencial en las actividades operativas y la continuidad del negocio (NFPA 551, 2021). Esta metodología busca determinar la efectividad de las medidas de protección contra incendios propuestas mediante un análisis detallado de los riesgos asociados (Morales & Marquina, 2019).

Finalmente, es importante el cumplimiento de las normativas y regulaciones establecidas por entidades gubernamentales como el OSITRAN para garantizar la seguridad y la legalidad de las operaciones. Las empresas deben adherirse a los estándares y requisitos específicos en materia de seguridad eléctrica y protección contraincendios para evitar sanciones y asegurar un entorno laboral seguro y cumplidor de la ley (National Fire Protection Association, 2019). Recientemente, ha habido un aumento significativo en la implementación de esquemas de certificación en diversos sectores, sin embargo, muchos de estos sistemas presentan deficiencias graves. Las auditorías suelen ser superficiales en su enfoque y no están adecuadamente diseñadas para identificar problemas potenciales. Además, con frecuencia, estas auditorías se llevan a cabo de forma remota. En el caso específico de la mina La Esperanza, la auditoría más reciente antes del incendio consistió únicamente en una revisión de documentos, realizada en marzo de 2023, apenas dos meses antes del fatal suceso (Kippenberg, 2024).

Las salas eléctricas de media tensión albergan equipos esenciales para la distribución de energía, como transformadores, interruptores y celdas de distribución. Sin embargo, presentan un alto riesgo de incendio debido a factores como el sobrecalentamiento de componentes, fallas eléctricas y la acumulación de polvo o residuos conductores. El deterioro del aislamiento en cables y conexiones, sumado a la presencia de arcos eléctricos o sobrecargas, puede generar chispas que actúan como fuente de ignición en entornos con materiales inflamables (Safety Culture, 2025).

La protección contraincendios en estas salas no solo implica la instalación de sistemas de detección y extinción de incendios, sino que también requiere un enfoque

integral que considere las características específicas de las instalaciones eléctricas, las normativas de seguridad y los estándares internacionales reconocidos en la materia. En este sentido, el estándar NFPA 72 (National Fire Protection Association) es una referencia fundamental para el diseño de sistemas de detección de incendios, alarmas y comunicaciones de emergencia (National Fire Protection Association, 2019). El desafío principal radica en desarrollar un sistema de protección contra incendios que sea efectivo para prevenir y controlar incendios en salas eléctricas de media tensión, garantizando la seguridad de las personas, la protección de los activos y la continuidad operativa de las instalaciones. Esto implica considerar aspectos como la detección temprana de incendios, la rápida activación de sistemas de extinción, la minimización de falsas alarmas que puedan afectar la operatividad del sistema eléctrico y el cumplimiento de las normativas locales y los estándares internacionales de seguridad (Network, 2017).

La ausencia de diseños adecuados que estén alineados con estándares internacionales como la NFPA 72, y la escasa aplicación de metodologías reconocidas para la evaluación de riesgos evidencian un vacío en la gestión de la seguridad de los sistemas de protección contra incendios en este tipo de entornos portuarios.

1.3 Formulación del Problema General

Debido a la importancia de contar con un sistema contra incendio en una planta eléctrica de media tensión. Se plantea las siguientes preguntas:

1.3.1 Problema Principal

¿Cómo el Diseño de un Sistema de Protección Contra incendios, basado en el estándar NFPA 72, influye en la seguridad y protección del patrimonio empresarial en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias?

1.3.2 Problemas Específicos

- ¿De qué manera el diseño de un sistema de protección contra incendios, conforme al estándar NFPA 72, contribuye a mejorar la seguridad operativa en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias?
- ¿De qué manera el diseño de un sistema de protección contra incendios basado en la NFPA 72 cumple con el nivel de confiabilidad esperado en salas eléctricas de media tensión?
- ¿De qué manera diseño de un sistema de protección contra incendios basado en la NFPA 72 mejorar el cumplimiento de la normativo en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias?
- ¿Es económicamente viable implementar un sistema de protección contra incendios bajo el estándar NFPA 72 en salas eléctricas de media tensión, considerando los beneficios en reducción de riesgos operacionales y protección de activos?

1.4 Justificación e importancia

El incremento de exigencias en materia de seguridad en infraestructuras críticas, como las salas eléctricas de media tensión en entornos portuarios, ha generado la necesidad de desarrollar sistemas especializados que mitiguen eficazmente el riesgo de incendios. En este contexto, el diseño de un sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72 representa una respuesta técnicamente fundamentada a esta problemática. La presente investigación se justifica en la integración de conocimientos científicos y tecnológicos aplicadas al desarrollo de soluciones adaptadas a condiciones operativas y normativas del entorno portuario.

Así mismo, esta investigación adquiere mayor importancia por su contribución al diseño de sistemas de protección contra incendios en salas eléctricas de media tensión dentro de entornos portuarios, espacios que albergan infraestructuras críticas expuestas a

riesgos operacionales elevados. Al basarse en el estándar NFPA 72 y validar su aplicabilidad mediante simulaciones especializadas, el estudio ofrece una propuesta técnica replicable, alineada con normativas internacionales y enfocada en la reducción de riesgos, protección del patrimonio y continuidad operativa. A nivel académico, el trabajo representa un aporte significativo al integrar principios normativos, fundamentos de ingeniería y herramientas de modelado, lo que fortalece la formación profesional en seguridad industrial y permite abrir nuevas líneas de investigación en sistemas inteligentes de protección y monitoreo.

1.5 Objetivos del estudio

1.5.1 *Objetivo general*

Diseñar un sistema integral de protección contra incendios para salas eléctricas de media tensión, basado en el estándar NFPA 72, para garantizar la seguridad de las personas, la protección del patrimonio de la empresa y la continuidad operativa en entornos portuarios.

1.5.2 *Objetivos específicos*

- O.E.1: Determinar como el Diseño de un sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72, influye en la seguridad operativa en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias.
- O.E.2: Determinar como el Diseño de un sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72, cumple con el nivel de confiabilidad esperado en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias.
- O.E.3: Determinar como el Diseño de un sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72, influye en el cumplimiento normativo en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias.

- O.E.4: Determinar como el Diseño de un sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72, es viable económica y financieramente en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis

La implementación de un sistema de protección contraincendios en salas eléctricas de media tensión, basado en el estándar NFPA 72, contribuirá significativamente a garantizar la seguridad operativa y la protección del patrimonio en salas eléctricas de media tensión de instalaciones portuarias.

1.6.2 Hipótesis Específicas

- H.E.1: El diseño de un sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72 mejorara la seguridad operativa en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias.
- H.E.2: El diseño de un sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72 cumplirá con el nivel de confiabilidad esperado en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias.
- H.E.3: El diseño de un sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72 mejorara el cumplimiento normativo en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias.
- H.E.4: El diseño de un Sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72, es económicamente viable y representa una inversión justificada en términos de reducción de riesgos operacionales y protección de activos en entornos portuarios.

1.7 Variables y Operacionalización de variables

Variable independiente (VI): Diseño del sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72.

Variable dependiente (VD): Nivel de seguridad y protección del patrimonio empresarial en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias.

Tabla 1:

Relación de variables e indicadores

Variable	Definición	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Diseño del sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72	Es la propuesta técnica y normativa que integra subsistemas de detección, alarma, comunicación y respuesta ante incendios, diseñada bajo los lineamientos de la norma NFPA 72 para su implementación en salas eléctricas de media tensión.	- Sistema de detección - Sistema de alarma y comunicación - Integración normativa NFPA 72	- Cobertura de detectores - Tiempo de respuesta de detección - Existencia de sistemas de notificación - Compatibilidad con NFPA 72	-Registro de incidentes, observación directa -Aprobación de Protocolos, según NFPA 72
seguridad y protección del patrimonio	Se refiere al grado en que el sistema propuesto permite reducir el riesgo de incendio, proteger la infraestructura eléctrica y mantener la continuidad operativa, cumpliendo estándares internacionales.	- Seguridad operativa - Confiabilidad - Cumplimiento normativo - Viabilidad Económica	- Reducción del riesgo identificado (FRA) - Nivel de integridad de seguridad (SIL) - Cumplimiento de estándares y normas - inversión estimada	-Análisis de riesgo (FRA) -Seguridad Funcional (SIS)

En la Tabla 1 se muestra la relación de variables e indicadores. Esta Tabla permite evaluar la efectividad del sistema en función de indicadores claves

1.8 Metodología

1.8.1 Diseño de Investigación

El presente estudio adopta un diseño cuasiexperimental con un enfoque mixto, debido a que se evalúa el efecto de la implementación de un sistema de protección contra incendios (basado en el estándar NFPA 72) en las condiciones reales de operación de salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias. En (Martínez, 2023), “Diseño de un sistema contraincendios basado en las normas NFPA y el desempeño para mejorar la prevención y extinción de incendios en una central de generación de energía de 200MW”, el estudio demostró la viabilidad de medir cambios significativos en la prevención y desempeño del sistema después de introducir mejoras técnicas, sin necesidad de asignaciones aleatorias, lo cual valida la pertinencia del presente estudio.

1.8.2 Recolección de datos

La recolección de datos se realizó en varias etapas:

- **Observación Directa:** Inspección de las instalaciones para identificar posibles riesgos de incendio y evaluar la condición de los sistemas de detección y extinción de incendios existentes.
- **Entrevistas y Cuestionarios:** Recopilación de la información de expertos en seguridad, ingenieros de planta y personal de mantenimiento para obtener una comprensión detallada de los procedimientos actuales y las percepciones sobre la seguridad contraincendios.
- **Simulaciones y Pruebas:** Simulación y pruebas de los sistemas de protección propuestos para evaluar su efectividad en situaciones de emergencia.

1.8.3 Análisis de datos

Esta se llevó a cabo utilizando herramientas tanto cualitativas como cuantitativas:

- **Análisis Cualitativo:** Se utilizó para interpretar la información obtenida de las entrevistas y cuestionarios. Este análisis permitió identificar temas clave y patrones en las prácticas de seguridad y la percepción de los riesgos.

- **Análisis Cuantitativo:** Se aplica a los datos de pruebas y simulaciones para medir la efectividad de los sistemas de protección contra incendios. Se utilizaron métricas como el tiempo de detección de incendios, la eficacia de extinción y el impacto en la continuidad operativa.

1.8.4 Unidad de análisis

La unidad de análisis es el puerto del Callao, más específicamente en las instalaciones operadas por DP WORLD, ubicado en el Callao, Perú. La altitud aproximada es de 5 msnm, este puerto es uno de los principales centros logísticos y comerciales del país, donde la infraestructura eléctrica juega un papel fundamental en la continuidad de las operaciones.

El análisis de estas instalaciones permitirá evaluar los riesgos de incendio asociados a los sistemas eléctricos y diseñar un sistema de protección basado en el estándar NFPA 72.

Figura 1:

Vista Superior del Puerto DP WORLD



Nota. Adaptado de (Google Earth, 2025)

En la Figura 1 se muestra una vista superior del puerto DP World en el Callao. Esta representación es clave para contextualizar la ubicación de la unidad de análisis.

Capítulo II. Marco teórico y conceptual

2.1 Marco teórico

2.1.1 *Principios de Seguridad Contra incendios*

La seguridad contra incendios se fundamenta en la comprensión de los elementos del fuego, representados por el triángulo y tetraedro del fuego. Estos elementos incluyen el calor, el combustible, el oxígeno y la reacción en cadena. La eliminación de uno o más de estos componentes es esencial para la extinción del fuego (Network, 2017). En entornos industriales como salas eléctricas, esta teoría se convierte en la base para el diseño de estrategias de prevención, detección y extinción del fuego. Adicionalmente, la transferencia de calor (conducción, convección y radiación) influye en la propagación del fuego. Por ello, los materiales de construcción y el aislamiento eléctrico deben cumplir con propiedades térmicas y dieléctricas seguras (Drysdale, 2011).

Elementos del Incendio:

- Calor: Es la fuente de ignición que puede provenir de diversas causas como cortocircuitos, sobrecargas, fricción o chispas.
- Combustible: Material que se quema, que puede ser sólido, líquido o gas.
- Oxígeno: Elemento necesario para la combustión, normalmente presente en el aire.
- Reacción en cadena: Proceso continuo que mantiene el fuego una vez iniciado.

Las estrategias para el control y extinción del fuego incluyen:

- Prevención: Medidas para evitar la ocurrencia de incendios, como mantenimiento adecuado de equipos eléctricos, control de fuentes de ignición y almacenamiento seguro de materiales combustibles (Safety Culture, 2025).

- Detección temprana: Como uso de sistemas de detección que alertan sobre la presencia de fuego en sus etapas iniciales, permitiendo una respuesta rápida (Drysdale, 2011).
- Contención: Técnicas y barreras para limitar la propagación del fuego a áreas confinadas, minimizando el daño estructural y la extensión del incendio (Safety Culture, 2025).
- Extinción: Como uso de sistemas y métodos para apagar el fuego, como rociadores automáticos, extintores portátiles y agentes extintores especiales (Drysdale, 2011).

2.1.2 Estándar NFPA 72

Es el estándar de referencia para los sistemas de detección de incendios, alarmas y comunicaciones de emergencia. Este estándar abarca directrices sobre instalación, mantenimiento y funcionamiento de estos sistemas para asegurar su eficacia y fiabilidad (National Fire Protection Association, 2019). La NFPA 72 proporciona un marco detallado para la implementación de tecnologías y procedimientos que garanticen una respuesta rápida y efectiva ante la detección de incendios. Incluye especificaciones técnicas para los componentes del sistema, como detectores, alarmas, sistemas de comunicación y control, así como requisitos de prueba y mantenimiento para asegurar que estos sistemas funcionen correctamente en todo momento.

Aspectos Clave de la NFPA 72

- Instalación: Da indicaciones sobre la correcta ubicación y configuración de detectores y alarmas, asegurando cobertura completa y adecuada en todas las áreas de riesgo.
- Mantenimiento: Requisitos para la inspección y prueba regular de los sistemas para garantizar que estén en condiciones óptimas de funcionamiento. Esto incluye

pruebas funcionales periódicas y mantenimiento preventivo para identificar y corregir fallos potenciales.

- Operación: Procedimientos para la operación segura y efectiva de los sistemas, incluyendo la capacitación del personal en el uso adecuado de los equipos y la respuesta a las alarmas de incendio.
- Actualización tecnológica: La norma se actualiza regularmente para incorporar avances tecnológicos y mejores prácticas en la detección y alerta de incendios.

En el contexto peruano, el Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (OSITRAN) regula e impone sanciones por el incumplimiento de normas. OSITRAN establece normas y procedimientos específicos para garantizar la seguridad y eficiencia de las operaciones, enfocándose en la prevención de accidentes, la protección del personal y las instalaciones (OSITRAN, 2020). Sin embargo, las disposiciones locales pueden carecer de especificaciones en comparación con normativas internacionales como la NFPA 72, lo que subraya la importancia de adoptar estándares reconocidos mundialmente para mejorar la seguridad y la eficacia de los sistemas de protección contra incendios.

Adoptar estándares internacionales como la NFPA 72 puede ofrecer varias ventajas:

- Mejora de la seguridad: Normativas detalladas y específicas pueden ayudar a identificar y mitigar riesgos de manera más efectiva, reduciendo la probabilidad de incendios y mejorando la respuesta ante emergencias.
- Eficiencia operativa: Sistemas bien diseñados e integrados pueden minimizar interrupciones operativas y asegurar la continuidad del negocio.
- Cumplimiento y auditoría: La adopción de normativas reconocidas facilita el cumplimiento y la auditoría por parte de organismos reguladores y de certificación, asegurando que las prácticas de seguridad estén alineadas con los mejores estándares internacionales.

2.1.3 Estándar IEC61508

Es un estándar internacional que establece los principios y requisitos para garantizar la seguridad funcional de los sistemas eléctricos y electrónicos relacionados con la seguridad. Su enfoque se basa en la identificación y control de riesgos asociados a fallos funcionales, esto se realiza a través de funciones instrumentadas de seguridad (SIF) y la determinación de niveles de integridad de seguridad (SIL). (Riera, 2020)

2.1.4 Estándar IEC61511

Este estándar aplica los mismos fundamentos que el estándar IEC 61508 con algunos cambios con respecto al campo. Viene establecer las practicas en la ingeniería que garanticen la seguridad en un proceso industrial. (Riera, 2020)

2.1.5 Casos de estudio

Mina Cerro Verde, Arequipa, Perú

En la mina Cerro Verde, una de las principales productoras de cobre en Perú, se implementó un sistema integral de protección contra incendios en sus salas eléctricas. Este sistema incluyó detectores de humo de alta sensibilidad y sistemas de extinción por CO₂, adaptados para minimizar el riesgo de incendios en áreas con equipos eléctricos sensibles. El proyecto se centró en la reducción del tiempo de respuesta y la protección de equipos críticos. Los resultados post-implementación indicaron una disminución significativa en los incidentes de incendio y una mejora en la eficiencia operativa, destacando la importancia de un sistema de protección robusto y bien diseñado.

Mina de Oro Yanacocha

Yanacocha, conocida por ser una de las minas de oro más grandes del mundo, adoptó un enfoque avanzado para la protección contra incendios en sus instalaciones eléctricas. Se instalaron sensores de detección de múltiples criterios, que combinan la

detección de humo, calor y llamas, proporcionando una identificación precisa de incendios. Además, se utilizaron sistemas de extinción por agua nebulizada y agentes limpios, adecuados para proteger equipos electrónicos sensibles sin dejar residuos dañinos. La implementación de estos sistemas resultó en una mejora significativa en la seguridad de las instalaciones y una reducción en los tiempos de inactividad operativa debido a incidentes de incendio.

Terminal Portuario APM Terminals, Ancash, Perú

El terminal APM Terminal implementó un sistema de protección contra incendios que incluye alarmas de emergencia, rutas de evacuación claramente señalizadas y sistemas de rociadores automáticos de agua y por agente limpios en zonas de data center y donde se ubican equipos eléctricos. Este sistema fue diseñado para minimizar el impacto de incendios y asegurar una rápida acción antes eventos de incendio. El caso de estudio destacó la importancia de una planificación exhaustiva y la integración de todos los sistemas de seguridad para responder de manera efectiva ante emergencias.

Mina de Cobre Tintaya

En la mina de cobre Tintaya, ubicada en Cusco, se instaló un sistema de protección contra incendios enfocado en la protección de transformadores y subestaciones eléctricas. El sistema utilizó tecnología de detección térmica y sistemas de extinción con gas inerte, diseñado para proteger equipos críticos y asegurar la continuidad operativa. Las pruebas de validación y simulaciones mostraron que el sistema podía contener incendios antes de que se propagaran, minimizando así los daños y garantizando la seguridad del personal y los activos.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Características de las Salas Eléctricas de Media Tensión

Las salas eléctricas de media tensión albergan equipos cruciales para la distribución eléctrica, estos equipos pueden ser: transformadores, interruptores, paneles de control y celdas de media tensión. Estas operan entre un rango de tensión de 1kV a 52Kv (Schneider Electric, 2015).

La operatividad de las instalaciones portuarias depende en gran medida de la fiabilidad y seguridad de estas salas, ya que cualquier falla puede causar interrupciones significativas en la producción y potencialmente provocar daños a equipos costosos y a la infraestructura.

Equipos y Componentes Principales

Transformadores:

Es un dispositivo electromagnético que permite transferir energía eléctrica entre dos o más circuitos a través de la inducción electromagnética. Estos son utilizados para cambiar los niveles de tensión de la energía eléctrica para su distribución eficiente. Los transformadores pueden ser de aceite o secos, y los de aceite presentan un mayor riesgo de incendio debido a la inflamabilidad del aceite utilizado como refrigerante y aislante (Miranda, 2025).

Celdas de Media Tensión:

Son compartimientos modulados diseñados para albergar y conectar equipos de conmutación y protección, sirve como elementos de protección y distribuir energía. Estas celdas están compuestas por transformadores de corrientes y voltaje, interruptores, seccionadores, fusibles y relés de protección. Su diseño mecánico y eléctrico deben cumplir con normativas internacionales como IEC 62271-200, asegurando así su confiabilidad y desempeño (Miranda, 2025).

Paneles de Control:

Contienen dispositivos de protección, control y monitoreo para los sistemas eléctricos. Este dispositivo electrónico recibe información de detectores de humo, calor, módulos de monitoreo, etc. La función es garantizar una respuesta rápida y efectiva.

Las salas eléctricas de media tensión presentan varios riesgos que deben gestionarse adecuadamente para prevenir incendios y garantizar la seguridad (SECURICORP, 2014).

Materiales inflamables:

Son aquellos que pueden encenderse y mantener la combustión en presencia de gases o vapores del material inflamable, oxígeno y una fuente de ignición.

La presencia de aceites, aislantes y otros materiales combustibles aumenta el riesgo de incendio. Los transformadores de aceite, en particular requieren medidas de seguridad adicionales, como sistemas de detección de fugas y sistemas de contención de aceite para evitar la propagación de incendios. La identificación y manejo adecuado de estos materiales es esencial para prevenir riesgos de incendio y garantizar la seguridad en su almacenamiento y uso (Drysedale, 2011).

2.2.2 Seguridad Funcional

La seguridad funcional se centra en asegurar que los sistemas automáticos (SIF) respondan correctamente ante fallos o condiciones peligrosas. Estos sistemas deben garantizar una respuesta de manera segura ante fallos operativos, de esta manera se asegura que los procesos de alta criticidad permanezcan en un nivel de confiabilidad aceptable (SIL). (Gonzales Garcia, 2022)

2.2.3 Safety Instrumented Function (SIF)

Se define como un lazo de control diseñado para mantener un sistema a un estado seguro cuando ocurre un evento peligroso. La implementación se realiza a través de dispositivos, que actúan automáticamente sobre el proceso mediante sensores, lógica y elementos finales. El SIF incluye un subsistema de sensado, lógica y actuación. Finalmente cada SIF se asocia a un nivel de integridad de seguridad (SIL) (Lutenberg, 2018).

2.2.4 Safety Integrity Level (SIL)

Se define como el grado de reducción de riesgo que provee una función instrumentada de seguridad (SIF). El SIL cuantifica la probabilidad de fallo peligroso; es decir, cuanto mas alto el SIL, menor será la probabilidad de fallo y mayor la complejidad técnica. (Riera, 2020)

Para calcular el SIL, de acuerdo con la norma IEC 61850, el SIL puede determinarse de las siguientes maneras:

- Asignación del SIL requerido: Se consigue en base al análisis de riesgo realizado, en la presente investigación se utiliza el método Fire Risk Assessment.
- Verificación del SIL alcanzado: Se realiza mediante el calculo de la probabilidad de fallo a la demanda (PFD) de la SIF, el valor se estable con los rangos establecido por el estándar IEC 61850.

Probabilidad de Falla en Demanda (PFD)

Representa la probabilidad promedio de que la SIF falle en el momento en el que ocurre la falla, es decir, no se logra mitigar el evento de riesgo al que está asociada. Esta probabilidad está relacionada directamente con la tasa de fallos.

Estimación de la Tasa de Fallos en sistemas de Seguridad Funcional

Para el diseño y análisis de sistemas de protección contra incendios en entornos industriales críticos, resulta fundamental contar con datos confiables sobre la tasa de fallos peligrosos de los dispositivos involucrados, como sensores de humo, detectores térmicos, módulos de entrada/salida y paneles de control, en caso el fabricante no emita estos valores en los manuales de los equipos. En este contexto, se recurre a fuentes técnicas reconocidas internacionalmente como el manual Safety Instrumented Function Verification (EXIDA) y PDS Data Handbook (SINTEF), las cuales proporcionan bases de datos validadas y utilizadas ampliamente en estudios de confiabilidad y seguridad funcional.

Ambas fuentes permiten realizar una estimación de las tasas de fallos, y son empleadas en el presente trabajo como base para el cálculo de la probabilidad de falla en demanda promedio, de acuerdo con la frecuencia de pruebas (**T**) y la criticidad de cada función de detección.

Tabla 2:

Valores de tasas de falla de válvulas y sensores de un SIF en un sistema de baja demanda

Failure Rates (1/hr)					
	SD	SU	DD	DU	
Sensors					
Safety Pressure Transmitter Composite ¹ Certified SC 3	3.01E-7	1.74E-7	-	4.4E-8	
Logic Solver					
Generic PLC2 (1oo2D) Certified SC 3	1.19E-5	1.36E-7	2.97E-6	2.50E-7	[10]
Final Element					
Generic 3-way solenoid	-	1.01E-6	-	5.85E-7	[10]
Generic Air Operated Ball Valve, Close on Trip Proven-in-use to SIL 2	-	5.00E-7	-	1.98E-6	[10]
Mission Time (MT)					
The equipment is expected to operate for 15 years before replacement and/or refurbishment and restoration in as new condition.					
Proof Test Interval (TI)					
Sensors	3 years				
Logic Solver	5 years				
Final Element	1 year				
Proof Test Coverage (C _{PT})					
Sensors	90%				[11]
Logic Solver	90%				[11]
Final Element	69%				[11]
Mean Time To Restore (MRT ₀₀)					
Sensors	N/A automatic shutdown implemented for diagnosed failures				
Logic Solver	12 hours				
Final Element	N/A no diagnosed failures				
Proof Test Duration (PTD)					
All proof testing will be performed with the process shutdown implying PTD = 0 and MRT _{DU} = 0.					
Probability of Initial Failure (PIF)					
All components of the SIF are completely tested once installed implying PIF= 0.					
Site Safety Index (SSI)					
SSI 2 included in the failure rates					

Nota: Tomado de Safety Equipment Reliability Handbook (EXIDA,2017)

En la Tabla 2 muestra los valores de las tasas de fallo de sensores y solenoides, las cuales se usarán para el cálculo del PFD.

Tabla 3:

Valores de tasas de falla de un sistema de protección de presión

Component	λ_{DU} (per hour)	β	Comments and reference
Pressure transmitter (PT)	$0.3 \cdot 10^{-6}$	0.04	Failure rate; Ref. /2/. Assuming coverage of 60% for dangerous failures for pressure transmitters.
		0.10	β -factors: $\beta = 0.04$ is assumed for the PSD transmitters, ref. /2/. For the HIPPS transmitters a $\beta = 0.10$ is applied due to the common connection point leading to possibility of plugging of sensor line (the PSD transmitters are assumed to have different connection points). For the combined PSD and HIPPS function the geometric mean of the two beta factors 0.04 and 0.10 have been used, which gives a common beta factor of 0.06. Note that in order to ensure robustness, the minimum β has not been chosen since the PTs are assumed to be of the same type and the impulse lines located relatively close.
		0.06	
Trip amplifier / analogue input (HIPPS)	$0.04 \cdot 10^{-6}$	0.03	Ref. /2/. Data for hardwired safety system.
Hardwired HIPPS logic	$0.03 \cdot 10^{-6}$		
Digital output (HIPPS)	$0.03 \cdot 10^{-6}$		
Analogue input, AI (PSD)	$0.16 \cdot 10^{-6}$		
CPU (PSD)	$0.48 \cdot 10^{-6}$	NA	Ref. /2/. Assuming single safety PLC.
Digital output, DO (PSD)	$0.16 \cdot 10^{-6}$		
Pilot valve	$0.8 \cdot 10^{-6}$	0.10	Assumed a β of 0.10 for pilots on same valve and 0.03 for pilots on different valves, ref. /2/
		0.03	
Shutdown valve (HIPPS, XV)	$2.1 \cdot 10^{-6}$	0.03	Ref. /2/. Assuming the same failure rate for the HIPPS valves as for a standard shutdown valve (ESV/XV).

Nota: Tomado de PDS DATA HANDBOOK (SINTEF, 2021)

En la Tabla 3 muestra los valores de las tasas de fallo de los controladores logicos, las cuales se usarán para el cálculo del PFD.

Cálculo del PFD en sistema de demanda baja

Se dice sistemas de demanda baja, aquellos donde las funciones de seguridad se activarán en situaciones poco frecuentes, como incendios o explosiones. Según IEC 61508-4, un sistema es considerado de demanda baja cuando se espera que la SIF se active menos de una vez por año.

En estos casos, la PFD se calcula de la siguiente manera:

$$PFD = \frac{\sum(\lambda_{DU} + \lambda_{DD}) * T}{2} \dots \dots \dots (1)$$

$$\lambda_D = \lambda_{DU} + \lambda_{DD} \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

- λ_{DU} : Tasa de fallas peligrosas no detectadas
- λ_{DD} : Tasa de fallas peligrosas detectadas
- λ_D : Tasa de Fallas peligrosas del canal completo (fallos por hora).
- T : Intervalo de prueba del sistema (horas)
- El denominado representa un promedio asumido de falla durante el intervalo de tiempo.

Cálculo del PFD en sistemas con arquitectura redundante

En las arquitecturas del tipo 1oo1, 1oo2, 2oo2 y 2oo3, la notación “X”oo”Y”, significa en ingles “X out of Y”, donde Y representa el numero total de sensores y X cuantos de esos sensores deben funcionar para que se active la acción de seguridad. (IEC61508, 2010)

A continuación, se presentan las fórmulas aproximadas, basadas en métodos de análisis de confiabilidad de sistemas de acuerdo a los estándares IEC 61508 e IEC 61511, según el tipo de arquitectura:

$$PFD_{1001} = \frac{\sum \lambda_{DU} * T}{3} \dots \dots \dots (3)$$

$$PFD_{1002} = \frac{\sum \lambda_{DU}^2 * T^2}{3} + \frac{\sum \lambda_{DU} * T}{2} \dots \dots \dots (4)$$

$$PFD_{2002} = \sum \lambda_{DU} * T \dots \dots \dots (5)$$

$$PFD_{2003} \cong 3 * \frac{\sum \lambda_{DU}^2 * T^2}{4} + \frac{\sum \lambda_{DU} * T}{3} \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

- λ_{DU} : Tasa de Fallas peligrosas no detectadas (por hora).
- T : Intervalo de prueba del sistema (horas)

El cálculo del PFD permite comparar el desempeño del SIF con los límites definidos por la norma IEC 61508, asignando así un nivel de integridad de seguridad (SIL) adecuado:

Tabla 4:

Tabla de factores de desempeño del SIS

SIL	Probabilidad de falla a la demanda (PFD)	Disponibilidad Segura (1-PFD)	Factor de Reducción de Riesgo (1/PFD)
4	0.0001-0.00001	99.99-99.999%	10.000-100.000
3	0.001-0.0001	99.9-99.99%	1.000-10.000
2	0.01-0.001	99-99.9%	100-1.000
1	0.1-0.01	90-99%	10-100

Nota: Adaptado de IEC 61508-1, 2010.

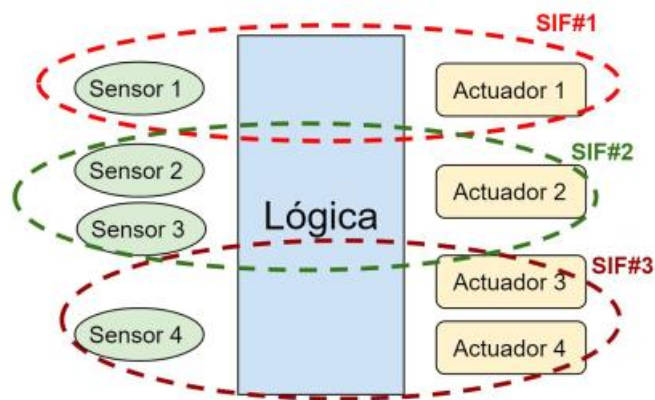
En la Tabla 4 se muestra los valores de SIL asignados dentro de un rango de valores de PFD, de acuerdo al estándar IEC 61508. Mientras más bajo sea el valor de PFD, mayor será el SIL alcanzado, y por tanto mayor la confiabilidad funcional del sistema.

2.2.5 Safety Instrumented System (SIS)

De acuerdo con el estándar IEC 61511, el SIS se compone de 3 subsistemas importantes como son los: sensores, unidad lógica de control y los actuadores. Su propósito es el de actuar antes eventos inesperados y ejecutar las funciones instrumentadas de seguridad. (Lutenberg, 2018)

Figura 2:

Descripción grafica de un SIS, compuesto por 3 SIF



Nota: Adaptado de "Procedimiento para la determinación de las funciones de seguridad y su nivel de integridad de la seguridad (SIL)" (Lutenberg. 2018)

En la figura 2, se muestra la relación entre las variables de seguridad SIL-SIF-SIS.

2.2.6 Sistemas de detección y Extinción de incendios

Los sistemas de detección y extinción de incendios son componentes cruciales para la protección de las salas eléctricas de media tensión, ya que permite identificar y controlar incendios en sus etapas iniciales, minimizando los daños y protegiendo tanto al personal como a los equipos (Flórez, 2018). A continuación, se detallan los principales tipos de sistemas de detección y extinción de incendios, junto con sus características y aplicaciones específicas en entornos industriales y portuarios.

Sistemas de Detección de Incendios

Detectores de Humo:

- **Detectores iónicos:** Utilizan una pequeña cantidad de material radioactivo para ionizar el aire dentro del detector, permitiendo que la corriente fluya entre dos placas cargadas. Cuando el humo entra en la cámara, interrumpe el flujo de iones, activando la alarma (Cote & Casey, 2008).
- **Detectores fotoeléctricos:** Utilizan un haz de luz que, cuando es interrumpido o dispersado por partículas de humo, activa la alarma. Son especialmente efectivos para detectar incendios de combustión lenta, que generan grandes cantidades de humo antes de desarrollar llamas (Cote & Casey, 2008).

Detectores de calor:

- **Detectores de temperatura fija:** Se activan cuando la temperatura alcanza un valor predeterminado. Son adecuados para áreas donde los detectores de humo pueden generar falsas alarmas debido a partículas en suspensión (National Fire Protection Association, 2019).
- **Detectores de tasa de aumento:** Detectan incrementos rápidos de temperatura, activando la alarma antes de que alcance la temperatura fija. Son útiles para detectar incendios de rápida propagación (National Fire Protection Association, 2019).

Detectores de Llamas:

- **Detectores ultravioletas (UV):** Detectan la radiación ultravioleta emitida por las llamas. Son efectivos para la detección rápida de incendios, pero pueden ser susceptibles a falsas alarmas causadas por otras fuentes de radiación UV (Honeywell, 2021).

- **Detectores infrarrojos (IR):** Detectan la radiación infrarroja emitida por las llamas. Son menos propensos a falsas alarmas que los detectores UV y son efectivos para detectar incendios de hidrocarburos (Honeywell, 2021).

Sistemas de Extinción de Incendios

Rociadores Automáticos:

- **Rociadores de agua:** Son los más comunes y efectivamente enfrían el fuego y los materiales circundantes, extinguiendo el incendio. Son ideales para la mayoría de los entornos industriales, aunque no siempre son adecuados para áreas con equipos eléctricos sensibles, están regulados por la NFPA 13 (National Fire Protection Association, 2019).
- **Rociadores de espuma:** Mezclan agua con un agente espumante que forma una capa sobre líquidos inflamables, sofocando el fuego y evitando la re-ignición. Son adecuados para áreas con riesgo de incendios de líquidos inflamables (National Fire Protection Association, 2019).

Sistemas de Dióxido de Carbono (CO2)

Utilizan dióxido de carbono para sofocar el fuego desplazando el oxígeno en el área afectada. Son ideales para áreas con equipos eléctricos sensibles, ya que no dejan residuos y no conduce electricidad. Sin embargo, deben usarse con precaución en áreas ocupadas debido a los riesgos de asfixia (National Fire Protection Association, 2019).

Sistemas de Agentes Limpios:

- **Agentes Halo carbonados:** Incluyen compuestos como FM-200 y NOVEC1230. Son efectivos para apagar incendios sin dañar los equipos eléctricos y electrónicos, son seguros para su uso en áreas ocupadas (Esseci Antincendio, n.d.).

- **Agentes Inertes:** Incluyen gases como argón y nitrógeno. Estos gases reducen la concentración de oxígeno en el área afectada, apagando el fuego sin dañar los equipos electrónicos ni dejar residuos (Esseci Antincendio, n.d.).

Sistemas de Espuma

Utilizan un agente espumante mezclado con agua y aire para generar una espuma que cubre el material en llamas, sofocando el fuego y evitando la reignición. La espuma actúa enfriando el fuego y cubriendo el combustible, evitando su contacto con el oxígeno y suprimiendo la combustión. Son especialmente efectivos para incendios de líquidos inflamables y en áreas de almacenamiento de combustibles (AIRFEU, n.d.).

Extintores Portátiles

Son una primera línea de defensa y están disponibles en varios tipos, como extintores de polvo químico seco, dióxido de carbono y espuma. Cada tipo es adecuado para diferentes clases de incendios y debe seleccionarse según los riesgos específicos del área (National Fire Protection Association, 2019).

Consideraciones para la implementación

Mantenimiento y Pruebas Regulares:

Es esencial realizar inspecciones y pruebas regulares para asegurar que todos los componentes del sistema funcionen correctamente. Esto incluye pruebas funcionales de detectores, verificación de la presión y estado de los rociadores y sistemas de CO₂, y recargas y mantenimiento de extintores portátiles.

