Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Mecánica

TRABAJO DE SUFICIENCA PROFESIONAL

Diseño de un sistema contra incendio de supresión y monitoreo para disminuir el nivel de riesgo de incendios en subestaciones Eléctricas Móviles de Minería

Para Obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico

Elaborado por:

Mucha Soto Jesus Miguel

0009-0008-2845-3438

Asesor:

mg. Mendoza Suarez César Elías

0000-0002-1013-3187

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	(Mucha, 2025)
Referencia/Reference Estilo/Style: APA (7ma ed.)	Mucha, J. (2025). "*Diseño de un sistema contra incendio de supresión y monitoreo para disminuir el nivel de riesgo de incendios en subestaciones Eléctricas Móviles de Minería*" [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.

Dedicatoria

A Dios, por su inmenso amor y por darme la oportunidad de alcanzar esta meta personal.

A mi novia Yaneth, por ser mi inspiración constante y por darme alegrías en cada logro. Esta meta también es tuya, gracias a tu amor y apoyo incondicional.

A mis padres Jesús y Mila, por su amor, sacrificio y ejemplo de vida, que me motivaron a perseverar hasta concretar este logro académico.

A mi hermano Miguel, por su apoyo constante, que representó un impulso invaluable en este camino.

Resumen

Esta investigación se centra en el diseño de un sistema de supresión y monitoreo de incendios para reducir significativamente el riesgo de incendio en subestaciones eléctricas móviles. Actualmente, estas subestaciones carecen de sistemas de supresión y solo dependen de mecanismos convencionales de detección y alarma de incendios.

El estudio tiene como objetivo determinar cómo la implementación de un sistema de supresión y monitoreo de incendios puede reducir tanto el riesgo de incendio como el tiempo de respuesta en subestaciones eléctricas móviles. La investigación es de carácter aplicado, con un enfoque cualitativo. El diseño de la investigación es experimental y tiene un alcance explicativo.

El estudio incluyó con el cálculo de los requisitos de agente limpio FM-200, la configuración de un panel de alarma contra incendios marca FIKE mediante el software C-Linx y el análisis de variables para el monitoreo del sistema SCADA desde el centro de control de emergencias mineras. Los resultados confirmaron una reducción significativa tanto del riesgo de incendio residual como del tiempo de respuesta tras la implementación del sistema de extinción y monitoreo de incendios en subestaciones eléctricas móviles mineras.

En conclusión, se logró una clara reducción del riesgo de incendio, como lo demuestra la comparación entre los niveles de riesgo inicial y residual presentados en la Figura 49. Adicionalmente, se observó una mejora en el tiempo de respuesta, como se muestra en la Tabla 17.

Palabras clave – Sistema contra incendio, subestación eléctrica móvil, monitoreo, riesgo, sistema de supresión, agente limpio FM-200, NFPA, Fuego clase C.

Abstract

This research focuses on the design of a fire suppression and monitoring system intended to significantly reduce fire risk levels in Mobile Electrical Substations. Currently, these substations lack suppression systems and only rely on conventional fire detection and alarm mechanisms.

The study sets out the following objective: to determine how the implementation of a fire suppression and monitoring system can reduce both fire risk and response time in Mobile Electrical Substations. The research is applied in nature, with a qualitative approach. The research design is experimental and has an explanatory scope.

The study involved the calculation of FM-200 clean agent requirements, the configuration of a FIKE-brand fire alarm panel using C-Linx software, and variable analysis for SCADA system monitoring from the mining emergency control center. The results confirmed a significant reduction in both the residual fire risk level and response time after the implementation of the fire suppression and monitoring system in mining Mobile Electrical Substations.

In conclusion, a clear reduction in fire risk was achieved, as evidenced by the comparison between initial and residual risk levels presented in Figura 49. Additionally, an improvement in response time was observed, as shown in Tabla 17.

Keywords – Fire suppression system, mobile electrical substation, monitoring, risk, suppression system, clean agent FM-200, NFPA, Class C Fire.

Lista de Contenidos

Dedicatoria III
Resumen IV
Abstract IV
Introducción XII
1. CAPÍTULO I. Generalidades 1
1.1. Antecedentes de la Investigación. 1
1.2. Identificación y Descripción del Problema de Estudio. 6
1.3. Formulación del Problema. 10
1.3.1. Problema General. 10
1.3.2. Problemas Específicos. 10
1.4. Justificación e Importancia. 10
1.4.1. Justificación. 10
1.4.2. Importancia. 11
1.5. Objetivos 12
1.5.1. Objetivo General. 12
1.5.2. Objetivos Específicos. 12
1.6. Hipótesis. 12
1.6.1. Hipótesis General. 12
1.6.2. Hipótesis Especificas. 13
1.7. Variables, Dimensiones e Indicadores. 13
1.7.1. Operacionalización de variables. 13
1.8. Metodología de la Investigación. 15
1.8.1. Unidad de Análisis. 15
1.8.2. Tipo, Enfoque y Nivel de investigación. 15
1.8.3. Diseño de la Investigación. 16
1.8.4. Población y Muestra. 16
1.8.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos. 17
1.8.6. Análisis y Procesamiento de Datos. 18
2. CAPÍTULO II. Marco teórico y Marco Conceptual. 20
2.1. Bases teóricas. 20
2.1.1. Sistema de Detección y Alarma de Incendios. 20
2.1.2. Suministro Eléctrico. 20
2.1.3. Suministro de energía eléctrica primario. 21

2.1.4. Suministro de Energía Eléctrica Secundario. 21
2.1.5. Central de Notificaciones. 23
2.1.6. Centrales de Detección y Alarma Convencionales. 24
2.1.7. Centrales de Detección y Alarma Direccionable. 25
2.1.8. Dispositivos de Alarma. 26
2.1.9. Supresión y Dispositivos de Inicio y Monitoreo. 27
2.1.10. Arquitectura del sistema de control centralizado. 28
2.1.11. Norma nacional para sistemas contra incendio 29
2.1.12. Sistema de supresión de incendios. 31
2.1.13. Subestaciones eléctricas móviles. 32
2.1.14. Sistema de monitoreo. 34
2.1.15. Normativas y regulaciones 35
2.1.16. Riesgo y amenazas. 36
2.1.17. Operación Continua. 37
2.1.18. Mejoras en el Sistema Contra Incendio. 37
2.1.19. Tipos de inundaciones con agente limpio. 37
2.2. Marco Conceptual: Definición de términos o conceptos. 38
2.2.1. Fuego Clase C 38
2.2.2. Sistema de supresión. 38
2.2.3. Switchgear (SWGR). 39
2.2.4. Riesgo Residual. 39
2.2.5. Agente limpio. 39
2.2.6. Gas heptafluoropropano. 39
2.2.7. Door Fan Test 40
2.2.8. Fuente de Alimentación secundaria. 40
2.2.9. Detectores de sistema contra incendio. 40
2.2.10. Redundancia de Equipos. 40
2.2.11. Equipo Listado. 40
2.2.12. Fuego Incipiente 40
2.2.13. Incendio (Declarado) 41
2.2.14. Filosofía de funcionamiento. 41
3. CAPÍTULO III. Desarrollo del Trabajo de Investigación 42
3.1. Sistema de supresión de incendio con agente limpio 44
3.1.1. Cálculo de agente FM-200 HFC-227ea. 44
3.1.2. Dispositivos del sistema de supresión de incendios. 50

3.2. Equipos del sistema de detección y alarma. 51
3.2.1. Cálculo de fuente alimentación secundaria (baterías de respaldo). 51
3.2.2. Cálculo de detectores de humo. 53
3.3. Filosofía de funcionamiento de Panel Contra Incendio 53
3.3.1. Panel de Control Contra incendio. 56
3.3.2. Detectores de Humo. 56
3.3.3. Sirena con Luz Estroboscópica. 57
3.3.4. Módulo de Control. 58
3.3.5. Módulo de Relé 59
3.3.6. Estación Manual de Descarga. 59
3.4. Sistema de Control con Detección, Alarma y Supresión de Incendio. 60
3.5. Topología Física de Datos. 61
3.6. Diagrama del sistema contra incendio de la Subestación Eléctrica Móvil. 63
3.7. Programación de Panel de Control Cheetah xi 50 66
3.8. Sistemas de control, supervisión y adquisición de datos 67
3.8.1. Scada para sistema contra incendios 68
3.9. Inversión del Diseño 73
3.10. Cronograma de trabajo 74
4.CAPÍTULO IV. Resultados, Contrastación de Hipótesis y Discusión de Resultados .. 76
4.1. Resultados 76
4.1.1. Diseño de Supresión 76
4.1.2. Programación de Panel Contra Incendio 77
4.1.3. Análisis de riesgo método cualitativo 78
4.1.4. Sistema de monitoreo. 80
4.1.5. Tiempo de respuesta del área de emergencias. 80
4.2. Contrastación de la hipótesis 82
4.2.1. Contrastación de la Hipótesis General 82
4.2.2. Contrastación de la Hipótesis Especificas 82
4.3. Discusión de Resultados 82
CONCLUSIONES 84
RECOMENDACIONES 85
Referencia 86
ANEXOS 89
ANEXO A: Matriz de consistencia 90
ANEXO B: Reporte de emergencias 92

ANEXO C: Programa de Mantenimiento Mina. 93
ANEXO D: Matriz de Riesgo 2021 y 2024 – Antapaccay 94
ANEXO E: Ficha técnica de agente Limpio FM200. 95
ANEXO F: Ficha técnica de Panel de la marca Fike, modelo Cheetah xi 50. 96
ANEXO G: Ficha técnica de Detector de Humo / Temperatura (Dual) 97
ANEXO H: Ficha técnica de Modulo Releasing P/N 55-052 98
ANEXO I: Ficha técnica de Modulo de Control y Relé 99
ANEXO J: Arreglo de Field Server para data de Panel Fike Cheetah 100
ANEXO K: Configuración Fiel Server – HTTTP WEB 101

Lista de Tablas

Tabla 1 Costos de parada no programada de equipos de carguío..... 10
Tabla 2 Operacionalización de variables e indicadores. 14
Tabla 3 Riesgo inicial de Subestación Eléctrica Móvil. 42
Tabla 4 Tabla 1.5.1.2.1(a) Información sobre el Agente Limpio de Halocarbonos (NFPA 2001,2022). 47
Tabla 5 Tabla 5.5.3.3 Factor de corrección atmosférica (NFPA 2001, 2022). 48
Tabla 6 Lista de dispositivos de Supresión. 50
Tabla 7 Lista de dispositivos de detección y alarma. 51
Tabla 8 Cálculo de corriente para baterías. 52
Tabla 9 Cálculo de Circuito de línea Loop 1. 52
Tabla 10 Cálculo de fuente auxiliar..... 53
Tabla 11 Lista de dispositivos para programar. 66
Tabla 12 Presupuesto del sistema contra incendios con inyección de agente FM200. 74
Tabla 13 Procesos para la instalación del sistema contra incendio y monitoreo. 75
Tabla 14 Comparación de Parámetros de Diseño. 76
Tabla 15 Análisis de Riesgo Residual. 78
Tabla 16 Resultado de variables analizadas y pantallas..... 80
Tabla 17 Tiempos de Respuesta (Antes vs Después). 81
Tabla 18 Matriz de consistencia. 90