Capacitación del Personal:

El personal debe estar capacitado en el uso de extintores portátiles, la activación de alarmas manuales y las medidas de evacuación. La capacitación regular y los

simulacros de incendio ayudan a asegurar una respuesta rápida y efectiva en caso de emergencia.

2.2.7 Gestión de la Seguridad y la Salud Ocupacional (SST)

La gestión de la seguridad y salud ocupacional (SST) en entornos portuarios implica un enfoque sistemático para identificar peligros, evaluar riesgos e implementar controles preventivos. La SST es crucial para minimizar los riesgos asociados a incendios y otros peligros laborales. En el contexto portuario, donde las operaciones son complejas y los riesgos inherentes son altos, una gestión efectiva de la SST es esencial para proteger a los trabajadores y garantizar la continuidad operativa (Panduro Cachique, 2020).

Componentes de la SST

Identificación de peligros:

El primer paso en la gestión de la SST viene a ser la identificación de todos los factores que podrían causar daño en el entorno laboral. Esto incluye peligros físicos, químicos, biológicos, ergonómicos y de seguridad. Esto incluye peligros físicos, químicos, biológicos, ergonómicos y de seguridad. En el caso específico de las salas eléctricas de media tensión, los peligros pueden incluir:

- **Fallas Eléctricas:** Sobrecargas, cortocircuitos y arcos eléctricos.
- **Materiales inflamables:** Aceites, aislamientos y otros materiales combustibles.
- **Condiciones ambientales adversas:** Temperaturas extremas, humedad y polvo.
- **Factores humanos:** Capacitación insuficiente del personal, procedimientos inadecuados y errores humanos.

Evaluación de riesgos:

En (Arias & Ruiz, 2019) se realiza un análisis detallado de la probabilidad y gravedad de los riesgos asociados. La evaluación de riesgos permitirá priorizar los peligros y determinar las medidas de control más adecuadas. Los métodos comunes de evaluación de riesgos incluyen:

- **Matrices de riesgo:** Herramientas cualitativas y cuantitativas que combinan la probabilidad de ocurrencia y la severidad de las consecuencias.
- **Análisis de modos de falla y efectos (FMEA):** Técnica sistemática para identificar modos de falla potenciales y sus efectos en los sistemas.
- **Análisis de riesgos cuantitativos:** Métodos que utilizan datos estadísticos y modelos matemáticos para evaluar la probabilidad y el impacto de los riesgos.

Controles preventivos:

Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (2015). "Hierarchy of Controls". La implementación de medidas para eliminar o reducir los riesgos identificados es fundamental para una gestión efectiva de la SST. Los controles preventivos pueden ser:

- **Eliminación:** Consiste en eliminar completamente el peligro del entorno laboral.
- **Sustitución:** Reemplaza el material o proceso peligroso por uno que represente un menos riesgo.
- **Controles de ingeniería:** Como modificaciones físicas para eliminar o reducir los riesgos, como la instalación de sistemas de ventilación, barreras protectoras y sistemas de monitoreo continuo.
- **Controles administrativos:** Son políticas, procedimientos y prácticas diseñadas para minimizar los riesgos, como programas de capacitación, procedimientos de trabajo seguro y auditorías de seguridad.

- **Equipos de protección personal (EPP):** Uso de equipos como cascos, guantes, gafas de protección y ropa resistente al fuego para proteger a los trabajadores de los peligros residuales.

Estrategias Adicionales de Gestión de SST

Monitoreo y revisión continua:

La SST viene a ser un proceso dinámico que requiere de mucho monitoreo y revisión continua para asegurar su efectividad. Esto implica la realización de inspecciones regulares, auditorías de seguridad y la actualización de las evaluaciones de riesgos y controles preventivos en respuesta a cambios en las condiciones de trabajo o nuevas normativas.

Capacitación y concientización:

La capacitación constante del personal es crucial para asegurar que todos los trabajadores comprendan los riesgos y sepan cómo protegerse adecuadamente. Los programas de capacitación deben incluir información sobre:

- Procedimientos de emergencia y evacuación.
- Uso correcto de los equipos de protección personal (EPP).
- Manejo seguro de materiales peligrosos.
- Prácticas de trabajo seguro y ergonomía.

Participación de los trabajadores:

Involucrar a los trabajadores en la gestión de la SST es crucial para identificar problemas y desarrollar soluciones prácticas. La participación puede incluir:

- **Comités de seguridad:** Como los grupos de trabajo que incluyen representantes de los trabajadores y la dirección para discutir y resolver problemas de seguridad.

- **Encuestas y sugerencias:** Como herramientas que recopilen opiniones y sugerencias de los trabajadores sobre temas de seguridad y salud.

Cultura de Seguridad:

En (Safety Culture, 2025) fomenta una cultura de seguridad que es esencial para garantizar el éxito a largo plazo en las iniciativas de SST. Una cultura de seguridad fuerte se caracteriza por:

- **Compromiso en la dirección:** Liderazgo que demuestra la importancia de la seguridad y salud ocupacional a través de acciones y recursos.
- **Comunicación abierta constante:** Como canales de comunicación efectivos que permiten a los trabajadores informar sobre peligros y preocupaciones sin temor a represalias.
- **Capacitación y concienciación:** Los empleados deben recibir formación continua sobre seguridad.
- **Participación de los trabajadores:** Los empleados deben estar involucrados activamente en la identificación y mitigación de riesgos.
- **Reconocimiento y recompensa:** Programas que reconocen y recompensan comportamientos seguros y contribuciones significativas a la mejora de la SST.

2.2.8 Análisis de Riesgos

En (Safety Culture, 2025) se muestra el análisis de riesgos es una herramienta fundamental e importante para identificar y evaluar los riesgos de incendio en salas eléctricas de media tensión. Este proceso permite desarrollar estrategias y medidas de protección adecuadas para minimizar los riesgos y asegurar la seguridad del personal y la continuidad operativa de las instalaciones. A continuación, se detallan las metodologías más utilizadas en el análisis de riesgos y el enfoque específico del modelo Fire Risk Assesment.

2.2.8.1 Análisis Cualitativo:

El análisis cualitativo es una evaluación de riesgos basada en la experiencia y juicio experto del personal en campo. Esta se utiliza para identificar y describir los peligros potenciales y evaluar su impacto de manera no numérica. Los pasos típicos del análisis cualitativo incluyen:

- **Identificación de peligros:** Se hace la recopilación de información sobre posibles fuentes de incendio y condiciones que pueden contribuir a su ocurrencia.
- **Evaluación de la probabilidad:** Se hace un juicio sobre la frecuencia con la que pueden ocurrir los eventos de incendio.
- **Evaluación de la severidad:** Se realiza una descripción de las posibles consecuencias de los incendios, incluyendo daños a la propiedad, lesiones personales y efectos sobre la continuidad del negocio.
- **Matriz de riesgo:** Herramienta visual que combina la probabilidad y la severidad para clasificar los riesgos en categorías de alto, medio y bajo.

2.2.8.2 Análisis cuantitativo

En el análisis cuantitativo se utiliza datos numéricos y modelos matemáticos para evaluar y cuantificar los riesgos. Esta metodología proporciona una evaluación más precisa y objetiva de los riesgos, permitiendo la cuantificación de la probabilidad y las consecuencias de los eventos de incendio. Los componentes típicos del análisis cuantitativo incluyen:

- **Modelos de escenarios:** Se crea de modelos detallados de posibles eventos de incendio, incluyendo las condiciones de ignición, propagación y control.
- **Cálculo de probabilidades:** Se hace uso de datos históricos y modelos estadísticos para estimar la probabilidad de ocurrencia de diferentes escenarios de incendio.

- **Análisis de consecuencias:** Evaluación detallada de los posibles impactos de los incendios en términos de costos económicos, daños a la infraestructura y efectos sobre la salud y seguridad personal.
- **Simulaciones computacionales:** Se hace uso de software especializado para realizar simulaciones que modelan el comportamiento del fuego y la efectividad de las medidas de control.

2.2.8.3 *Análisis semicuantitativo:*

El análisis semicuantitativo combina los análisis cualitativo y cuantitativo para proporcionar una evaluación más detallada y balanceada de los riesgos. Este análisis permite una mayor flexibilidad y puede ser utilizado en situaciones donde los datos completos no están disponibles. Los pasos típicos del análisis semicuantitativo incluyen:

- **Asignación de puntajes:** Una evaluación de la probabilidad y severidad utilizando escalas numéricas o categóricas.
- **Cálculo de índices de riesgo:** Una combinación de los puntajes de probabilidad y severidad para calcular un índice de riesgo que puede ser utilizado para priorizar los riesgos.
- **Matrices de riesgo mejoradas:** Uso de matrices que incorporan tanto criterios cualitativos como cuantitativos para proporcionar una visualización más completa de los riesgos.

2.2.8.4 *Modelo Fire Risk Assessment*

El Modelo Fire Risk Assessment (FRA) se enfoca en realizar una evaluación en el impacto potencial de los incendios en las actividades operativas y la continuidad del negocio. Este modelo proporciona una base sólida para la implementación de medidas de protección adecuadas y es particularmente relevante para entornos industriales y portuarios. El objetivo es evaluar la probabilidad de que ocurra un incendio y las posibles

consecuencias, con la finalidad de implementar medidas preventivas y garantizar la seguridad de las personas y los bienes. Una de sus fortalezas mas importantes es que puede integrarse con otros enfoques complementarios, como la seguridad funcional, la evaluación SIL u otras metodologías de análisis de fallas como FMEA o HAZOP.

Existen diversas normativas y estándares internacionales que respaldan y guían la realización de evaluaciones de riesgos de incendio, entre las cuales se destacan:

- **NFPA 551:** Proporciona una guía para evaluar la adecuación y ejecución de una evaluación de riesgo de incendio para un problema específico de seguridad Contra incendios.
- **PAS 79:** Especificación publicada por el British Standards Institution que ofrece una metodología recomendada para llevar a cabo y documentar evaluaciones de riesgos de incendio en edificios.
- **Regulatory Reform (Fire Safety) Order 2005:** Legislación del Reino Unido que establece la obligación de realizar evaluaciones de riesgo de incendio en locales no domésticos, asignando la responsabilidad a individuos dentro de una organización para identificar, gestionar y reducir el riesgo de incendio.

Los componentes del Modelo Fire Risk Assessment incluyen:

- **Identificación de activos críticos:** Determinación de los equipos, instalaciones y procesos que son esenciales para la continuidad operativa y que requieren protección prioritaria.
- **Evaluación de escenarios de incendio:** Desarrollo de escenarios detallados de posibles incendios, incluyendo las fuentes de ignición, rutas de propagación y condiciones ambientales.
- **Análisis de vulnerabilidades:** Evaluación de las debilidades en los sistemas de protección actuales y la identificación de áreas que requieren mejoras.

- **Evaluación de impacto:** Análisis de las consecuencias de los escenarios de incendio en términos de interrupción operativa, daños a los activos y efectos sobre la salud y seguridad del personal.
- **Desarrollo de estrategias de mitigación:** Propuesta de medidas específicas para reducir los riesgos identificados, incluyendo mejoras en los sistemas de detección y extinción, capacitación del personal y cambios en los procedimientos operativos.
- **Validación y revisión:** Pruebas de las estrategias de mitigación mediante simulaciones y ejercicios de respuesta, seguidas de revisiones periódicas para asegurar su efectividad continua.

2.2.9 Cálculo del Riesgo de Incendios:

La evaluación del riesgo de incendio sigue un enfoque semi-cuantitativo, donde se estima la probabilidad (P) de ocurrencia de un evento y la severidad (S) de sus consecuencias. El riesgo (R) se expresa como (NFPA 551, 2021):

$$R = P * S \dots \dots \dots (7)$$

El modelo Fire Risk Assessment (FRA), utilizado en esta tesis, permite una evaluación semicuantitativa del riesgo, facilitando la priorización de medidas de mitigación. Este modelo es respaldado por la NFPA 551 (NFPA 551, 2021) y considera factores como:

- Identificación de activos críticos
- Evaluación de escenarios de incendio
- Análisis de vulnerabilidades
- Evaluación de impacto y estrategias de mitigación

En este enfoque semicuantitativo, es común convertir escalas cualitativas en valores numéricos ordinales para facilitar el análisis. Este procedimiento está validado por estándares como la ISO 31000, PAS 79 y la NFPA 551, permite establecer lo siguiente:

Escala de Probabilidad (P):

- Baja (1): Rara vez ocurre.
- Media (2): Puede ocurrir algunas veces.
- Alta (3): Alta probabilidad de ocurrencia.

Escala de Severidad (S):

- Baja (1): Daños menores sin afectar la operación ni seguridad.
- Media (2): Daños materiales o interrupciones temporales.
- Alta (3): Daños severos, riesgo a vidas o pérdida operativa.

Clasificación de Nivel de Riesgo (R):

- Bajo (1-2)
- Moderado (3-4)
- Alto (6-9)

Esta metodología es ampliamente reconocida en la gestión de riesgos y proporciona una base objetiva para priorizar acciones de mitigación.

2.2.10 Modelado y Cálculo del Agente Extintor:

Los sistemas de extinción deben ser capaces de suprimir o controlar incendios de manera efectiva. Dependiendo del entorno y los riesgos específicos, se pueden utilizar diferentes métodos de extinción, tales como:

- **Rociadores automáticos:** Que liberan agua para enfriar y apagar el fuego.
- **Sistemas de dióxido de carbono (CO2):** Que sofocan el fuego al desplazar el oxígeno, sin dañar equipos eléctricos.
- **Agentes limpios:** Como FM-200 y NOVEC1230, que son eficaces para apagar incendios sin dejar residuos ni dañar los equipos electrónicos.
- **Sistema de espuma:** Para incendios que involucran líquidos inflamables.

Uno de los aspectos técnicos fundamentales es el cálculo de la cantidad necesaria de agente limpio (NOVEC 1230) para la extinción eficaz del fuego. De acuerdo a la NFPA 2001 (5.5.1), para calcular la cantidad de agente limpio por inundación total se utiliza la siguiente fórmula:

$$W = C.F.* \left(\frac{V}{s} * \left(\frac{C}{100 - C} \right) \right) \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

C.F: Factor de Correccion por la presion atmosferica

V: Volumen del area a proteger. (ft³)

S: Vapor especifico $\left(\frac{ft^3}{lb} \right)$

C: Concentraciòn minima de diseño (% Vol)

Estos factores están normalizados y son obtenidos de las Tablas 5,6 y 7; según las condiciones específicas del ambiente protegido. A continuación, se muestra los valores que se usaran en el capítulo III de acuerdo con las condiciones que se tiene en nuestra Unidad de análisis.

Tabla 5:

Valores de vapores específicos

Temp (t) (°F) ^c	Specific Vapor Volume (s) (ft ³ /lb) ^d	Weight Requirements of Hazard Volume, W/V (lb/ft ³) ^b							
		Design Concentration (% by Volume) ^e							
		3	4	5	6	7	8	9	10
-20	0.93678	0.0330	0.0445	0.0562	0.0681	0.0803	0.0928	0.1056	0.1186
-10	0.96119	0.0322	0.0433	0.0548	0.0664	0.0783	0.0905	0.1029	0.1156
0	0.9856	0.0314	0.0423	0.0534	0.0648	0.0764	0.0882	0.1003	0.1127
10	1.01001	0.0306	0.0413	0.0521	0.0632	0.0745	0.0861	0.0979	0.1100
20	1.03442	0.0299	0.0403	0.0509	0.0617	0.0728	0.0841	0.0956	0.1074
30	1.05883	0.0292	0.0394	0.0497	0.0603	0.0711	0.0821	0.0934	0.1049
40	1.08324	0.0286	0.0385	0.0486	0.0589	0.0695	0.0803	0.0913	0.1026
50	1.10765	0.0279	0.0376	0.0475	0.0576	0.0680	0.0785	0.0893	0.1003
60	1.13206	0.0273	0.0368	0.0465	0.0564	0.0665	0.0768	0.0874	0.0981
70	1.15647	0.0267	0.0360	0.0455	0.0552	0.0651	0.0752	0.0855	0.0961
80	1.18088	0.0262	0.0353	0.0446	0.0541	0.0637	0.0736	0.0838	0.0941
90	1.20529	0.0257	0.0346	0.0437	0.0530	0.0624	0.0721	0.0821	0.0922
100	1.22970	0.0252	0.0339	0.0428	0.0519	0.0612	0.0707	0.0804	0.0904
110	1.25411	0.0247	0.0332	0.0420	0.0509	0.0600	0.0693	0.0789	0.0886
120	1.27852	0.0242	0.0326	0.0412	0.0499	0.0589	0.0680	0.0774	0.0869
130	1.30293	0.0237	0.0320	0.0404	0.0490	0.0578	0.0667	0.0759	0.0853
140	1.32734	0.0233	0.0314	0.0397	0.0481	0.0567	0.0655	0.0745	0.0837
150	1.35175	0.0229	0.0308	0.0389	0.0472	0.0557	0.0643	0.0732	0.0822
160	1.37616	0.0225	0.0303	0.0382	0.0464	0.0547	0.0632	0.0719	0.0807
170	1.40057	0.0221	0.0297	0.0376	0.0456	0.0537	0.0621	0.0706	0.0793
180	1.42498	0.0217	0.0292	0.0369	0.0448	0.0528	0.0610	0.0694	0.0780
190	1.44939	0.0213	0.0287	0.0363	0.0440	0.0519	0.0600	0.0682	0.0767
200	1.47380	0.0210	0.0283	0.0357	0.0433	0.0511	0.0590	0.0671	0.0754
210	1.49821	0.0206	0.0278	0.0351	0.0426	0.0502	0.0580	0.0660	0.0742
220	1.52262	0.0203	0.0274	0.0346	0.0419	0.0494	0.0571	0.0650	0.0730

Nota: Tabla A.5.5.1 (a) de la NFPA 2001.

En la Tabla 5 se muestra los valores de vapores específicos, lo cual es fundamental al momento de dimensionar la cantidad de agente limpio. Este valor esta relacionado de manera directamente proporcional con la temperatura.

Tabla 6:*Valores de concentración de diseño*

Agent	Class A MEC	Class A Minimum Design Concentration	Class C Minimum Design Concentration
FK-5-1-12	3.3	4.5	4.5
HFC-125	6.7	8.7	9.0
HFC-227ea	5.2	6.7	7.0
HFC-23	15.0	18.0	20.3
IG-541	28.5	34.2	38.5
IG-55	31.6	37.9	42.7
IG-100	31.0	37.2	41.9

Nota: Tabla A.5.4.2.2 (b) de la NFPA 2001.

En la Tabla 6 se muestra los valores de la concentración de diseño por agente limpio. Este valor garantiza una supresión eficaz sin exceder límites de seguridad.

Tabla 7:*Valores de factores de corrección atmosférico*

Equivalent Altitude		Enclosure Pressure (Absolute)		Atmospheric Correction Factor
ft	km	psi	mm Hg	
-3,000	-0.92	16.25	840	1.11
-2,000	-0.61	15.71	812	1.07
-1,000	-0.30	15.23	787	1.04
0	0.00	14.70	760	1.00
1,000	0.30	14.18	733	0.96
2,000	0.61	13.64	705	0.93
3,000	0.91	13.12	678	0.89
4,000	1.22	12.58	650	0.86
5,000	1.52	12.04	622	0.82
6,000	1.83	11.53	596	0.78
7,000	2.13	11.03	570	0.75
8,000	2.45	10.64	550	0.72
9,000	2.74	10.22	528	0.69
10,000	3.05	9.77	505	0.66

Nota: Tabla A.5.5.3.3 de la NFPA 2001.

En la Tabla 7 se muestran los factores de corrección de acuerdo a la altitud. Asegura que la concentración del agente sea efectiva en condiciones reales.

2.2.11 Diseño de Sistemas de Protección Contra incendios:

Es fundamental para garantizar la seguridad en salas eléctricas de media tensión. Estos sistemas deben ser robustos y adaptados a las características específicas del entorno, asegurando una respuesta efectiva ante cualquier indicio de incendio. Los componentes esenciales de estos sistemas incluyen la detección temprana, la extinción efectiva y la comunicación de emergencia. Los componentes esenciales son los siguientes:

2.2.11.1 Detección Temprana:

Los sistemas de detección temprana son cruciales para identificar incendios en sus fases iniciales, permitiendo una intervención rápida que puede prevenir la propagación del fuego y minimizar los daños.

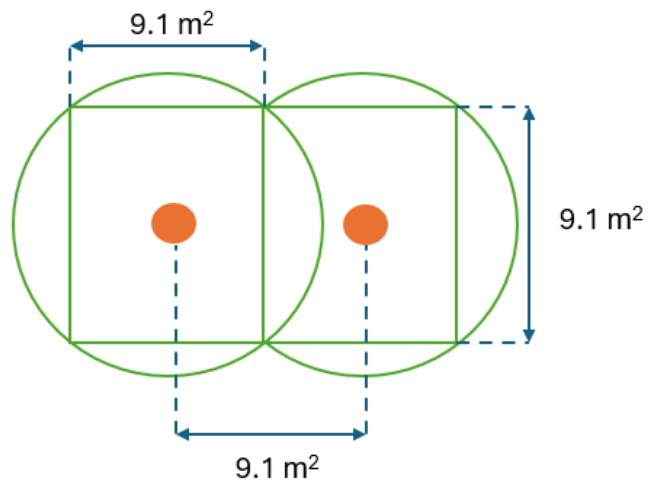
En la sala eléctrica de media tensión, se proponen los siguientes tipos de detectores:

- Detectores de humo fotoeléctricos.
- Detectores de calor de tasa de aumento y temperatura fija.
- Detectores multicriterio: Tienen la capacidad de detectar cualquier evento por humo o por temperatura, según lo que ocurra primero. Serán los que se usarán para la implementación de la sala MS2. Con estos sensores se reducirá la probabilidad de que los peligros identificados en la Tabla 2 puedan ocurrir debido a que los sensores elegidos OH921 de SIEMENS cuentan con un rápido procesamiento y envío de la señal de alarma al panel SCI.

Según el estándar NFPA 72 17.7.1.7, consideraciones para la selección del detector de humo, el área máxima que debe cubrir un detector de humo es de 81 m² aproximadamente.

Figura 3:

Área máxima de detección de un sensor de humo



Nota: Elaboración Propia

En la Figura 3 muestra el área máxima de cobertura de un sensor de humo instalado en un ambiente cerrado. La correcta distribución de estos dispositivos es fundamental para asegurar una detección temprana de incendios.

Por lo tanto, para el área que ocupa la sala eléctrica cantidad de sensores de humo se determina de la siguiente manera:

$$A_{total} = Lado * Ancho$$

$$DH = \frac{A_{total}}{81} \dots \dots \dots (9)$$

Donde:

- DH: Cantidad de sensores de humo, $DH \in \mathbb{Z}, \geq 1$

2.2.11.2 Comunicación de emergencia

La NFPA 72 capítulo 18 enfatiza la importancia de sistemas de comunicación eficaces para coordinar la respuesta en caso de incendio:

- Sistemas de alarmas visuales y auditivas: Los sistemas de alarma visuales y auditivas constituyen un componente fundamental dentro de los sistemas de protección contra incendios, ya que permiten alertar de manera efectiva a los ocupantes sobre la ocurrencia de una emergencia, facilitando su evacuación oportuna. Las alarmas auditivas, como sirenas o mensajes de voz emitidos por altavoces, están diseñadas para generar señales sonoras claramente perceptibles. Por su parte, las alarmas visuales, comúnmente en forma de estrobos, emiten destellos intermitentes que permiten alertar a personas con discapacidad auditiva o en entornos con altos niveles de ruido. De acuerdo con la *NFPA 72: National Fire Alarm and Signaling Code* (2022), estos dispositivos deben cumplir requisitos específicos en cuanto a niveles de intensidad sonora, frecuencia de destello, y distribución espacial, garantizando su eficacia en la notificación masiva durante situaciones de emergencia (National Fire Protection Association, 2019).

A continuación, se muestra los valores que se usaran en el capítulo III, del dimensionamiento de acuerdo con las condiciones que se tiene en nuestra Unidad de análisis:

Tabla 8:*Espaciamiento de dispositivos montados a la pared de notificación visual*

Maximum Room Size		Minimum Required Light Output [Effective Intensity (cd)]	
		One Visual Notification Appliance per Room	Four Visual Notification Appliances per Room (One per Wall)
ft	m		
20 × 20	6.10 × 6.10	15	NA
28 × 28	8.53 × 8.53	30	NA
30 × 30	9.14 × 9.14	34	NA
40 × 40	12.2 × 12.2	60	15
45 × 45	13.7 × 13.7	75	19
50 × 50	15.2 × 15.2	94	30
54 × 54	16.5 × 16.5	110	30
55 × 55	16.8 × 16.8	115	30
60 × 60	18.3 × 18.3	135	30
63 × 63	19.2 × 19.2	150	37
68 × 68	20.7 × 20.7	177	43
70 × 70	21.3 × 21.3	184	60
80 × 80	24.4 × 24.4	240	60
90 × 90	27.4 × 27.4	304	95
100 × 100	30.5 × 30.5	375	95
110 × 110	33.5 × 33.5	455	135
120 × 120	36.6 × 36.6	540	135
130 × 130	39.6 × 39.6	635	185

NA: Not allowable.

Nota: Tabla 18.5.5.5.1 (a) de la NFPA 72.

En la Tabla 8 se muestran la cantidad de sirenas a usar y su respectiva intensidad según las dimensiones del ambiente a dimensionar.

Adicionalmente, la NFPA 72, en la sección 18.5.5.5.1 establece que se debe proporcionar una señal visual y audible en los exteriores, de esta manera se asegura la notificación pública.

2.2.11.3 Caída de voltaje

La caída de voltaje en un Sistema de Detección y Alarma de Incendios (SCI) hace referencia a la pérdida de tensión que ocurre a lo largo del cableado debido a la resistencia eléctrica de los conductores, afectando potencialmente el funcionamiento de los dispositivos conectados. Para su evaluación, la *NFPA 72* (2022) establece la importancia de verificar que el voltaje en el punto más alejado del circuito se mantenga dentro de los parámetros operativos de los dispositivos. Existen varios métodos para calcular la caída de

voltaje de un circuito NAC, como lo son el de Fin de línea (EOL), punto a punto (PTP) y centro de carga. Para fines prácticos, en el presente estudio se realizará el método EOL.

A continuación, se describen los pasos para realizar el método EOL:

- Paso 1: Suma del consumo de corriente de todos los dispositivos en el lazo NAC.
- Paso 2: Calculo y suma de la distancia del cable en todo el lazo, se multiplica por 2 en caso el tipo de conexión sea clase B.
- Paso 3: Se multiplica la distancia total del cable por el valor de la resistencia del cable, de esta manera se obtiene la resistencia total del cable.
- Paso 4: Se multiplica la resistencia total del cable por el consumo de corriente total, de esta manera se obtiene la caída de voltaje.
- Paso 5: Finalmente se resta la caída de tensión con el corte del panel para obtener la tensión que llegara al último dispositivo. Esta tensión de corte, de acuerdo con el estándar U.L 864 9na edición, debe ser del 85% de la capacidad de batería de 24 voltios.

2.2.11.4 Validación del Diseño

La validación del modelo de diseño de sistemas de protección contra incendios mediante pruebas experimentales y simulaciones es crucial para asegurar su efectividad.

Este proceso incluye:

- **Pruebas Funcionales:** De todos los componentes del sistema, asegurando que los detectores, alarmas y sistemas de extinción funcionen correctamente.
- **Simulaciones de escenarios de incendio:** Utilizando software especializado para modelar el comportamiento del fuego y la respuesta del sistema de protección.
- **Ejercicios del simulacro:** Que involucren al personal para practicar la evacuación y respuesta ante emergencias, identificando y corrigiendo cualquier deficiencia en el plan de respuesta.

2.2.11.5 Importancia de la Validación:

- **Eficacia del sistema:** Asegura que el sistema de protección Contra incendios pueda detectar, comunicar y suprimir incendios de manera efectiva.
- **Conformidad con normativas:** Verifica que el diseño cumple con los requisitos establecidos por la NFPA 72 y otras regulaciones pertinentes.
- **Mejora continua:** Identifica áreas de mejora en el diseño y operación del sistema, permitiendo ajustes y optimizaciones continuas.

2.3 Matriz de consistencia

La matriz de consistencia es un elemento clave para garantizar la alineación entre el problema de investigación, los objetivos, las hipótesis y las variables planteadas en el estudio. En el desarrollo de este trabajo, la matriz de consistencia ha servido para estructurar de manera ordenada:

- El problema general y los problemas específicos.
- El objetivo general y los objetivos específicos.
- La hipótesis general y las hipótesis específicas
- Entre otros puntos importantes

La correcta construcción de esta matriz contribuye a asegurar que todos los elementos del estudio estén dirigidos hacia el cumplimiento del propósito de investigación planteado. La matriz de consistencia se presenta en el Anexo 10 para su revisión completa.

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Introducción

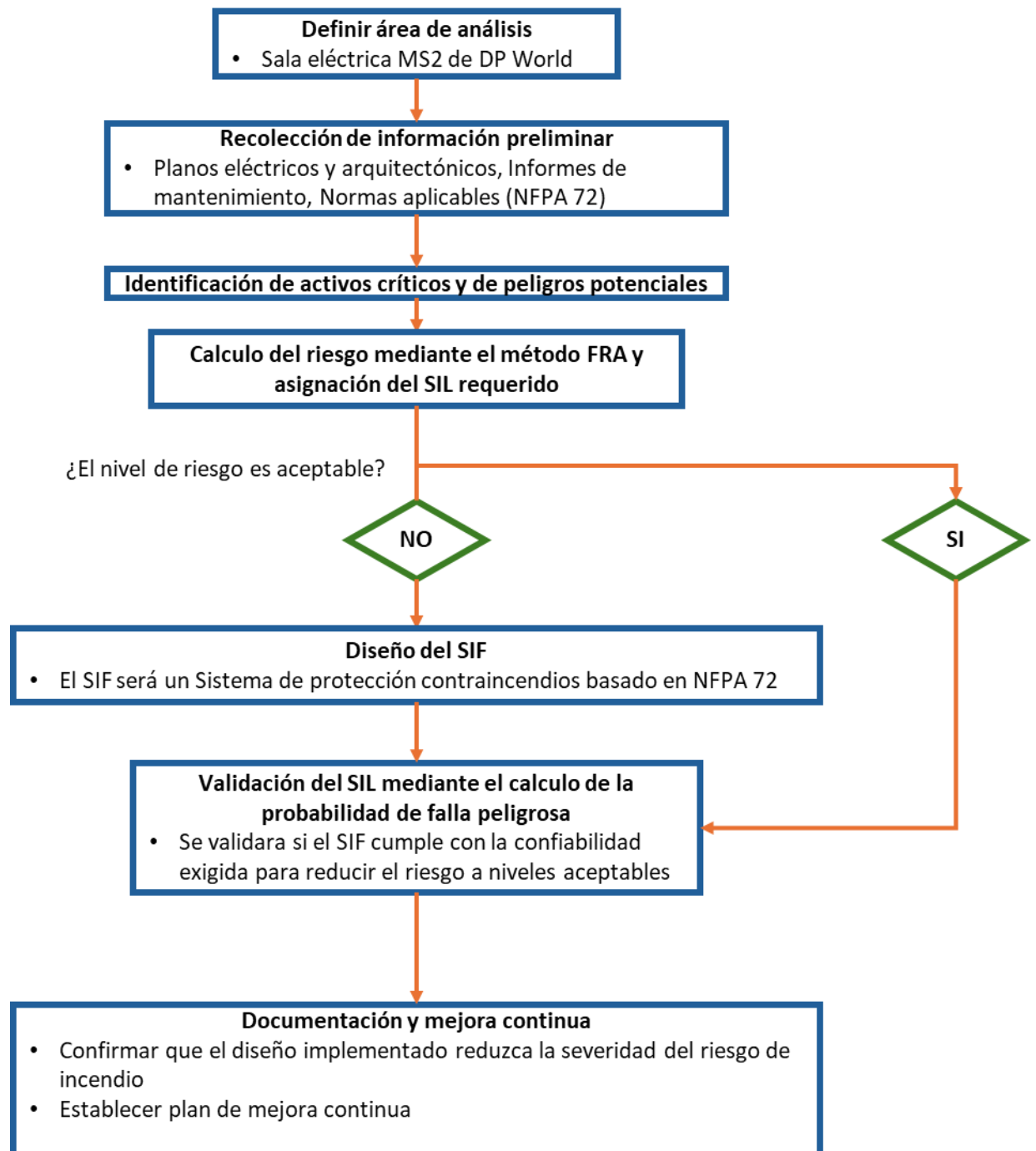
En el presente capítulo se detallarán las actividades y procedimientos llevados a cabo para la realización del trabajo de investigación. Se presentan los métodos utilizados para la recolección y análisis de datos, el diseño e implementación de los sistemas de protección contra incendios en la sala eléctrica MS2 del terminal portuario DP WORLD, Callao. También realizará la validación de los resultados obtenidos con el objetivo de proporcionar una visión clara y detallada del proceso investigativo, desde la planificación hasta la ejecución, asegurando la rigurosidad y la validez de los hallazgos.

3.2 Análisis de riesgos según el método FRA y asignación del SIL

Con el objetivo de estructurar de manera clara y ordenada el proceso de evaluación de riesgos de incendio en salas eléctricas de media tensión, se ha elaborado el siguiente diagrama de flujo.

Figura 4:

Diagrama de Flujo para la evaluación de riesgos y asignación de la confiabilidad



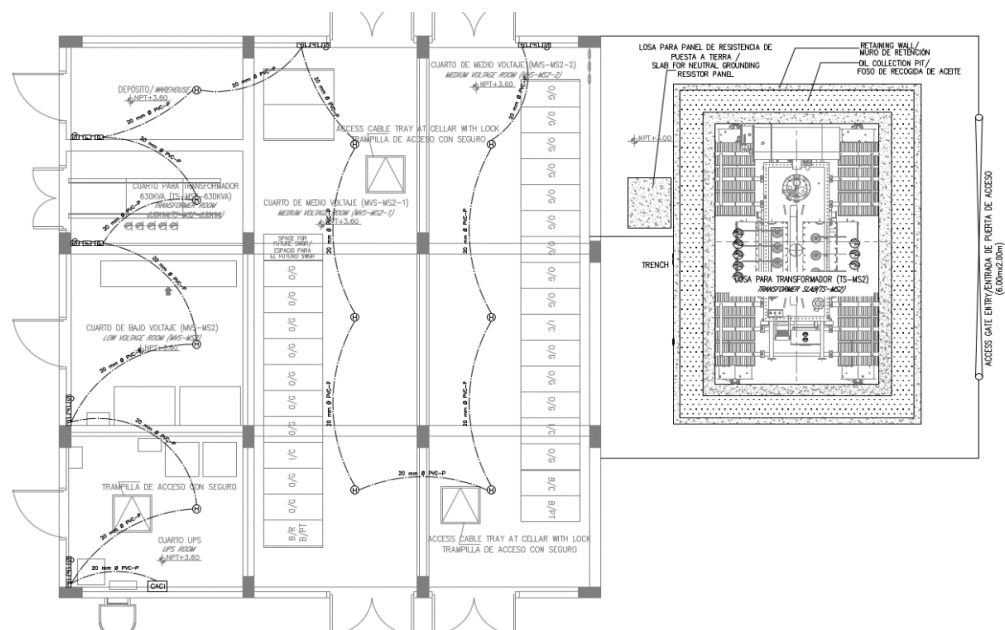
Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 4 se muestra el diagrama de flujo, que ayudara a entender el procedimiento a seguir al momento de realizar el método FRA.

Este procedimiento, basado en la metodología Fire Risk Assessment y en las directrices de la NFPA 72 y NFPA 551, detalla cada una de las etapas necesarias para identificar, analizar y mitigar los riesgos potenciales de incendio.

Con ayuda del personal del terminal portuario, se empezó a identificar todos los peligros potenciales para iniciar un incendio en una sala eléctrica, en este caso en específico se centrará en el análisis de la sala eléctrica MS2 en el terminal portuario DP World mediante el método Fire Risk Assessment el día 05 de mayo del 2024. Los planos de la sala eléctrica se adjuntan en el Anexo 1.

Figura 5:
Subestación General MS2 Vista Superior

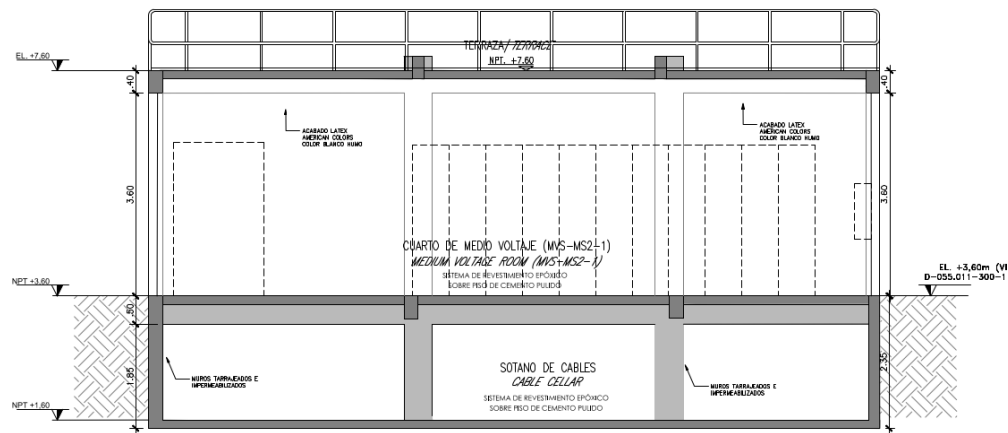


Nota: Planos de Ingeniería de la sala eléctrica MS2.

En la Figura 5 se muestra la distribución de los equipos eléctricos. Esta representación permite analizar la disposición interna del recinto y facilita la planificación de la instalación del sistema de detección.

Figura 6:

Subestación General MS2 Vista Frontal



Nota: Planos de Ingeniería de la sala eléctrica MS2.

En la Figura 6 se muestra la altura de la sala eléctrica, dato vital para realizar el diseño.

Es importante indicar que la sala eléctrica está compuesta por 5 áreas. Se presenta la siguiente Tabla con las dimensiones de las áreas que componen la sala eléctrica MS2:

Tabla 9: Dimensiones de la sala eléctrica MS2.

Sala Eléctrica MS2	Dimensiones en Metros (m)		
	Lado (m)	Ancho (m)	Altura (m)
Cuarto UPS	3.9	3.5	3.8
Cuarto Bajo Voltaje	3.9	3.4	3.8
Cuarto para Transformador	3.9	2.65	3.8
Cuarto de Baterías	3.9	2.4	3.8
Cuarto de Medio Voltaje	7.5	12.6	3.8

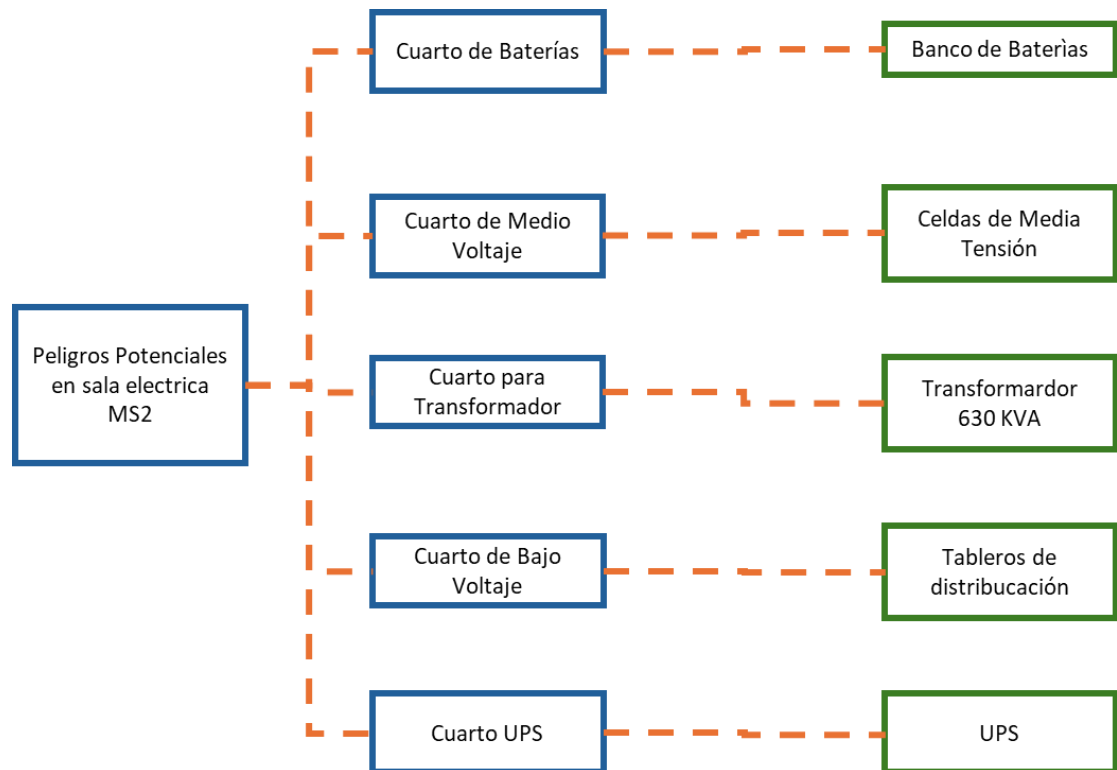
Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 9 se muestra las dimensiones en metros de los sub-ambientes de la sala eléctrica MS2.

Como parte del análisis de riesgos Fire Risk Assesment, se procede con la identificación de peligros potenciales dentro de la sala eléctrica MS2.

Figura 7:

Identificación de Peligros Potenciales para iniciar un incendio



Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 7 se muestra los principales peligros potenciales identificados dentro de la sala eléctrica que podrían originar un incendio. La identificación de estos peligros es importante para evaluar la probabilidad y severidad de cada riesgo asociado al peligro.

Identificado los peligros, el método indica que se debe a pasar a valorizar el riesgo y la severidad de cada peligro.

El análisis de riesgo de cada peligro se adjunta en el Anexo 5, a continuación, se presenta una Tabla de resumen:

Tabla 10:*Tabla Resumen ANEXO 5*

Peligro	Cálculo del Riesgo de incendio	Clasificación	Ubicación
Baterías	2	Bajo	Cuarto de Baterías
Celdas de Media Tensión	6	Alto	Cuarto de Medio Voltaje
Transformador 630 KVA	6	Alto	Cuarto para Transformador
Tableros de distribución	3	Moderado	Cuarto de bajo Voltaje
UPS	3	Moderado	Cuarto UPS

Nota: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla, los peligros que representan un riesgo alto a la operación y/o salud del personal deben ser la mayor prioridad por considerar al momento de diseñar la extinción, detección y notificación antes posibles eventos, en nuestro caso los principales peligros fueron las Celdas de media tensión y transformador de alta tensión. Como la confiabilidad es importante en todas las áreas, ya que, si falla uno, perjudicara al otro ambiente continuo, se les asignara un SIL 2 a todos los SIF.

3.3 Diseño e Implementación del Sistema Contraincendios

Para cumplir con el nivel de SIL deseado y con los estándares IEC 61508, IEC 61511 y NFPA 72, se propone la siguiente arquitectura de los SIF:

Figura 8:

Sistema Integrado de Seguridad propuesto para la sala eléctrica MS2



Nota: Elaboración propia

En la figura 8, se muestra la arquitectura propuesta para la sala eléctrica MS2, la cual esta compuesta por sensores, el panel de alarma contra incendios y los actuadores que serán la válvula de solenoide para el agente limpio y el NAC para la notificación audiovisual.

3.3.1 Componentes del Sistema de Protección Contraincendios

3.3.1.1 Detectores de humo:

A continuación, se realiza los cálculos de la cantidad de detectores de humo en los distintos ambientes de la sala eléctrica de media tensión, utilizando la fórmula 9:

Cantidad de sensores de humo en el cuarto de UPS:

$$A. Cuarto_{UPS} = Lado * Ancho$$

$$A. Cuarto_{UPS} = 3.9 * 3.5 = 13.65 m^2$$

$$DH_{UPS} = \frac{13.65}{81} = 0.16 \rightarrow 1$$

Cantidad de sensores de humo en el cuarto de Bajo Voltaje:

$$A. Cuarto_{B.Voltaje} = Lado * Ancho$$

$$A. Cuarto_{B.voltaje} = 3.9 * 3.4 = 13.26 m^2$$

$$DH_{B.Voltaje} = \frac{13.26}{81} = 0.16 \rightarrow 1$$

Cantidad de sensores de humo en el cuarto de Transformador:

$$A. Cuarto_{Transformador} = Lado * Ancho$$

$$A. Cuarto_{Transformador} = 3.9 * 2.65 = 10.34 m^2$$

$$DH_{Transformador} = \frac{10.34}{81} = 0.13 \rightarrow 1$$

Cantidad de sensores de humo en el cuarto de Baterias:

$$A. Cuarto_{Baterias} = Lado * Ancho$$

$$A. Cuarto_{Baterias} = 3.9 * 2.4 = 9.36 m^2$$

$$DH_{Baterias} = \frac{9.36}{81} = 0.11 \rightarrow 1$$

Cantidad de sensores de humo en el cuarto de Medio Voltaje:

$$A. Cuarto_{Medio Voltaje} = Lado * Ancho$$

$$A. Cuarto_{Medio Voltaje} = 7.5 * 12.6 = 94.5 m^2$$

$$DH_{Medio Voltaje} = \frac{94.5}{81} = 1.16 \rightarrow 2$$

Por temas de confiabilidad, en sistemas contra incendio que cuenten con sistemas de extinción se utiliza la detección cruzada, por lo que todas las áreas donde se ha calculado un solo sensor de humo, se aumentará un sensor para contar con la detección cruzada, de esta manera se evita la descarga del agente limpio por falsas alarmas, por lo que la cantidad de sensores queda de la siguiente manera:

$$DH_{UPS} \rightarrow 2$$

$$DH_{B.Voltaje} \rightarrow 2$$

$$DH_{Transformador} \rightarrow 2$$

$$DH_{Baterias} \rightarrow 2$$

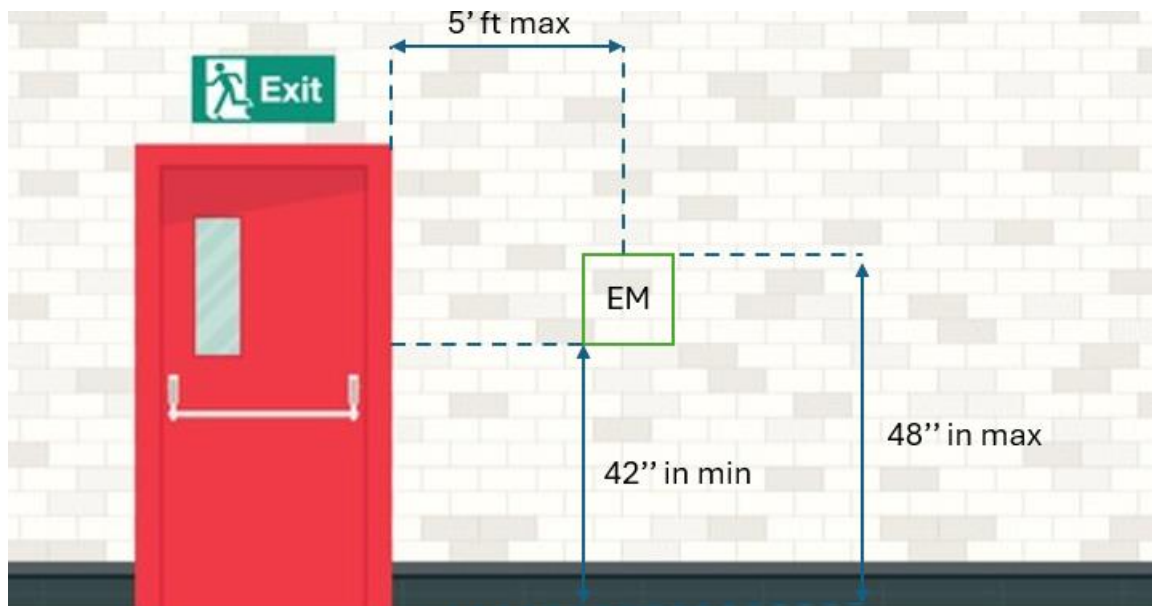
$$DH_{Medio Voltaje} \rightarrow 2$$

3.3.1.2 Estaciones manuales:

De acuerdo con el estándar NFPA 72 17.14.5 y 17.14.8.4, indica que como mínimo se debe contar con una estación manual por puerta instalado de acuerdo con la siguiente imagen:

Figura 9:

Ubicación de estación manual



Nota: Elaboración Propia.

En la Figura 9 se muestra la ubicación de las estaciones manuales. Su ubicación cercana a las salidas de evacuación asegura una respuesta oportuna sin poner en riesgo al personal.

La cantidad de estaciones manuales de descarga quedarían de la siguiente manera:

$$EM_{UPS} \rightarrow 1$$

$$EM_{B.Voltaje} \rightarrow 1$$

$$EM_{Transformador} \rightarrow 1$$

$$EM_{Baterias} \rightarrow 2$$

$$EM_{Medio Voltaje} \rightarrow 4$$

3.3.1.3 Extinción de Incendios:

A continuación, se realiza los cálculos de agente limpio en los distintos ambientes de la sala eléctrica de media tensión, utilizando la fórmula 8 y las Tablas 5,6 y 7:

Cálculo de la cantidad de agente limpio en el cuarto UPS:

$$C.F = 1, \text{ya que la sala electrica se encuentra al nivel del mar}$$

$$V = 3.9 * 3.5 * 3.8 = 51.87(m^3) \leftrightarrow 1831.77 (ft^3)$$

$$S = 1.15647 \left(\frac{ft^3}{lb} \right), a 70 ^\circ F <> 21.1 C^\circ$$

$$C = 4.5 \%, \text{por recomendacion de SIEMENS la concentracion de diseño debe ser de 4.7\%}$$

$$W_{UPS} = 1 * \left(\frac{1831.77}{1.15647} * \left(\frac{4.7}{100 - 4.7} \right) \right)$$

$$W_{UPS} = 78.11 lb <> 35 Kg$$

El valor comercial de la cantidad de agente limpio seria:

$$W_{UPS} = 80 lb, \text{en un cilindro de 150lb}$$

Cálculo de la cantidad de agente limpio en el cuarto Bajo Voltaje:

$$C.F = 1, \text{ya que la sala electrica se encuentra al nivel del mar}$$

$$V = 3.9 * 3.4 * 3.8 = 50.34(m^3) \leftrightarrow 1777.74 (ft^3)$$

$$S = 1.15647 \left(\frac{ft^3}{lb} \right), a 70 ^\circ F <> 21.1 C^\circ$$

$$C = 4.5 \%, \text{por recomendacion de SIEMENS la concentracion de diseño debe ser de 4.7\%}$$

$$W_{B.Voltaje} = 1 * \left(\frac{1777.74}{1.15647} * \left(\frac{4.7}{100 - 4.7} \right) \right)$$

$$W_{B.Voltaje} = 75.81 lb <> 34.5 Kg$$

El valor comercial de la cantidad de agente limpio seria:

$$W_{B.Voltaje} = 76 \text{ lb, en un cilindro de } 150\text{lb}$$

Cálculo de la cantidad de agente limpio en el cuarto Transformador:

$$C.F = 1, \text{ ya que la sala electrica se encuentra al nivel del mar}$$

$$V = 3.9 * 2.65 * 3.8 = 39.273(m^3) \leftrightarrow 1386.91 (ft^3)$$

$$S = 1.15647 \left(\frac{ft^3}{lb} \right), \text{ a } 70^{\circ}F <> 21.1^{\circ}C$$

$C = 4.5 \%$, por recomendacion de SIEMENS la concentracion de diseño debe ser de 4.7%

$$W_{C.Transformador} = 1 * \left(\frac{1386.91}{1.15647} * \left(\frac{4.7}{100 - 4.7} \right) \right)$$

$$W_{C.Transformador} = 59.15 \text{ lb} <> 26.83Kg$$

El valor comercial de la cantidad de agente limpio seria:

$$W_{C.Transformador} = 60 \text{ lb, en un cilindro de } 70\text{lb}$$

Cálculo de la cantidad de agente limpio en el cuarto de Baterías:

$$C.F = 1, \text{ ya que la sala electrica se encuentra al nivel del mar}$$

$$V = 3.9 * 2.4 * 3.8 = 35.568(m^3) \leftrightarrow 1256.07 (ft^3)$$

$$S = 1.15647 \left(\frac{ft^3}{lb} \right), \text{ a } 70^{\circ}F <> 21.1^{\circ}C$$

$C = 4.5 \%$, por recomendacion de SIEMENS la concentracion de diseño debe ser de 4.7%

$$W_{C.Baterias} = 1 * \left(\frac{1256.07}{1.15647} * \left(\frac{4.7}{100 - 4.7} \right) \right)$$

$$W_{C.Baterias} = 53.57 \text{ lb} <> 24.3Kg$$

El valor comercial de la cantidad de agente limpio seria:

$$W_{C.Baterias} = 54 \text{ lb, en un cilindro de } 70\text{lb}$$

Cálculo de la cantidad de agente limpio en el cuarto de Medio Voltaje:

$$C.F = 1, \text{ ya que la sala electrica se encuentra al nivel del mar}$$

$$V = 7.5 * 12.6 * 3.8 = 359.1(m^3) \leftrightarrow 12681.5 (ft^3)$$

$$S = 1.15647 \left(\frac{ft^3}{lb} \right), a 70 ^\circ F <> 21.1 C^\circ$$

$C = 4.5 \%$, por recomendación de SIEMENS la concentración de diseño debe ser de 4.7%

$$W_{C.Medio Voltaje} = 1 * \left(\frac{12681.5}{1.15647} * \left(\frac{4.7}{100 - 4.7} \right) \right)$$

$$W_{C.Medio Voltaje} = 540.81 lb <> 245.31Kg$$

El valor comercial de la cantidad de agente limpio seria:

$$W_{C.Medio Voltaje} = 545 lb, en un cilindro de 900lb$$

Estos resultados, se comparan utilizando el software “SINORIX V4.02 flow calculation software”, el cual es propiedad de la empresa SIEMENS. Los resultados de la simulación se adjuntan en el anexo 6. Se compara los resultados obtenidos en el software con los resultados obtenidos manualmente mediante la fórmula 1.

Tabla 11:

Comparación de resultados del agente limpio SINORIX 1230

Cantidad de agente Limpio	SINORIX 1230	MANUALMENTE	%Error
Cuarto de UPS	88.2	80	9%
Cuarto B. Voltaje	77.2	76	2%
Cuarto Transformador	59.5	60	1%
Cuarto Baterías	54	54	0%
Cuarto de Medio Voltaje	551.1	545	1%

Nota: Elaboración propia.

En la Tabla 11 se muestra el porcentaje de error de hacer los cálculos manuales y a través del software Sinorix. Estos muestran errores aceptables debido a que la cantidad de agente que se consideró en los cálculos manuales son la cantidad comercial del mercado.

3.3.1.4 Comunicación de Emergencia y cálculos de la caída de Voltaje:

A continuación, se realiza los cálculos de la cantidad de sirenas estroboscópicas y los respectivos cálculos de caída de voltaje en cada lazo NAC.:

- Sistemas de alarmas visuales y auditivas: Se instalaron alarmas estroboscópicas y sirenas en ubicaciones estratégicas para alertar al personal de un incendio. Para realizar el dimensionamiento de la cantidad de sirenas, nos apoyamos de la Tabla 8.

De acuerdo con las dimensiones de los ambientes a proteger de la sala eléctrica, se utilizarán sirenas estroboscópicas para interiores de acuerdo con la Tabla 8 y una para exteriores para la notificación pública en cada ambiente:

$$Sirenas_{UPS} \rightarrow 2$$

$$Sirenas_{B.Voltaje} \rightarrow 2$$

$$Sirenas_{Transformador} \rightarrow 2$$

$$Sirenas_{Baterias} \rightarrow 2$$

$$Sirenas_{Medio Voltaje} \rightarrow 6$$

Para tener un correcto dimensionamiento del sistema de notificación se deben realizar cálculos de la caída de voltaje, tal como lo indica en los requisitos mínimo de instalación de la NFPA 72 (Sección 7.4.10).

Para nuestro caso de estudio se cuenta con cinco circuitos. Se presenta los cálculos realizados por área con el método EOL:

Metodo EOL en el cuarto UPS

Paso 1: Para hallar la cantidad de corriente que consume cada estrobo a 15 cd se debe buscar en la ficha tecnica

Figura 10:

Valores de corriente para el equipo MTH-MC

Current Ratings for <u>MTH-MC</u> (Strobe only)						
Maximum RMS Current (AMPS)						
			Settings			
UL Voltage		ULC Voltage	15	30	75	110
DC	16-33VDC	20-31VDC	0.084	0.098	0.175	0.233
FWR	16-33VRMS	20-31VRMS	0.108	0.164	0.268	0.368

Nota: Ficha técnica del equipo MTH-MC.

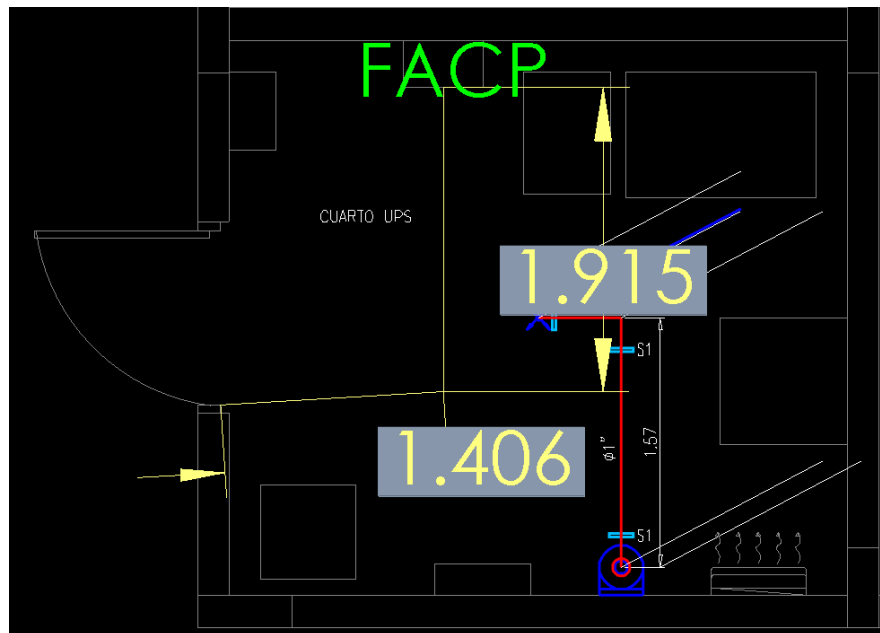
En la Figura 10 se muestra presenta los valores de corriente eléctrica correspondientes al equipo MTH-MC en condiciones normales de operación.

$$Corriente_{C,UPS} = 2 * 0.064 = 0.128 A$$

Paso 2: Se calcula la distancia aproximada del tablero a donde se instalaran las sirenas estroboscópicas

Figura 11:

Distancia del tablero SCI hasta las sirenas estroboscópicas del área UPS.



Nota: Elaboración Propia

En la Figura 11 detalla la distancia existente entre el tablero del Sistema de Control de Incendios (SCI) y las sirenas estroboscópicas instaladas en el área UPS.

$$Distancia_{C,UPS} = 1.406 + 1.915 = 3.32m * 2 \text{ (conexion Clase B)} = 6.64m$$

Paso 3: Se Calcula la resistencia total del cable, se utilizara cable 16AWG por experiencia en este tipo de instalaciones. La resistencia por pie la calculamos de

la siguiente tabla

Figura 12:

Valores de resistencia / ft

AWG Gauge *	Area (Circular Mils)	Diameter (mils , 1000th in)	Electrical Resistance (Ohms/1000 ft) (Ohms/1000m)		Weight (lb/1000 ft) (kg/1000m)
			at 77 °F (25 °C)	at 149 °F (65 °C)	
13	5180		2.04 6.69		15.7
14	4110	64	2.58 8.46	2.97 9.74	12.4
15	3260		3.25 10.7		9.86
16	2580	51	4.09 13.4	4.73 15.5	7.82
17	2050		5.16 16.9		6.20
18	1620	40	6.51 21.4	7.51 24.6	4.92
19	1290		8.21 26.9		3.90
20	1020	32	10.4 34.1	11.9 39	3.09

Nota: Adaptado de HyperPhysics, <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Tables/wirega.html>.

En la Figura 12 presentada se muestra el valor a usar del coeficiente de resistencia según el calibre y la temperatura a trabajar.

$$Resistencia\ Total_{C.UPS} = 6.64m * \frac{13.4}{1000} \frac{\Omega}{m} = 0.089\Omega\ Total$$

Paso 4: Se calcula la caída de voltaje

$$Caída\ de\ Voltaje_{C.UPS} = Corriente_{C.UPS} * Resistencia\ Total_{C.UPS}$$

$$Caída\ de\ Voltaje_{C.UPS} = 0.128A * 0.089\Omega = 0.0114V$$

Paso 5: Cálculo de la tensión de corte

$$Tension\ de\ Corte_{C.UPS} = 24(85\%)V - 0.0114V = 20.38V > 16V \dots\dots\dots (OK)$$

Metodo EOL en el cuarto Bajo Voltaje

Paso 1:

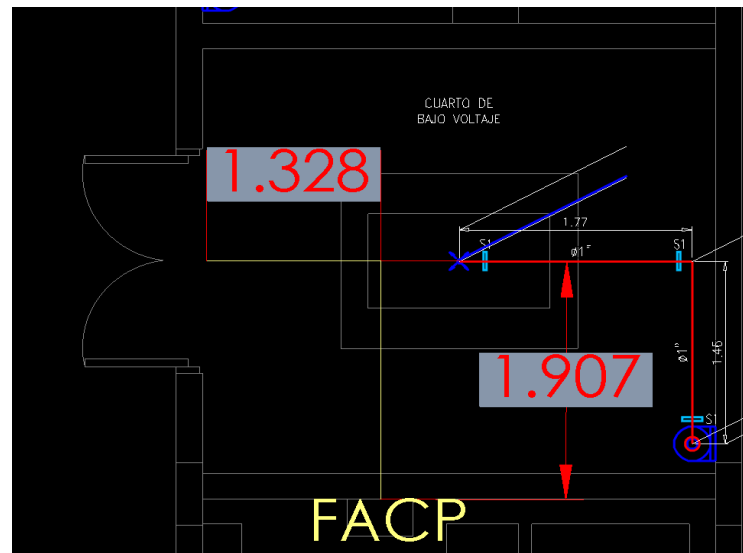
Current Ratings for <i>MTH-MC</i> (Strobe only) Maximum RMS Current (AMPS)						
			Settings			
③ UL Voltage	④ ULC Voltage		15	30	75	110
DC	16-33VDC	20-31VDC	0.064	0.098	0.175	0.233
FWR	16-33VRMS	20-31VRMS	0.108	0.164	0.268	0.368

$$Corriente_{C.Bajo Voltaje} = 2 * 0.064 = 0.128 A$$

Paso 2:

Figura 13:

Distancia del tablero SCI hasta las sirenas estroboscópicas del área de Bajo Voltaje



Nota: Elaboración Propia.

En la Figura 13 muestra la distancia entre el tablero del Sistema de Control de Incendios (SCI) y las sirenas estroboscópicas ubicadas en el área de Bajo Voltaje

$$Distancia_{C.Bajo Voltaje} = 1.328 + 1.907 = 3.235m * 2 (Clase B) = 6.47m$$

Paso 3:

$$Resistencia\ Total_{C.Bajo\ Voltaje} = 6.47m * \frac{13.4}{1000} \frac{\Omega}{m} = 0.087\Omega\ Total$$

Paso 4: Cálculo de la caída de voltaje

$$Caída\ de\ Voltaje_{C.B.Voltaje} = Corriente_{C.B.Voltaje} * Resistencia\ Total_{C.B.Voltaje}$$

$$Caída\ de\ Voltaje_{C.B.Voltaje} = 0.128A * 0.087\Omega = 0.011V$$

Paso 5: Cálculo de la tensión de corte

$$Tensión\ de\ Corte_{C.B.Voltaje} = 24(85\%)V - 0.011V = 20.38V > 16V \dots \dots \dots (OK)$$

Metodo EOL en el cuarto para Transformador

Paso 1:

Current Ratings for <i>MTHMC</i> (Strobe only) Maximum RMS Current (AMPS)						
UL Voltage		ULC Voltage		Settings		
				15	30	75 110
DC	16-33VDC	20-31VDC		0.064	0.098	0.175 0.233
FWR	16-33VRMS	20-31VRMS		0.108	0.164	0.268 0.368

$$Corriente_{C.Transformador} = 2 * 0.064 = 0.128\ A$$

Paso 4: Calculamos la caída de voltaje

$$Caída\ de\ Voltaje_{C.Trans} = Corriente_{C.Trans} * Resistencia\ Total_{C.Trans}$$

$$Caída\ de\ Voltaje_{C.Trans} = 0.128A * 0.187\Omega = 0.024V$$

Paso 5: Calculamos la tensión de corte

$$Tension\ de\ Corte_{C.B.Voltaje} = 24(85\%)V - 0.024V = 20.36V > 16V \dots\dots\dots (OK)$$

Metodo EOL en el cuarto de Baterias:

Paso 1:

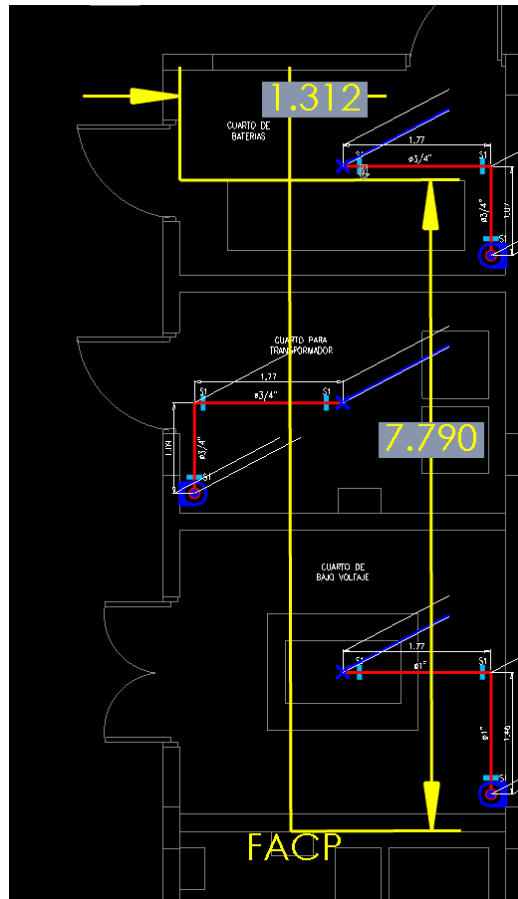
Current Ratings for <u>MTHMC</u> (Strobe only) Maximum RMS Current (AMPS)						
				Settings		
® UL Voltage		® ULC Voltage		15	30	75 110
DC	16-33VDC	20-31VDC		0.064	0.098	0.175 0.233
FWR	16-33VRMS	20-31VRMS		0.108	0.164	0.268 0.368

$$Corriente_{C.Baterias} = 2 * 0.064 = 0.128 A$$

Paso 2:

Figura 15:

Distancia del tablero SCI hasta las sirenas estroboscópicas del área de Baterías



Nota: Elaboración propia.

En la Figura 15 muestra la distancia entre el tablero del Sistema de Control de Incendios (SCI) y las sirenas estroboscópicas ubicadas en el área de Baterías.

$$Distancia_{C.Baterias} = 7.79 + 1.312 = 9.102m * 2 (Clase B) = 18.2m$$

Paso 3:

$$Resistencia\ Total_{C.Baterias} = 18.2m * \frac{13.4}{1000} \frac{\Omega}{m} = 0.243\Omega\ Total$$

Paso 4: Calculamos la caída de voltaje

$$Caída\ de\ Voltaje_{C.Baterias} = Corriente_{C.Baterias} * Resistencia\ Total_{C.Baterias}$$

$$Caída\ de\ Voltaje_{C.Baterias} = 0.128A * 0.243\Omega = 0.0311V$$

Paso 5: Calculamos la tensión de corte

$$Tension\ de\ Corte_{C.B.Voltaje} = 24(85\%)V - 0.0311V = 20.37V > 16V \dots \dots \dots (OK)$$

Metodo EOL en el Cuarto de Medio Voltaje:

Paso 1:

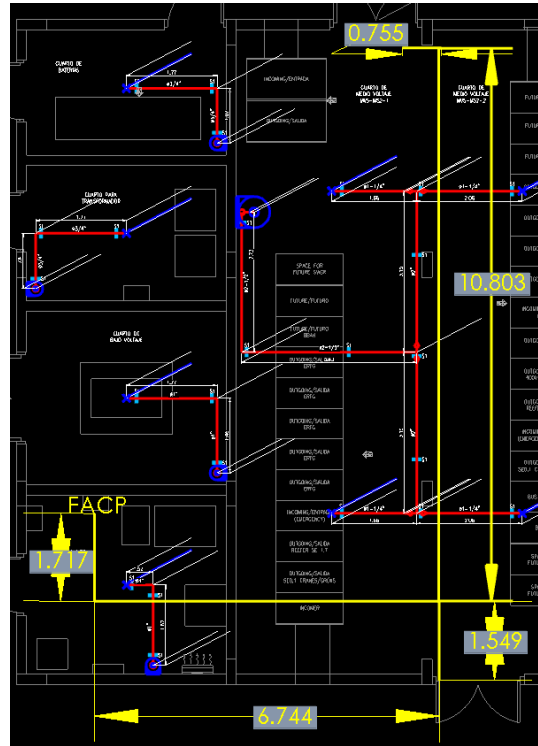
Current Ratings for <u>MTHMC</u> (Strobe only) Maximum RMS Current (AMPS)						
			Settings			
① UL Voltage		② ULC Voltage	15	30	75	110
DC	16-33VDC	20-31VDC	0.064	0.098	0.175	0.233
FWR	16-33VRMS	20-31VRMS	0.108	0.164	0.268	0.368

$$Corriente_{C.Medio\ Voltaje} = 6 * 0.064 = 0.384\ A$$

Paso 2:

Figura 16:

Distancia del tablero SCI hasta las sirenas estroboscópicas del área de Medio Voltaje



Nota: Elaboración propia.

En la Figura 16 muestra la distancia entre el tablero del Sistema de Control de Incendios (SCI) y las sirenas estroboscópicas ubicadas en el área de Medio Voltaje.

$$Distancia_{C.Medio Voltaje} = 1.717 + 6.744 + 1.549 + 10.8 + 0.755$$

$$Distancia_{C.Medio Voltaje} = 21.57m * 2 (Clase B) = 43.13m$$

Paso 3:

$$Resistencia Total_{C.Medio Voltaje} = 43.13m * \frac{13.4}{1000} \Omega = 0.58\Omega \text{ Total}$$

Paso 4: Calculamos la caída de voltaje

$$Caída\ de\ Voltaje_{C.M.Voltaje} = Corriente_{C.M.Voltaje} * Resistencia\ Total_{C.M.Voltaje}$$

$$Caída\ de\ Voltaje_{C.Baterias} = 0.384A * 0.58\Omega = 0.222V$$

Paso 5: Calculamos la tensión de corte

$$Tension\ de\ Corte_{C.B.Voltaje} = 24(85\%)V - 0.222V = 20.06V > 16V \dots\dots\dots (OK)$$

3.3.1.5 Panel de alarma Contraincendios:

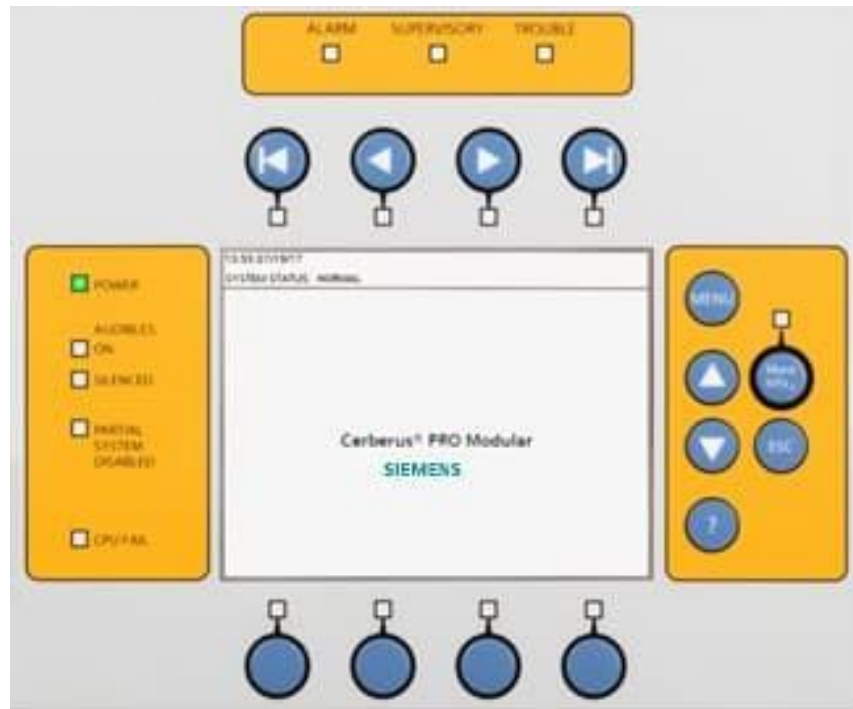
Para el presente estudio, se implementará el sistema contra incendio con equipamiento SIEMENS por cumplir con todas las exigencias del estándar NFPA 72 y la normativa UL.