Lista de Figuras

Figura 1 Estadísticas de accidentes mortales relacionados con la energía eléctrica desde el año 2010-2018. 6
Figura 2 Layout básico del sistema de sistema contra incendio. 8
Figura 3 Desventajas de no tener sistemas de supresión y monitoreo de SCI. 9
Figura 4 Central de Notificaciones. 24
Figura 5 Panel de detección y alarma tipo convencional. 25
Figura 6 Panel de detección y alarma tipo direccionable. 26
Figura 7 Dispositivos de monitoreo y control. 28
Figura 8 Arquitectura del sistema de control centralizado. 29
Figura 9 Sistema de Supresión de Incendio. 32
Figura 10 Subestación Eléctrica Móvil 33
Figura 11 Vista superior de la subestación Eléctrica Móvil. 33
Figura 12 Controlador de un Sistema Contra Incendio. 34
Figura 13 Elementos regulados en las normas y regulaciones. 36
Figura 14 Diferencias entre inundaciones con agente limpio. 38
Figura 15 Matriz de Riesgo Antapaccay. 43
Figura 16 Jerarquía de Controles. 43
Figura 17 Propiedades físicas HFC227ea. 45
Figura 18 HFC-227ea Cantidad total de inundación (S) 47
Figura 19 Especificaciones de los cilindros. 49
Figura 20 Tamaño de boquilla de descarga y área de cobertura. 49
Figura 21 Sistema de Supresión (Dispositivos). 50
Figura 22 Diseño de detectores de humo. 53
Figura 23 Entradas y salidas del Panel de control. 54
Figura 24 Matriz de Entradas y Salidas. 55
Figura 25 Panel de control de Incendio 56
Figura 26 Detector de humo fotoeléctrico/Temperatura. 57
Figura 27 Sirena con luz estroboscópica. 58
Figura 28 Sirena con luz estroboscópica. 58
Figura 29 Modulo relé. 59
Figura 30 Estación manual de descarga. 60
Figura 31 Configuración física del sistema Cheetah Xi. 62
Figura 32 Diagrama del controlador Cheetah Xi. 62

Figura 33 Diagrama de conexionado del controlador Cheetah xi 50. 64
Figura 34 Diagrama del sistema de Detección, alarma y Supresión..... 65
Figura 35 Dispositivos Programados en el software C-linx..... 67
Figura 36 Arquitectura Scada..... 68
Figura 37 Módulo Field Server. 68
Figura 38 Pantalla de Inicio..... 69
Figura 39 Pantalla principal de monitoreo. 70
Figura 40 Detección de fuego por el sistema SCADA. 71
Figura 41 Alerta de desconexión por el sistema SCADA..... 71
Figura 42 Icono de contador y sonido de eventos. 71
Figura 43 Reconocimiento de eventos. 72
Figura 44 Botones de reconocimiento de evento. 72
Figura 45 Barra de Alarmas y/o Problemas..... 73
Figura 46 Historial de eventos..... 73
Figura 47 Secuencia de descarga y activación de relé..... 77
Figura 48 Matriz de Riesgo Antapaccay 2024. 79
Figura 49 Comparativo de Riesgo Inicial y Residual. 79
Figura 50 Flujo de comunicación con tiempos..... 81

Introducción

El trabajo de suficiencia desarrollado a continuación comprende cuatro capítulos, el cual se origina de una necesidad por mejorar la seguridad y mantener la continuidad de la operación minera. Se desarrolla el diseño de un sistema contra incendio de supresión y monitoreo para disminuir el nivel de riesgo de incendios en subestaciones Eléctricas Móviles de Minería.

En el **capítulo 1** se presenta los antecedentes investigativos previos de otras tesis nacionales como internacionales, relacionado a diseños de sistemas contra incendio para subestaciones eléctricas de industrias y minería; a continuación, se identifica y formula el problema principal, para luego justificar del por qué el diseño de un sistema contra incendio de supresión y monitoreo. Finalmente se describe el objetivo principal, la hipótesis, se identifican las variables y la metodología a seguir para el desarrollo de la investigación, la cual es experimental y aplicada según el tipo de investigación, cualitativa en cuanto a enfoque de investigación y experimental respecto al diseño de la investigación.

En el **capítulo 2** se presenta el fundamento teórico, las cuales son necesarias tener presente para el buen entendimiento del trabajo de investigación, como son los sistemas de detección, alarma y supresión de incendios. Asimismo, se respetaron los parámetros de diseño de acuerdo con las normas NFPA 2001 (2022) y NFPA 72 (2016). Finalmente, se definen los términos y conceptos que se mencionan en el trabajo de investigación para un mejor entendimiento.

En el **capítulo 3** se presenta el desarrollo de la investigación, partiendo del análisis de riesgos iniciales en la subestación eléctrica móvil. Se realizará el cálculo de agente y se seleccionará el cilindro necesario, fuente secundaria y cantidad de dispositivos que se requiere para el diseño, en base a las normas NFPA 2001 (2022) y NFPA 72 (2016). Para

la parte de monitoreo se utilizará un convertidor Field Server, donde nos permitirá obtener los datos de alarma y problema de las estaciones manuales y detectores.

En el **capítulo 4** se muestra una recapitulación de los resultados de los cálculos realizados para el diseño de sistema contra incendio de supresión y monitoreo. Se contrasta la hipótesis, quedando validada al disminuir el riesgo de incendio en subestación eléctrica móvil de minería. Asimismo, se discuten los resultados con los autores de los antecedentes investigativos.

Finalmente se presentan las conclusiones de la investigación y se mencionan algunas recomendaciones para nuevas investigaciones.

CAPÍTULO I. Generalidades

1.1. Antecedentes de la Investigación.

Vizhco (2023)[1] tuvo como objetivo identificar los riesgos existentes en la Estación de Bombeo en base a la Guía Técnica colombiana GTC-45. Asimismo, elaborar un mapa de riesgo para demostrar de forma clara las zonas de peligro, teniendo como parámetro los requisitos establecidos en la Guía. Técnica Colombiana GTC-45. Desarrollo la metodología cuantitativa con valores cuantificables procedentes de datos estadísticos; y en la metodología cuantitativa considerando que existió información que fue analizada a partir de la observación directa, por medio de entrevistas, investigación y análisis de campo. Aplicó métodos de prevención de riesgo contra incendios en los cuales se puede mencionar el Método de Gretener y Meseri. Como resultado, se logró evidenciar que las instalaciones se encontraban en una situación no muy favorable para el desarrollo de actividades, debido al desorden en las áreas de trabajo y mala distribución de la planta. Los riesgos de exposición que fueron encontrados en la Estación de Bombero fueron analizados por el desarrollo de estrategias de prevención, que pueden impedir o minimizar la probabilidad de consecuencia o un impacto menor que no cause pedidas humanas ni daños significativos a la estación en general. En el trabajo desarrollado se pudo identificar los riesgos existentes en la Estación Bombeo, en base a la Guía Técnica Colombiana GTC-45, los cuales fueron evaluados y medidos para poder ejecutar las acciones de prevención. También se elaboró un mapa de riesgo para mostrar de forma clara las zonas de peligro, en el mapa de riesgo se estableció un diseño del sistema contra incendios, definido a través del análisis de cada una de las áreas de estudio en la

[1] Vizhco, Juan (2023) Propuesta de diseño de un Sistema Contra Incendios en una estación de bombero para drenaje de aguas lluvias en el CANTON NARANJAL. [Trabajo de suficiencia Universidad Politécnica Salesiana – Sede Guayaquil] https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25155/1/UPS-GT004448.pdf

Estación de Bombeo. Además, se definió el tipo de señalética necesaria para la identificación inmediata de riesgos expuesto al personal de cada área.

Manssur (2018)[2] como objetivo principal realiza un estudio técnico-económico de un sistema contra incendio para la subestación eléctrica de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Para esto analizó los equipos que están en la subestación eléctrica y los que tienen riesgo a provocar un incendio, asimismo, analiza un estudio del presupuesto para la realización del proyecto. El autor utilizó la metodología bibliográfica de tipo aplicada, porque analiza documentos con las normativas las cuales debe seguir. Como resultado obtuvo de dos partes: la parte teórica y la de los cálculos hidráulicos. En la primera parte desarrolló todos los componentes que intervienen en el sistema contra incendio. El SCI se divide en dos partes: el patio de maniobras; lugar donde se ubica el transformador de poder, el método de extinción a utilizar corresponde a un sistema de diluvio (agua pulverizada) por medio de 16 rociadores y una reserva de agua de $20\ m^3$ de agua; y el sistema de detección que se diseña mediante un cable. La segunda parte es para el interior del cuarto de control, calculo cantidad de detectores humo y los respectivos rociadores; y obtuvo que se requiere 2 cilindro de 100lb con agente extintor CO_2. Planteó distintos métodos de protección contra incendio en el trasformador y cuarto de control de acuerdo a normas naciones e internacionales, para asegurar la integridad de la vida y física de los equipos. El autor concluye en; un diseño técnico de la implantación del contra incendios de toda la subestación de 69KV de la UCSG especificando y detallando las dimensiones de los equipos a utilizar y donde estarán ubicados. Asimismo, analizando todos los equipos a implementar detalló un presupuesto de un sistema contra incendios para un trasformador de potencia de 7.5MVA con precios basados en referenciales de proveedores.

[2] Manssur, Daren (2018), Diseño y presupuesto para la implementación de un sistema de protección contra incendios en la Subestación de 69KV. [Trabajo de titulación, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil] http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/10158

Mamani (2020)[3], tuvo como objetivo principal diseñar e implementar un sistema de detección y alarma contra incendios en salas eléctricas y subestaciones de 7.5 MVA (34.5/4.16 kV). El propósito fue incrementar la seguridad del personal, reducir el riesgo de incendios fortuitos y minimizar daños en los equipos eléctricos, cumpliendo con normativas nacionales e internacionales. El autor implementa indirectamente una metodología aplicada debido a que no lo explica en su proyecto, pero tiene como base la justificación académica, práctica y económica. Asimismo, inició su investigación identificando las zonas críticas dentro de las estaciones de bombeo. El sistema diseñado e implementado demostró ser plenamente funcional, los dispositivos fueron instalados adecuadamente y la integración con los centros de monitoreo permitió una supervisión efectiva y en tiempo real. Asimismo, La detección por sensores de humo convencionales tiene un retardo de hasta cinco veces mayor que los sensores de detección por aspiración, resultado que obtuvo en un ambiente mediano $(61\ m^2)$. La detección de incendios por sensores de flama diseñada para los trasformadores a la intemperie estima una detección temprana en 15 segundos como tiempo máximo después del inicio del conato de incendio. El autor concluyó que la implementación del sistema de detección y alarmas de incendio en Salas y Subestaciones eléctricas es confiable, factible y viable por reducir lesiones a los trabajadores a cusa de incendios fortuitos y minimizar daños a los equipos.