El modelo a utilizar será el panel Cerberus Pro Modular por su robustez y rápida respuesta en la recepción y envío de comandos, siendo de los más rápidos del mercado. Los equipos que componen este panel son los siguientes:

- FCM2041-U3: Es el interfaz humano – maquina (PMI). A través de este dispositivo el operador podrá visualizar los eventos de supervisión, falla, seguridad y alarma. Así mismo también podrá tener control sobre el sistema contra incendio.

Figura 17:

Interfaz FCM2041-U3 del panel Cerberus Pro Modular



Nota: Ficha técnica FCM2041-U3, SIEMENS.

- PSC-12: Es la fuente principal del panel, esta fuente tiene una entrada de 120/240 VAC y a la salida 24 VCC. Adicionalmente se podría indicar que la fuente también funciona como cargador de baterías hasta 100 Ah.

Figura 18:

Fuente PSC-12 del panel Cerberus Pro Modular



Nota: Ficha técnica PSC-12, SIEMENS.

- PTB: Sirve como filtro de línea para la fuente PSC-12, protegiéndola de picos de voltaje y corriente.

Figura 19:

Filtro PTB del panel Cerberus Pro Modular

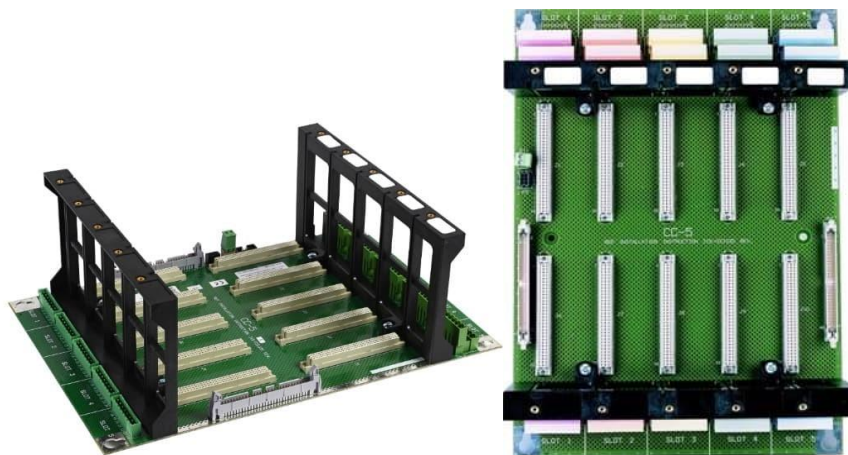


Nota: Ficha técnica PTB, SIEMENS.

- CC-5: Se utiliza para fijar los módulos internos del sistema. A través del bus interno de comunicación de la CC-5, se comunica la PMI con los módulos conectados a las ranuras de la CC-5.

Figura 20:

Slot CC-5 del panel Cerberus Pro Modular



Nota: Ficha técnica CC-5, SIEMENS.

- XDLC: Este módulo monitorea a los dispositivos de campo (Sensores de humo, Sensores de temperatura, estaciones manuales, módulos de monitoreo, módulos de control, etc).

Figura 21:

Tarjeta XDLC del panel Cerberus Pro Modular



Nota: Ficha técnica XDLC, SIEMENS.

- ZIC-4A: Es un modulo que se utiliza para activar las salidas del sistema contra incendio como los solenoides del agente limpio, los lazos NAC, audio y otras aplicaciones utilizadas específicamente en los Estados Unidos. Tiene 4 zonas de salidas independientes.

Figura 22:

Tarjeta ZIC-4A del panel Cerberus Pro Modular



Nota: Ficha técnica ZIC-4A, SIEMENS.

- CAB-2: Es el gabinete metálico donde se monta los componentes electrónicos del panel de alarma Contraincendios. Este cumple con UL, ULC, FM, CSFM y NYCFD. El tamaño se elige por la cantidad de dispositivos con los que contara el sistema contra incendio.

Figura 23:

Gabinete CAB-2 del panel Cerberus Pro Modular



Nota: Ficha técnica CC-5, SIEMENS.

De acuerdo con el estándar NFPA 72, indica que las baterías deben mantener la autonomía del sistema por lo menos en 24 horas en supervisión y otros 5 minutos en alarma.

Para realizar el cálculo de las baterías se utiliza una hoja de cálculo en donde se colocan todos los equipos que consumen corriente, para esto se presenta los cálculos realizados en una hoja de cálculo en el anexo 9, en esta se indican todos los dispositivos periféricos y módulos del sistema contra incendio de la sala eléctrica. La batería comercial a utilizar es de 24 voltios y 31 AH.

Tabla 12:*Listado de Equipos del Sistema Contraincendios*

Panel Cerberus Pro Modular – Sala Eléctrica MS2						
Gabinete	PMI	Fuente (PSC-12)	Filtro de Fuente (PTB)	Slot de Tarjetas (CC-5)	Tarjeta Lazos (XDLC)	Tarjeta de Zonas (ZIC-4A)
CAB-1	1	1	1	1	1	3

Sala Eléctrica MS2							
	Detectores Multicriterio (OH921)	Módulo de Control (XTRI-R)	Circuitos NAC	Solenoides	Módulo de Monitoreo Flujo (XTRI-D)	Módulo de Monitoreo aborto (XTRI-D)	Estación Manual (XMS-DE)
Cuarto de Baterías	2	1	1	1	1	1	1
Cuarto de Medio Voltaje	2	1	1	4	1	1	2
Cuarto para transformador	2	1	1	1	1	1	1
Cuarto de bajo voltaje	2	1	1	1	1	1	1
Cuarto UPS	2	1	1	1	1	1	1

Nota: Elaboración Propia.

En la Tabla 12 se muestra la cantidad de equipo a utilizar en el sistema de detección, extinción y notificación contra incendios.

3.3.2 Presupuesto

El presupuesto fue solicitado a través de la empresa que desarrollo el proyecto, la cual compartió una oferta por el suministro y los servicios totales, se adjunta siguiente Tabla proporcionada por la empresa SIEMENS S.A.C:

Tabla 13:

Presupuesto del Sistema Contra Incendio en sala eléctrica MS2

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	Precio Cliente Unitario USD	Precio Cliente Total USD
	Suministro de Equipos en S.E MS2			
A	Suministro de Equipos de detección en S.E MS2			
A1	Panel de Alarmas Cerberus Modular			
A1.01	XDLC X DEVICE LOOP CARD	1.00	556.82	556.82
A1.02	FCM2041-U3 CERBERUS PRO MODULAR PMI	1.00	1,823.34	1,823.34
A1.03	ZIC-4A 4 NAC ZONES 3A EACH MAX., CLASS A OR B	3.00	845.42	2,536.26
A1.04	CC-5 CARD CAGE (5 SLOTS) FOR ALL CARDS	1.00	270.36	270.36
A1.05	PSC-12M 24VDC 12A Power Supply w/Battery Charger	1.00	1,720.88	1,720.88
A1.09	CAB1R SMALL ENCLOSURE KIT - RED	1.00	751.54	751.54
A1.10	ID-SP INNER DOOR SINGLE PLATE BLANK (2 per PKG)	1.00	83.15	83.15
A1.11	BTX-1 BATTERY SET 31 AH	1.00	511.76	511.76
A1.13	CAB-BATT-R 55AH OR 100AH BATTERIES ENCLOSURE - RED	1.00	372.82	372.82
A2	Equipos de Detección MS2			
A2.01	OH921 Optical & Thermal Detector	8	56.33	450.64
A2.02	DB-11 6" Detector Base Assembly	8	6.60	52.80
A2.03	XMS-DE MANUAL STATION DUAL ACTION - ISOLATOR - Spanish	5.00	116.41	582.05
A2.04	SMBOX-XMP SURFACE BACKBOX FOR X-SERIES MPS	5.00	47.31	236.55
A2.05	SLHSWR-F SLHSWR-F HRN-ST, WALL, RED, FIRE	5.00	105.68	528.40
A2.06	SLSBBR SLSBBR SURF BACKBOX, WALL, RED	5.00	16.90	84.50
A2.07	XTRI-D Dual Input Monitor Module, Built-In Isolator	5.00	82.07	410.35
A2.08	XTRI-R Single Input Monitor Module with Relay, Built-In Isolator	5.00	82.07	410.35
	Suministro del Sistema de extinción NOVEC1230 - MS2			
A3	Cuarto de baterías-MS2			

A3.01	XMH-501 AGENT RELEASE DUAL ACTION MANUAL PULL STATION	1	126.06	126.06
A3.02	SMBOX-XMP SURFACE BACKBOX FOR X-SERIES MPS	1	47.31	47.31
A3.03	AW-1 ABORT STATION	1	214.04	214.04
A3.04	FDCIO422 4 Input / 4 Output Module	1	217.79	217.79
A3.05	CPY-MTS CPY-MTS Maintenance Switch	1	343.70	343.70
A3.06	REL-EOL RELEASING END OF LINE RESISTORS	1	121.77	121.77
A3.10	CPY-SGN6 CPY-SGN6 Do Not Enter sign	1	25.60	25.60
A3.11	Rittal	1	478.96	478.96
A3.12	CPY-150-00-2-0055 150 Cylinder no Solenoid, NOVEC 1230, 55Lbs	1	8,638.67	8,638.67
A4	Cuarto para Transformador -MS2			
A4.01	XMH-501 AGENT RELEASE DUAL ACTION MANUAL PULL STATION	1	126.06	126.06
A4.02	SMBOX-XMP SURFACE BACKBOX FOR X-SERIES MPS	1	47.31	47.31
A4.03	AW-1 ABORT STATION	1	214.04	214.04
A4.04	FDCIO422 4 Input / 4 Output Module	1	217.79	217.79
A4.05	CPY-MTS CPY-MTS Maintenance Switch	1	343.70	343.70
A4.06	REL-EOL RELEASING END OF LINE RESISTORS	1	121.77	121.77
A4.07	CPY-SGN6 CPY-SGN6 Do Not Enter sign	1	25.60	25.60
A4.08	Rittal	1	478.96	478.96
A4.09	CPY-150-00-2-0060 150 Cylinder no Solenoid, NOVEC 1230, 60Lbs	1	9,718.50	9,718.50
A6	Cuarto UPS - MS2			
A6.01	XMH-501 AGENT RELEASE DUAL ACTION MANUAL PULL STATION	1	126.06	126.06
A6.02	SMBOX-XMP SURFACE BACKBOX FOR X-SERIES MPS	1	47.31	47.31
A6.03	AW-1 ABORT STATION	1	214.04	214.04
A6.04	FDCIO422 4 Input / 4 Output Module	1	217.79	217.79
A6.05	CPY-MTS CPY-MTS Maintenance Switch	1	343.70	343.70
A6.06	REL-EOL RELEASING END OF LINE RESISTORS	1	121.77	121.77
A6.07	CPY-SGN6 CPY-SGN6 Do Not Enter sign	1	25.60	25.60
A6.08	Rittal	1	478.96	478.96
A6.09	CPY-150-00-2-0080 150 Cylinder no Solenoid, NOVEC 1230, 80Lbs	1	10,798.33	10,798.33
A7	Cuarto Medio Voltaje - MS2			
A7.01	XMH-501 AGENT RELEASE DUAL ACTION MANUAL PULL STATION	2	126.06	252.12
A7.02	SMBOX-XMP SURFACE BACKBOX FOR X-SERIES MPS	2	47.31	94.62
A7.03	AW-1 ABORT STATION	1	214.04	214.04
A7.04	FDCIO422 4 Input / 4 Output Module	1	217.79	217.79
A7.05	CPY-MTS CPY-MTS Maintenance Switch	1	343.70	343.70
A7.06	REL-EOL RELEASING END OF LINE RESISTORS	1	121.77	121.77
A7.07	CPY-SGN6 CPY-SGN6 Do Not Enter sign	1	25.60	25.60
A7.08	Rittal	1	478.96	478.96
A7.09	CPY-900-00-2-0555 900 Cylinder no Solenoid, NOVEC 1230, 555Lbs	1	43,193.33	43,193.33
	Servicios			

	Gestión			
	Programacion del Sistema Contra incendios y Pruebas	1.00	17,416.67	17,416.67
	Total USD			107,622.36

Nota: Elaboración Propia.

En la Tabla 13 muestra el costo por equipo para la implementación del sistema contra incendio. La empresa Siemens, adicionalmente considera equipos como bases Y señaléticas.

El monto es de Ciento siete mil seiscientos veintidós Dólares americanos, comparado con el monto de la sala eléctrica el cual tiene un valor aproximado de 2.5 millones de dólares, ya que la sala eléctrica tiene equipos como:

- Celdas de Media Tensión.
- Transformador de Alta Tensión.
- Grupos electrógenos.
- Data Center.
- Tableros de Control, UPS, relés de protección, etc.

El monto que representa el sistema contra incendio es del:

$$\%SCI = \frac{107622.36}{2500000} * 100\% = 4.30\%$$

En este estudio, se ha determinado que el costo de implementar un SCI equivale aproximadamente al 4.3% del valor total de la sala eléctrica, lo que justifica su adopción desde una perspectiva costo-beneficio.

3.3.3 Proceso de Implementación

Planificación y Diseño:

La fase de planificación incluyó el desarrollo de un plan detallado de implementación, basado en una evaluación exhaustiva de riesgos y un análisis de las necesidades específicas del puerto DPWorld.

Instalación de Equipos:

Los equipos fueron instalados por técnicos certificados, asegurando que todos los componentes cumplieran con las especificaciones de la NFPA 72. La instalación incluyó pruebas iniciales para verificar el funcionamiento correcto de los detectores, sistemas de extinción y equipos de comunicación.

Figura 24:

Montaje de Panel de alarma contra incendio



Nota: Elaboración Propia.

En la Figura 22 se muestra el ensamblaje del panel de alarma contra incendio.

Figura 25:

Montaje de estaciones manuales



Nota: Elaboración Propia.

En la Figura 24 se muestra el montaje de la estación manual, se evidencia la ubicación y accesibilidad

Figura 26:

Montaje de cilindros de agente limpio NOVEC 1230



Nota: Elaboración Propia.

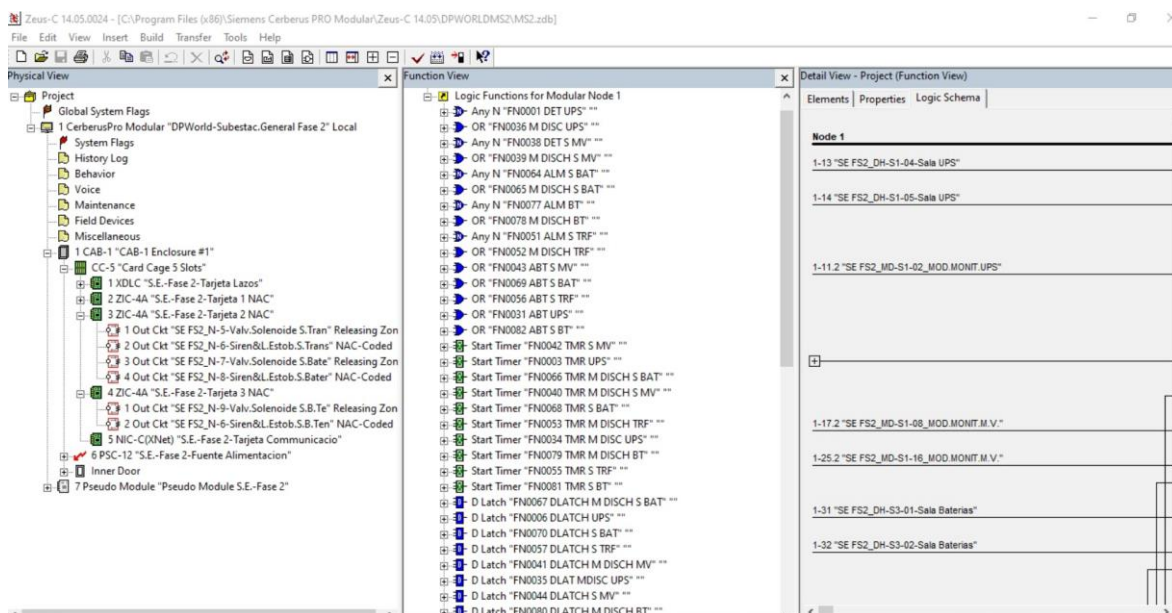
En la Figura 29 se verifica que llegue 220VAC al filtro antes de energizar el panel de alarmas.

Programación del panel de alarma Contraincendios:

La programación del panel se realiza en el software Zeus, acá es donde se declaran todas las entradas y salidas del sistema. Se adjunta el, donde se muestra el reporte completo de la programación.

Figura 29:

Programación de la sala MS2 en software Zeus



Nota: Elaboración Propia.

En la Figura 30 se muestra un pantallazo del software Zeus, donde se visualiza las lógicas y los equipos declarados en las distintas vistas.

En el Anexo 7, se adjunta la lógica de la programación completa. El estándar NFPA no indica pautas acerca de la programación, por lo que la lógica se realiza de acuerdo a las necesidades del cliente. Se adjunta matriz causa – efecto que se utiliza en cada ambiente de la sala eléctrica MS2:

Figura 30:

Matriz Causa – Efecto

	SALIDAS DEL SISTEMA				
	Notificación NAC	SUPRESSION SYSTEM		HVAC	SUPRESSION SYSTEM
	Activación de NAC	Iniciar secuencia de conteo (30 segundos) sistema de supresión	Iniciar secuencia de conteo (10 segundos) sistema de supresión	Apagado del HVAC	Descarga de Agente Limpio
ENTRADAS AL SISTEMA					
1 DETECTOR	●			●	
2 DETECTORES DE HUMO	●	●		●	●
ESTACION MANUAL DE DESCARGA	●		●	●	●
PULSADOR ABORTO					●

Nota: Ingeniería de detalle de sala eléctrica MS2.

En la Figura 31 se muestra la Matriz Causa – efecto, con la que se realiza la elaboración de las lógicas de activación.

La matriz Causa – Efecto adjunta, nos indica lo siguiente:

- Con la activación de 1 sensor se activa el circuito NAC y se apaga el HVAC.
- Con la activación de 2 sensores o más se activa el circuito NAC, se inicia el conteo de 30 segundos para la descarga, se apaga el HVAC y finalmente después de los 30 segundos se realiza la descarga.
- Con la activación de una estación manual de descarga, se inicia el conteo de 10 segundos para la descarga, se apaga el HVAC y finalmente después de los 10 segundos se realiza la descarga.
- El pulsador de aborto cancela cualquier activación del agente limpio.

Pruebas y Validación:

Se llevaron a cabo pruebas funcionales exhaustivas para asegurar que todos los sistemas respondían adecuadamente a las condiciones de incendio simuladas. Estas pruebas incluyeron:

- Simulaciones de detección de incendios: Para verificar la sensibilidad y la cobertura de los detectores instalados.
- Pruebas de extinción: Para comprobar la eficacia de los sistemas con agentes limpios.
- Pruebas de sistemas de comunicación: Para garantizar que las alarmas y los sistemas de notificación masiva funcionaran correctamente y pudieran coordinar una evacuación eficiente.

Figura 31:

Pruebas de vacío a cilindro de agente limpio NOVEC 1230



Nota: Elaboración Propia.

En la Figura 32 se muestra cómo se realiza las pruebas a los cilindros de agente limpio.

Figura 32:

Activación de solenoide



Nota: Elaboración Propia.

En la Figura 33 se muestra cómo el pin del solenoide sobresale al activarse.

Figura 33:

Pruebas de activación de sensores multicriterio



Nota: Elaboración Propia.

En la Figura 34 se muestra cómo se activa por temperatura los sensores multicriterio.

Figura 34:

Pruebas de activación de estaciones manuales



Nota: Elaboración Propia.

En la Figura 35 se muestra la activación de la estación manual.

Figura 35:

Verificación de alarmas en panel de alarmas contra incendio



Nota: Elaboración Propia.

En la Figura 36 se muestra la visualización de las alarmas en el panel.

Figura 36:

Pruebas en presencia de OSITRAN

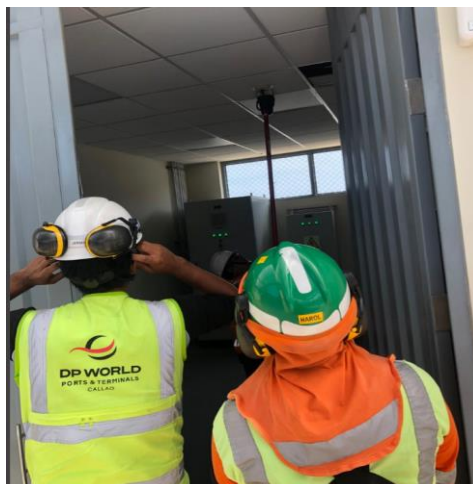


Nota: Elaboración Propia.

En la Figura 37 se muestra la supervisión del cliente en conjunto con la OSITRAN.

Figura 37:

Pruebas en presencia de DP WORLD



Nota: Elaboración Propia.

En la Figura 38 se muestra la supervisión del cliente.

Cálculo de la probabilidad de falla peligroso y validación del SIL asignado

Una vez diseñado e implementado el sistema contra incendios de acuerdo con la normativa NFPA 72, se procede a validar el SIL asignado a la función instrumentada de seguridad de acuerdo con el estándar IEC 61508, con la fórmula 1, debido a que un incendio se califica con una situación poco frecuente, pero muy crítica en la industria portuaria, de acuerdo con lo establecido en la IEC 61508-4. SIEMENS no tiene publicada la tasa de fallas seguras en las hojas técnicas de sus equipos de sistema contra incendio, por lo que se recurrió a las tablas 2 y 3 para la correcta asignación de estos valores.

Cuarto de baterías:

$$\lambda_{D\ Total} = \lambda_{Sensores} + \lambda_{Solenoides} + \lambda_{Panel\ de\ Alarmas}$$

$$\lambda_D = 0.08 * 10^{-6} * 2 + 0.585 * 10^{-6} + 0.48 * 10^{-6}$$

$$\lambda_D = 1.225 * 10^{-6}$$

De acuerdo con la NFPA 72(sección 14.4.5.3), la prueba funcional del sistema debe realizarse una vez al año por lo menos, para aumentar la confiabilidad del sistema, Siemens recomienda realizarlo 2 veces al año:

$$T = 24 * 182.5 = 4380\ horas$$

$$PFD_{Cuarto\ Baterias} = \frac{1.225 * 10^{-6} * 4380}{2} = 0.268 * 10^{-2}$$

De acuerdo con la tabla 4:

$$PFD_{Cuarto\ Baterias} = 0.268 * 10^{-2} \rightarrow SIL\ 2$$

Cuarto de Medio Voltaje:

$$\lambda_{D\ Total} = \lambda_{Sensores} + \lambda_{Solenoides} + \lambda_{Panel\ de\ Alarmas}$$

$$\lambda_D = 0.08 * 10^{-6} * 2 + 0.585 * 10^{-6} * 4 + 0.48 * 10^{-6}$$

$$\lambda_D = 2.98 * 10^{-6}$$

$$T = 24 * 365 = 4380 \text{ horas}$$

$$PFD_{\text{Medio Voltaje}} = \frac{2.98 * 10^{-6} * 4380}{2} = 0.652 * 10^{-2}$$

De acuerdo con la tabla 4:

$$PFD_{\text{Medio Voltaje}} = 0.652 * 10^{-2} \rightarrow SIL 2$$

Cuarto para Transformador:

$$\lambda_{D \text{ Total}} = \lambda_{\text{Sensores}} + \lambda_{\text{Solenoides}} + \lambda_{\text{panel de Alarmas}}$$

$$\lambda_D = 0.08 * 10^{-6} * 2 + 0.585 * 10^{-6} + 0.48 * 10^{-6}$$

$$\lambda_D = 1.225 * 10^{-6}$$

$$T = 24 * 365 = 4380 \text{ horas}$$

$$PFD_{\text{Transformador}} = \frac{1.225 * 10^{-6} * 4380}{2} = 0.268 * 10^{-2}$$

De acuerdo con la tabla 4:

$$PFD_{\text{Transformador}} = 0.268 * 10^{-2} \rightarrow SIL 2$$

Cuarto de bajo voltaje:

$$\lambda_{D \text{ Total}} = \lambda_{\text{Sensores}} + \lambda_{\text{Solenoides}} + \lambda_{\text{panel de Alarmas}}$$

$$\lambda_D = 0.08 * 10^{-6} * 2 + 0.585 * 10^{-6} + 0.48 * 10^{-6}$$

$$\lambda_D = 1.225 * 10^{-6}$$

$$T = 24 * 365 = 4380 \text{ horas}$$

$$PFD_{\text{Cuarto Bajo Voltaje}} = \frac{1.225 * 10^{-6} * 4380}{2} = 0.268 * 10^{-2}$$

De acuerdo con la tabla 4:

$$PFD_{\text{Cuarto Bajo Voltaje}} = 0.268 * 10^{-2} \rightarrow SIL 2$$

Cuarto UPS:

$$\lambda_{D\ Total} = \lambda_{Sensores} + \lambda_{Solenoides} + \lambda_{Panel\ de\ Alarmas}$$

$$\lambda_D = 0.08 * 10^{-6} * 2 + 0.585 * 10^{-6} + 0.48 * 10^{-6}$$

$$\lambda_D = 1.225 * 10^{-6}$$

$$T = 24 * 365 = 4380\ horas$$

$$PFD_{Cuarto\ UPS} = \frac{1.225 * 10^{-6} * 4380}{2} = 0.268 * 10^{-2}$$

De acuerdo con la tabla 4:

$$PFD_{Cuarto\ UPS} = 0.268 * 10^{-2} \rightarrow SIL\ 2$$

Capacitación del Personal:

Se proporcionó capacitación integral al personal sobre el uso y mantenimiento del nuevo sistema de protección Contraincendios. Esta capacitación incluyó reconocimientos de los eventos de alarma, supervisión, seguridad y falla del panel de alarma contra incendio. Simulacros de incendio y evacuación, y procedimientos de respuesta ante emergencias para garantizar que el personal esté preparado para actuar rápidamente y de manera efectiva en caso de un incidente.

Figura 38:

Capacitación al personal DP WORLD



Nota: Elaboración Propia.

En la Figura 39 se muestra cómo se realiza el cableado, direccionamiento y programación del panel Cerberus Pro.

El estándar NFPA indica entregar protocolos donde se deja constancia de la operatividad correcta del sistema y las matrices causa – efecto, estos documentos se adjunta en el Anexo 2.

Capítulo IV. Resultados, Contrastación de Hipótesis y

Discusión Resultados

En este capítulo se presentan el diseño y los resultados obtenidos a partir del estudio realizado para el diseño de un sistema de protección Contra incendios en las salas eléctricas de media tensión.

4.1 Análisis y discusión de resultados

Se muestran la Tabla 11 donde se muestran los riesgos que se obtienen después de diseñar e implementar el sistema contra incendio. El método Fire Risk Assessment se realizó en conjunto con los supervisores, responsables de seguridad y calidad. Los cálculos completos se muestran en el Anexo 8.

Tabla 13:

Cuadro Comparativo del análisis de riesgo después de implementar un SCI

Peligros	Matrices de Riesgo	
	Pre-implementación SCI	Post Implementación SCI
	Riesgo	Riesgo
Baterías	2 (Bajo)	1 (Bajo)
Celdas de Media Tensión	6 (Alto)	4 (Moderado)
Transformador de alta tensión	6 (Alto)	4 (Moderado)
Cableado eléctrico	3 (Moderado)	1 (Bajo)
Motor del grupo electrógeno	3 (Moderado)	1 (Bajo)
Gasolina	4 (Moderado)	2 (Bajo)

Nota: Elaboración Propia.

En la Tabla 13 muestra el riesgo antes y después de la implementación del SCI. Esta validación del riesgo se realizó con el Supervisor de Campo y el Supervisor de Calidad.

Los resultados obtenidos en el análisis de riesgos antes y después de la implementación del sistema de protección contra incendios evidencian una reducción significativa en la probabilidad y severidad de los eventos de incendio dentro de las salas eléctricas de media tensión del puerto DP World Callao.

Al implementar el sistema de protección contra incendios, este contribuye de manera significativa a reducir los riesgos de incendio, proteger los activos críticos de la empresa y garantizar la continuidad de las operaciones en un entorno portuario de acuerdo con la Tabla 11, en esta se ve los resultados de aplicar el método Fire Risk Assessment después de la implementación del SCI, el cual garantiza una evaluación precisa debido a que se basa sobre las directrices de la aplicación y validación de la normativa NFPA 551. De acuerdo a la Tabla 11, entre los riesgos más críticos antes de la implementación se encontraban las **celdas de media tensión** y el **transformador de alta tensión**, ambos con un riesgo alto. Estos componentes representan un riesgo significativo debido a la alta concentración de energía y la posible propagación del fuego a otros equipos eléctricos. Debido a la criticidad del sistema operativo, después de identificar y cuantificar los riesgos se asignó un SIL 2 para todos los subsistemas. Tras la implementación del sistema de protección basado en la norma NFPA 72, se logró reducir la probabilidad de ocurrencia de estos eventos a un nivel moderado, mientras que la severidad descendió a un nivel medio, lo que indica una mejora sustancial en la capacidad de respuesta y mitigación del riesgo. El riesgo se reduce en un 30% aproximadamente:

$$\%Reduccion = 100\% - \frac{Riesgo_{Post-Implementacion}}{Riesgo_{Pre-Implementacion}} = 100\% - \frac{4}{6} * 100\% \approx 30\%$$

Adicionalmente, luego de la implementación, se validó la confiabilidad del sistema, el cual resultó ser el esperado: SIL 2.

Finalmente se realizó una encuesta a los trabajadores del puerto DpWorld, y los que realizaron el trabajo de la instalación del sistema contra incendio. En esta encuesta el personal afirma que se siente más seguro y que el sistema de extinción si protegerá los activos de la sala eléctrica, los resultados se muestran en el Anexo 4. De este modo se corrobora la hipótesis inicial, por lo tanto, la hipótesis planteada se considera validada.

Respecto a las hipótesis específicas, se obtuvieron los siguientes resultados:

- H.E.1: Mediante la aplicación del modelo Fire Risk Assesment en la sala eléctrica MS2 (Anexo 8) y la fórmula 7, se validó que mejoraba la seguridad operativa, al reducirse los riesgos de incendio, después de implementar un sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72, validando así la hipótesis.
- H.E.2: Mediante el uso y aplicación de las fórmulas 1 y 2, se validó el nivel de confiabilidad asignado (SIL 2), después de implementar un sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72, validando así la hipótesis.
- H.E.3: La investigación del estándar NFPA 72 y su aplicación rigurosa en el diseño de la solución permitió estructurar un sistema direccionable de ultima generacion, con dispositivos de detección multicriterio, sistema de notificación (NAC) y paneles de control modernos. Esto confirmo que el uso de normal internacionales proporciona un marco técnico solido y actualizado para lograr la efectividad requerida.
- H.E.4: Finalmente, el costo estimado del SCI asciende a 107,622.36 dólares, lo que representa solo el 4.3 % del valor total de los activos

protegidos. Esta proporción justifica desde una perspectiva costo-beneficio la implementación del SCI, considerando el alto impacto operativo y económico que podría tener un incendio en este tipo de instalaciones.

Conclusiones

- Se concluye que la implementación de un sistema de detección de incendios, diseñado bajo la normativa NFPA 72, reduce significativamente el riesgo de incendio en salas eléctricas de media tensión. Mediante simulaciones y evaluación del diseño, se evidenció que el sistema permite una detección oportuna en menos de 10 segundos desde el inicio del siniestro, activando mecanismos de alerta visual y sonora que mejoran el tiempo de respuesta del personal de emergencia. Asimismo, se estimó una disminución de aproximadamente 30 % en el nivel de riesgo, al comparar escenarios antes y después de la instalación del sistema. Estos resultados cuantificables confirman la eficacia del diseño y su aplicabilidad en entornos portuarios, garantizando la seguridad operativa y la protección del patrimonio en salas eléctricas de media tensión.
- Se concluye que el análisis detallado de los riesgos de incendio mediante el método Fire Risk Assessment (FRA) permite identificar peligros potenciales como lo fueron las celdas de media tensión y el transformador de alta tensión. Este análisis es crucial para desarrollar estrategias de mitigación efectivas y asegurar el cumplimiento de normativas internacionales como la NFPA 551.
- A lo largo de la investigación, se constató que los sistemas de protección contraincendios existentes presentan deficiencias significativas que comprometen la seguridad de las instalaciones, evidenciando un incumplimiento de las exigencias establecidas por el estándar NFPA. La evaluación crítica realizada permitió identificar áreas de mejora relevantes, particularmente en la detección temprana de incendios, la eficacia de los sistemas de extinción y la comunicación de emergencia. Se considera que la optimización de estos aspectos resulta esencial para fortalecer la seguridad en salas eléctricas de media tensión, reducir los riesgos de incendio y garantizar la continuidad de las operaciones en entornos de alta criticidad.
- Se concluye que a través de la identificación de funciones instrumentadas de seguridad, y la posterior validación del SIL asignado al sistema, se respalda que el sistema cumple

con la confiabilidad requerida para responder ante eventos de incendio, fortaleciendo la gestión integral del riesgo alineando la protección con los objetivos operativos y normativos del entorno portuario.

- El costo estimado del sistema de protección contra incendios asciende a 107,622.36 dólares, lo que representa solo el 4.3% del valor total de los activos protegidos. Esta proporción justifica la implementación del sistema desde una perspectiva costo-beneficio, considerando el alto impacto operativo y económico que podría tener un incendio en este tipo de instalaciones.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios adicionales que amplíen el análisis de riesgos en diferentes tipos de salas eléctricas y entornos industriales. Esto incluiría la evaluación de riesgos en instalaciones con diferentes configuraciones y equipos, así como la incorporación de nuevas metodologías de análisis de riesgos, como el uso de tecnologías avanzadas de simulación y modelado.
- Se recomienda investigar y evaluar nuevas tecnologías de detección y extinción de incendios que puedan ser más eficientes y adaptadas a las características específicas de las salas eléctricas de media tensión. Esto podría incluir el uso de sensores avanzados, sistemas de extinción con agentes más ecológicos y tecnologías de comunicación más robustas.
- Se recomienda realizar estudios comparativos entre diferentes estándares internacionales de protección Contra incendios, como la NFPA 72, la ISO 14520 y otros. Esto permitirá identificar las mejores prácticas y adaptar las normativas mas efectivas a las necesidades locales, asegurando un cumplimiento mas riguroso y efectivo.
- Se recomienda extender la investigación a otros sectores industriales y comerciales, como la minería, la manufactura y los centros de datos. Evaluar como los sistemas de protección Contra incendios pueden ser adaptados y optimizados para diferentes entornos y tipos de instalaciones, considerando las particularidades de cada sector.
- Se recomienda realizar análisis más detallados sobre el impacto económico y la viabilidad financiera de la implementación de sistemas de protección Contra incendios. Esto incluiría estudios de costo-beneficio, análisis de retorno de inversión y evaluación de la sostenibilidad a largo plazo, destacando la importancia de la inversión en seguridad.
- Se recomienda realizar estudios comparativos entre diferentes estándares internacionales de protección Contra incendios, como la NFPA 72, la ISO 14520 y otros.

Esto permitirá identificar las mejores prácticas y adaptar las normativas más efectivas a las necesidades locales, asegurando un cumplimiento más riguroso y efectivo.