[3] Mamani, Elman (2020), Implementación de un sistema de detección y alarma de incendios en salas eléctricas y subestaciones de 7.5MVA. [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad San Agustín de Arequipa] http://hdl.handle.net/20.500.12773/11788

Panduro (2020)[4], Presentó la propuesta de diagnosticar la situación actual del sistema contra incendio de la Minera Las Bambas, para el cual elaboró un diseño bajo los lineamientos de la norma NFPA. Determinó la contribución del diseño mejorando los índices de frecuencia, gravedad, responsabilidad y accidentabilidad que ocurría en la Minera. Se enfocó en la metodología del tipo aplicado, debido a que realizó modificaciones de los sistemas contra incendio para mejorar los niveles de seguridad personal. Al mismo tiempo, se consideró un diseño experimental que manipuló las variables independientes (sistema de incendios). Realizó un cuadro de resultados donde evidencia los problemas más importantes de la empresa. Asimismo, los resultados que se encontraron en la investigación respecto al diagnóstico de la variable dependiente se tuvieron que el nivel de riesgo en la minera "Las Bambas" es considerado de importante, porque tiene un promedio de 24 de nivel de riesgo y en otras áreas críticas como Planta de Reactivos el nivel promedio llega a 36 que de ocurrir un incendio seria incontrolable. También mejoró los índices asociados a accidentes laborales en disminución del índice de frecuencia ($t = 6.146, p - valor < 0.05$); de gravedad ($t = -2.366, p - valor = 0.05$); de responsabilidad ($t = -2.524, p - valor < 0.05$) y de accidentabilidad ($t = -2.394,\ p - valor < 0.05$). La tesis concluye con la implementación del sistema contra incendio bajo la norma NFPA, el cual se fundamentó en una tasa de descarga que cubrió el área de diseño. Mostró las notables deficiencias del sistema contra incendio que disponía la Minera Las Bambas.

[4] Panduro, Rómulo (2020), Sistema Contra Incendio bajo la norma NFPA para incrementar la seguridad del personal en la minera las Bambas, Apurímac. [Tesis profesional, Universidad Señor de Sipán] https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/8054

Solano (2017)[5], tiene como objetivo programar los paneles de sistema contra incendio de Refinería, de Función y del Computador de Monitoreo Gráfico – NCC que se ubica en asuntos internos de Southern Perú Cooper Corporation (SPCC) - ILO. Para ello, deberá diseñar planos eléctricos y elaborar los protocolos de pruebas para el inicio de proyecto. No realiza un método de investigación, sin embargo, propone trabajar con la metodología llamada "Árbol de problemas", donde, indicó sus causas, problemas y efecto. Como resultado, en la planta de refinería, proyecta la interconexión con 3 paneles del sistema contra incendio (SCI), en la planta de fundición se interconecta con 16 paneles del SCI, la interconexión entre paneles se realizó a través de fibra óptica; para lo cual seleccionó el módulo de fibra óptica D2300CP y D2300CPS; por otro lado, la programación del sistema de monitoreo gráfico - NCC, se logró mediante la propia configuración e interfaz del computador, por la facilidad del software intuitivo y de auto reconocimiento de todos los paneles comunicados en red. Finalmente presenta la planificación del tiempo, gestión de riesgo, gestión de Stakehorlders y planificación de costos. El trabajo se suficiencia concluye, en la realización y aceptación de los planos y de los protocolos de seguridad por el cliente. Asimismo, realiza la programación del software de los paneles y del computador de Monitoreo Grafico – NCC, finalmente realizó satisfactoriamente las pruebas de evento de problemas y alarmas.

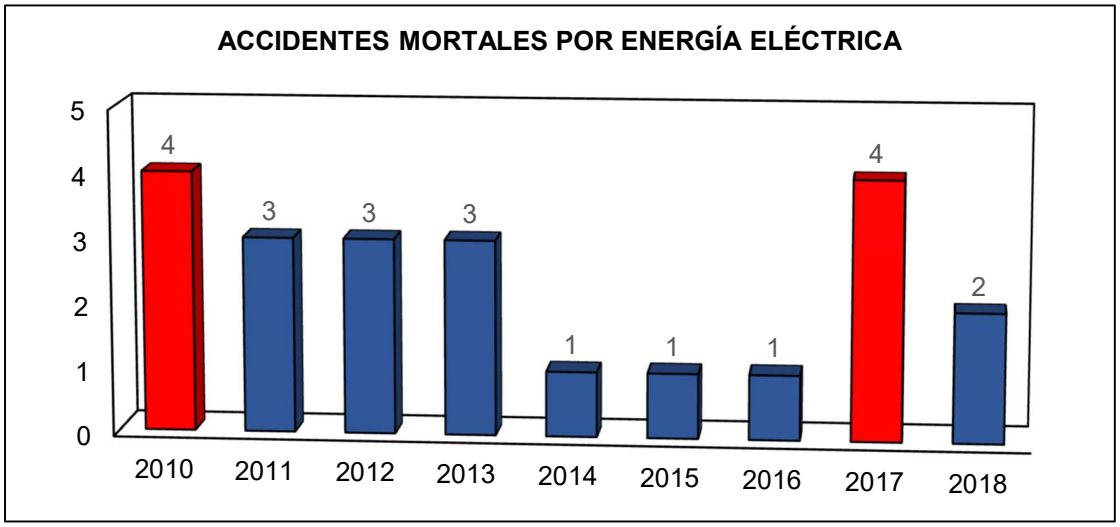
[5] Solano, Freddy (2017), Interconexión del sistema de detección y alarma contra incendios entre las plantas de Refinería y de Fundición. [Informe de suficiencia profesional, Universidad Tecnológica del Perú] https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/889

1.2. Identificación y Descripción del Problema de Estudio.

La ocurrencia de incendios en subestaciones eléctricas móviles (S.S.E.E.M.M.), se debe a las siguientes causas y factores tanto internas como externas; desde recalentamiento, condición adversa del clima, cortocircuitos en el sistema eléctrico, explosiones, arco eléctrico y cortocircuito, que tienen como consecuencia no deseada los incendios y que finalmente impactan en daños a la persona. En el Perú, los años 2010 y 2017, ocurrieron la mayor incidencia en accidentes mortales por energía eléctrica en minería que reporta el ministerio de energía y minas (MINEM, 2018), como se muestra en la Figura 1**.**

Figura 1

Estadísticas de accidentes mortales relacionados con la energía eléctrica desde el año 2010-2018.



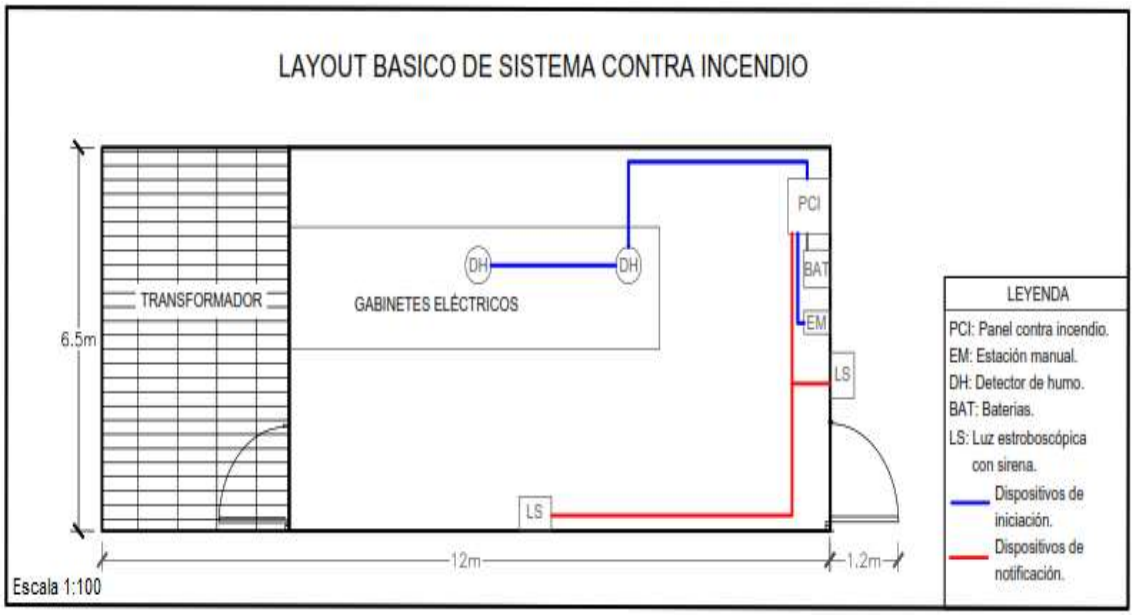
Nota. Fuente*:* MINEM (2018). Cuadro estadístico de accidentes mortales.

En el Perú para el mantenimiento de las S.S.E.E.M.M. se tiene asignado personal técnico que trabaja de forma intermitente en estado operativo; y de acuerdo al D.S. N°024-2016-EM y su modificatoria que corresponde al D.S. N° 023-2017-EM, "…Según el capítulo X, artículo 404: Se instalarán sistemas contra incendios adecuadamente distribuidos, especialmente en áreas críticas, equipos u otros. Estas instalaciones se mantendrán en perfecto estado y todo el personal estará debidamente entrenado para

emplearlos. Los equipos e implementos de emergencia serán inspeccionados mensualmente" (MINEM, 2017). Por lo que todas las S.S.E.E.M.M., deben tener un sistema de protección contra incendio con las inspecciones y pruebas funcionales; de lo contrario no garantizará un sistema de protección contra incendio operativo y vigente, con el cumplimiento a lo establecido en el decreto supremo, en consecuencia, se tendrá penalidades por el ente fiscalizador (OSINERGMIN) de no cumplimiento y la no conformidad (NC) por parte de la aseguradora minera. De acuerdo al D.S. N° 023-2017-EM, "…Según el capítulo I, artículo 363: d) Una sala con equipamiento eléctrico tendrá su propio sistema de alarma contra incendios" (MINEM, 2017), por tal motivo, en la actualidad las S.S.E.E.M.M. de la minería peruana basándose en el decreto supremo mencionado, generalmente instalan un sistema de protección básico (convencional) que no tiene un sistema de supresión de incendios que permita controlar un amago de incendio, tampoco un monitoreo permanente que permita analizar en tiempo real cualquier evento que se suscite dentro o fuera de las S.S.E.E.M.M.. El sistema de protección contra incendio básico, considera equipos convencionales tales como: panel contra incendio, detectores de humo, estaciones manuales y luces estroboscópicas con sirenas como se puede ver en la Figura 2 (Bosch Security Systems, 2024).

Figura 2

Layout básico del sistema de sistema contra incendio.

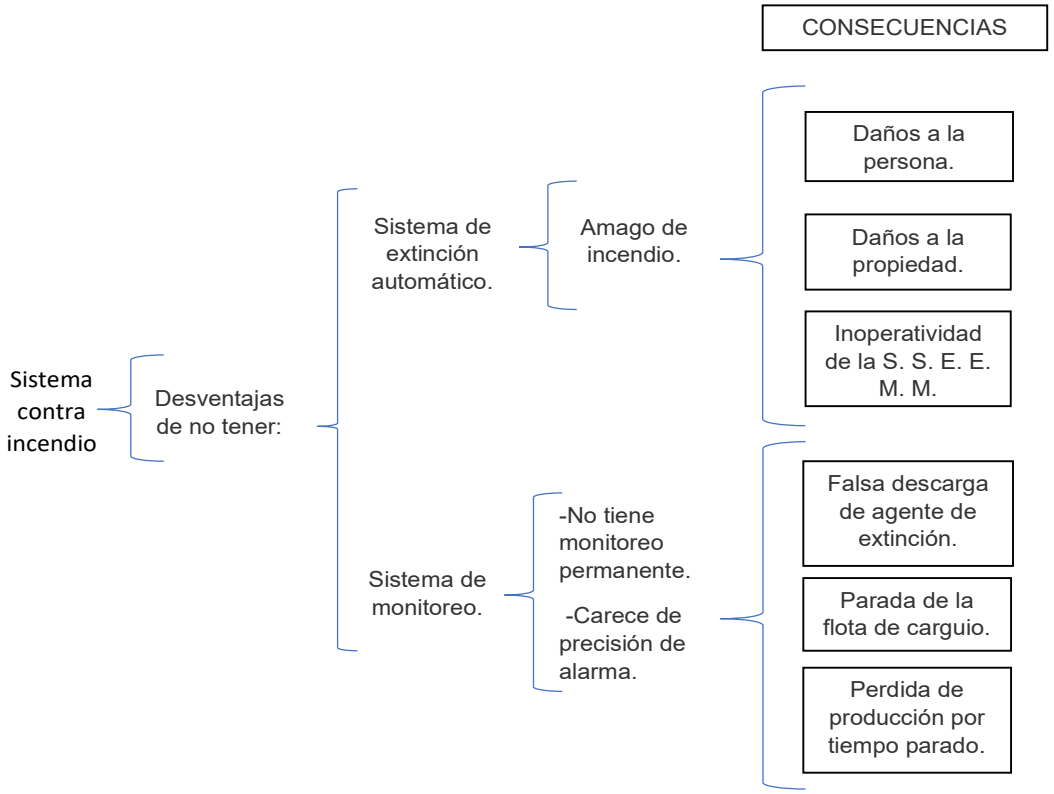


Nota. Fuente: Elaboración propia, referencia instalaciones de SCI - Bosch modelo FPD-7024.

Las desventajas de tener un sistema básico son; la carencia de precisión para el reconocimiento de alarmas y la verificación de problemas en el historial, debido a que, el panel contra incendio no almacena la suficiente data de eventos para realizar el análisis de fallas, los detectores de humo no tienen ubicación exacta que se registre en el panel contra incendio, no emplean un sistema de supresión de incendios, lo cual incrementa la probabilidad de un amago de incendio no controlado, en consecuencia, provoca; un mayor tiempo de evacuación de las personas, daños a los equipos y a la propiedad, en la Figura 3, se muestra un mapa con la descripción de fallas y consecuencias de acuerdo al análisis de fallas; falla intermitente, falla permanente y falla transitoria (Hayton, 2017). Se hace énfasis en ello, porque se espera la comunicación vía radial por parte de personal de seguridad para que personal de emergencia pueda acercarse a la S.S.E.E.M.M. y atender la emergencia.

Figura 3

Desventajas de no tener sistemas de supresión y monitoreo de SCI.



Nota. Fuente: Elaboración propia, referencia libro de Plant Hazard Analysis and Safety instrumentation Systems.

Los equipos de carguío cuentan con sistemas automáticos de supresión de incendios que son instalados y reciben mantenimiento programados por un personal especializado, que garantiza la seguridad del equipo ante riesgos que son generados por el mismo funcionamiento o por factores externos. Al presentarse las S.S.E.E.M.M. dentro del mismo proceso, deben tener las mismas condiciones de protección contra incendio para cumplir con la continuidad de la producción, de lo contrario, dejaría como consecuencia costos elevados; la reparación de las S.S.E.E.M.M. y el tiempo de parada de los equipos de carguío por la falta de energía eléctrica. El retraso que genera la parada de equipos de carguío por la falta de S.S.E.E.M.M. de back-up, se mide por hora y costo de parada de equipo (stand-by) definido por el contrato de la operación minera, como se observa en la Tabla 1 (Flores, 2018).

Tabla 1

Costos de parada no programada de equipos de carguío.

EQUIPO DE CARGUÍO	COSTO POR HORA DE PARADA	PÉRDIDA ANUAL POR PARADA NO PROGRAMADA - 2017
CAT 7495	$ 8,000	$ 2’528,000
P&H 4100	$ 9,000	$ 5’337,000

Nota. Fuente: Flores, Yuvel (2018). Plan de mejora en la gestión de mantenimiento para asegurar la disponibilidad de equipos de carguío de una empresa minera.

1.3. Formulación del Problema.

1.3.1. Problema General.

¿De qué manera un sistema contra incendio de supresión y monitoreo logra disminuir el nivel de riesgo de incendios en subestaciones Eléctricas Móviles de Minería?

1.3.2. Problemas Específicos.

1. ¿De qué manera el sistema contra incendio de supresión y monitoreo disminuye el riesgo de incendio en subestaciones Eléctricas Móviles de minería?

2. ¿De qué manera el sistema contra incendio de supresión y monitoreo disminuye el tiempo de repuesta de incendios en subestaciones Eléctricas Móviles de minería?

1.4. Justificación e Importancia.

1.4.1. Justificación.

Los argumentos de justificación se dividen en cuatro áreas.

1.4.1.1. Justificación técnica: Diseñar un sistema contra incendio de supresión y monitoreo para subestaciones eléctricas móviles desde el nivel técnico, requiere la interpretación de normas internaciones para su cumplimiento de diseño para prevenir incendios o en su defecto minimizar los daños a la persona y la propiedad.

1.4.1.2. Justificación económica: Para el análisis desde el punto de vista económico es importante mencionar que, la reparación de los equipos puede tomar tiempos prolongados y los costos de parada de los equipos de carguío son críticos para la minería, por lo que es más costoso que implementar un sistema de protección contra incendio.

1.4.1.3. Justificación social: Por la parte social, esta investigación se fundamenta en la falta de protección de las subestaciones eléctricas móviles, este inconveniente no solo impacta negativamente a la continuidad de las operaciones, sino que también representa un riesgo alto de incendio que puede afectar al personal que realiza el mantenimiento.

1.4.1.4. Justificación ambiental: La investigación tiene un impacto positivo evitando que se materialice un incendio que calcine elementos que dejen residuos contaminantes, asimismo, los agentes limpios son más ecológicos que otros agentes de supresión con bajo potencial al calentamiento global.

1.4.2. Importancia

La importancia de esta investigación radica en garantizar la seguridad de personas y propiedad de la compañía minera Antapaccay, enfocándose en un sistema contra incendio de supresión para garantizar la seguridad del personal y

reducir los daños que puede ocasionar un incendio. Los resultados esperados tienen el potencial de influir positivamente en la rentabilidad mejorando la máxima disponibilidad de Palas y Perforadoras eléctricas; y en la seguridad, proteger las áreas de trabajo del personal.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General.

Diseñar un sistema contra incendio de supresión y monitoreo para disminuir el nivel de riesgo de incendios en subestaciones Eléctricas Móviles de Minería.

1.5.2. Objetivos Específicos.

1. Determinar de qué manera el sistema contra incendio de supresión y monitoreo disminuye el riesgo de incendio en subestaciones Eléctricas Móviles de minería.

2. Determinar de qué manera el sistema contra incendio de supresión y monitoreo disminuye el tiempo de respuesta de incendios en subestaciones Eléctricas Móviles de minería.

1.6. Hipótesis.

1.6.1. Hipótesis General.

El diseño de un sistema contra incendio de supresión y monitoreo disminuirá el nivel de riesgo de incendios en Subestaciones Eléctricas Móviles de minería.

1.6.2. Hipótesis Especificas.

1. El sistema contra incendio de supresión y monitoreo disminuye significativamente el riesgo de incendio en subestaciones Eléctricas Móviles de minería.

2. El sistema contra incendio de supresión y monitoreo disminuye el tiempo de respuesta de incendios significativamente en subestaciones Eléctricas Móviles de minería.

1.7. Variables, Dimensiones e Indicadores.

1.7.1. Operacionalización de variables.

La operacionalización de las variables se observa en la Tabla 2.

.

Tabla 2

Operacionalización de variables e indicadores.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Variable independiente (VI): Diseño de un sistema contra incendio de supresión y monitoreo. .	Proceso de planificación de técnicas para detectar incendios y seleccionar los componentes. Sistemas de supervisión de funcionamiento correcto de sistemas contra incendio.	Especificación de instalación de acuerdo a normas, regulaciones nacionales y solicitudes de minería.	Sistema de detección Sistema de supresión Sistema de monitoreo	Cantidad de detectores Agente limpio Variables monitoreadas	Adimensional Kilos (kg) Adimensional
Variable dependiente (VD): Nivel de riesgo de incendios en subestaciones Eléctricas Móviles de Minería.	Mejorar la probabilidad de ocurrencia de incendios y la gravedad de sus posibles consecuencias.	Implementación de controles para reducir los daños a las personas y la propiedad frente a un incendio	Riesgo Tiempo de respuesta	Probabilidad Consecuencia Tiempo	Adimensional Adimensional Segundos (s)

Nota. Fuente: Elaboración propia.

1.8. Metodología de la Investigación.

1.8.1. Unidad de Análisis.

La investigación se analizó para la subestación eléctrica móvil de la marca ABB de 12.5MVA 22.9 kV (tensión de llegada) y 7.2kV (tensión de distribución) de la compañía minera Antapaccay, ubicada en la provincia de Espinar en el departamento de Cusco, a una altura de 4000 metros sobre el nivel del mar. Esta subestación eléctrica suministrará de energía a los equipos de carguío del tajo Sur.

1.8.2. Tipo, Enfoque y Nivel de investigación.

Se desarrolló el tipo de investigación aplicada, debido a la intención de producir modificaciones en el sistema contra incendio actual de la subestación eléctrica móvil para de mejorar los niveles de seguridad a los trabajadores y reducir los daños a la propiedad, según Alan (2018) lo importante para el investigador son los efectos prácticos de su estudio.