BIBLIOGRAFÍA

- AIRFEU. (s.f.). *AIRFEU*. Obtenido de <https://www.airfeu.com/trabajos-sistemas-fijos-de-extincion-por-espuma-fisica/>
- Arias, J., & Ruiz, J. (2019). *Definición de un modelo de evaluación de riesgos en seguridad de la información bajo los lineamientos de la norma ISO 27001, utilizando técnicas de redes neuronales*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11059/10216>
- Coelho, L., Correa, C., & Rahnemay, E. (2017). *Evaluación de seguridad contra incendio: método alternativo aplicado a edificaciones brasileñas*. Obtenido de <https://doi.org/10.21041/ra.v7i2.178>
- Cote, A., & Casey, G. (2008). *Fire Protection Handbook*. Obtenido de <https://fire-gas.com/storage/2024/06/nfpa-fire-protection-handbook-20th.pdf>
- Drysdale, D. (2011). *An Introduction to Fire Dynamics*.
- Esseci Antincendio. (s.f.). *Esseci Antincendio*. Obtenido de <https://www.esseci-antincendio.it/es/productos/sistemas-antincendio/sistemas-contra-incendios-de-halocarbono/>
- Flórez, G. A. (2018). *Análisis de los sistemas electrónicos de alarma, detección y extinción automática de incendios*. Bogotá.
- Gallardo Cárdenas, C. J. (2020). *Diseño e implementación del sistema automático de detección y extinción de incendio para un centro de control*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12952/6018>

- García Lopez, S. (2022). *ICEX*. Obtenido de <https://www.icex.es/es/quienes-somos/donde-estamos/red-exterior-de-comercio/PE/documentos-y-estadisticas/estudios-e-informes/visor-de-documentos.analisis-sector-portuario-peru-2022.doc065202204>
- Gonzales García, B. (2022). *Implementación de criterios de seguridad funcional para mejorar la confiabilidad de la instrumentación y control en el Lote 57 – Camisea*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14076/21917>
- Guzman, C. (2021). *"Análisis del nivel de integridad de Seguridad (SIL) en un tanque de almacenamiento de una planta de combustibles"*. Obtenido de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/20.500.14076/71152>
- Honeywell. (2021). *Honeywell Building Automation*. Obtenido de <https://buildings.honeywell.com/es/es/products/by-category/sensors/flame-detectors/dual-ir-uv-detector>
- IEC61508. (2010). *IEC 61508: Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems (2nd ed.)*.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2022). Style IEEE. *Journal*, 1(1), 1-33.
- Kippenberg, J. (2024). *Muertes por incendio en mina peruana demuestran fallas de la certificación de sostenibilidad. Human Rights Watch*. Obtenido de <https://www.hrw.org/es/news/2024/02/13/muertes-por-incendio-en-mina-peruana-demuestran-fallas-de-la-certificacion-de>
- Lutenberg, A. (2018). *Procedimiento para la determinación de las funciones de seguridad y su Nivel de Integridad de la Seguridad (SIL)*. Buenos Aires.

Martínez, C. (2023). Diseño de un sistema contraincendios basado en las normas NFPA y el desempeño para mejorar la prevención y extinción de incendios en una central de generación de energía de 200 MW.

Miranda, J. (2025). *Guía Práctica para la mitigación de riesgos eléctricos en instalaciones eléctricas*. Obtenido de <https://www.integral-energy.com/proteccion-contraincendios-en-instalaciones-electricas-una-guia-practica-para-la-mitigacion-de-riesgos-electricos/>

Molano, J., & Luis, R. (2017). *Diseño del sistema contra incendios de extinción y detección para la facultad tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas, conforme a la norma NFPA Y LA NSR-10*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11349/6037>

Morales, J., & Marquina, D. (2019). Protección contra incendios: foco a procesos y recursos críticos. Modelo Fire Risk Assessment para operaciones mineras. *Revista de Seguridad Industrial*.

Morales, J., & Marquina, D. (2019). *Protección Contraincendios: foco a procesos y recursos críticos*. Obtenido de https://www.essac.com.pe/userfiles/cms/noticia/documento/SM154_NT_Jose_Morales_1.pdf

National Fire Protection Association. (2019). *NFPA 72: National Fire Alarm and Signaling Code*.

Network, F. R. (Marzo de 2017). *The Fire Tetrahedron*. Obtenido de <https://fire-risk-assessment-network.com/blog/fire-triangle-tetrahedron/>

NFPA 551. (2021). *Guide for the Evaluation of Fire Risk Assessments*. Obtenido de <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/nfpa-551-standard-development/551>

OSITRAN. (2020). *OSITRAN*. Obtenido de <https://www.ositran.gob.pe/anterior/>

Panduro Cachique, R. (2020). *Sistema contra incendio bajo la norma NFPA para incrementar la seguridad del personal en la minera las bambas, Apurímac*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12802/8054>

Pérez, Ó. C. (s.f.). *Cámara Minera del Perú*. Obtenido de <https://camaraminera.com.pe/la-camara-minera-del-peru-fomenta-la-capacitacion-para-la-prevencion-de-incendios-y-explosiones-en-mineria>

Reynolds, C. (2021). *Functional safety concept to support hazard assessment and risk management in water-supply systems*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/en14040947>

Riera, V. (2014). *La seguridad funcional en la industria de procesos: conceptos y metodologías de diseño*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6870>

Riera, V. (2020). *La seguridad funcional en la industria de procesos: Conceptos y metodologías de diseño*. Obtenido de <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/26909>

Safety Culture. (2025). *Safety Culture*. Obtenido de <https://safetyculture.com/topics/risk-analysis/>

Schneider Electric. (2015). *Schneider Electric*. Obtenido de <https://www.schneider-electric.com/en/product-range-presentation/607-medium-voltage-switchgear>

SECURICORP. (2014). *SECURICORP*. Obtenido de <https://securicorp.pe/2024/04/15/descubriendo-el-panel-contra-incendios-caracteristicas-y-funcionalidades-esenciales-en-un-sistema-de-deteccion-y-alarma-contra-incendios/>

Vázquez Mendoza, O., & Mendoza Terrones, A. (2021). *Diseño de un sistema contra incendio para reducir riesgos en una empresa minera en Cajamarca*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/29484>

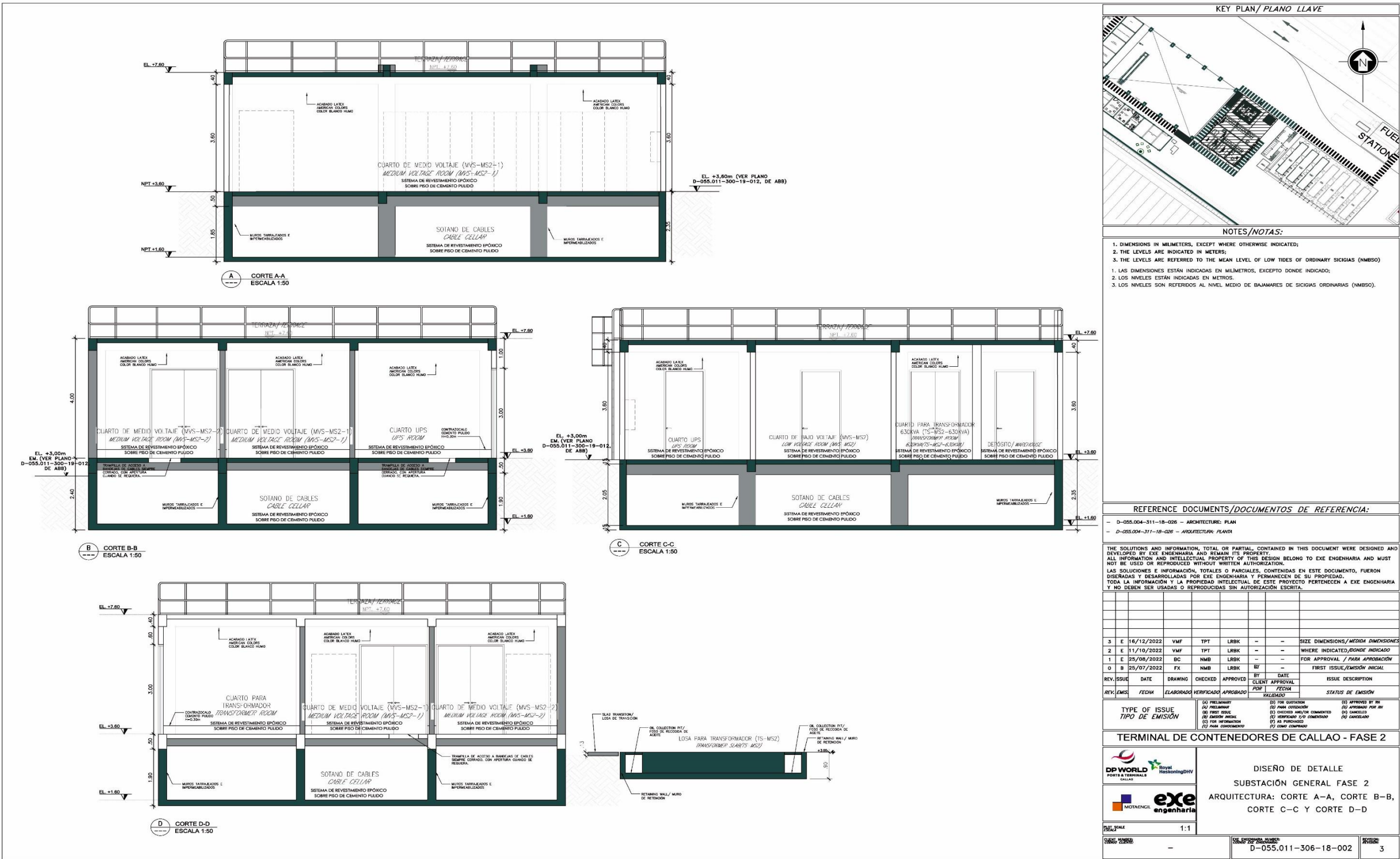
Vazquez, C. (24 de Junio de 2017). *Conglomerado de Las Malvinas tiene pérdidas diarias por más de US\$ 2 millones*. Obtenido de <https://gestion.pe/economia/empresas/conglomerado-malvinas-perdidas-diarias-us-2-millones-138007-noticia/>

ANEXOS

Anexo 1: Planos	109
Anexo 2 Protocolos de Pruebas y Resultados	112
Anexo 3 Estándares Y Normas Internacionales	124
Anexo 4 Cuestionario	125
Anexo 5 Matriz De Riesgo FRA.....	126
Anexo 6 Cálculos SINORIX 1230	131
Anexo 7 Programación ZEUS.....	164
Anexo 8 Matriz De Riesgo FRA Post Implementación SCI	181
Anexo 9 Cálculos de Baterías	187
Anexo 10 Matriz de consistencia	191

Anexo 1:

Planos



NOTAS:

1. TODAS LAS COTAS DEBERAN SER VERIFICADAS EN OBRA, ANTES DE PROCEDER A CORTAR CUALQUIER MATERIAL.
2. DIMENSIONES EN METROS.
3. CONFIGURAR LOS DETECTORES DE HUMO EN ZONA CRUZADA PARA LA DESCARGA DEL SISTEMA DE EXTINCION CON AGENTE LIMPIO.
4. EL MODULO DE RELE DEBE INTERLOCUAR (APAGAR) EL SISTEMA HVAC.
5. VER CONEXIONADO ELECTRICO DEL SISTEMA EN LOS PLANOS RESPECTIVOS.



REVISIONES	REV.	FECHA:	DESCRIPCION	DB.	DIS.	APR.	CLI.	REFERENCIAS	PLANO N°	REFERENCIA		DISEÑO	FECHA: ABRIL 25.05.2023	PROPIETARIO:	DP WORLD CALLAO SRL	COORDINADOR EST. TITULO Y LA INFORMACION CONTIENE EN EL, SON PROYECTO DE DP WORLD CALLAO SRL, SU USO Y REPRODUCCION SIN LA AUTORIZACION PREVIA, ESTA PROHIBIDA.				
	A	22.05.23	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	A.C.H.	A.Q.	F.M.							JPE DESCRIP:	FECHA: ABRIL 25.05.2023				PROYECTO:	TERMINAL DE CONTENEDORES MUELLE SUR	
	B	25.05.23	EMITIDO PARA APROBACION DEL CLIENTE	A.C.H.	A.Q.	F.M.							COORDINADOR INC.	FECHA: ABRIL 25.05.2023				PLANO:		SISTEMA DE DETECCION Y ALARMAS SUBESTACION PRINCIPAL PLANO DE DISTRIBUCION DE EQUIPOS
													DISEÑO PROYECTO:	FECHA: ABRIL 25.05.2023						
													F. MARTINEZ	FECHA: ABRIL 25.05.2023						
													CLIENTE:	FECHA: ABRIL -						
											NÚMERO PLANO CLIENTE:	DISE. PROY.:	DISE. PROY. CLIENTE:	ESCALA: 1/50	NÚMERO PLANO: FIRE-032023-05-DWG-002	REV. B				

Anexo 2

Protocolos de Pruebas y Resultados

	SIEMENS SIEMENS SAC Av. Domingo Orué 971 Surquillo T. (51-1)215 0030
---	---

FORMULARIO SUPLEMENTARIO DE PRUEBA E INSPECCION DISPOSITIVOS DE INICIACION

Este formulario es suplementario al formulario de REGISTRO DE FINALIZACION DEL SISTEMA DETECCION Y ALARMA DE INCENDIO. Este incluye el resultado de las pruebas de los dispositivos de iniciación.
Para ser Completado por el inspector o persona responsable de la inspección de sistema al momento de la inspección y/o prueba.
Deberá permitirse la modificación de este formulario conforme a la necesidad para suministrar un registro más completo y/o claro.
Complete con N/A en todos los regiones sin utilizar

Fecha y Hora Inicio de inspección: 22-05-2024	Fecha y Hora Término de inspección: 22-05-2024	Cantidad de hojas suplementarias: 3
---	--	---

1. INFORMACION DE LA PROPIEDAD

Nombre de la propiedad: **MOTA ENGIL**
 Dirección: **MOTA ENGIL - Sala Eléctrica MS2**

2. RESULTADO DE LA PRUEBA DE DISPOSITIVO

Listado de Dispositivos			Resultado de la prueba				
Tipo de dispositivo	Dirección	Ubicación / Tag	Panel controlador Cerberus Pro Modular			Aprobado	
			Alarma	Superv.	Falla	Si	No
Modulo Control	02:01-10	SE FS2_MR-S1-01 MOD.CONTROL UPS	N/A	N/A	N/A	☒	☐
Módulo de Monitoreo	02:01-11.1	SE FS2_BA-01-E.Man.Abort.Sla.UPS	N/A	✓	N/A	☒	☐
Módulo de Monitoreo	02:01-11.2	SE FS2_CA-01-E.Man.Descar.SlaUPS	✓	N/A	N/A	☒	☐
Módulo Multipunto	02:01-12.1	SE FS2_Sens.Pres.Descar Sla.UPS	✓	N/A	N/A	☒	☐
Módulo Multipunto	02:01-12.2	SE FS2_Valv.Solenoid.Reti.SlaUPS	N/A	✓	N/A	☒	☐
Módulo Multipunto	02:01-12.3	SE FS2_Sens.BajoNivel Sla.UPS	N/A	✓	N/A	☒	☐
Módulo Multipunto	02:01-12.4	SE FS2_Swt.Mantenimient Sla UPS	N/A	✓	N/A	☒	☐
Detector Multicriterio	02:01-13	SE FS2_DH-S1-04-Sala UPS	✓	N/A	N/A	☒	☐
Detector Multicriterio	02:01-14	SE FS2_DH-S1-05-Sala UPS	✓	N/A	N/A	☒	☐
Detector Multicriterio	02:01-15	SE FS2_DH-S1-06-Sala Mdio.Voltaj	✓	N/A	N/A	☒	☐
Modulo Control	02:01-16	SE FS2_MR-S1-07 MOD.CONTROL M.V.	N/A	N/A	N/A	☒	☐
Módulo de Monitoreo	02:01-17.1	SE FS2_BA-02-E.Man.Abort.Sla.M.V	N/A	✓	N/A	☒	☐
Módulo de Monitoreo	02:01-17.2	SE FS2_CA-02-E.Man.Descar.Sla.MV	✓	N/A	N/A	☒	☐
Detector Multicriterio	02:01-18	SE FS2_DH-S1-09-Sala Medio Volta	✓	N/A	N/A	☒	☐
Detector Multicriterio	02:01-19	SE FS2_DH-S1-10-Sala Medio Volta	✓	N/A	N/A	☒	☐
Detector Multicriterio	02:01-20	SE FS2_DH-S1-11-Sala Medio Volta	✓	N/A	N/A	☒	☐
Modulo de Monitoreo	02:01-21	SE FS2_MS-S1-12_C.Termico Transf	✓	N/A	N/A	☒	☐
Módulo Multipunto	02:01-22.1	SE FS2_Sens.Pres.Descar Sala M.V	✓	N/A	N/A	☒	☐
Módulo Multipunto	02:01-22.2	SE FS2_Valv.Solenoid.Reti.Sla.MV	N/A	✓	N/A	☒	☐

**SIEMENS****SIEMENS SAC**

Av. Domingo Orué 971 Surquillo

T. (51-1)215 0030

Módulo Multipunto	02:01-22.3	SE FS2_Sens.Bajo Nivel Sala.M.Vol	N/A	✓	N/A	☒	☐
Módulo Multipunto	02:01-22.4	SE FS2_Swt.Mantenimient Sala.M.V	N/A	✓	N/A	☒	☐
Detector Multicriterio	02:01-23	SE FS2_DH-S1-14-Sala Mdio.Voltaj	✓	N/A	N/A	☒	☐
Detector Multicriterio	02:01-24	SE FS2_DH-S1-15-Sala Mdio.Voltaj	✓	N/A	N/A	☒	☐
Modulo de Monitoreo	02:01-25.1	SE FS2_BA-03-E.Man.Abort.Sla.M.V	N/A	✓	N/A	☒	☐
Modulo de Monitoreo	02:01-25.2	SE FS2_CA-03-E.Man.Descar.Sla.MV	✓	N/A	N/A	☒	☐
Módulo de Control	02:01-26	SE FS2_Apagado HVAC Sala M.Volta	N/A	N/A	N/A	☒	☐
Módulo Multipunto	02:01-27.1	SE FS2_Sens.Pres.Descar S.Transf	✓	N/A	N/A	☒	☐
Módulo Multipunto	02:01-27.2	SE FS2_Valv.Solenoid.Ret.S.Tran	N/A	✓	N/A	☒	☐
Módulo Multipunto	02:01-27.3	SE FS2_Sens.Bajo Nivel S.Transf	N/A	✓	N/A	☒	☐
Módulo Multipunto	02:01-27.4	SE FS2_Swt.Mantenimient S.Transf	N/A	✓	N/A	☒	☐
Detector Multicriterio	02:01-28	SE FS2_DH-S2-02-Sala Transformad	✓	N/A	N/A	☒	☐
Detector Multicriterio	02:01-29	SE FS2_DH-S2-03-Sala Transformad	✓	N/A	N/A	☒	☐
Módulo de Monitoreo	02:01-30.1	SE FS2_BA-04-E.Man.Abort.S.Trans	N/A	✓	N/A	☒	☐
Módulo de Monitoreo	02:01-30.2	SE FS2_CA-04-E.Man.Descar.S.Tran	✓	N/A	N/A	☒	☐
Detector Multicriterio	02:01-31	SE FS2_DH-S3-01-Sala Baterias	✓	N/A	N/A	☒	☐
Detector Multicriterio	02:01-32	SE FS2_DH-S3-02-Sala Baterias	✓	N/A	N/A	☒	☐
Módulo de Control	02:01-33	SE FS2_MR-S3-03 MOD.CONTROL S.BA	N/A	N/A	N/A	☒	☐
Módulo de Monitoreo	02:01-34.1	SE FS2_BA-05-E.Man.Abort.Sla.Bat	N/A	✓	N/A	☒	☐
Módulo de Monitoreo	02:01-34.2	SE FS2_CA-05-E.Man.Descar.SlaBat	✓	N/A	N/A	☒	☐
Módulo Multipunto	02:01-35.1	SE FS2_Sens.Pres.Descar Sla.Bate	✓	N/A	N/A	☒	☐
Módulo Multipunto	02:01-35.2	SE FS2_Valv.Solenoid.Ret.SlaBat	N/A	✓	N/A	☒	☐
Módulo Multipunto	02:01-35.3	SE FS2_Sens.Bajo Nivel Sla.Bateri	N/A	✓	N/A	☒	☐
Módulo Multipunto	02:01-35.4	SE FS2_Swt.Mantenimient Sla.Bate	N/A	✓	N/A	☒	☐
Detector Multicriterio	02:01-36	SE FS2_DH-S4-01-Sala Baja Tensio	✓	N/A	N/A	☒	☐
Detector Multicriterio	02:01-37	SE FS2_DH-S4-02-Sala Baja Tensio	✓	N/A	N/A	☒	☐
Módulo Multipunto	02:01-38.1	SE FS2_Sens.Pres.Descar Sla.B.Te	✓	N/A	N/A	☒	☐
Módulo Multipunto	02:01-38.2	SE FS2_Valv.Solenoid.Ret.SlaB.T	N/A	✓	N/A	☒	☐
Módulo Multipunto	02:01-38.3	SE FS2_Sens.Bajo Nivel Sla.B.Tens	N/A	✓	N/A	☒	☐
Módulo Multipunto	02:01-38.4	SE FS2_Swt.Mantenimient Sla.B.Te	N/A	✓	N/A	☒	☐
Módulo de Monitoreo	02:01-39.1	SE FS2_BA-06-E.Man.Abort.Sla.B.T	N/A	✓	N/A	☒	☐

Unrestricted Copyright © 2012 National Fire Protection Association. This form may be copied for individual use other than for resale. It may not be copied for commercial sale or distribution. Página 2 de 3



SIEMENS

SIEMENS SAC

Av. Domingo Orué 971 Surquillo
T. (51-1) 215 0030

Módulo de Monitoreo	02:01-39.2	SE FS2_CA-01-E.Man.Descar. Sla.B.T	✓	N/A	N/A	☒	☐
Módulo de Control	02:01-40	SE FS2_MR-S4-05 MOD.CONTROL S.BT	N/A	N/A	N/A	☒	☐

Observaciones:

7

SIEMENS	SUPERVISIÓN MOTA CONSTRUCCIÓN	CLIENTE MOTA CALIDAD
Nombre: <i>Adrian Mauricio Révolo Taipe</i>	Nombre:	Nombre:
Firma: 	Firma: MOTA-ENGIL PERU S.A. Ysaac Alonso Cantoral Benavides SUPERVISOR DE CAMPO	Firma: ☐ MOTA ENGIL PERU S.A. ROLANDO RIVERA GOMEZ SUPERVISOR DE CALIDAD PUERTO DEL CALLAO - FASE 2B
Fecha: 22/05/2024	Fecha: 22-05-2024	Fecha: 22.05.2024

Para información adicional sobre certificaciones y aprobaciones véase el formulario de REGISTRO DE FINALIZACION DEL SISTEMA DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIO.

**SIEMENS****SIEMENS SAC**Av. Domingo Orué 971 Surquillo
T. (51-1)215 0030**REGISTRO DE FINALIZACION DEL SISTEMA DETECCION Y ALARMA DE INCENDIO**

Para ser Completado por el contratista de la instalación del sistema al momento de su aceptación y aprobación.
Deberá permitirse la modificación de este formulario conforme a la necesidad para suministrar un registro más completo y/o claro.
Complete con N/A en todos los reglones sin utilizar adjunte hojas adicionales, datos o cálculos según fuera necesario para suministrar un registro completo.

Fecha de Registro:	22-05-2024	Se adjunta hojas adicionales:	☒ Yes ☐ No
1 INFORMACION DE LA PROPIEDAD			
Nombre de la Propiedad:	MOTA ENGL		
Dirección:	MOTA ENGL - Sala Eléctrica MS2		
Descripción de la Propiedad:	Sala Eléctrica en el puerto Callao		
Nombre del representante:	Teléfono:		

2 INFORMACION SOBRE EL CONTRATISTA DE INSTALACION, SERVICIO Y PRUEBA DEL SISTEMA			
Contratista de la instalación para este equipo:			
SIELME S.A.C			
Dirección:	Calle 55 MZA. A3 LOTE 30, URB. EL PINAR COMAS		Teléfono:
			+51 996 436 430
Empresa de Prueba Contratada:			
SIEMENS S.A.C			
Dirección:	Av. Domingo Orue 971 - Surquillo		Teléfono:
			+51 1 2150030
Fecha efectiva para contrato de inspección y prueba del sistema:			

3 DOCUMENTACION
Se guardan en sitio manual de propietario, copia de las instrucciones del fabricante, secuencia escrita de operaciones y copia de planos de registro. Ubicación:

4 DESCRIPCION DEL SISTEMA O SERVICIO			
El sistema es:	☒ Sistema Nuevo	☐ Modificación al sistema existente	Numero contrato:
NFPA 72 edición: 2019			
4.1 Unidad de Control			
Fabricante:	SIEMENS		Modelo: Cerberus Pro Modular
4.2 Software and Firmware			
Software de programación y versión:		Firmware y numero de revisión:	
Zeus 14.05		14.05.0024	
4.3 Verificación de Alarma		☒ Este sistema no incorpora la opción de verificación de alarma	
Numero de dispositivos sujetos a verificación de alarma:		Verificación de alarma programado para(segundos):	
N/A		N/A	

**SIEMENS**

SIEMENS SAC

Av. Domingo Orué 971 Surquillo

T. (51-1)215 0030

REGISTRO DE FINALIZACION DEL SISTEMA DETECCION Y ALARMA DE INCENDIO (continuación)

5. ENERGIA DEL SISTEMA	
5.1 Unidad de Control	
5.1.1 Energía Primaria	
Voltaje de entrada del panel de control: <i>220 VAC</i>	Amperios del panel de control: <i>3Amp</i>
Protección de sobre corriente: Tipo: <i>Llave termica</i>	Amperios:
Ubicación de los medios de desconexión: <i>Tab.Distribucion</i>	Numero:
5.1.1 Energía Secundaria	
Tipo de energía secundaria: <i>Baterias 33 A-H</i>	Ubicación, si esta fuera de la planta: <i>Panel Incendio</i>
Capacidad calculada de baterías para alimentar el sistema:	
En modo de reserva (horas): <i>24 Horas</i>	En modo Alarma (minutos): <i>5 min</i>
5.2 Unidad de Control	
☒ Este sistema no cuenta con paneles de extensión de energía	
☐ El listado de los paneles de extensión de energía se adjunta en el formulario A	

6. CIRCUITOS Y VIAS			
Clases de vías	Vías que utilizan dos medios	Vías separadas	Clase
líneas de señalización	01	N/A	B
Potencia de dispositivos	01	N/A	B
Dispositivos iniciadores de alarma	26	N/A	B
Aparatos de Notificación	12	N/A	B
Otros (especificar):	N/A	N/A	N/A

7. ANUNCIADORES REMOTOS	
Tipo	Ubicación
N/A	N/A

8. DISPOSITIVOS INICIADORES				
Tipo	Cantidad	Direccionable o Convencional	Alarma o Supervisión	Tecnología para la detección
Estaciones Manuales	0	Direccionable	Alarma	Activación Manual
Detectores Multicriterio	14	Direccionables	Alarma	Detector Multicriterio
Detectores Temperatura	0	Direccionables	Alarma	Temperatura
Pusador Descarga/Aborto	12	N/A	Alarma	Activación Manual
Detectores de Calor	N/A	N/A	N/A	N/A
Sensor de Presión	5	N/A	N/A	N/A
Detectores de Gas hidrogeno	N/A	N/A	N/A	N/A
Módulos Multipunto	5	Direccionables	Supervision	Contacto Secos
Módulo Dual	6	Direccionables	Supervision	Contacto Secos
Módulo de Monitoreo	1	Direccionables	Supervision	Contacto Secos

Unrestricted Copyright © 2012 National Fire Protection Association. This form may be copied for individual use other than for resale. It may not be copied for commercial sale or distribution. Página 2 de 4

**SIEMENS****SIEMENS SAC**Av. Domingo Orué 971 Surquillo
T. (51-1)215 0030

Módulos de Control	5	Direccionables	N/A	Contacto Secos
Otros: Módulos de Audio	12	N/A	N/A	N/A

Para información adicional véase el formulario suplementario de prueba de todos los dispositivos iniciadores.

REGISTRO DE FINALIZACION DEL SISTEMA DETECCION Y ALARMA DE INCENDIO (continuación)

9. APARATOS DE NOTIFICACION DE ALARMA		
Tipo	Cantidad	Descripción
Audible	N/A	N/A
Visual	N/A	N/A
combinación Audible and Visual	12	Bocinas con Luz estroboscópicas

10. FUNCIONES DE CONTROL	
Tipo	Cantidad
Dispositivos liberadores y de mantenimiento de apertura de puertas	N/A
Apagado de HVAC	5
Esclusa cortafuego y corta Humo	N/A
Desbloqueo de Puertas	N/A
Reclamada de Ascensor	N/A
Liberación de agente extintor NOVEC 1230	05 Circuitos
Otros(Especificar):	N/A

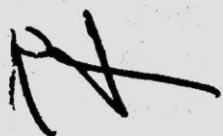
**SIEMENS****SIEMENS SAC**Av. Domingo Orué 971 Surquillo
T. (51-1)215 0030**11. SISTEMAS INTERCONECTADOS**

- ☒ Este sistema de alarma de incendio no se encuentra interconectado a ningún otro sistema.
- ☐ La Interconexión a otros sistemas se encuentra listado en el formulario suplementario de sistemas interconectados.

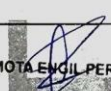
12. CERTIFICACIONES Y APROBACIONES**12.1 Contratista de la instalación del sistema***Este sistema, tal como se especifica en el presente, ha sido instalada y probada de conformidad con todas las normas NFPA citadas en el presente.*

Firma:	Nombre:	Fecha:
Organización:	Cargo:	Telefono:

12.2 Contratista del servicio de Prueba del sistema*Este sistema, tal como se especifica en el presente, ha sido instalada y probada de conformidad con todas las normas NFPA citadas en el presente.*

Firma: 	Nombre: Adrian Mauricio Révalo Taipe	Fecha: 22/05/2024
Organización: SIEMENS S.A.C.	Cargo: Especialista de Sistemas Contra Incendio	Teléfono: +51 990046300

12.3 Aceptación de la Prueba por parte del propietario o representante del propietario

SIEMENS	SUPERVISION MOTA CONSTRUCCIÓN	CLIENTE MOTA CALIDAD
Nombre: Adrian Mauricio Révalo Taipe	Nombre:	Nombre:
Firma: 	Firma:  MOTA-ENGIL PERU S.A. Ysaac Alonso Cantoral Benavides SUPERVISOR DE CAMPO	Firma:  MOTA-ENGIL PERU S.A. ROLANDO RIVERA GOMEZ SUPERVISOR DE CALIDAD PUERTO DEL CALLAO - FASE 2B
Fecha: 22/05/2024	Fecha: 22-05-2024	Fecha: 22.05.2024

[illegible]

Nombre: <u>Adolfo Mauricio Escobedo Tello</u>	Nombre: <u>PR</u>	Nombre: <u>PR</u>
Firma: <u>HN</u> ***** MOTA-ENGIE PERU S.A. Ysaac Alonso Cantoral Benavides SUPERVISOR DE CAMPO	Firma: <u>PR</u> ***** ROLANDO RIVERA GONZALEZ SUPERVISOR DE CALIDAD PUERTO DE TALLADO - TASE 40	Firma: <u>PR</u> ***** MOTA-ENGIE PERU S.A. ***** ROLANDO RIVERA GONZALEZ SUPERVISOR DE CALIDAD PUERTO DE TALLADO - TASE 40
Fecha: 32/05/2024	Fecha: <u>22-05-2024</u>	Fecha: <u>21-05-2024</u>

				SALIDAS DEL SISTEMA															
				NOTIFICACION				CONTROL				REQUERIMIENTOS							
				Asociación en unidad de control (Códigos Pro Monitor/SUBMON)															

(NFPA-72-A.14.6.2.4- Ed.2019)

MOTA ENGIL_AMPLIACION PUERTO -FIRE DETECCION SYSTEM - SALA ELECTRICA - MS2 UPS					SALIDAS DEL SISTEMA																											
					NOTIFICACION								CONTROL					SEÑALIZACION														
Anuncio en unidad de control Control Pro Monitor (CPMMS)					A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	APROBADO		COMENTARIOS	
ITEM	TAB	DIRECCION	TIPO	ENTRADAS AL SISTEMA																									SI	NO		
UN DETECTOR DE HUMO SISTEMA DE EXTINCION																																
1.1	CH921	02-01-13	Detector Multicriterio	SE F12_014-01-04-Sala UPS	*	*																										
1.1.1	CH921	02-01-14	Detector Multicriterio	SE F12_014-01-05-Sala UPS	*	*																										
DOS DETECTORES DE HUMO SISTEMA DE EXTINCION																																
2.1	CH921	02-01-13	Detector Multicriterio	SE F12_014-01-04-Sala UPS	*	*																										
2.1.1	CH921	02-01-14	Detector Multicriterio	SE F12_014-01-05-Sala UPS	*	*																										
ESTACION MANUAL DE DESCARGA SISTEMA DE EXTINCION																																
3.1	XT91-D	02-01-13.1	Estacion Manual Descarga	SE F12_CA-01-E.Man.Descar. Sta. UPS	*	*																										
ESTACION MANUAL DE ABORTO SISTEMA DE EXTINCION																																
4.1	XT91-D	02-01-13.1.1	Estacion Manual Aborto	SE F12_BA-01-E.Man.Abort. Sta. UPS			*	*																								
INTERRUPTOR DE MANTENIMIENTO SISTEMA DE EXTINCION																																
5.1			Switch de Mantenimiento	CPL_SWITCH DE MANTENIMIENTO DATA CENTER			*	*																								
PANEL DE CONTROL																																
6.1	Panel de Control		-----	Falla de alimentacion AC de la alarma de incendio					*	*																						
			-----	Baterias bajas del sistema de alarmas de incendio					*	*																						
			-----	Circuito abierto					*	*																						
			-----	Falla a tierra					*	*																						
			-----	Cartas/baterias en aparatos de notificación					*	*																						
					A	B	C	D	E	F	G																					

Nombre: Adolfo Mauricio Zúñiga Tello Firma: Fecha: 22/08/2024	Nombre: MOTA-ENGIL PERU S.A. Firma: Ysaac Alonso Cantoral Benavides SUPERVISOR DE CAMPO Fecha: 22-08-2024	Nombre: MOTA-ENGIL PERU S.A. Firma: ROLANDO RIVERA GOMEZ SUPERVISOR DE CALIDAD PUERTO DEL CALLAO- ICA-20 Fecha: 22-08-2024
--	--	--

					SALIDAS DEL SISTEMA																			
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro Modbus/RS485)					NOTIFICACION					CONTROL					SECUENCIAS				
					Anunciación en unidad de control (Cables Pro																			

(NFPA-72 -A.14.6.2.4- Ed.2019)

					SALIDAS DEL SISTEMA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
					Notificación en unidad de control - Carburas Pro Modular(SIEMENS)				NOTIFICACION				CONTROL				SECUENCIAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
MOTA ENGIL_AMPLIACION PUERTO -FIRE DETECCION SYSTEM - SALA ELECTRICA - MS2 S. Baterias					Activar indicador central de la señal de alarma				Activar señal audible de alarma				Activar indicador central de la señal de supervisión				Activar señal audible de supervisión				Activar indicador central de la señal de falla				Activar señal de falla Control audible																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
					02-02-SF_F12_3-5-Sensad.Catoh.3.5FPI				02-04-SF_F12_4-6-Sensad.Catoh.3.5M.V.				02-05-SF_F12_5-6-Sensad.Catoh.3.5Tren				03-04-SF_F12_4-6-Sensad.Catoh.3.5Tren				04-02-SF_F12_4-6-Sensad.Catoh.3.5.Ten				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC 1230				Señal accionada de liberación del sistema de supresión NOVEC			

Nombre: <u>Adrian Mauricio Delgado Zúñiga</u>	Nombre: <u>Ysaac Alonso Cantoral Benavide</u>	Nombre: <u>ROLANDO RIVERA GOMEZ</u>
Firma:	Firma:	Firma:
Fecha: 22/05/2024	Fecha: 22-05-2024	Fecha: 22-05-2024

Anexo 3

Estándares Y Normas Internacionales

B. **Estándares y Normas Internacionales.**

- NFPA 70, Código Eléctrico Nacional, Edición 2008
- NFPA 72, Código Nacional de Alarmas de Incendios, Edición 2013
- NFPA 101, Código de Seguridad Humana, Edición 2009
- NFPA 10 Extintores Portátiles
- NFPA 1, Código Uniforme de Seguridad contra Incendios, Edición 2009.
- NFPA 11, Norma para Espumas de Baja, Media y Alta Expansión, Edición 2010
- NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2010
- NFPA 15, Norma para Sistemas Fijos de Protección contra Incendios de Agua Pulverizada, Edición 2011
- NFPA 20, Norma para la instalación de bombas estacionarias de protección contra incendios, Edición 2013.
- NFPA 25, Norma para la inspección, prueba y mantenimiento de sistemas hidráulicos de protección contra incendios, Edición 2011.
- NFPA 731, Norma para la instalación de sistemas electrónicos de seguridad en establecimientos, Edición 2006
- NFPA 850, Práctica recomendada para protección contra incendios para plantas de generación eléctrica.
- NFPA 30 código de líquidos inflamables y combustibles. Edición 2008.
- NFPA 731, Norma para la instalación de sistemas electrónicos de seguridad en establecimientos, Edición 2006
- NFPA 850, Práctica recomendada para protección contra incendios para plantas de generación eléctrica.
- NFPA 2001, estándar sobre sistemas de extinción mediante agentes limpios, adición 2018.
- NFPA 70E, Norma de Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo, edición 2021
- NFPA 24, Instalación de Tuberías para Servicio Privado de Incendios y Sus Accesorios, edición 2022.

C. Normas Nacionales

- RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones
- OSINERGMIN: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.
- NTP: norma técnica peruana.

Anexo 4

Cuestionario

Nombre completo:	Posición que desempeña:	¿Como calificaría su nivel de conocimiento sobre los procedimientos de emergencia en caso de incendio?	¿Se siente seguro/a con las medidas de protección contra incendios actuales en el terminal?	¿Ha recibido capacitación sobre el uso de equipos de extinción de incendios (extintores, agente limpio, etc.)?	¿Con qué frecuencia se realizan simulacros de incendio en su área de trabajo?	¿Cree que los sistemas de alarma de incendios son fácilmente audibles y visibles en todas las áreas?	¿Sabe a quién contactar en caso de una emergencia de incendio?	¿Conoce las rutas de evacuación designadas desde su área de trabajo?	¿El sistema Contra Incendio instalado protegerá a los equipos que se encuentren dentro de la sala eléctrica MS2?
Ysaac Alonso Cantoral Benavides	Supervisor de Campo	Alto	Si	Si	Anualmente	Si	Si	Si	Si
Rolando Rivera Gomez	Supervisor de Calidad	Muy Alto	Si	No	Anualmente	Si	Si	No	Si
Jose Pereyra	Coordinador corporativo de Compras	Medio	Si	Si	Anualmente	Si	Si	Si	Si
Carlos Herrera Loayza	Subdirector de Seguridad	Medio	Si	No	Anualmente	Si	Si	Si	Si
Jorge Quintana	Project Manager	Alto	Si	Si	Anualmente	Si	Si	Si	Si
Edward Mallqui Briceño	Ventas del área de SIEMENS	Bajo	Si	No	Anualmente	Si	No	No	Si
Luis Querevalu	Tecnico Operario del sistema SCI	Alto	Si	Si	Anualmente	Si	Si	Si	Si
Mauricio Rêvolo Taipe	Field Service en SIEMENS	Muy Alto	Si	No	Anualmente	Si	Si	Si	Si

Anexo 5

Matriz De Riesgo FRA

1. Peligro: Baterías

2. Ubicación: Sala eléctrica MS2// Cuarto de Baterías

		<i>Riesgo</i>		
<i>Probabilidad</i>	Alta (3)			
	Medio (2)	X		
	Baja (1)			
		Baja (1)	Medio (2)	Alta (3)
		<i>Severidad</i>		

NOTES:

3. Sección o área: Procesos

4. Fecha: 05/05/2024

5. Cálculo del Riesgo: Haciendo referencia a la formula A, se calcula el riesgo:

$$R = 2 * 1 = 2$$

El peligro de las Baterías representa un riesgo bajo de incendio.

1. Peligro: Celdas de media tensión

2. Ubicación: Sala eléctrica MS2 // Cuarto de Medio Voltaje

		<i>Riesgo</i>		
<i>Probabilidad</i>	Alta (3)			
	Medio (2)			X
	Baja (1)			
		Baja (1)	Medio (2)	Alta (3)
		<i>Severidad</i>		

NOTES:

3. Sección o área: Procesos

4. Fecha: 05/05/2024

5. Cálculo del Riesgo: Haciendo referencia a la formula A, se calcula el riesgo:

$$R = 2 * 3 = 6$$

El peligro de las Celdas de Media tensión representa un riesgo alto de incendio.

1. Peligro: Transformador 630KVA

2. Ubicación: Sala eléctrica MS2 // Cuarto para transformador

		<i>Riesgo</i>		
<i>Probabilidad</i>	Alta (3)			
	Medio (2)			X
	Baja (1)			
		Baja (1)	Medio (2)	Alta (3)
		<i>Severidad</i>		

NOTES:

3. Sección o área: Procesos

4. Fecha: 05/05/2024

5. Cálculo del Riesgo: Haciendo referencia a la formula A, se calcula el riesgo:

$$R = 2 * 3 = 6$$

El peligro del transformador de alta tensión representa un riesgo alto de incendio.

1. Peligro: Tableros de distribución

2. Ubicación: Sala eléctrica MS2 // Cuarto de bajo voltaje

		<i>Riesgo</i>		
<i>Probabilidad</i>	Alta (3)			
	Medio (2)			
	Baja (1)			X
		Baja (1)	Medio (2)	Alta (3)
		<i>Severidad</i>		

NOTES:

3. Sección o área: Procesos

4. Fecha: 05/05/2024

5. Cálculo del Riesgo: Haciendo referencia a la formula A, se calcula el riesgo:

$$R = 1 * 3 = 3$$

El peligro del cableado eléctrico representa un riesgo moderado de incendio.

1. Peligro: UPS

2. Ubicación: Sala eléctrica MS2 // Cuarto UPS

		<i>Riesgo</i>		
<i>Probabilidad</i>	Alta (3)			
	Medio (2)			
	Baja (1)			X
		Baja (1)	Medio (2)	Alta (3)
		<i>Severidad</i>		

NOTES:

3. Sección o área: Procesos

4. Fecha: 05/05/2024

5. Cálculo del Riesgo: Haciendo referencia a la formula A, se calcula el riesgo:

$$R = 1 * 3 = 3$$

El peligro del motor del grupo electrógeno representa un riesgo moderado de incendio.

Anexo 6

Cálculos SINORIX 1230



Siemens Sinorix Flow Calculation CPY4.02 (Novec 1230)
UL: EX4724 / Component of FM Approved Siemens System

File Name: CUARTO_BAJO_VOLTAJE.FC4

Consolidated Report

Customer Information

Company Name: SIEMENS
Address:

Phone:
Contact:
Title:

Project Data

Project Name:
Designer:
Number:
Account:
Location:
Description:

Enclosure Report

Elevation: 0 m (relative to sea level)
Atmospheric Correction Factor: 1

Enclosure 1 Cuarto_Bajo_Voltaje

Enclosure Temperature:	Number of Nozzles:	1
Minimum: 20.0 C	Width:	3.40 m
Maximum: 20.0 C	Length:	3.90 m
Max. Concentration: 4.76 %	Height:	3.80 m
Design Concentration:	Volume:	50.39 m ³
Adjusted: 4.76 %	Non-permeable:	0.00 m ³

Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 4:16:40 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371



Consolidated Report

Minimum:	4.50 %	Total Volume:	50.39 m ³
Min. Agent Required:	33.10 kg		
Adjusted Agent Required:	35.00 kg		

Agent Source Report

This system was developed using Metric units of measure. This report converts to English units of measure. Some minor discrepancies may be apparent in this report due to rounding.

Agent: Novec 1230/ Propellant N2
Cylinder Name: 69 kg. Cylinder
Cylinder Part Number: CPY-150
Agent Per Cylinder: 77.2 lb
Fill Density: 35.4 lbs / cubic ft
Number of Main Cylinders: 1
Number of Reserve Cylinders: 0

Cylinder Empty Weight: 106.2 lb
Weight, All Cylinders + Agent: 183.4 lb
Floor Area Per Cylinder: 0.89 ft²
Floor Loading Per Cylinder: 207 lbs / ft²

Agent Source Report

Agent: Novec 1230/ Propellant N2
Cylinder Name: 69 kg. Cylinder
Cylinder Part Number: CPY-150
Agent Per Cylinder: 35.00 kg

Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 4:16:40 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371

Pipe Network Report

Description	Pipe Section	Start Node	End Node	Pipe Type	Pipe Diameter	Pipe Length	Union	Total Elevation Change	Total Equivalent Length	Nozzle Name	Nozzle Size	Nozzle Type	Nozzle Area
Cylinder - On	Man./End	0	2		100 mm	1.64 m	0	1.64 m	22.86 m				
Flex Hose	System	2	3		100 mm	0.77 m	0	-----	3.05 m				
Elbow (90)	System	3	4	40T	65 mm	-----	0	-----	2.01 m				
Pipe	System	4	5	40T	65 mm	3.80 m	0	3.80 m	3.80 m				
Elbow (90)	System	5	6	40T	65 mm	-----	0	-----	2.01 m				
Pipe	System	6	7	40T	65 mm	3.75 m	0	-----	3.75 m				
Elbow (90)	System	7	8	40T	65 mm	-----	0	-----	2.01 m				
Pipe	System	8	9	40T	65 mm	6.30 m	0	-----	6.30 m				
Tee	System	9	10	40T	65 mm	-----	0	-----	4.08 m				
Pipe	System	10	11	40T	65 mm	1.90 m	0	-----	1.90 m				
Tee	System	11	12	40T	32 mm	-----	0	-----	2.29 m				
Pipe	System	12	13	40T	32 mm	3.15 m	0	-----	3.15 m				
Elbow (90)	System	13	14	40T	32 mm	-----	0	-----	1.13 m				
Pipe&Nozzle	System	14	15	40T	32 mm	0.50 m	0	-0.50 m	0.50 m	E1-N4	32 mm	Central	339.790 mm ²
Tee	System	11	16	40T	32 mm	-----	0	-----	2.29 m				
Pipe	System	16	17	40T	32 mm	3.15 m	0	-----	3.15 m				
Elbow (90)	System	17	18	40T	32 mm	-----	0	-----	1.13 m				
Pipe&Nozzle	System	18	19	40T	32 mm	0.50 m	0	-0.50 m	0.50 m	E1-N3	32 mm	Central	339.790 mm ²
Tee	System	9	20	40T	65 mm	-----	0	-----	4.08 m				
Pipe	System	20	21	40T	65 mm	1.90 m	0	-----	1.90 m				
Tee	System	21	22	40T	32 mm	-----	0	-----	2.29 m				
Pipe	System	22	23	40T	32 mm	3.15 m	0	-----	3.15 m				
Elbow (90)	System	23	24	40T	32 mm	-----	0	-----	1.13 m				
Pipe&Nozzle	System	24	25	40T	32 mm	0.50 m	0	-0.50 m	0.50 m	E1-N1	32 mm	Central	339.790 mm ²
Tee	System	21	26	40T	32 mm	-----	0	-----	2.29 m				
Pipe	System	26	27	40T	32 mm	3.15 m	0	-----	3.15 m				
Elbow (90)	System	27	28	40T	32 mm	-----	0	-----	1.13 m				
Pipe&Nozzle	System	28	29	40T	32 mm	0.50 m	0	-0.50 m	0.50 m	E1-N2	32 mm	Central	339.790 mm ²

Key ID: 823924371

Page: 6 of 9



Consolidated Report

Adjusted Design Concentration: 4.77%
Predicted Concentration: 4.77%
Maximum Expected Agent Concentration: 4.77% (At 20.0 C)

Nozzle	Minimum Agent Required	Adjusted Agent Required	Predicted Agent Delivered	Average Nozzle Pressure
E1-N1	58.59 kg	62.20 kg	62.51 kg	8.071 bar
E1-N2	58.97 kg	62.60 kg	62.51 kg	8.071 bar
E1-N3	58.97 kg	62.60 kg	62.51 kg	8.071 bar
E1-N4	58.97 kg	62.60 kg	62.51 kg	8.071 bar

Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 5:18:44 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371

**Consolidated Report
Parts Report**

Total Agent Required: 250.00 kg

Cylinder Name: 408 kg. Cylinder (Part: CPY-900)

Number of Cylinders: 1

Nozzle	Type	Nozzle Diameter	Drill Size	Nozzle Area	Part Number
E1-N1	Central	32 mm	5.2 mm	339.790 mm ²	CPYEN2-8-0.2047
E1-N2	Central	32 mm	5.2 mm	339.790 mm ²	CPYEN2-8-0.2047
E1-N3	Central	32 mm	5.2 mm	339.790 mm ²	CPYEN2-8-0.2047
E1-N4	Central	32 mm	5.2 mm	339.790 mm ²	CPYEN2-8-0.2047

Pipe & Fittings	Type	Diameter	Length	Elbows (90)	Elbows (45)	Tees	Unions
	40T	32 mm	14.60 m	4	0	0	0
	40T	65 mm	17.65 m	3	0	3	0

Other Objects	Name	Quantity	Part Number
	100 mm Flex Hose	1	CPY-FH4

System Acceptance Report

System Discharge Time: 9.4 seconds
Percent Agent In Pipe: 56.8%
Percent Agent Before First Tee: 40.2%
Dead Volume: 0.0% (0.00 kg)

Enclosure Number: 1
Enclosure Name: CUARTO_MEDIO_VOLTAGE
Minimum Design Concentration: 4.50%

Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 5:18:44 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371



Consolidated Report

Fill Density: 0.677 kg / l
Number of Main Cylinders: 1
Number of Reserve Cylinders: 0

Cylinder Empty Weight: 242.00 kg
Weight, All Cylinders + Agent: 492.00 kg
Floor Area Per Cylinder: 0.46 m²
Floor Loading Per Cylinder: 1079 kg / m²

Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 5:18:44 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371

SIEMENS

Consolidated Report

Minimum:	4.50 %	Total Volume:	359.10 m ³
Min. Agent Required:	235.50 kg		
Adjusted Agent Required:	250.00 kg		

Agent Source Report

This system was developed using Metric units of measure. This report converts to English units of measure. Some minor discrepancies may be apparent in this report due to rounding.

Agent: Novec 1230/ Propellant N2
Cylinder Name: 408 kg. Cylinder
Cylinder Part Number: CPY-900
Agent Per Cylinder: 551.2 lb
Fill Density: 42.2 lbs / cubic ft
Number of Main Cylinders: 1
Number of Reserve Cylinders: 0

Cylinder Empty Weight: 533.5 lb
Weight, All Cylinders + Agent: 1084.7 lb
Floor Area Per Cylinder: 4.91 ft²
Floor Loading Per Cylinder: 221 lbs / ft²

Agent Source Report

Agent: Novec 1230/ Propellant N2
Cylinder Name: 408 kg. Cylinder
Cylinder Part Number: CPY-900
Agent Per Cylinder: 250.00 kg

Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 5:18:44 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371



Siemens Sinorix Flow Calculation CPY4.02 (Novec 1230)
UL: EX4724 / Component of FM Approved Siemens System

File Name: CUARTO_MEDIO_VOLTAGE.FC4

Consolidated Report

Customer Information

Company Name: SIEMENS
Address:

Phone:
Contact:
Title:

Project Data

Project Name:
Designer:
Number:
Account:
Location:
Description:

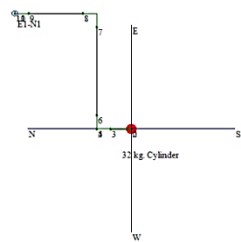
Enclosure Report

Elevation: 0 m (relative to sea level)
Atmospheric Correction Factor: 1

Enclosure 1	CUARTO_MEDIO_VOLTAGE		
Enclosure Temperature:	Number of Nozzles:	4	
Minimum: 20.0 C	Width:	12.60 m	
Maximum: 20.0 C	Length:	7.50 m	
Max. Concentration: 4.77 %	Height:	3.80 m	
Design Concentration:	Volume:	359.10 m ³	
Adjusted: 4.77 %	Non-permeable:	0.00 m ³	

Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 5:18:44 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371

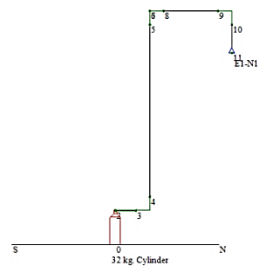
View #: 9 - Standard Plan View



Key ID: 823924371

Page: 8 of 8

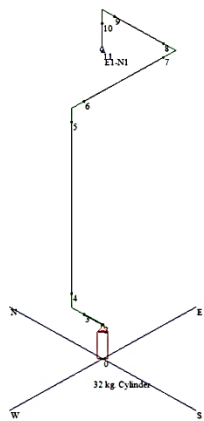
View #: 5 - Standard Elevation View



Key ID: 823924371

Page: 7 of 8

View #: 1 - Isometric View:Node



Key ID: 823924371

Pipe Network Report

Description	Pipe Section	Start Node	End Node	Pipe Type	Pipe Diameter	Pipe Length	Union	Total Elevation Change	Total Equivalent Length	Nozzle Name	Nozzle Size	Nozzle Type	Nozzle Area
Cylinder - On	Man./End	0	2		25 mm	0.75 m	0	0.75 m	5.33 m				
Flex Hose	System	2	3		25 mm	0.46 m	0	-----	2.13 m				
Elbow (90)	System	3	4	40T	20 mm	-----	0	-----	0.67 m				
Pipe	System	4	5	40T	20 mm	3.80 m	0	3.80 m	3.80 m				
Elbow (90)	System	5	6	40T	20 mm	-----	0	-----	0.67 m				
Pipe	System	6	7	40T	20 mm	1.95 m	0	-----	1.95 m				
Elbow (90)	System	7	8	40T	20 mm	-----	0	-----	0.67 m				
Pipe	System	8	9	40T	20 mm	1.20 m	0	-----	1.20 m				
Elbow (90)	System	9	10	40T	20 mm	-----	0	-----	0.67 m				
Pipe&Nozzle	System	10	11	40T	20 mm	0.50 m	0	-0.50 m	0.50 m	E1-N1	20 mm	Central	145.270 mm ²

Key ID: 823924371

**Consolidated Report
System Acceptance Report**

System Discharge Time: 9.4 seconds
Percent Agent In Pipe: 21.2%
Percent Agent Before First Tee: 0.0%
Dead Volume: 0.0% (0.00 kg)

Enclosure Number: 1
Enclosure Name: CUARTO_BATERIAS
Minimum Design Concentration: 4.50%
Adjusted Design Concentration: 4.70%
Predicted Concentration: 4.72%
Maximum Expected Agent Concentration: 4.72% (At 20.0 C)

Nozzle	Minimum Agent Required	Adjusted Agent Required	Predicted Agent Delivered	Average Nozzle Pressure
E1-N1	23.40 kg	24.50 kg	24.49 kg	6.838 bar

Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 4:44:12 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371

SIEMENS**Consolidated Report**

Fill Density: 0.848 kg / l
Number of Main Cylinders: 1
Number of Reserve Cylinders: 0

Cylinder Empty Weight: 24.09 kg
Weight, All Cylinders + Agent: 48.59 kg
Floor Area Per Cylinder: 0.05 m²
Floor Loading Per Cylinder: 958 kg / m²

Parts Report

Total Agent Required: 24.50 kg

Cylinder Name: 32 kg. Cylinder (Part: CPY-70)

Number of Cylinders: 1

Nozzle	Type	Nozzle Diameter	Drill Size	Nozzle Area	Part Number
E1-N1	Central	20 mm	3.4 mm	145.270 mm ²	CPYEN2-4-0.1339

Pipe & Fittings	Type	Diameter	Length	Elbows (90)	Elbows (45)	Tees	Unions
	40T	20 mm	7.45 m	4	0	0	0

Other Objects	Name	Quantity	Part Number
	25 mm Flex Hose	1	CPY-FH1

Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 4:44:12 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371

SIEMENS

Consolidated Report

Minimum:	4.50 %	Total Volume:	35.57 m ³
Min. Agent Required:	23.40 kg		
Adjusted Agent Required:	24.50 kg		

Agent Source Report

This system was developed using Metric units of measure. This report converts to English units of measure. Some minor discrepancies may be apparent in this report due to rounding.

Agent: Novec 1230/ Propellant N2
Cylinder Name: 32 kg. Cylinder
Cylinder Part Number: CPY-70
Agent Per Cylinder: 54.0 lb
Fill Density: 53.0 lbs / cubic ft
Number of Main Cylinders: 1
Number of Reserve Cylinders: 0

Cylinder Empty Weight: 53.1 lb
Weight, All Cylinders + Agent: 107.1 lb
Floor Area Per Cylinder: 0.55 ft²
Floor Loading Per Cylinder: 196 lbs / ft²

Agent Source Report

Agent: Novec 1230/ Propellant N2
Cylinder Name: 32 kg. Cylinder
Cylinder Part Number: CPY-70
Agent Per Cylinder: 24.50 kg

Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 4:44:12 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371



Siemens Sinorix Flow Calculation CPY4.02 (Novec 1230)
UL: EX4724 / Component of FM Approved Siemens System

File Name: CUARTO_BATERIAS.FC4

Consolidated Report

Customer Information

Company Name: SIEMENS
Address:

Phone:
Contact:
Title:

Project Data

Project Name:
Designer:
Number:
Account:
Location:
Description:

Enclosure Report

Elevation: 0 m (relative to sea level)

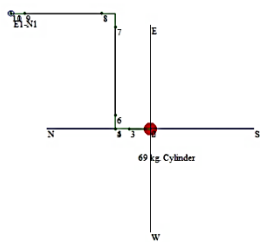
Atmospheric Correction Factor: 1

Enclosure 1 CUARTO_BATERIAS

Enclosure Temperature:	Number of Nozzles:	1
Minimum: 20.0 C	Width:	3.90 m
Maximum: 20.0 C	Length:	2.40 m
Max. Concentration: 4.72 %	Height:	3.80 m
Design Concentration:	Volume:	35.57 m ³
Adjusted: 4.70 %	Non-permeable:	0.00 m ³

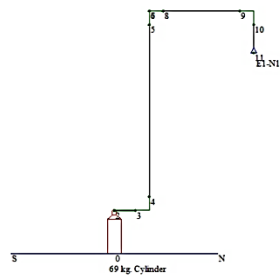
Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 4:44:12 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371

View #: 9 - Standard Plan View



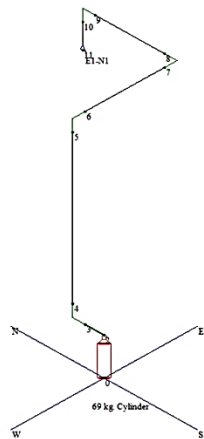
Key ID: 823924371

View #: 5 - Standard Elevation View



Key ID: 823924371

View #: 1 - Isometric View:Node



Key ID: 823924371

Pipe Network Report

Description	Pipe Section	Start Node	End Node	Pipe Type	Pipe Diameter	Pipe Length	Union	Total Elevation Change	Total Equivalent Length	Nozzle Name	Nozzle Size	Nozzle Type	Nozzle Area
Cylinder - On	Man./End	0	2		40 mm	0.95 m	0	0.95 m	8.63 m				
Flex Hose	System	2	3		40 mm	0.47 m	0	-----	2.32 m				
Elbow (90)	System	3	4	40T	20 mm	-----	0	-----	0.67 m				
Pipe	System	4	5	40T	20 mm	3.80 m	0	3.80 m	3.80 m				
Elbow (90)	System	5	6	40T	20 mm	-----	0	-----	0.67 m				
Pipe	System	6	7	40T	20 mm	1.95 m	0	-----	1.95 m				
Elbow (90)	System	7	8	40T	20 mm	-----	0	-----	0.67 m				
Pipe	System	8	9	40T	20 mm	1.70 m	0	-----	1.70 m				
Elbow (90)	System	9	10	40T	20 mm	-----	0	-----	0.67 m				
Pipe&Nozzle	System	10	11	40T	20 mm	0.50 m	0	-0.50 m	0.50 m	E1-N1	20 mm	Central	221.670 mm ²

Key ID: 823924371

**Consolidated Report
System Acceptance Report**

System Discharge Time: 8.6 seconds
Percent Agent In Pipe: 21.1%
Percent Agent Before First Tee: 0.0%
Dead Volume: 0.0% (0.00 kg)

Enclosure Number: 1
Enclosure Name: Cuarto_Bajo_Voltaje
Minimum Design Concentration: 4.50%
Adjusted Design Concentration: 4.76%
Predicted Concentration: 4.76%
Maximum Expected Agent Concentration: 4.76% (At 20.0 C)

Nozzle	Minimum Agent Required	Adjusted Agent Required	Predicted Agent Delivered	Average Nozzle Pressure
E1-N1	33.10 kg	35.00 kg	35.02 kg	7.082 bar

Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 4:16:40 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371

SIEMENS**Consolidated Report**

Fill Density: 0.567 kg / l
Number of Main Cylinders: 1
Number of Reserve Cylinders: 0

Cylinder Empty Weight: 48.17 kg
Weight, All Cylinders + Agent: 83.17 kg
Floor Area Per Cylinder: 0.08 m²
Floor Loading Per Cylinder: 1009 kg / m²

Parts Report

Total Agent Required: 35.00 kg

Cylinder Name: 69 kg. Cylinder (Part: CPY-150)

Number of Cylinders: 1

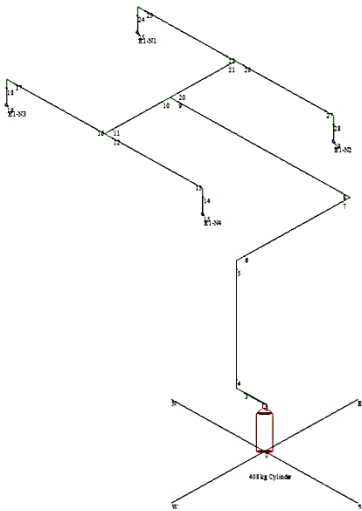
Nozzle	Type	Nozzle Diameter	Drill Size	Nozzle Area	Part Number
E1-N1	Central	20 mm	4.2 mm	221.670 mm ²	CPYEN2-4-0.1654

Pipe & Fittings	Type	Diameter	Length	Elbows (90)	Elbows (45)	Tees	Unions
	40T	20 mm	7.95 m	4	0	0	0

Other Objects	Name	Quantity	Part Number
	40 mm Flex Hose	1	CPY-FH1.5

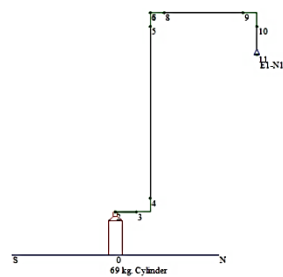
Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 4:16:40 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371

View = 1 - Standard View Mode



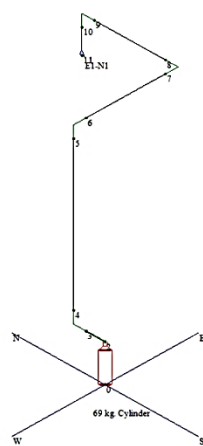
Key ID: 823924371

View #: 5 - Standard Elevation View



Key ID: 823924371

View #: 1 - Isometric View/Node



Key ID: 823924371

Pipe Network Report

Description	Pipe Section	Start Node	End Node	Pipe Type	Pipe Diameter	Pipe Length	Union	Total Elevation Change	Total Equivalent Length	Nozzle Name	Nozzle Size	Nozzle Type	Nozzle Area
Cylinder - On	Man./End	0	2		40 mm	0.95 m	0	0.95 m	8.63 m				
Flex Hose	System	2	3		40 mm	0.47 m	0	-----	2.32 m				
Elbow (90)	System	3	4	40T	25 mm	-----	0	-----	0.85 m				
Pipe	System	4	5	40T	25 mm	3.80 m	0	3.80 m	3.80 m				
Elbow (90)	System	5	6	40T	25 mm	-----	0	-----	0.85 m				
Pipe	System	6	7	40T	25 mm	1.95 m	0	-----	1.95 m				
Elbow (90)	System	7	8	40T	25 mm	-----	0	-----	0.85 m				
Pipe	System	8	9	40T	25 mm	1.75 m	0	-----	1.75 m				
Elbow (90)	System	9	10	40T	25 mm	-----	0	-----	0.85 m				
Pipe&Nozzle	System	10	11	40T	25 mm	0.50 m	0	-0.50 m	0.50 m	E1-N1	25 mm	Central	181.460 mm ²

**Consolidated Report
System Acceptance Report**

System Discharge Time: 9.2 seconds
Percent Agent In Pipe: 25.4%
Percent Agent Before First Tee: 0.0%
Dead Volume: 0.0% (0.00 kg)

Enclosure Number: 1
Enclosure Name: Area Cuarto UPS
Minimum Design Concentration: 4.50%
Adjusted Design Concentration: 5.25%
Predicted Concentration: 5.25%
Maximum Expected Agent Concentration: 5.25% (At 20.0 C)

Nozzle	Minimum Agent Required	Adjusted Agent Required	Predicted Agent Delivered	Average Nozzle Pressure
E1-N1	34.10 kg	40.00 kg	40.01 kg	10.790 bar

Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 3:58:23 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371

SIEMENS**Consolidated Report**

Fill Density: 0.648 kg / l
Number of Main Cylinders: 1
Number of Reserve Cylinders: 0

Cylinder Empty Weight: 48.17 kg
Weight, All Cylinders + Agent: 88.17 kg
Floor Area Per Cylinder: 0.08 m²
Floor Loading Per Cylinder: 1070 kg / m²

Parts Report

Total Agent Required: 40.00 kg

Cylinder Name: 69 kg. Cylinder (Part: CPY-150)

Number of Cylinders: 1

Nozzle	Type	Nozzle Diameter	Drill Size	Nozzle Area	Part Number
E1-N1	Central	25 mm	3.8 mm	181.460 mm ²	CPYEN2-6-0.1496

Pipe & Fittings	Type	Diameter	Length	Elbows (90)	Elbows (45)	Tees	Unions
	40T	25 mm	8.00 m	4	0	0	0

Other Objects	Name	Quantity	Part Number
	40 mm Flex Hose	1	CPY-FH1.5

Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 3:58:23 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371

SIEMENS

Consolidated Report

Minimum:	4.50 %	Total Volume:	51.87 m ³
Min. Agent Required:	34.10 kg		
Adjusted Agent Required:	40.00 kg		

Agent Source Report

This system was developed using Metric units of measure. This report converts to English units of measure. Some minor discrepancies may be apparent in this report due to rounding.

Agent: Novec 1230/ Propellant N2
Cylinder Name: 69 kg. Cylinder
Cylinder Part Number: CPY-150
Agent Per Cylinder: 88.2 lb
Fill Density: 40.5 lbs / cubic ft
Number of Main Cylinders: 1
Number of Reserve Cylinders: 0

Cylinder Empty Weight: 106.2 lb
Weight, All Cylinders + Agent: 194.4 lb
Floor Area Per Cylinder: 0.89 ft²
Floor Loading Per Cylinder: 219 lbs / ft²

Agent Source Report

Agent: Novec 1230/ Propellant N2
Cylinder Name: 69 kg. Cylinder
Cylinder Part Number: CPY-150
Agent Per Cylinder: 40.00 kg

Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 3:58:23 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371



Siemens Sinorix Flow Calculation CPY4.02 (Novec 1230)
UL: EX4724 / Component of FM Approved Siemens System

File Name: CUARTO_UPS.FC4

Consolidated Report

Customer Information

Company Name: SIEMENS
Address:

Phone:
Contact:
Title:

Project Data

Project Name:
Designer:
Number:
Account:
Location:
Description:

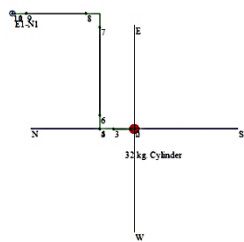
Enclosure Report

Elevation: 0 m (relative to sea level)
Atmospheric Correction Factor: 1

Enclosure 1	Area Cuarto UPS		
Enclosure Temperature:	Number of Nozzles:		1
Minimum: 20.0 C	Width:		3.90 m
Maximum: 20.0 C	Length:		3.50 m
Max. Concentration: 5.25 %	Height:		3.80 m
Design Concentration:	Volume:		51.87 m ³
Adjusted: 5.25 %	Non-permeable:		0.00 m ³

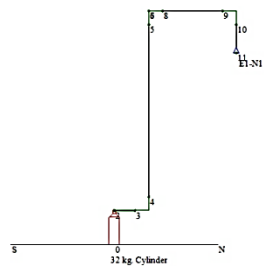
Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 3:58:23 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371

View #: 9 - Standard Plan View



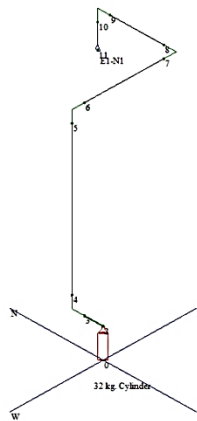
Key ID: 823924371

View #: 5 - Standard Elevation View



Key ID: 823924371

View #: 1 - Isometric View:Node



Key ID: 823924371

Pipe Network Report

Description	Pipe Section	Start Node	End Node	Pipe Type	Pipe Diameter	Pipe Length	Union	Total Elevation Change	Total Equivalent Length	Nozzle Name	Nozzle Size	Nozzle Type	Nozzle Area
Cylinder - On	Man./End	0	2		25 mm	0.75 m	0	0.75 m	5.33 m				
Flex Hose	System	2	3		25 mm	0.46 m	0	-----	2.13 m				
Elbow (90)	System	3	4	40T	25 mm	-----	0	-----	0.85 m				
Pipe	System	4	5	40T	25 mm	3.80 m	0	3.80 m	3.80 m				
Elbow (90)	System	5	6	40T	25 mm	-----	0	-----	0.85 m				
Pipe	System	6	7	40T	25 mm	1.95 m	0	-----	1.95 m				
Elbow (90)	System	7	8	40T	25 mm	-----	0	-----	0.85 m				
Pipe	System	8	9	40T	25 mm	1.32 m	0	-----	1.32 m				
Elbow (90)	System	9	10	40T	25 mm	-----	0	-----	0.85 m				
Pipe&Nozzle	System	10	11	40T	25 mm	0.50 m	0	-0.50 m	0.50 m	E1-N1	25 mm	Central	191.130 mm ²

Key ID: 823924371

**Consolidated Report
System Acceptance Report**

System Discharge Time: 8.7 seconds
Percent Agent In Pipe: 29.1%
Percent Agent Before First Tee: 0.0%
Dead Volume: 0.0% (0.00 kg)

Enclosure Number: 1
Enclosure Name: CUARTO_TRANSFORMADOR
Minimum Design Concentration: 4.50%
Adjusted Design Concentration: 4.70%
Predicted Concentration: 4.71%
Maximum Expected Agent Concentration: 4.71% (At 20.0 C)

Nozzle	Minimum Agent Required	Adjusted Agent Required	Predicted Agent Delivered	Average Nozzle Pressure
E1-N1	25.80 kg	27.00 kg	26.99 kg	6.626 bar

Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 4:35:04 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371

SIEMENS**Consolidated Report**

Fill Density: 0.935 kg / l
Number of Main Cylinders: 1
Number of Reserve Cylinders: 0

Cylinder Empty Weight: 24.09 kg
Weight, All Cylinders + Agent: 51.09 kg
Floor Area Per Cylinder: 0.05 m²
Floor Loading Per Cylinder: 1008 kg / m²

Parts Report

Total Agent Required: 27.00 kg

Cylinder Name: 32 kg. Cylinder (Part: CPY-70)

Number of Cylinders: 1

Nozzle	Type	Nozzle Diameter	Drill Size	Nozzle Area	Part Number
E1-N1	Central	25 mm	3.9 mm	191.130 mm ²	CPYEN2-6-0.1535

Pipe & Fittings	Type	Diameter	Length	Elbows (90)	Elbows (45)	Tees	Unions
	40T	25 mm	7.57 m	4	0	0	0

Other Objects	Name	Quantity	Part Number
	25 mm Flex Hose	1	CPY-FH1

Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 4:35:04 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371

SIEMENS

Consolidated Report

Minimum:	4.50 %	Total Volume:	39.27 m ³
Min. Agent Required:	25.80 kg		
Adjusted Agent Required:	27.00 kg		

Agent Source Report

This system was developed using Metric units of measure. This report converts to English units of measure. Some minor discrepancies may be apparent in this report due to rounding.