Asimismo, la investigación tiene enfoque cualitativo, según (Hernández, 2018), explorar, describir, comprender e interpretar los fenómenos, a través de las percepciones y significados producidos por las experiencias de los participantes. Identificar conexiones entre componentes de los fenómenos (atribución de causalidad). De nivel explicativo donde se establecen relaciones de causalidad entre conceptos, variables, hechos o fenómenos en un contexto concreto.

1.8.3. Diseño de la Investigación.

El diseño de la investigación es experimental, debido a que se verifica experimentalmente la hipótesis planteada, el diseño de un sistema contra incendio de supresión y monitoreo en tiempo real de los eventos del panel contra incendio desde la central de emergencia minera. Según el autor Hernández (2018) los experimentos manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control. Por la relación de variables tiene alcance explicativo, según el autor (Hernández, 2018), Existen las variables independientes (causas) y las variables dependientes (efectos) y las hipótesis se pueden plantear de forma que se establezca causalidad.

1.8.4. Población y Muestra.

1.8.4.1. Población.

La población de estudio incluye a todas las subestaciones eléctricas móviles que mantengan las mismas características y condiciones. 12.5MVA 22.9 kV (alta tensión) y 7.2kV (baja tensión) de la compañía minera Antapaccay, ubicada a una altitud de 4100 msnm.

1.8.4.2. Muestra.

Para tener datos representativos y realizar un análisis de sistema de detección de incendio, donde se seleccionará de acuerdo a su aplicación e interpretación de normativa (NFPA 850, 2020) y (NFPA 72, 2016); y en sistemas de supresión de incendios, se calculará el agente limpio según tablas especificadas en la norma (NFPA 2001, 2022). Asimismo, para la evaluación de riesgo en subestaciones eléctricas de acuerdo a la norma (A.060, 2006).

1.8.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

La investigación inició recopilando información de las subestaciones eléctricas en la unidad minera con archivos de registros, documentos, planos eléctricos, levantamiento de información, descarga de manuales y software de configuración de paneles. A continuación, se indican los principales instrumentos de recolección:

1.8.5.1. Análisis de ubicación

Para realizar un buen cálculo de agente limpio, es fundamental evaluar la ubicación geográfica, debido que al final se tendrá que aplicar el factor de corrección atmosférica, ya que en el lugar donde se trabajará la subestación eléctrica móvil afecta directamente a la cantidad de agente.

1.8.5.2. Diseño y programación de paneles

Para el diseño se tomarán como base fundamentas diversas normas NFPA y recomendaciones del fabricante de la marca Fike, se detallan los más destacado.

NFPA 2001 (2022), Norma sobre Sistemas de supresión de Incendios con Agentes Limpios.

NFPA 72 (2016), Código Nacional de Alarmas de Incendios y Señalización.

Corporación Fike, Fabrica productos de seguridad industrial que protegen a personas y empresas contra explosiones, incendios y riesgos relacionados.

C-Linx 7.5, Software de programación de paneles contra incendio de la marca Fike.

1.8.5.3. Monitoreo continuo

Implementar sistemas de monitoreo en tiempo real para supervisar la operatividad y detectar las alarmas de incendio y/o posibles fallas.

Scada de sistema contra incendio, software y hardware que se utiliza para supervisor los dispositivos configurados en el panel contra incendio.

Sensores de humo, para monitorear el estado de la subestación eléctrica móvil.

Interruptor de presión de agente limpio, para monitorear la presión del tanque con agente limpio.

Interruptor de descarga, para monitorear la descarga del agente de forma manual.

Estación manual, para monitorea la activación de sistema contra incendio.

1.8.6. Análisis y Procesamiento de Datos.

1.8.6.1. Recolección de datos.

Los datos recopilados se almacenaron en hojas de cálculo del software Microsoft Excel para procesar la información de manera ordenada. En datos estadísticos se recolectaron reporte de ocurrencia que recibe Central de Emergencia de la minera. Se recopilaron datos para el cálculo de agente, cantidad de detectores y sistemas de monitoreo para tener datos para la protección contra incendio.

1.8.6.2. Almacenamiento de datos.

El panel contra incendio de la marca Fike guardará 3200 eventos los de problemas, supervisión o problema, estos datos serán reflejados en el sistema Scada, sin embargo, este último, podrá almacenar 4000 eventos. Los datos podrán ser modificados o borrados solo por personal especialista de nivel programador, el nivel usuario solo tendrá acceso a visualización y reconocimiento.

1.8.6.3. Análisis de datos.

Se revisó las normas de interpretación (A.060, 2006), (NFPA 850, 2020), (NFPA 72, 2016) y (NFPA 2001, 2022) para el diseño de sistemas contra incendios con supresión de agente limpio, de acuerdo a los datos procesados se realizó la selección de dispositivos, alimentación secundaria para el panel contra incendio y cálculo de agente limpio. Asimismo, se analizará las estadísticas de reporte de ocurrencia de incidentes.

CAPÍTULO II. Marco teórico y Marco Conceptual.

2.1. Bases teóricas.

2.1.1. Sistema de Detección y Alarma de Incendios.

La prevención de incendios se ha convertido en una necesidad importante para la seguridad personal y patrimonial, por el peligro potencial de incendio en las diferentes actividades. Por lo tanto, tener un sistema de detección, alarma y supresión contra incendio funcional y confiable desempeña un papel importante en la seguridad, porque permite prevenir los inicios de incendio en tiempo real, proporcionando información y señales de evacuación a las personas dentro del establecimiento en emergencia, además de proporcionar la ubicación de incendio al personal calificado para las emergencias de incendio. Dentro de un sistema de detección y alarma contra incendios se tiene un conjunto de componentes que desempeñan diferentes funciones para asegurar la confiabilidad del sistema, como son el suministro eléctrico, central de notificaciones, detección, alarma, supresión. Cada uno de estos componentes cumplen una función para que el sistema de detección y alarma en la protección de incendios no tenga problemas de funcionalidad y confiabilidad. Las autoridades de fiscalización OSINERGMIN tienen la obligación de fiscalizar por DS-043-2007-EM título V, capítulo 3. Tienen la labor de velar que las industrias mineras cuenten con sistemas contra incendio adecuados para reducir los riesgos de pérdidas de vidas, patrimoniales, contaminación (MINEN, 2007).

2.1.2. Suministro Eléctrico.

La energía que se debe de suministrarse a un sistema de detección y alarma de incendios debe de cumplir con estándares de construcción del Código Nacional de la Electricidad (MINEM, 2006) y la norma de la NFPA 72 “Código Nacional de

Alarmas de Incendio y Señalización" de manera que se cumpla con el suministro adecuado de energía y no tener los problemas siguientes:

- Falta de suministro de energía eléctrica.
- Sobrecarga.
- Cortocircuito.
- Aislamiento.
- Interrupciones.

Para el sistema de detección y alarma de incendios según la norma NFPA 72 (2016) se deben proveerse al menos dos suministros de energía independientes y confiables, uno primario y uno secundario. (MINEM, 2006).

2.1.3. Suministro de energía eléctrica primario.

El circuito de alimentación de energía eléctrica primario según la norma NFPA 72 en su título 10.6.3 fuentes del suministro de energía nos menciona que los suministros de energía eléctrica para los sistemas de detección y alarma de incendios deben ser exclusivo y tener la capacidad adecuada para alimentar la central de notificaciones y fuentes remotas necesarias (NFPA 72, 2016).

2.1.4. Suministro de Energía Eléctrica Secundario.

El circuito de alimentación de energía eléctrica secundaria según la norma (NFPA 72, 2016) en su título 10.6.7 fuente de alimentación secundaria. Debe automáticamente suministrar energía a los dispositivos involucrados en el sistema de detección y alarma de incendios cuando el suministro primario quede fuera de servicio.

Baterías de almacenamiento dispuesto solo para el uso del sistema de detección y alarma de incendio.

Un generador de accionado automático que esté conectado al circuito ramal de alimentación primario y esté operado por una persona calificada a toda hora.

La capacidad de suministro de energía secundaria debe cumplir con las especificaciones según la norma (NFPA 72, 2016), las baterías tendrán una duración en funcionamiento de 24 horas en funcionamiento de monitoreo o no alarma y después de ese tiempo podrán funcionar en condición de alarma por 5 minutos para la evacuación, excepto cuando se tenga especificaciones siguientes:

Los cálculos de baterías deben incluir un margen de seguridad del 20 por ciento de la capacidad nominal en amperios-horas calculado.

El suministro de energía secundaria para el servicio de comunicaciones de emergencia de incendio por voz/alarma en el edificio debe tener la capacidad de hacer funcionar el sistema con una carga quiescente por un mínimo de 24 horas y luego debe tener la capacidad de hacer funcionar el sistema durante un incendio u otra condición de emergencia por un período de 15 minutos a la carga máxima conectada.

La capacidad del suministro de energía secundaria para centros de comando de emergencias de sistemas de notificación masiva para grandes áreas debe poder dar soporte a las operaciones por un mínimo de 24 horas (NFPA 72, 2016).

El suministro de energía secundaria para sistemas de notificación masiva en edificios debe tener la capacidad de hacer funcionar el sistema con una carga suficiente por un mínimo de 24 horas y luego debe tener la capacidad de hacer funcionar durante una condición de emergencia por un período de 15 minutos a la

carga máxima conectada. Todos los suministros de energía primaria y secundaria deben ser monitoreados con el fin de verificar la presencia de voltaje en el punto de conexión con el sistema (NFPA 72, 2016).

2.1.5. Central de Notificaciones.

Las centrales de notificación son dispositivos que supervisan, monitorean, detectan controlan y notifican los dispositivos instalados en sistema de detección y alarma de incendios. Como se puede extraer de la (NFPA 72, 2016), titulo 26.3 Sistemas de alarma del servicio de la estación central. En la Figura 4, se representa un panel de control de alarmas contra incendio con sus siglas en ingles FACP para S.S.E.E.M.M., actualmente los paneles contra incendio no están integradas a la red por lo tanto no pueden ser monitoreadas por una central de emergencias minera (HBP, 2019). Las centrales tienen como función:

Iniciar acciones de alarma y evacuación.

- Mostrar información del estado del sistema.
- Informar al personal de respuesta a emergencia donde es el inicio de conato de incendio.
- Supervisar la integridad de las fuentes de energía primaria y secundario en centrales de notificaciones, fuentes remotas y equipos de comunicación parte del sistema de detección y alarma de incendios.

Figura 4

Central de Notificaciones.

Nota. Fuente: Hidrosistemas Baja del Perú SAC (2019), “Proyecto Sistema Contra Incendio de la Ampliación Toquepala”.