Agent: Novec 1230/ Propellant N2
Cylinder Name: 32 kg. Cylinder
Cylinder Part Number: CPY-70
Agent Per Cylinder: 59.5 lb
Fill Density: 58.4 lbs / cubic ft
Number of Main Cylinders: 1
Number of Reserve Cylinders: 0

Cylinder Empty Weight: 53.1 lb
Weight, All Cylinders + Agent: 112.6 lb
Floor Area Per Cylinder: 0.55 ft²
Floor Loading Per Cylinder: 206 lbs / ft²

Agent Source Report

Agent: Novec 1230/ Propellant N2
Cylinder Name: 32 kg. Cylinder
Cylinder Part Number: CPY-70
Agent Per Cylinder: 27.00 kg

Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 4:35:04 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371



Siemens Sinorix Flow Calculation CPY4.02 (Novec 1230)
UL: EX4724 / Component of FM Approved Siemens System

File Name: CUARTO_TRANSFORMADOR.FC4

Consolidated Report

Customer Information

Company Name: SIEMENS
Address:

Phone:
Contact:
Title:

Project Data

Project Name:
Designer:
Number:
Account:
Location:
Description:

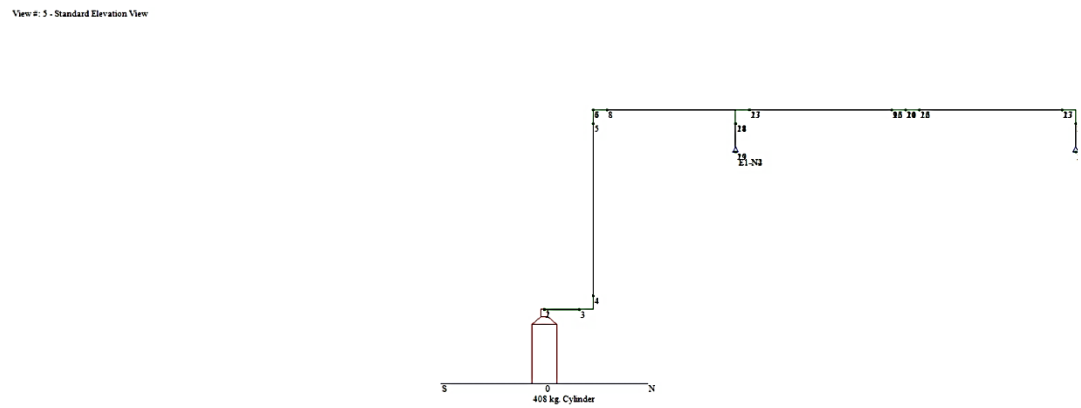
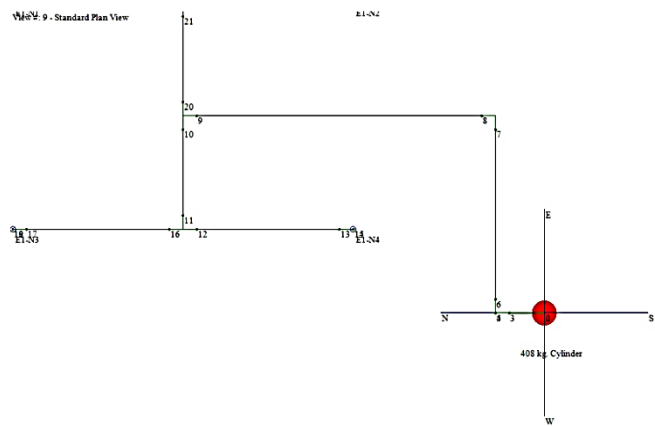
Enclosure Report

Elevation: 0 m (relative to sea level)
Atmospheric Correction Factor: 1

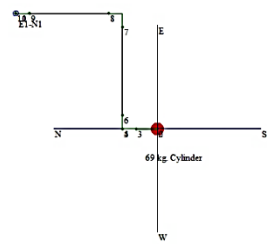
Enclosure 1 CUARTO_TRANSFORMADOR

Enclosure Temperature:	Number of Nozzles:	1
Minimum: 20.0 C	Width:	3.90 m
Maximum: 20.0 C	Length:	2.65 m
Max. Concentration: 4.71 %	Height:	3.80 m
Design Concentration:	Volume:	39.27 m ³
Adjusted: 4.70 %	Non-permeable:	0.00 m ³

Calculation Date/Time: Friday, October 25, 2024, 4:35:04 PM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Siemens
Key ID: 823924371



View #: 9 - Standard Plan View



Key ID: 823924371

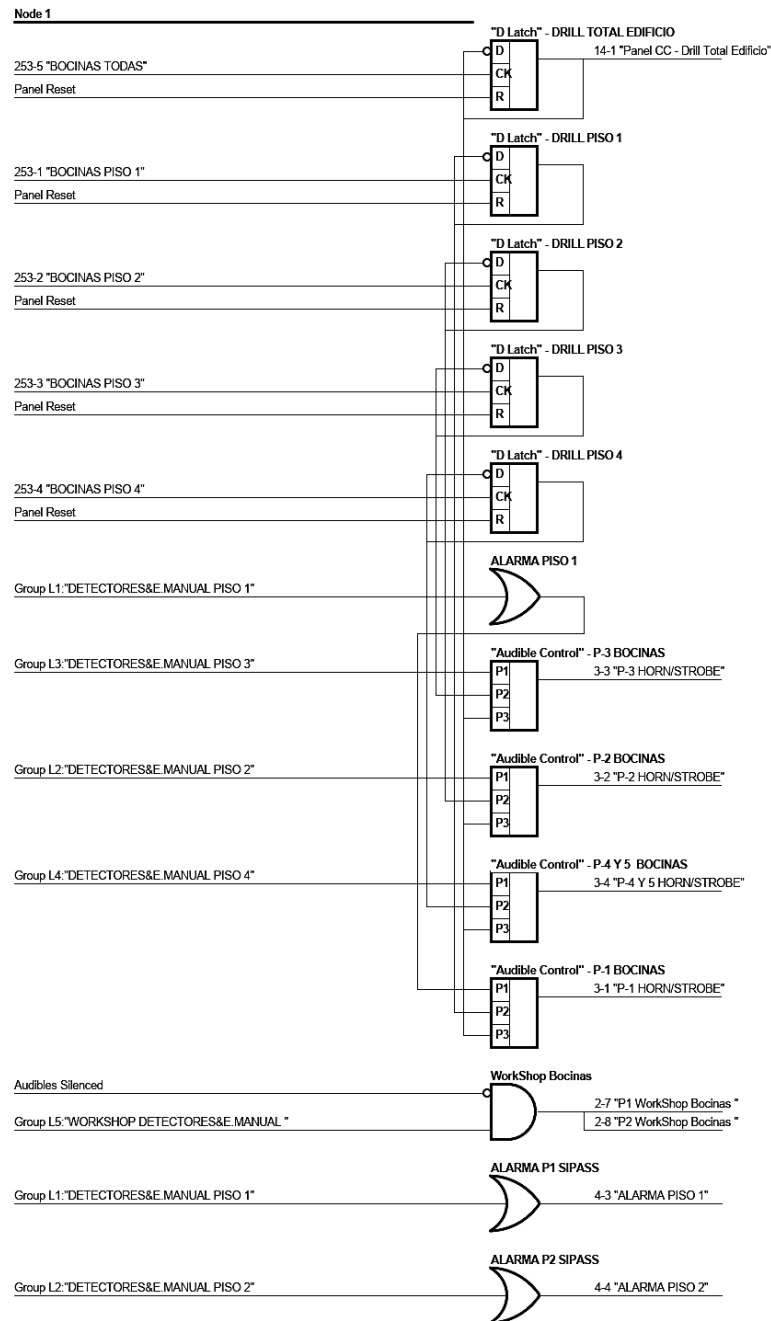
Page: 8 of 8

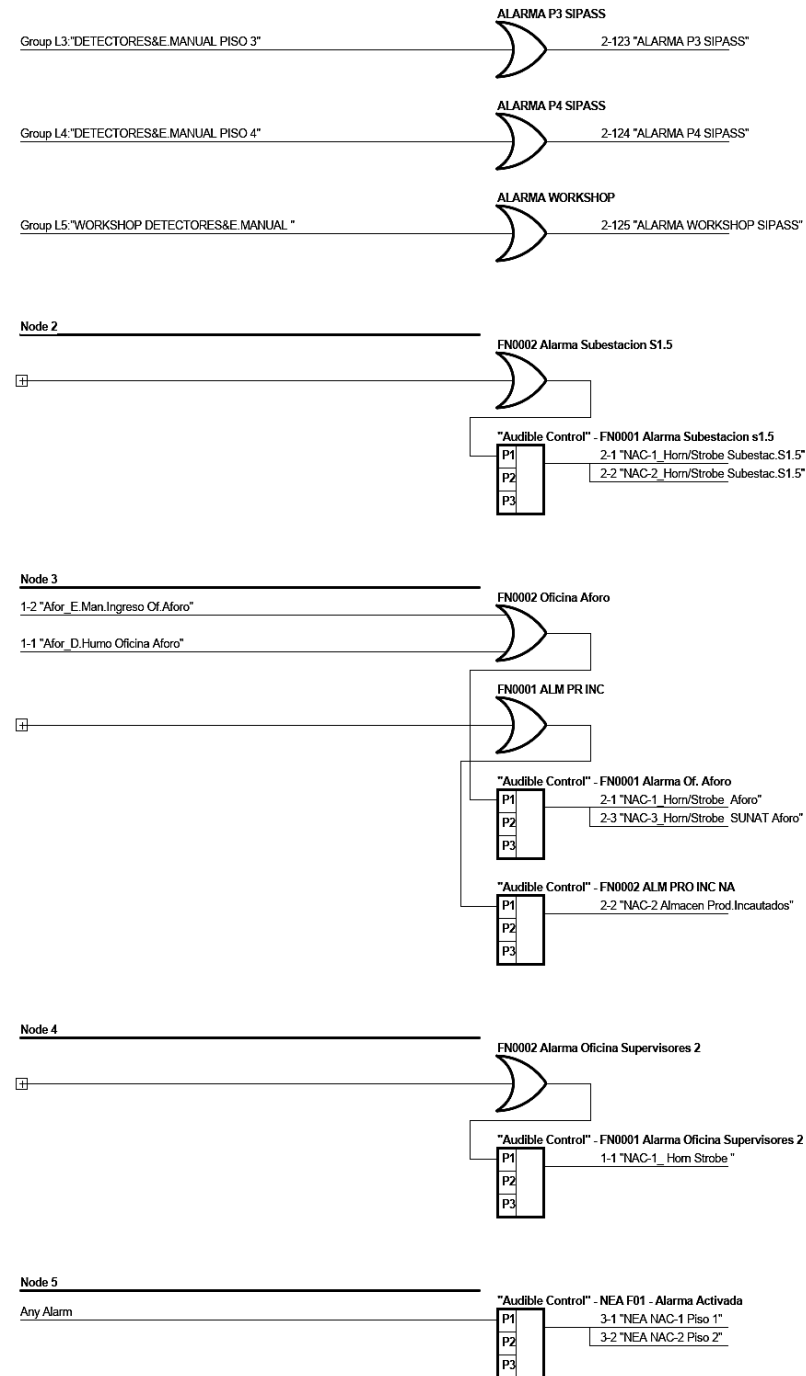
Anexo 7

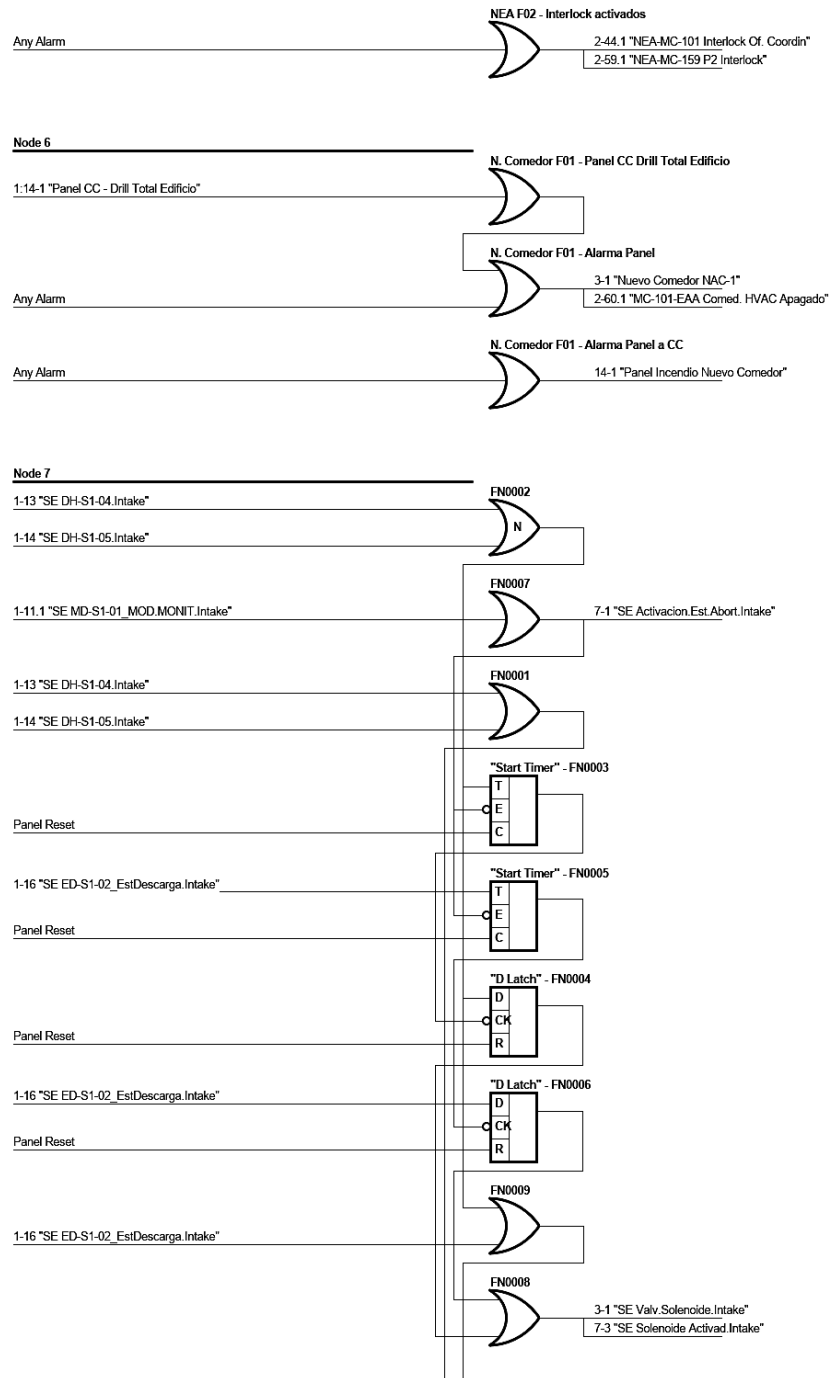
Programación Software Zeus

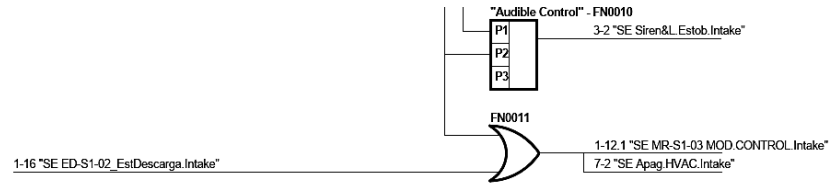
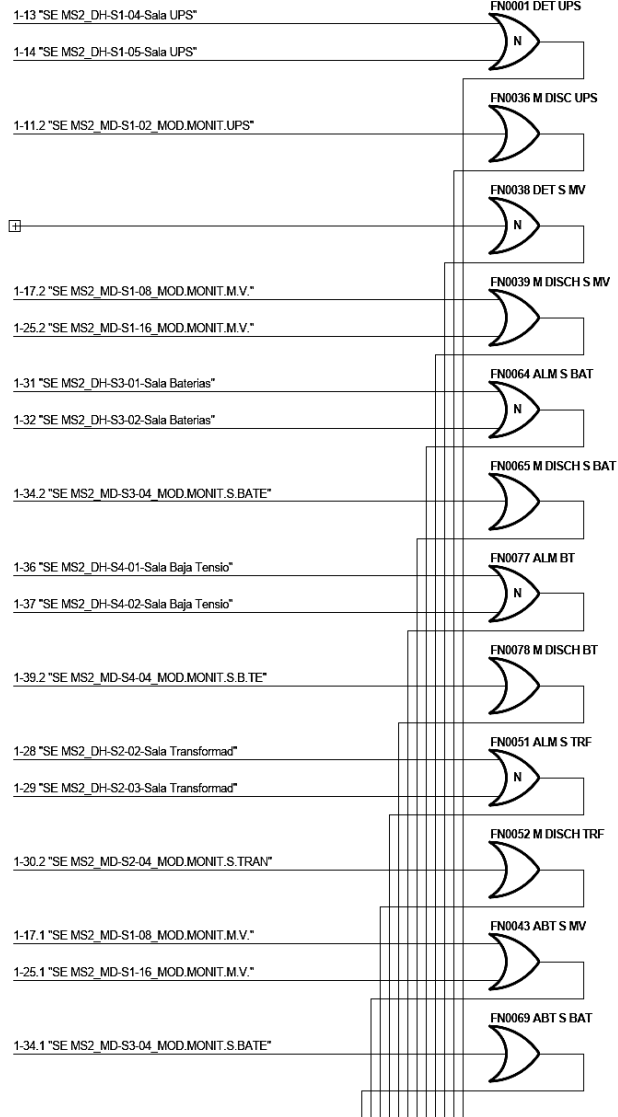
Project: RED-DPWORLD CALLAO.zdb

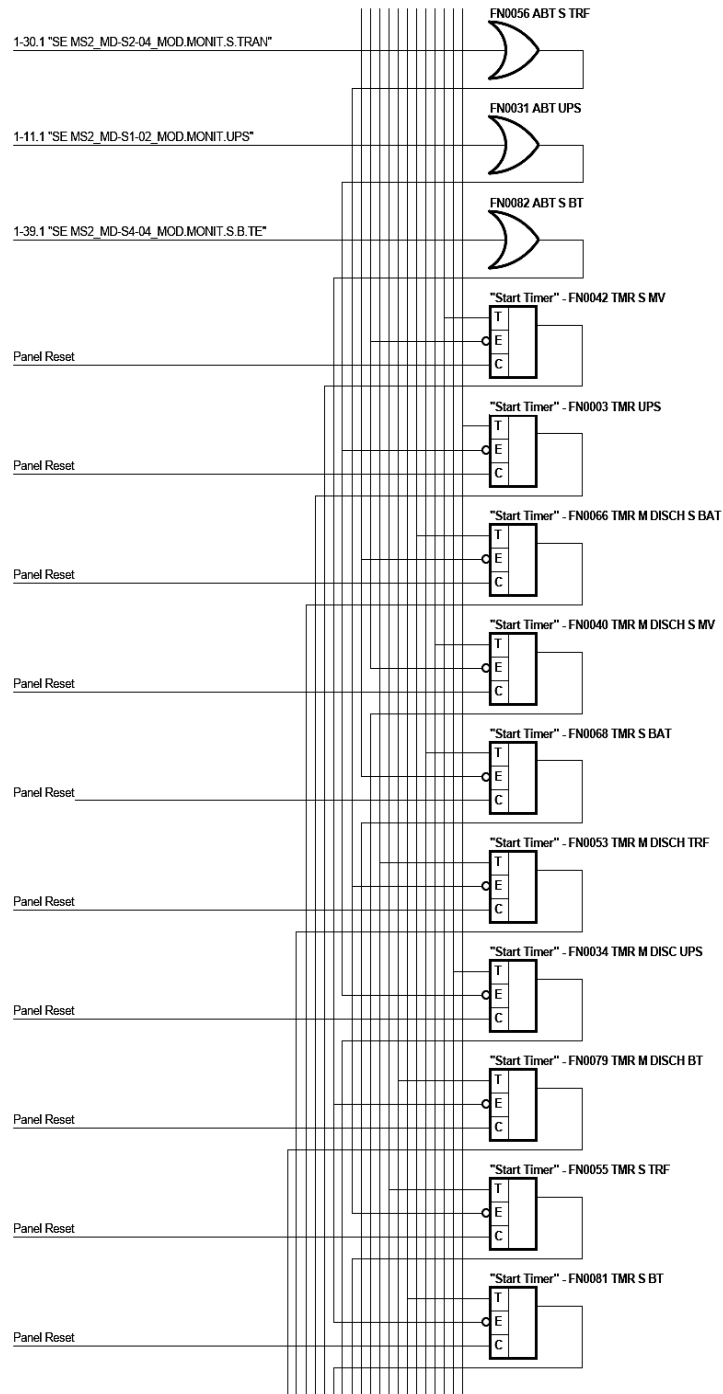
Printed on 07/04/25 16:22:53

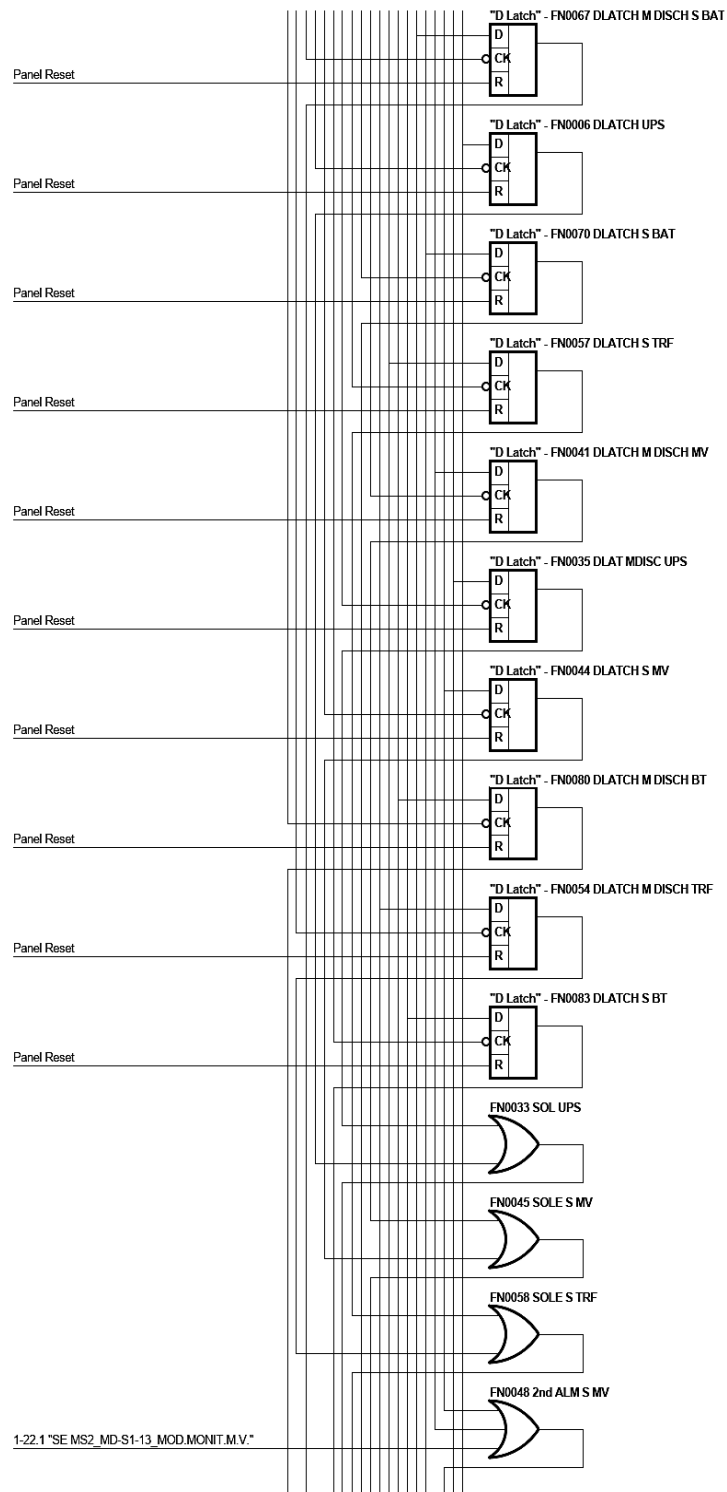


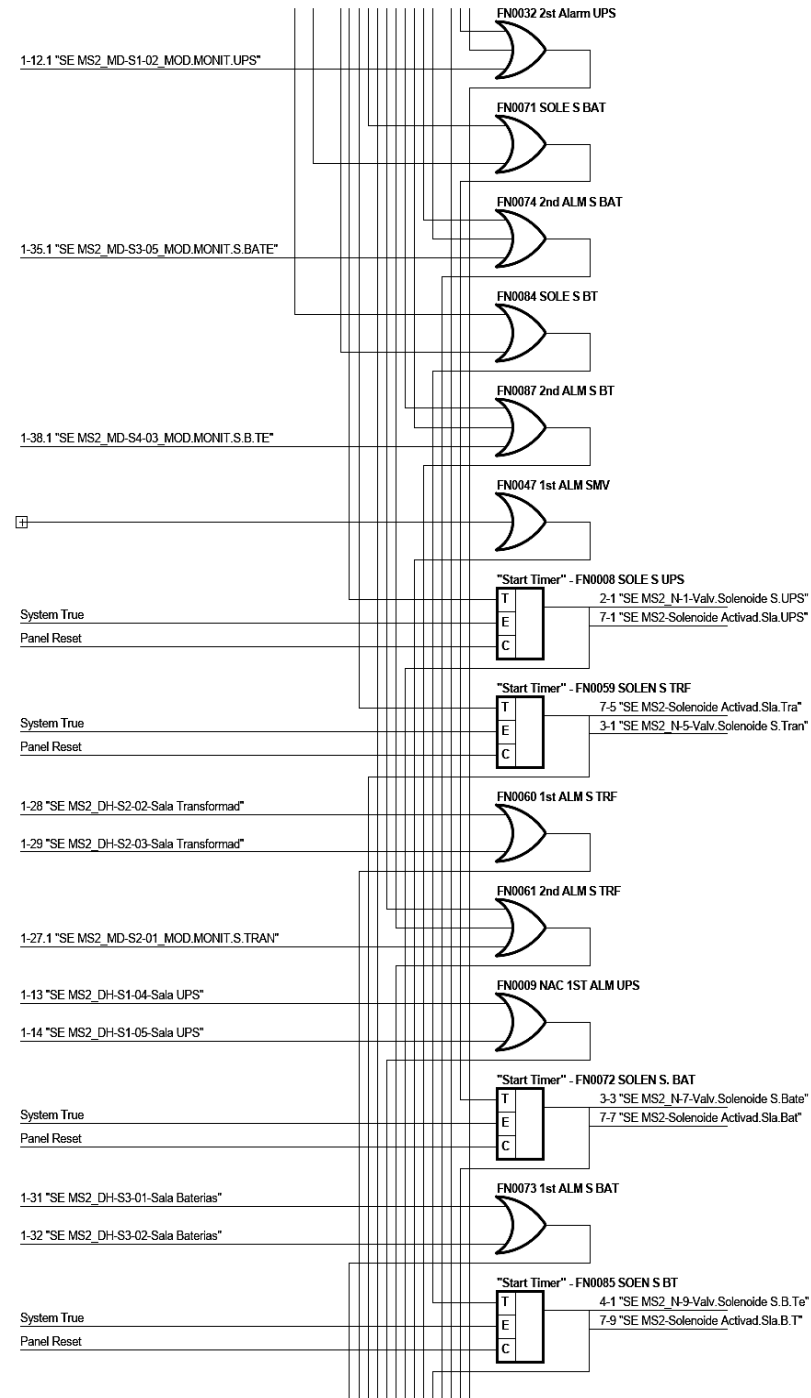


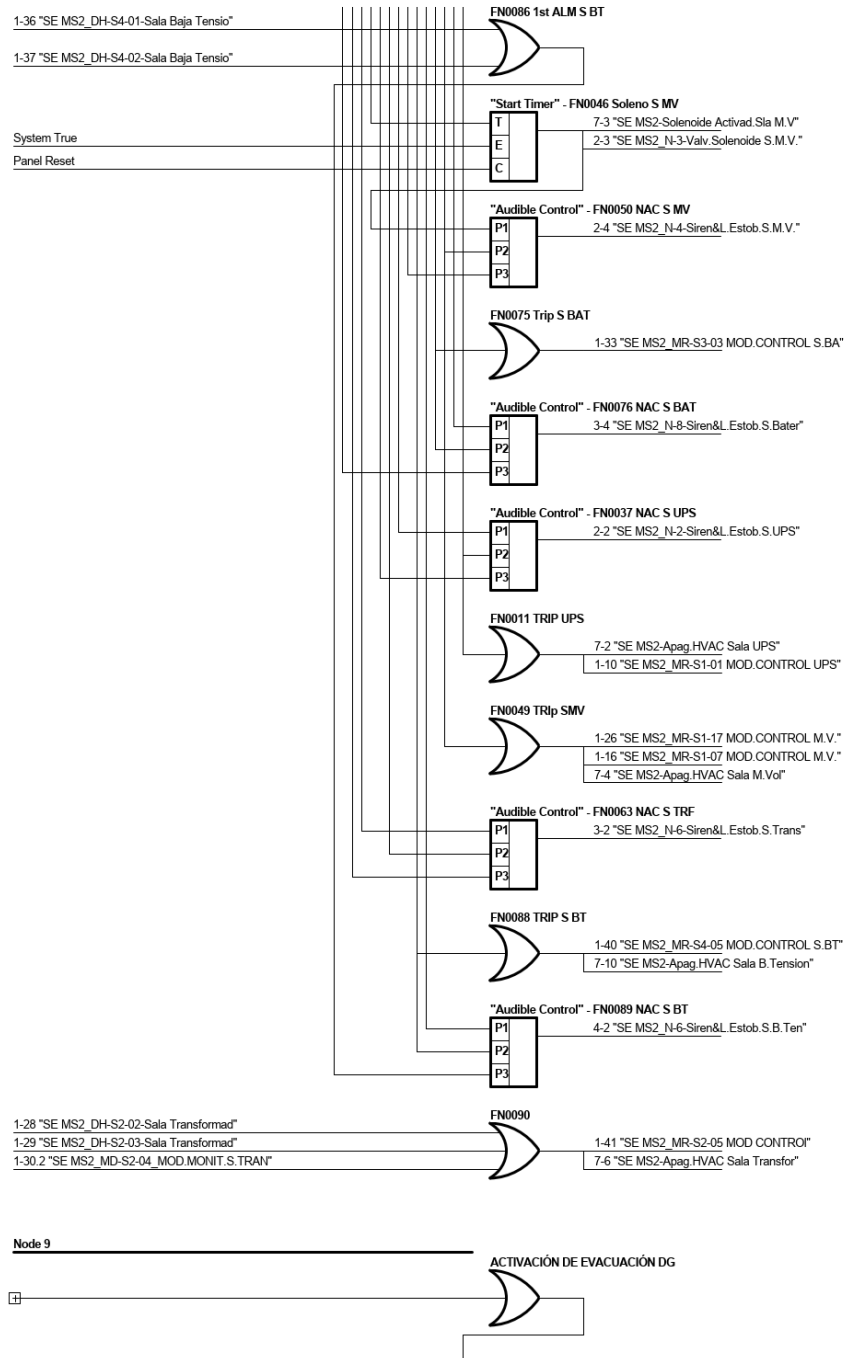


**Node 8**

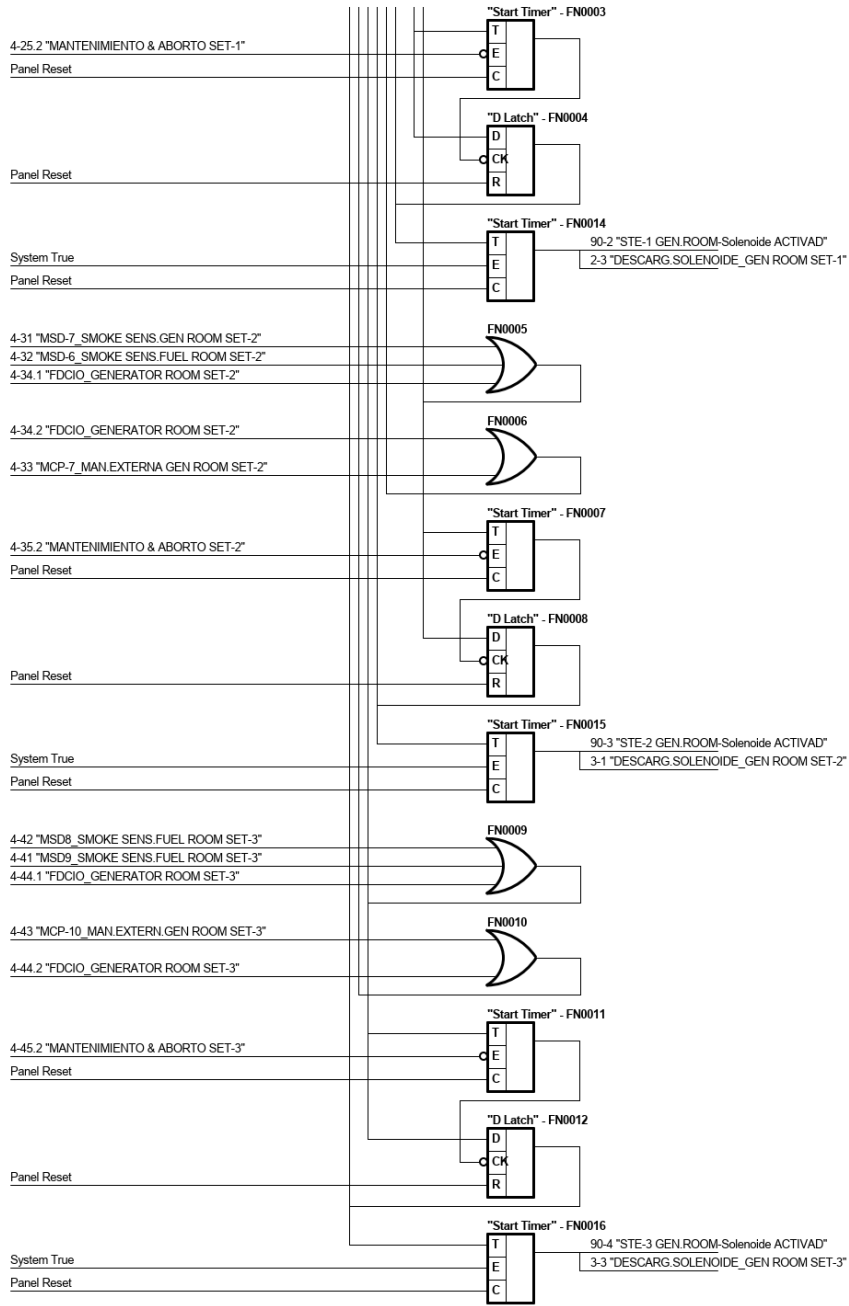




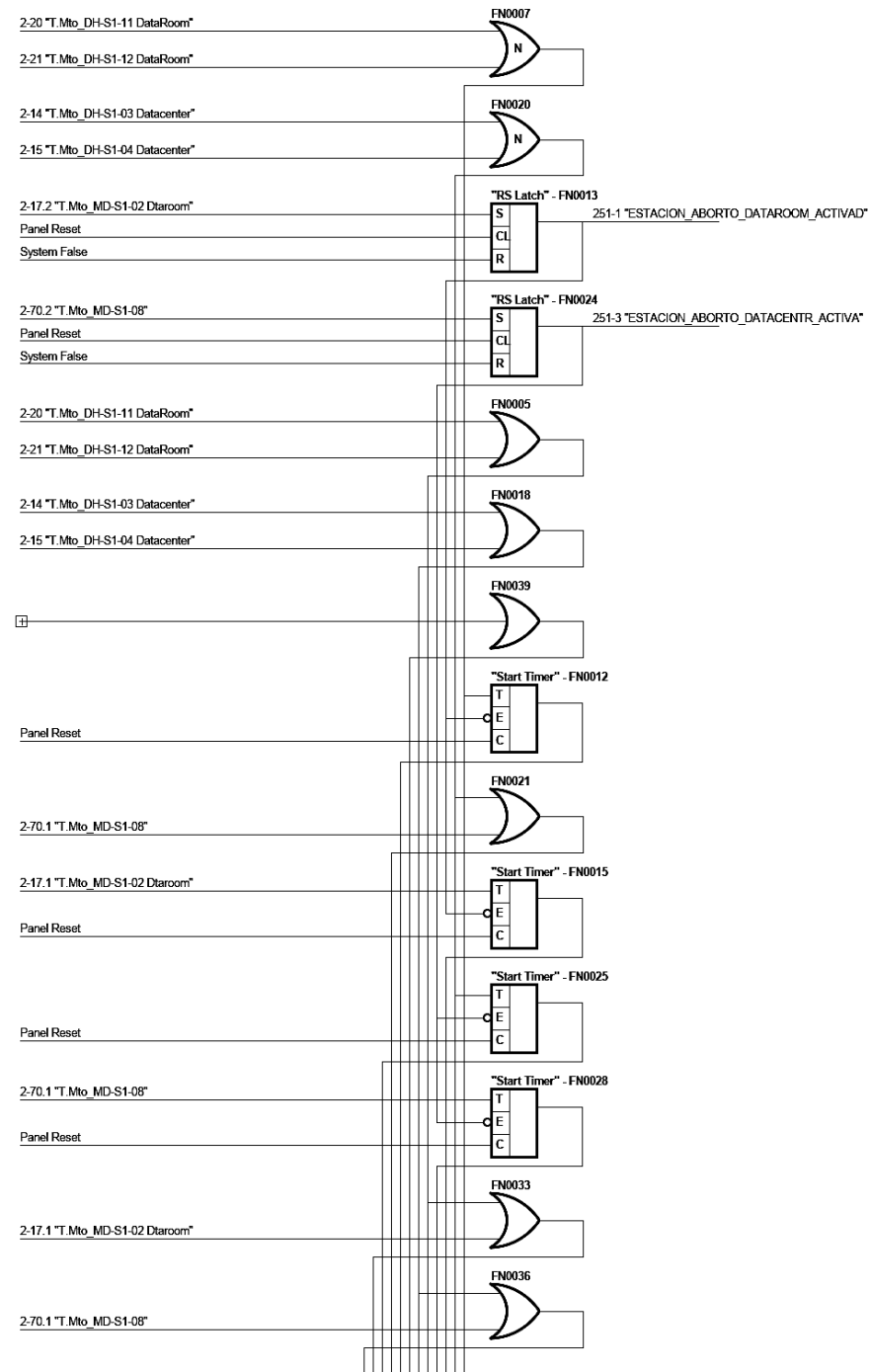


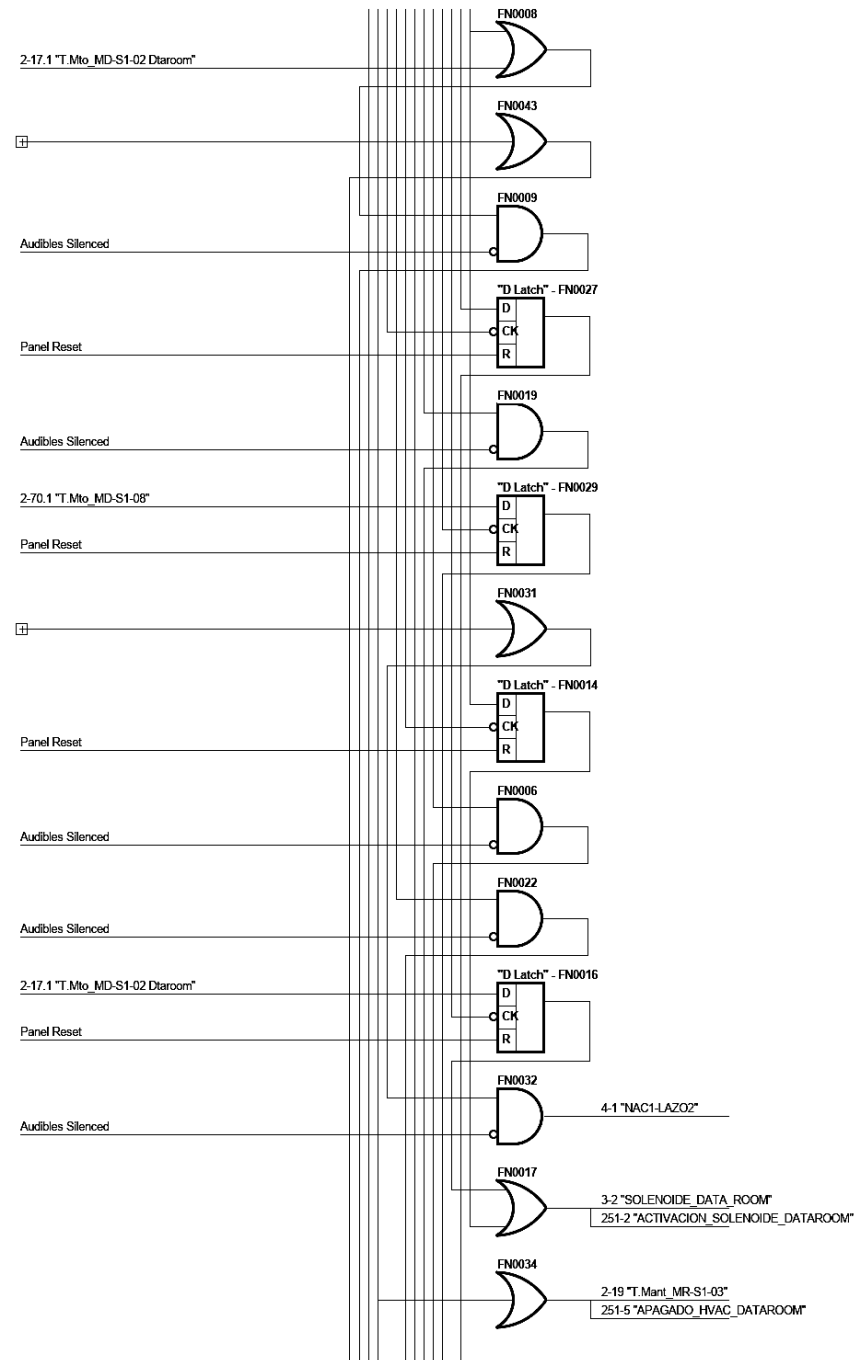


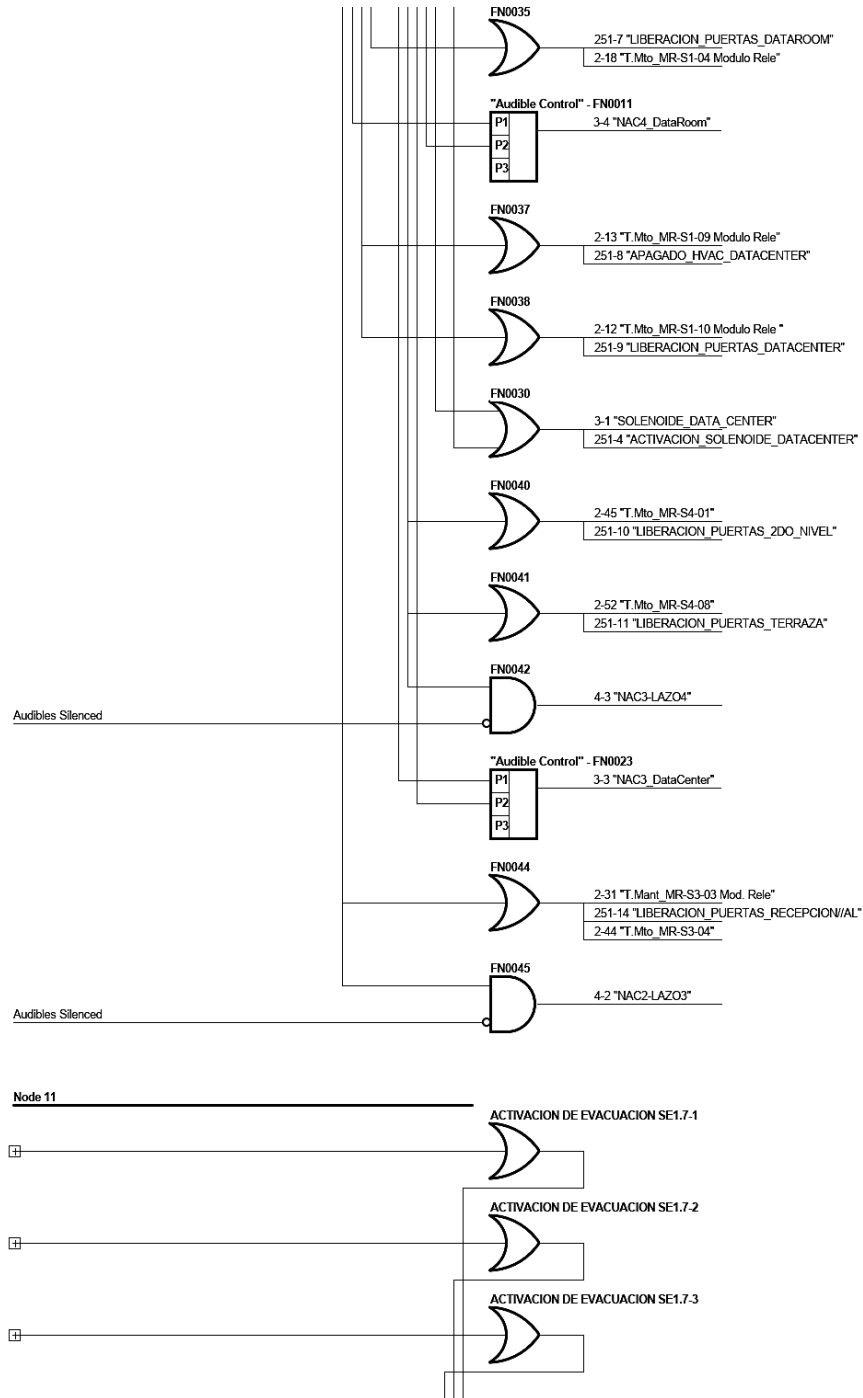


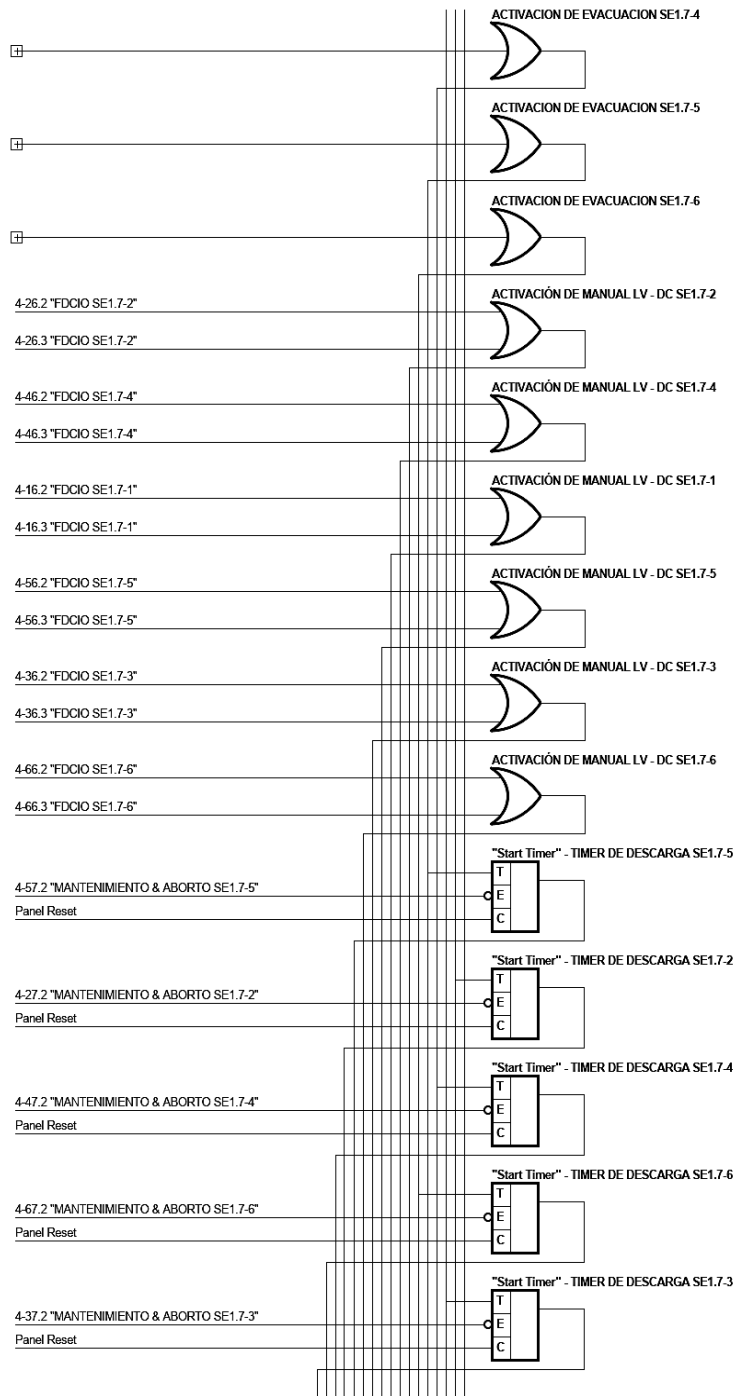


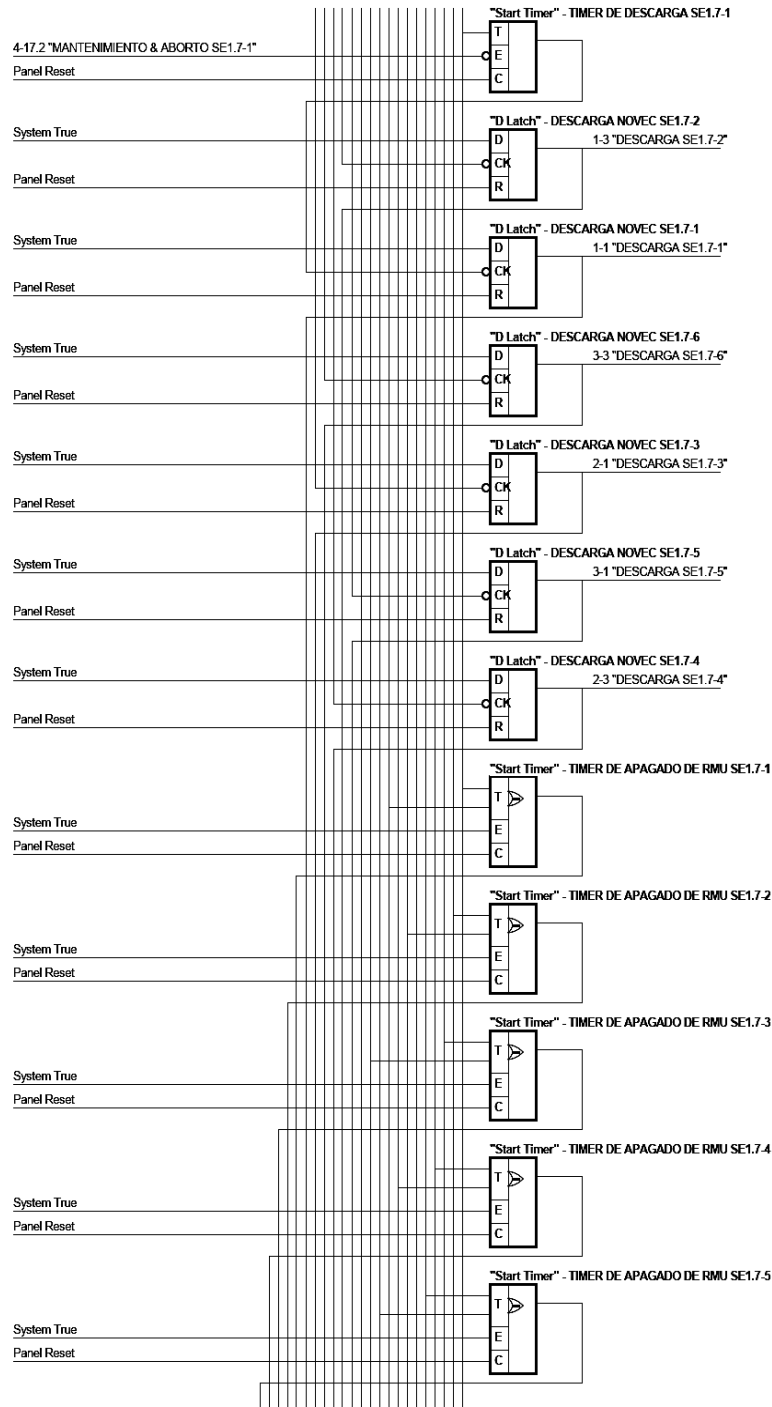
Node 10

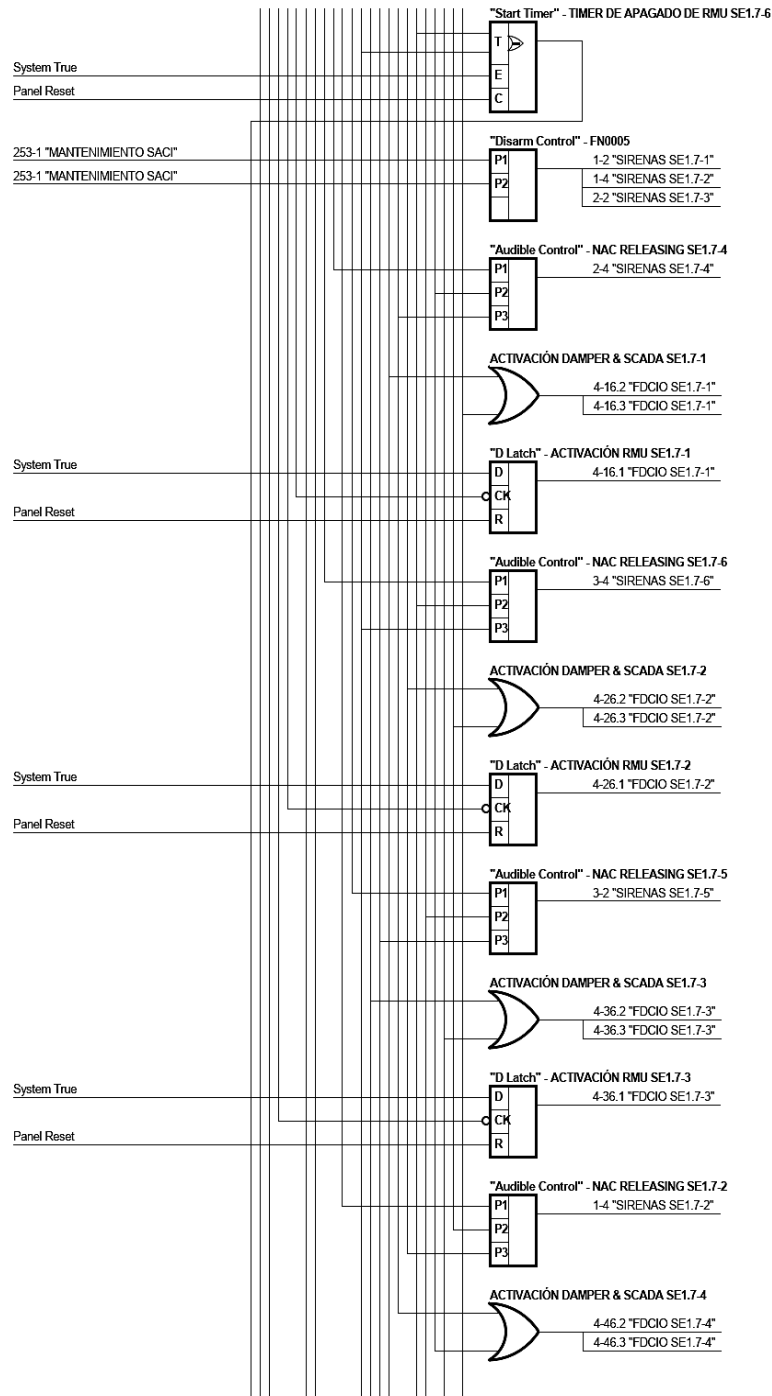


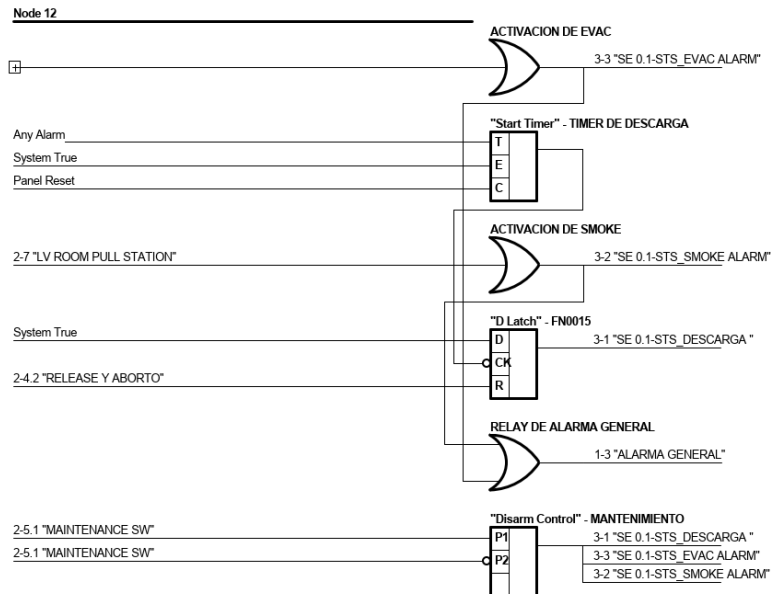
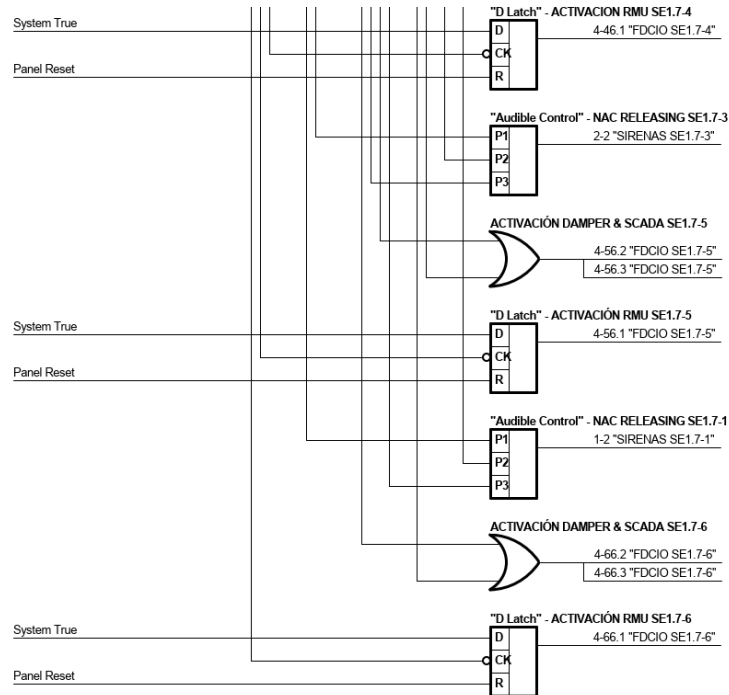












Anexo 8

Matriz De Riesgo FRA Post Implementación SCI

1. Peligro: Baterías

2. Ubicación: Sala eléctrica MS2 // Cuarto de Baterías

		<i>Riesgo</i>		
<i>Probabilidad</i>	Alta (3)			
	Medio (2)			
	Baja (1)	X		
		Baja (1)	Medio (2)	Alta (3)
		<i>Severidad</i>		

NOTES:

3. Sección o área: Procesos

4. Fecha: 22/05/2024

5. Cálculo del Riesgo: Haciendo referencia a la formula A, se calcula el riesgo:

$$R = 1 * 1 = 1$$

El peligro de las baterías representa un riesgo bajo de incendio.

1. Peligro: Celdas de media tensión

2. Ubicación: Sala eléctrica MS2 // Cuarto de Medio Voltaje

		<i>Riesgo</i>		
<i>Probabilidad</i>	Alta (3)			
	Medio (2)		X	
	Baja (1)			
		Baja (1)	Medio (2)	Alta (3)
		<i>Severidad</i>		

NOTES:

3. Sección o área: Procesos

4. Fecha: 22/05/2024

5. Cálculo del Riesgo: Haciendo referencia a la formula A, se calcula el riesgo:

$$R = 2 * 2 = 4$$

El peligro de las celdas de media tensión representa un riesgo moderado de incendio.

1. Peligro: Transformador 630KVA

2. Ubicación: Sala eléctrica MS2 // Cuarto para transformador

		<i>Riesgo</i>		
<i>Probabilidad</i>	Alta (3)			
	Medio (2)		X	
	Baja (1)			
		Baja (1)	Medio (2)	Alta (3)
		<i>Severidad</i>		

NOTES:

3. Sección o área: Procesos

4. Fecha: 22/05/2024

5. Cálculo del Riesgo: Haciendo referencia a la formula A, se calcula el riesgo:

$$R = 2 * 2 = 4$$

El peligro del transformador de alta tensión representa un riesgo moderado de incendio.

1. Peligro: Tableros de distribución

2. Ubicación: Sala eléctrica MS2 // Cuarto de bajo voltaje

		<i>Riesgo</i>		
<i>Probabilidad</i>	Alta (3)			
	Medio (2)			
	Baja (1)	X		
		Baja (1)	Medio (2)	Alta (3)
		<i>Severidad</i>		

NOTES:

3. Sección o área: Procesos

4. Fecha: 22/05/2024

5. Cálculo del Riesgo: Haciendo referencia a la formula A, se calcula el riesgo:

$$R = 1 * 1 = 1$$

El peligro del cableado eléctrico representa un riesgo bajo de incendio.

1. Peligro: UPS

2. Ubicación: Sala eléctrica MS2 // Cuarto UPS

		<i>Riesgo</i>		
<i>Probabilidad</i>	Alta (3)			
	Medio (2)			
	Baja (1)	X		
		Baja (1)	Medio (2)	Alta (3)
		<i>Severidad</i>		

NOTES:

3. Sección o área: Procesos

4. Fecha: 22/05/2024

5. Cálculo del Riesgo: Haciendo referencia a la formula A, se calcula el riesgo:

$$R = 1 * 1 = 1$$

El peligro del motor del grupo electrógeno representa un riesgo bajo de incendio.

1. Peligro: Gasolina

2. Ubicación: Sala eléctrica MS2

		<i>Riesgo</i>		
<i>Probabilidad</i>	Alta (3)			
	Medio (2)	X		
	Baja (1)			
		Baja (1)	Medio (2)	Alta (3)
		<i>Severidad</i>		

NOTES:

3. Sección o área: Procesos

4. Fecha: 22/05/2024

5. Cálculo del Riesgo: Haciendo referencia a la formula A, se calcula el riesgo:

$$R = 2 * 1 = 2$$

El peligro del motor del grupo electrógeno representa un riesgo bajo de incendio.

Anexo 9

Cálculo de Baterías

Module	Device	Description	Qty	Power Calculations				Battery Calculations
				Backplane Current 24V (mA)	Backplane Current 6.2V (mA)	Screw Terminal 24V Current (mA)		Standby 24 VDC Current
						Standby	Alarm	
AIC		Audio Input Card		0.0	0.0			0.0
ALCC		Audio Level Conversion Card		0.0	0.0			0.0
CDC4A	Conventional Detector	Go to the CDC-4 sheet (double click)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CRC6		Control Relay Card		0.0	0.0			0.0
	Relay	Active Form C Relay				0.0	0.0	0.0
D2300CP		Fiber Optic Interface				0.0	0.0	0.0
D2325CPS						0.0	0.0	0.0
DAC		Digital Audio Card		0.0				0.0
DDC		Digital Dialer Card				0.0	0.0	0.0
DFM		D-NET Fiber Optic Module				0.0	0.0	0.0
DLC & XDLC	DLC	Device Loop Card			0.0	0.0	0.0	0.0
	XDLC	X Device Loop Card	1		1.0	100.0	100.0	100.0
	HFP-11	Photo-thermal detector				0.0	0.0	0.0
	HFPT-11	Thermal detector				0.0	0.0	0.0
	OOHC941	Dual optical/thermal/CO detector				0.0	0.0	0.0
	OOH941	Dual optical/thermal detector				0.0	0.0	0.0
	OH921	Photo-thermal detector	10			2.8	2.8	2.8
	OP921	Photo detector				0.0	0.0	0.0
	HI921	Thermal detector				0.0	0.0	0.0
	FDOOTC441	Dual optical/thermal/CO detector				0.0	0.0	0.0
	FDOOT441	Dual optical/thermal detector				0.0	0.0	0.0
	FDOT421	Photo-thermal detector				0.0	0.0	0.0
	FDO421	Photo detector				0.0	0.0	0.0
	FDT421	Thermal detector				0.0	0.0	0.0
	FDCIO A	2-input/4-output module				0.0	0.0	0.0
	FDCIO B	4-input/4-output module				0.0	0.0	0.0
	HMS-2S	Manual station				0.0	0.0	0.0
	HMS-S	Manual station				0.0	0.0	0.0
	HMS-M	Manual station				0.0	0.0	0.0
	HMS-SA	Manual station				0.0	0.0	0.0
	XMS-D	Manual station	6			5.4	5.4	5.4
	HTRI-S	Single input module				0.0	0.0	0.0
	XTRI-S	X Single input module				0.0	0.0	0.0
	HTRI-D	Dual input module				0.0	0.0	0.0
	XTRI-D	X Dual input module	10			9.5	9.5	9.5
	HTRI-R	Single input/single relay module				0.0	0.0	0.0
	XTRI-R	X Single input/single relay module	5			3.8	3.8	3.8

	HTRI-M	Single input mini module				0.0	0.0	0.0
	XTRI-M	X Single input mini module				0.0	0.0	0.0
	HZM	Conventional zone module				0.0	0.0	0.0
	HCP	Addressable control point				0.0	0.0	0.0
	ILED-HC	Intelligent LED				0.0	0.0	0.0
	ILED-HW	Intelligent LED				0.0	0.0	0.0
	ILED-1X	Intelligent LED - X Type				0.0	0.0	0.0
	HLIM	Loop Isolator Module				0.0	0.0	0.0
	TSM-1X	Intelligent Switch				0.0	0.0	0.0
	Other					0.0	0.0	0.0
FCM		Fan Control Module				0.0	0.0	0.0
		Active FCM Switches				0.0	0.0	0.0
FMT		Firefighter Master Telephone				0.0	0.0	0.0
FN2006		Fiber Optic Module - single mode				0.0	0.0	0.0
FN2007		Fiber Optic Module - multi mode				0.0	0.0	0.0
HUB-4		Communication Module - 4 ports			0.0	0.0	0.0	0.0
LCM		LED Control Module				0.0	0.0	0.0
	LED	Active LED's				0.0	0.0	0.0
LPB		Local Page Board		0.0	0.0			0.0
LVM		Live Voice Module				0.0	0.0	0.0
		Active Switch				0.0	0.0	0.0
MLC				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	CZM-1	Remote Conventional Zone Module				0.0	0.0	0.0
	FP-11	Photosensor detector				0.0	0.0	0.0
	FPT-11	Photo and thermal detector				0.0	0.0	0.0
	ICP25	ID-60I				0.0	0.0	0.0
	ICP70					0.0	0.0	0.0
	ID-60I	Intelligent thermal detector				0.0	0.0	0.0
	ID-60IA					0.0	0.0	0.0
	ID-60IH					0.0	0.0	0.0
	ID-60IAH					0.0	0.0	0.0
	ID-60IB					0.0	0.0	0.0
	ID-60IBH					0.0	0.0	0.0
	ID-60P					0.0	0.0	0.0
	ID-60PD					0.0	0.0	0.0
	ID-60PT					0.0	0.0	0.0
	ID-60T					0.0	0.0	0.0
	ILI-1/-1H	Ionization detector (0-300 ft./min.)				0.0	0.0	0.0
	ILI-1A/-1AH					0.0	0.0	0.0
	ILI-1B/-1BH					0.0	0.0	0.0
	ILP-1/ILPT-1	Photoelectric detector				0.0	0.0	0.0
	ILP-2					0.0	0.0	0.0
	MSI-1/-2	Intelligent manual station				0.0	0.0	0.0
	TRI-60	Interface single-input module				0.0	0.0	0.0
	TRI-60D	Interface dual-input module				0.0	0.0	0.0
	TRI-60R	Addressable interface module				0.0	0.0	0.0
	LIM-1	Loop Isolator Module				0.0	0.0	0.0

	Other					0.0	0.0	0.0
MLC Ext		MXL Line Card Ext				0.0	0.0	0.0
NIC		Network Interface Card		0.0				0.0
NIC_Xnet		Network Interface Card Xnet		0.0				0.0
NIM_1W		Network Interface Module - Wide Area				0.0	0.0	0.0
NRC		Network Ring Card		0.0	0.0			0.0
OCM		Output Control Module				0.0	0.0	0.0
		Active Open Collector				0.0	0.0	0.0
PMI		Control Panel		0.0				0.0
	TSP-40A	Thermal Strip Printer				0.0	0.0	0.0
PMI-2/PMI-3 FCM2041- U2/U3		Control Panel v2	1	195.0				125.0
	TSP-40A	Thermal Strip Printer				0.0	0.0	0.0
RNI		Remote Network Interface				0.0	0.0	0.0
RPM	See Note 2	Remote Printer Module				0.0	0.0	0.0
SCM		Switch Control Module				0.0	0.0	0.0
	Switch	Active Pushbutton Switch				0.0	0.0	0.0
SIM		Supervised Input Module				0.0	0.0	0.0
	SIM device	SIM Input				0.0	0.0	0.0
	SIM Relay	Relay				0.0	0.0	0.0
SSD		System Status Display				0.0	0.0	0.0
XDMC		XLS Digital Message Card		0.0	0.0			0.0
ZAC		Zone Amplifier Card				0.0	0.0	0.0
		Total Speaker Wattage					0.0	
ZAC Backup		Zone Amplifier Card - Backup				0.0		0.0
ZAM		Zone Amplifier Module				0.0	0.0	0.0
		Total Speaker Wattage					0.0	
ZAM Backup		Zone Amplifier Module - Backup				0.0		0.0
Total ZICs	Zone Indicating Cards	Go to the ZIC sheet (double click)		0.0	0.0	0.0	12937. 0	265.0
PSC-12		Power Supply Card 288 Watts	1					150.0
	PSC Relay	Active Relay on the PSC						0.0
	See Note 1	AUX Standby Current [mA] on A.C.						
	See Note 1	AUX Alarm Current [mA] on A.C.						
	See Note 1	AUX Standby Current on Battery [mA]						
	See Note 1	AUX Alarm Current on Battery [mA]						
PSX-12		Power Supply Extender 288 Watts						0.0
	See Note 1	AUX Standby Current [mA] on A.C.						
	See Note 1	AUX Alarm Current [mA] on A.C.						
	See Note 1	AUX Standby Current on Battery [mA]						
	See Note 1	AUX Alarm Current on Battery [mA]						
Total [A]				0.1950	0.0010	0.121 5	13.058 5	0.6615

Power Supply Limits

Parameter	Max value	Actual value	Result
24V Backplane Current	2A	0.195	OK
6.2V Backplane Current	2A	0.001	OK
Total 24V Standby Current	5	0.316	OK
Total 24V Alarm Current	12A * Number of PS	13.253	Alarm Current Overloaded

Battery Calculation

Max Standby [Hrs] Warning: 90 hours required for Pre-Action or Deluge systems (may be less if an engine driven generator is provided)	24
Max Alarm [Min]	5
Battery capacity reserve [%]	20

Required Battery Capacity [AH]:	16.96
Required Battery Capacity with reserve [AH]:	20.36

Note 1: For each HCP, HZM, CZM-1, ICP25 & ICP70 add the following current to each PSC-12/PSX-12 AUX power entry if these devices are receiving power from this PSC-12/PSX-12.

	HCP	HZM	CZM-1	ICP25	ICP70
AUX Standby Current [mA] on A.C.	30 mA	76 mA	12.5 mA	10 mA	10 mA
AUX Alarm Current [mA] on A.C.	30 mA	100 mA	50 mA	10 mA	10 mA
AUX Standby Current on Battery [mA]	30 mA	76 mA	12.5 mA	10 mA	10 mA
AUX Alarm Current on Battery [mA]	30 mA	100 mA	50 mA	10 mA	10 mA

Note 2: Only include this module if it is being powered by a PSC-12 or PSX-12 in this enclosure, otherwise leave the quantity as 0.

Note 3: PAD-5 has its own power supply - therefore it is not included here

Anexo 10

Matriz de Consistencia

Sección	Descripción
Problema	General: ¿Cómo el Diseño de un Sistema de Protección Contra incendios, basado en el estándar NFPA 72, influye en la seguridad y protección del patrimonio empresarial en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias? Específicos: 1. ¿De qué manera el diseño de un sistema de protección contra incendios, conforme al estándar NFPA 72, contribuye a mejorar la seguridad operativa en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias? 2. ¿De que manera el diseño de un sistema de protección contra incendios basado en la NFPA 72 cumple con el nivel de confiabilidad esperado en salas eléctricas de media tensión? 3. ¿De que manera diseño de un sistema de protección contra incendios basado en la NFPA 72 mejorar el cumplimiento de la normativo en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias? 4. ¿Es económicamente viable implementar un sistema de protección contra incendios bajo el estándar NFPA 72 en salas eléctricas de media tensión, considerando los beneficios en reducción de riesgos operacionales y protección de activos?

Sección	Descripción
Objetivo	General: Diseñar un sistema integral de protección contra incendios para salas eléctricas de media tensión, basado en el estándar NFPA 72, para garantizar la seguridad de las personas, la protección del patrimonio de la empresa y la continuidad operativa en entornos portuarios. Específicos: 1. Determinar como el Diseño de un sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72, influye en la seguridad operativa en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias. 2. Determinar como el Diseño de un sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72, cumple con el nivel de confiabilidad esperado en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias. 3. Determinar como el Diseño de un sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72, influye en el cumplimiento normativo en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias. 4. Determinar como el Diseño de un sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72, es viable económica y financieramente en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias.
Hipótesis	General: La implementación de un sistema de protección contra incendios en salas eléctricas de media tensión, basado en el estándar NFPA 72, contribuirá significativamente a garantizar la

Sección	Descripción
	seguridad operativa y la protección del patrimonio en salas eléctricas de media tensión de instalaciones portuarias. Específicas: 1.El diseño de un sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72 mejorara la seguridad operativa en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias. 2.El diseño de un sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72 cumplirá con el nivel de confiabilidad esperado en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias. 3.El diseño de un sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72 mejorara el cumplimiento normativo en salas eléctricas de media tensión en instalaciones portuarias. 4. El diseño de un Sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72, es económicamente viable y representa una inversión justificada en términos de reducción de riesgos operacionales y protección de activos en entornos portuarios.
Variables	- Diseño del sistema de protección contra incendios basado en el estándar NFPA 72. - Seguridad y protección del patrimonio.
Indicadores	- Cobertura de detectores - Tiempo de respuesta de detección

Sección	Descripción
	- Existencia de sistemas de notificación - Compatibilidad con NFPA 72 - Reducción del riesgo identificado (según FRA) -Seguridad Funcional - Cumplimiento de estándares y normas - Inversion estimada
Técnicas e Instrumentos	-Registro de incidentes, observación directa -Aprobación de Protocolos, según NFPA 72 - SIL -Análisis de riesgo (FRA)