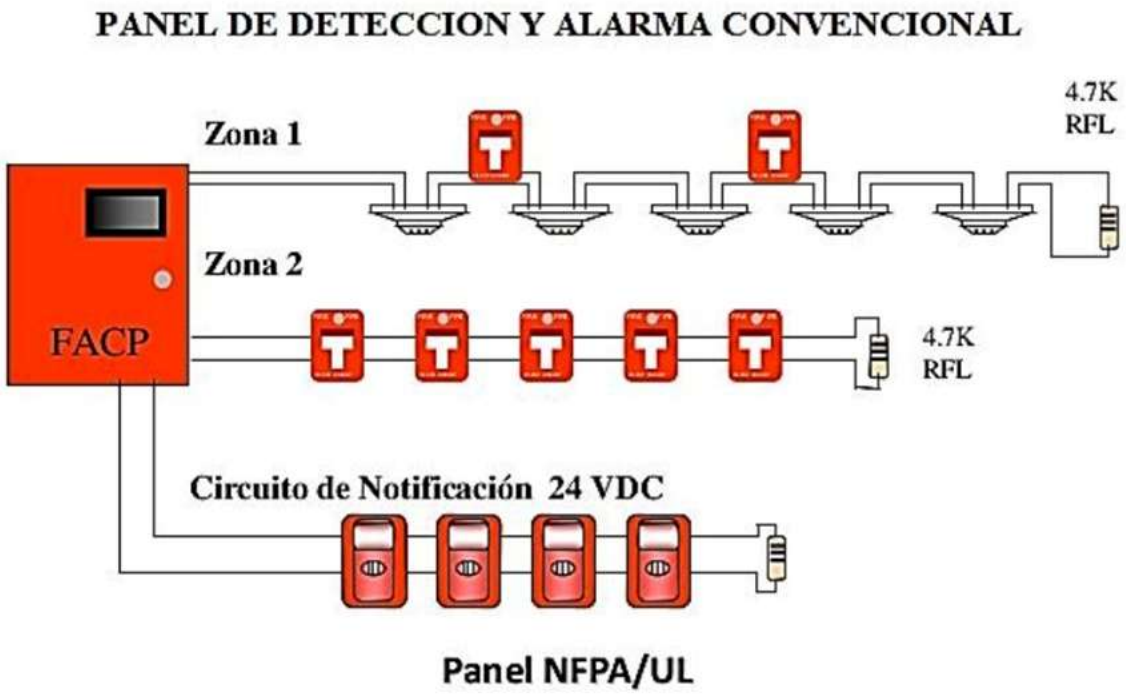
2.1.6. Centrales de Detección y Alarma Convencionales.

Los paneles de este tipo tienen aplicaciones limitadas, están diseñadas para ambientes medianos y reducidos. En la Figura 5, se muestra el diagrama de conexionado del FACP convencional (Prada, 2018). Las características son las siguientes:

- Bajo costo inicial de equipos.
- Amplia gama de dispositivos compatibles.
- Programación simple.
- Solamente es de uso de detección y alarma.
- Cubren espacios de medianos a reducidos.

Figura 5

Panel de detección y alarma tipo convencional.



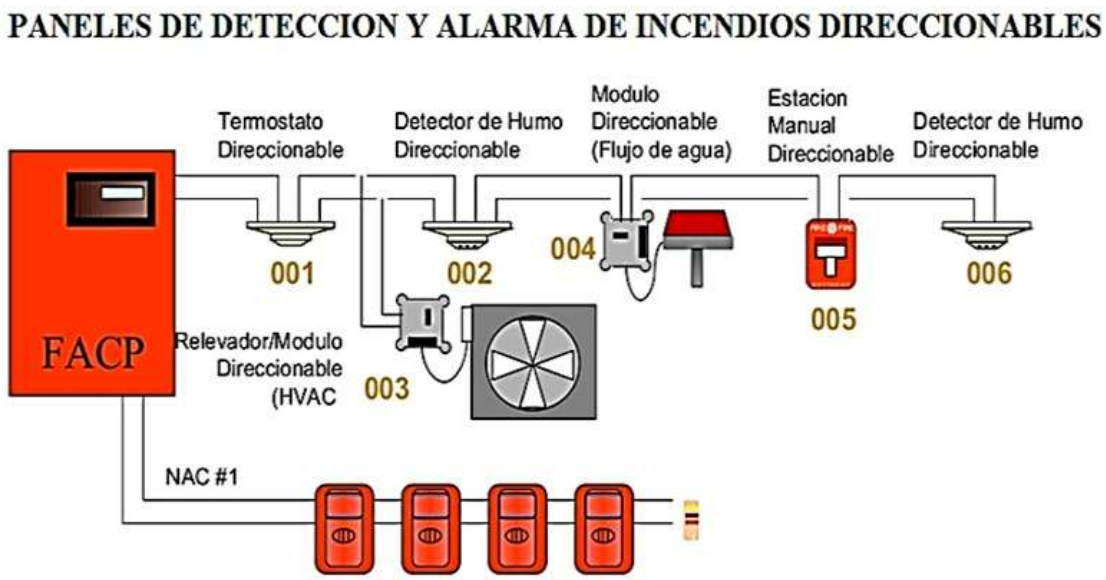
Nota. Fuente: Prada, José (2018) “Preingeniería Sistema Contra Incendios”.

2.1.7. Centrales de Detección y Alarma Direccionable.

Los paneles de este tipo tienen aplicaciones expandibles, están diseñadas para ambientes de mediano a extenso. En la Figura 6, se muestra el conexionado de los FACP direccionables es necesario revisar las características de la marca y su hoja de datos al momento de realizar el desarrollo de la ingeniería y construcción.

Figura 6

Panel de detección y alarma tipo direccionable.



Nota. Fuente: Prada, José (2018) “Preingeniería Sistema Contra Incendios”.

2.1.8. Dispositivos de Alarma.

La función de los dispositivos de alarma es notificar posibles inicios de incendio enviando señales audibles y visibles a las personas en el interior del local donde se produce el incendio, también se pueden programar los dispositivos para que reporten señales cuando un equipo este en estado anormal de funcionamiento y el personal especializado podrá verificar las causas de la falla (Prada, 2018).

Para evacuar personas de un conato de incendio los dispositivos de alarma deben de ser instalados de acuerdo a las recomendaciones establecidas en estándares nacionales e internacionales. Es importante en el diseño verificar la potencia nominal máxima de uso para poder dimensionar las fuentes de alimentación adecuadamente. Existen variedad de dispositivos en el mercado, pero como una condición de confiabilidad debemos de instalar equipos que tengan una certificación de construcción y pruebas (Prada, 2018). algunos dispositivos:

- Sirenas.
- Estrobos.
- Sirena – estrobos.
- Faros.
- Campana.
- Altavoces.
- Notificación de información de alarma en central de detección y alarma de incendio.
- Dispositivos integrados a la central de alarmas.

Las señales que envían los dispositivos no siempre son de alarma pueden ser de supervisión, avería o falla del sistema en las instalaciones debe de estar un personal calificado o el usuario capacitado para verificar continuamente el estado del funcionamiento del sistema de detección de incendios (Prada, 2018).

2.1.9. Supresión y Dispositivos de Inicio y Monitoreo.

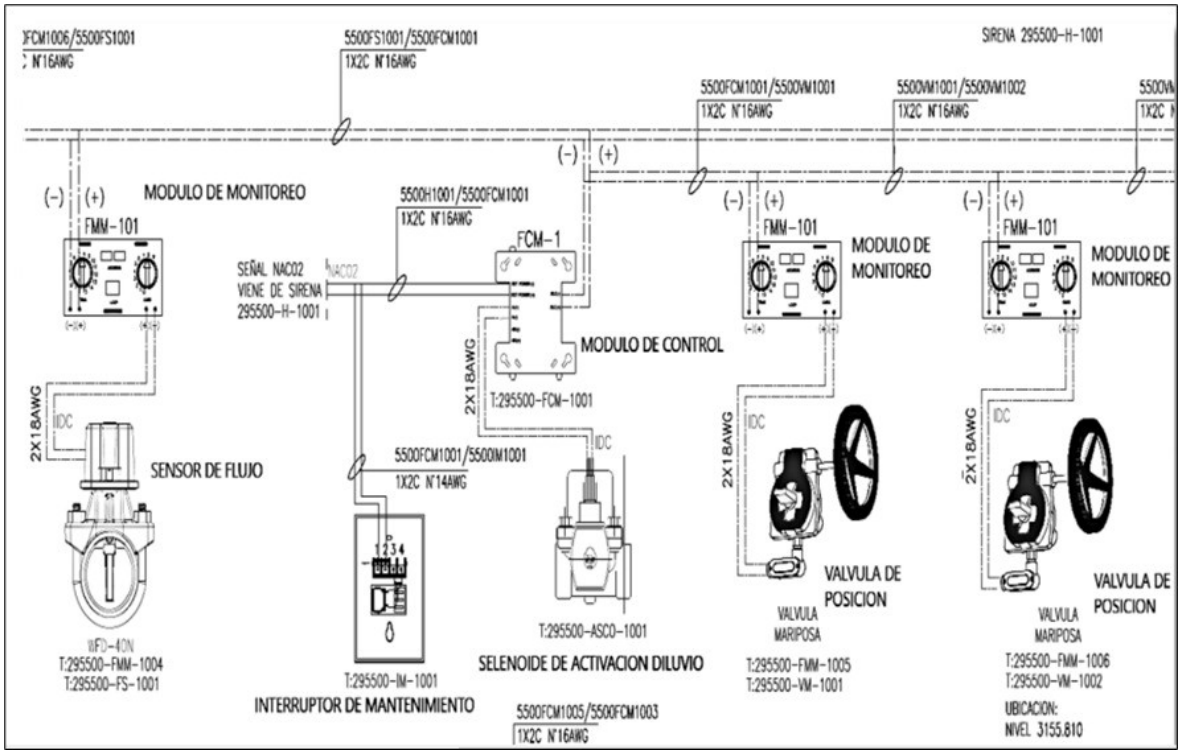
En los sistemas de protección de incendios tenemos diferentes tipos de supresión de incendio dependiendo del lugar en donde estén instalados. Estos dispositivos están diseñados y programados para suprimir incendios. En la Figura 7, podemos ver el conexionado de un accionamiento de diluvio. En el sistema de detección y alarma de incendios tenemos la necesidad de monitorear y controlar dispositivos que activan dispositivos que pueden suprimir un incendio, como ejemplo tenemos.

- Dispositivos que monitorean flujos de agua.
- Módulos que activan o abren una válvula de diluvio.
- Módulos que monitorean el estado de los dispositivos de supresión de incendios.

Es importante diseñar y construir de tal manera que los dispositivos respondan de una manera adecuada en inicios de incendios.

Figura 7

Dispositivos de monitoreo y control.



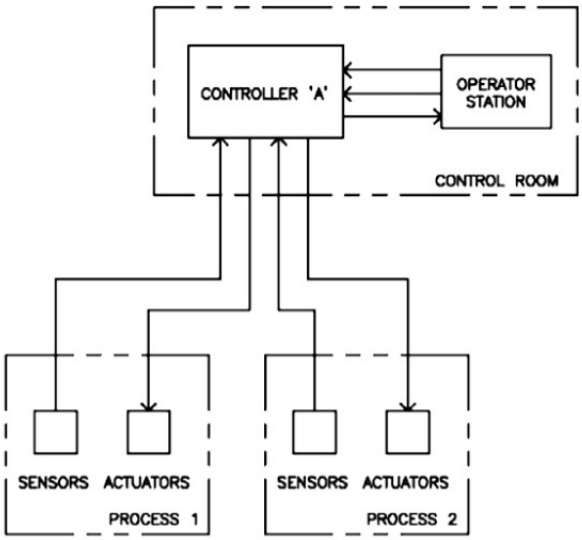
Nota. Fuente: Hidrosistemas Baja del Perú SAC (2019) “Proyecto Sistema Contra Incendio de la Ampliación Toquepala”.

2.1.10. Arquitectura del sistema de control centralizado.

El control centralizado explica un sistema en el que todos los sensores, actuadores y otros equipos dentro de la instalación están conectados a un solo controlador o grupo de controladores ubicados en una sala de control común. La ubicación de todos los controles, interfaces e indicadores del operador en una sola sala de control mejora el conocimiento del operador sobre las condiciones del sistema y acelera la respuesta a contingencias (Department of the Army, 2006), ver Figura 8.

Figura 8

Arquitectura del sistema de control centralizado.



Nota. Fuente: Department of the Army (2006), Supervisory control.

2.1.11. Norma nacional para sistemas contra incendio.

En Perú, se encuentra en vigor el Reglamento Nacional de Edificaciones, el cual establece los requisitos para los sistemas de seguridad contra incendios, como los sistemas contra incendios, extintores e hidrantes cilindros de baja presión. Son aquellos que contienen tanto los agentes de supresión, nitrógeno, aire comprimido u otros gases comprimidos a una presión de trabajo hasta 3450 kPa a 21 ºC (500 psi a 70 ºF).

La Norma Técnica Peruana NTP 350.043-1 (2011), elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Seguridad contra Incendios, ha sido desarrollada mediante el Sistema 2 u Ordinario durante los meses de julio de 2008 a marzo de 2009. Esta norma se basa en las normas mencionadas en el capítulo correspondiente como antecedentes. En la organización de un plan de prevención y protección contra incendios en edificaciones (industrias, comercios, centros de trabajo, almacenes, etc.), es fundamental seleccionar los elementos materiales más adecuados y eficaces. El extintor, siendo el primer elemento utilizado en los

primeros minutos de un incendio, determina si la propagación del fuego será suprimida o no.

Esta parte de la NTP 350.043 establece los requisitos y procedimientos para la selección, distribución, instalación, señalización, inspección, mantenimiento, recarga y prueba hidrostática de los extintores portátiles, excluyendo aquellos con agentes de supresión halogenados. Para los fines de esta Norma Técnica Peruana, se aplican las siguientes definiciones:

- Agente de extinción (4.1): Compuestos químicos ignífugos que constituyen la carga del extintor y que permiten la extinción del fuego.
- Agente humectante (4.2): Producto concentrado que, al ser añadido al agua, reduce su tensión superficial y mejora sus propiedades de penetración y dispersión.
- Agente impulsor o gas expelente (4.3): Elemento que propulsa y descarga el agente de extinción.
- Agente limpio: Agente de supresor gaseoso y volátil, no conductor de electricidad, que no deja residuos al evaporarse.

Los fuegos se clasifican de acuerdo con la NTP 350.021 y se dividen en varias clases. Los extintores aplicables a los fuegos de Clase C, que involucran equipos eléctricos energizados, no deben contener agentes conductores de electricidad. Cuando se utilizan dispositivos electrónicos de monitoreo de extintores en combinación con sistemas de alarma de incendios, deben ser inspeccionados y mantenidos de acuerdo con la norma (NFPA 72, 2016) y las secciones 9.3.2.6 de la norma. En caso de que los dispositivos electrónicos de monitoreo de extintores no se utilicen en combinación con sistemas de alarma de incendios, deben ser inspeccionados y mantenidos de acuerdo con los requisitos establecidos en las secciones 9.1.10.2.1 a 9.1.10.2.3 de la norma, así como el manual de instalación y mantenimiento del fabricante.

Para el sector industrial, la Norma 0.60 del Reglamento Nacional de Edificaciones, en su artículo 11, establece la obligación de realizar estudios que identifiquen los elementos necesarios en las instalaciones. Esta norma requiere la instalación de equipos que cumplan con las regulaciones establecidas por la (NFPA 72, 2016).

La (NFPA 72, 2016), conocida como el Código Nacional de Alarmas de Incendio y Señalización, es un conjunto de regulaciones que proporciona las últimas disposiciones de seguridad para satisfacer las demandas cambiantes de detección de incendios, señalización y comunicaciones de emergencia en la sociedad. Además de su enfoque principal en los sistemas de alarma contra incendios, este código también incluye requisitos para sistemas de notificación masiva utilizados en situaciones de emergencias climáticas, eventos terroristas, emergencias biológicas, químicas y nucleares, así como otras amenazas.

Dicha norma abarca la aplicación, instalación, ubicación, rendimiento, inspección, pruebas y mantenimiento de sistemas de alarma contra incendios, sistemas de alarma en estaciones de supervisión, equipos de advertencia de incendios y sistemas de comunicación de emergencia.

2.1.12. Sistema de supresión de incendios.

Los sistemas de supresión de incendios utilizan diferentes medios para sofocar o extinguir incendios en edificios. Los medios pueden ser agua, espuma, gas o productos químicos y extinguir uno o más de los tres criterios para incendios: Oxígeno, combustible y calor. (Grundfos, s/f.). Algunos de los sistemas de supresión de incendios actuales incluyen sistemas de rociadores, sistemas de agua nebulizada, sistemas de manguera de carrete, hidrantes, sistemas de espuma y sistemas de gas.

Figura 9

Sistema de Supresión de Incendio.

Nota. Fuente: Sistema de Supresión de Incendio | Centinela Seguridad Electrónica (2022).

2.1.13. Subestaciones eléctricas móviles.

Las subestaciones eléctricas móviles son una solución ideal cuando las industrias y empresas de servicios públicos necesitan proporcionar conexiones de red provisorias y suministro de energía temporal. Estas subestaciones son equipos que han sido pensados como una solución frente a situaciones en las que el consumo eléctrico puede cambiar su ubicación física a medida que el proceso productivo se lleve a cabo y/o el lugar operativo sea de una accesibilidad geográfica compleja, como es el caso de la actividad minera. Portal Electricidad (s/f).

Figura 10

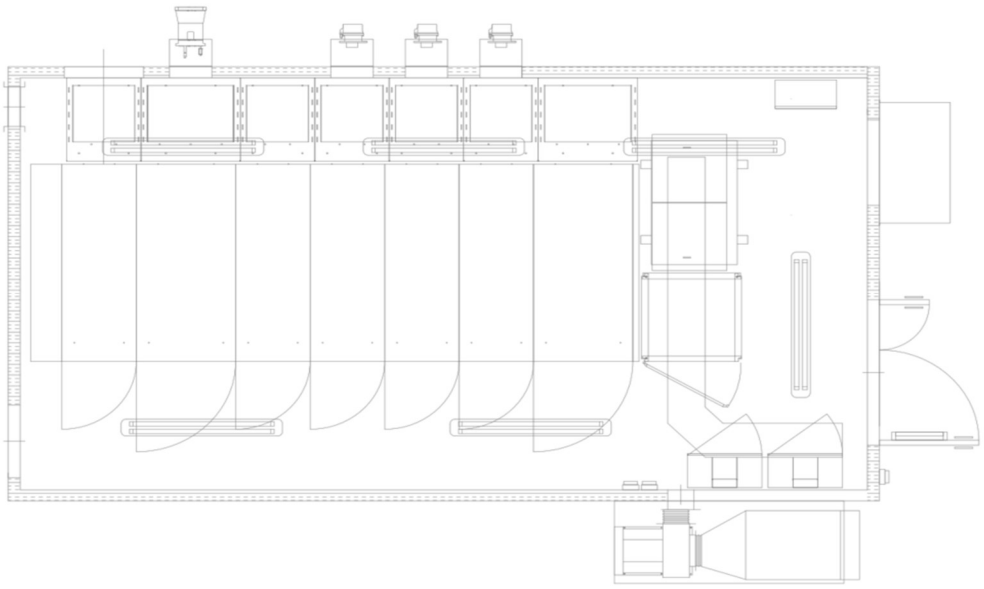
Subestación Eléctrica Móvil.

Nota. Fuente: Antapaccay (2021).

Las subestaciones eléctricas móviles permiten minimizar el tiempo que se requeriría en obras civiles, pruebas y condicionamiento si se tratase de un equipo convencional.

Figura 11

Vista superior de la subestación Eléctrica Móvil.



Nota. Fuente: Subestaciones Móviles ABB (2018).

2.1.14. Sistema de monitoreo.

Un sistema de monitoreo para sistemas contra incendios es un método de protección para dominar incendios de acción rápida que se usa en general para proteger contra la propagación rápida de incendios en áreas de gran riesgo. Estos sistemas también se monitorean a sí mismos, identificando la ubicación y el origen de las alarmas y detectando problemas con las conexiones y el cableado que podrían impedir que el sistema funcione correctamente (Telgian, 2024). Los componentes de un sistema de alarma contra incendios pueden incluir un panel de control de alarma contra incendios, dispositivos de iniciación como estaciones de extracción y detectores de humo, calor y conductos, dispositivos de notificación como dispositivos audibles y luces estroboscópicas, y fuentes de alimentación (Bosch Security Systems, 2024)

Figura 12

Controlador de un Sistema Contra Incendio.

Nota. Fuente: Sistemas de Sistemas de Detección (Telgian, 2024).

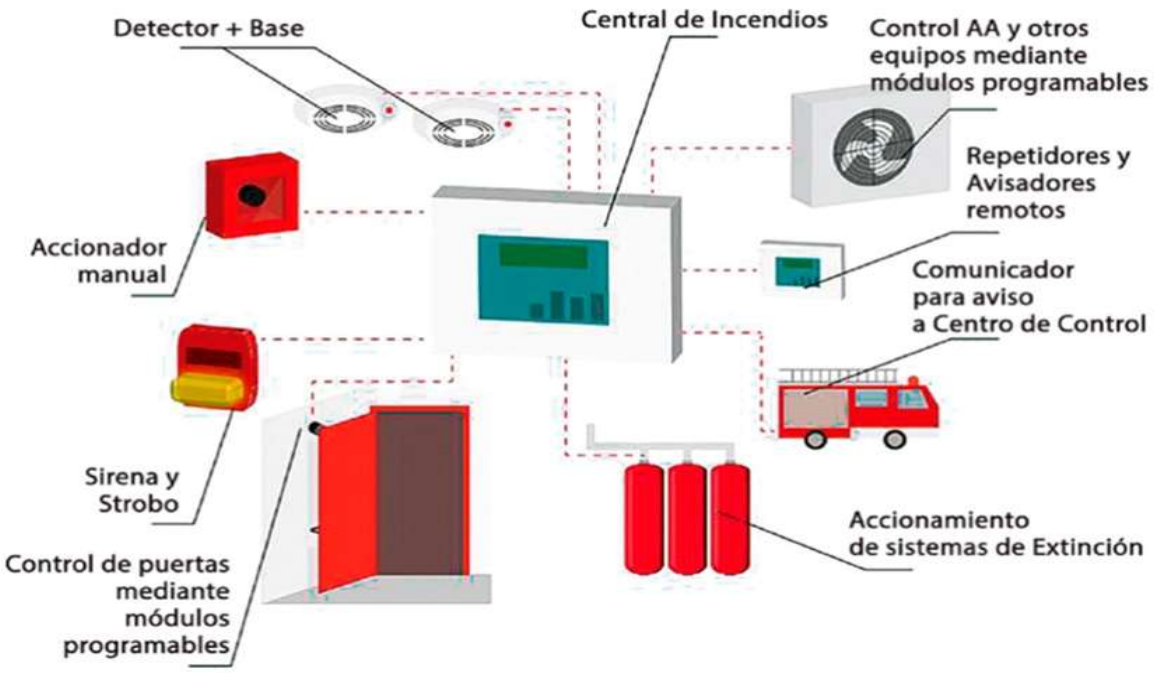
2.1.15. Normativas y regulaciones.

Revisión de las normativas, estándares y regulaciones existentes relacionadas con la seguridad y protección contra incendios en subestaciones eléctricas móviles y en la industria minera en general. En Perú existen normativas de seguridad que rigen la instalación y uso de los sistemas de protección contra incendios. El Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2024) establece los elementos que deben tener los sistemas de seguridad contra incendios en los diferentes tipos de edificaciones. Para el sector industrial, la Norma (A.060, 2006) del (RNE, 2024) indica en su artículo 11 que, se debe contar con un estudio de seguridad integral para determinar cuáles son los dispositivos necesarios para la protección y supresión de incendios.

En la norma A.130 del RNE encontramos las especificaciones para otros tipos de construcción como hoteles, comercio, salud, oficinas, almacenes y centros de diversión. Además, todas las edificaciones deben ser protegidas con un sistema de detección y alarma de incendios y deberán cumplir con lo indicado en esta Norma y en el estándar (NFPA 72, 2016) en lo referente a diseño, instalación, pruebas y mantenimiento.

Figura 13

Elementos regulados en las normas y regulaciones.



Nota. Fuente: Nociones básicas de un sistema de detección de incendios - Revista Innovación Seguridad - revistainnovacion.com (2019).

2.1.16. Riesgo y amenazas.

Se realizará la identificación y análisis exhaustivo de los riesgos y amenazas asociados a las subestaciones eléctricas móviles en el entorno minero, centrándonos especialmente en los incendios y las consecuencias que pueden acarrear. En la industria minera, al igual que en otros sectores, los riesgos eléctricos pueden representar una gran peligrosidad si no se adoptan las precauciones necesarias. Uno de los mayores riesgos relacionados con el trabajo en subestaciones eléctricas es la exposición a corrientes eléctricas de media tensión (hasta 34,500V), que pueden ocasionar lesiones graves e incluso la pérdida de vidas humanas. Además, los trabajadores pueden estar expuestos a otros riesgos como el contacto con objetos en movimiento, caídas y quemaduras (ESAEMEX,

2024) . En este estudio, se llevará a cabo un análisis detallado de estos riesgos, examinando sus posibles causas, impactos y las medidas preventivas que se deben implementar.

2.1.17. Operación Continua.

La operación continua en minería se refiere a un método de extracción y transporte de mineral que busca mantener una producción constante y eficiente, idealmente sin interrupciones. Para lograrlo, emplean diversos aspectos como la redundancia de equipos, el mantenimiento preventivo, los planes de contingencia, mejorar en protección contra incendio y la capacitación del personal. Un ejemplo relevante de los beneficios potenciales de la minería continua se encuentra en el caso de Codelco. Se espera que la implementación de este enfoque en algunas operaciones mineras permita una reducción de costos del 20% y una mejora en la productividad del 50%. Esto se lograría al eliminar riesgos y generar mejoras significativas en las actividades de mantenimiento (CODELCO, 2023).

2.1.18. Mejoras en el Sistema Contra Incendio.

Se implementó el diseño del sistema contra incendios de supresión y en el sistema de monitoreo, con el objetivo de aumentar la rapidez de respuesta y la efectividad en la prevención y supresión de incendios. Un sistema contra incendios se compone de diversos elementos que actúan como medidas de protección, tanto para prevenir incendios como para enfrentarlos en caso de que ocurran. Entre los tipos de sistemas contra incendios, se distinguen la protección con agente limpio FM-200, viable y no contaminante (FIKE, 2025).

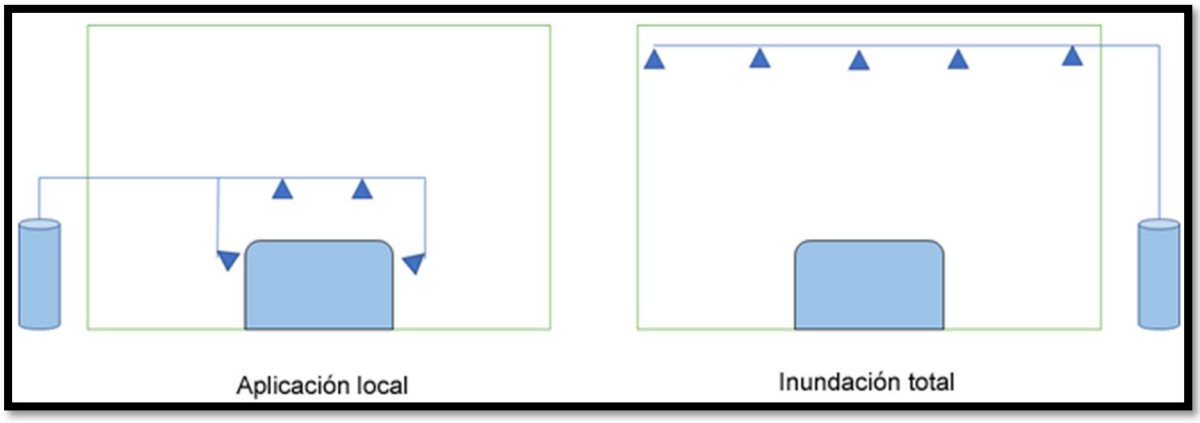
2.1.19. Tipos de inundaciones con agente limpio.

La protección se puede proporcionar con un método de “inundación total” o de “aplicación local”. El diseño de la aplicación local enfoca la descarga en un

proceso o pieza de equipo específico, mientras que el método de inundación total llena un espacio completo, generalmente una habitación definida por 4 paredes, un piso y un techo. Aquí nos centraremos en las aplicaciones de inundación total, ver Figura 14.

Figura 14

Diferencias entre inundaciones con agente limpio.



Nota. Fuente: (NFPA 2001, 2022).

2.2. Marco Conceptual: Definición de términos o conceptos.

2.2.1. Fuego Clase C.

Es el fuego producido en equipos o sistemas de circuitos eléctricos energizados, esto es con efectiva presencia de electricidad. Los fuegos clase C deben ser identificados por un círculo que contenga la letra C en blanco sobre fondo azul (NTP 350.021:2012, 2017).

2.2.2. Sistema de supresión.

Es un conjunto de dispositivos, equipos y mecanismos diseñados para detectar y controlar o suprimir incendios de manera automática o manual, con el fin de proteger vidas humanas, bienes materiales y el medio ambiente, por ejemplo, tenemos los siguientes sistemas de supresión:

- Sistemas de agentes limpios (FM-200 o Novec 1230).
- Sistemas de CO_2.
- Extintores portátiles.

2.2.3. Switchgear (SWGR).

Tableros de distribución eléctrica de alta y media tensión para subestaciones eléctricas.

2.2.4. Riesgo Residual.

Es riesgo que permanece después de que se han aplicado medidas de control o extinción de incendios.

2.2.5. Agente limpio.

Es un agente extintor de incendios gaseoso que no conduce la electricidad y que no deja residuos al evaporarse. Esto es ideal cuando se protegen artículos de alto valor como artefactos históricos o equipos electrónicos sensibles. El término general "agentes limpios" incluye tanto agentes de halocarbono como agentes de gas inerte.

2.2.6. Gas heptafluoropropano.

También conocido como FM-200 o HFC-227ea, es un gas incoloro e inodoro utilizado como agente extintor de incendios, especialmente en sistemas de supresión de incendios de inundación total. Es un sustituto del halón y es eficaz para fuegos de clase A, B y C, incluyendo riesgos eléctricos.

2.2.7. Door Fan Test

Es un procedimiento utilizado para evaluar la hermeticidad de un recinto, especialmente aquellos que utilizan sistemas de supresión por agente gaseoso.

2.2.8. Fuente de Alimentación secundaria.

Una fuente de alimentación secundaria se refiere a aquella que no obtiene su energía directamente de una fuente primaria (principal), sino que recibe de otra fuente de energía, en este caso serán las baterías de respaldo del panel conta incendio.

2.2.9. Detectores de sistema contra incendio.

Son dispositivos diseñados para identificar la presencia de fuego o sus efectos (como humo o calor) y activar una alarma para alertar a las personas y/o iniciar acciones de supresión.

2.2.10. Redundancia de Equipos.

Equipos o sistemas de respaldo para asegurar la operación continua de las operaciones en caso falle uno de los equipos principales.

2.2.11. Equipo Listado.

Equipos, materiales o servicios incluidos en una lista publicada por una organización aceptable para la autoridad competente y que se dedica a la evaluación de productos o servicios.

2.2.12. Fuego Incipiente

Etapa inicial del fuego, antes de que haya llamas visibles. Puede controlarse con sistemas de supresión.

2.2.13. Incendio (Declarado)

Etapa desarrollada, con llamas activas y propagación. Requiere intervención manual (brigadas o bomberos).

2.2.14. Filosofía de funcionamiento.

Es una guía para entender como un sistema interactúa con sus entras al sistema y respectivas salidas, con el objetivo de logar cierto fines o resultado.

CAPÍTULO III. Desarrollo del Trabajo de Investigación

Para el desarrollo de la investigación se definirá los conceptos de peligro y riesgo, basados en la norma NFPA 551 (2022) e ISO 45001 (2018).

- **Peligro**: Situación o característica intrínseca de algo capaz de ocasionar daños a las personas, equipos, procesos y ambiente.
- **Riesgo**: Se define como la posibilidad de que un peligro se materialice y cause un daño, evaluando la probabilidad de que ocurra un evento como la severidad de las consecuencias.

En la Tabla 3, se observa las características de la subestación eléctrica móvil con potencial de riesgo críticos. Las cuales se evaluarán con el método cualitativo en base a la (NFPA 551, 2022) y como guía la Matriz de riesgo de 5x5 de Antapaccay 2021 como se muestra en la Figura 15.

Tabla 3

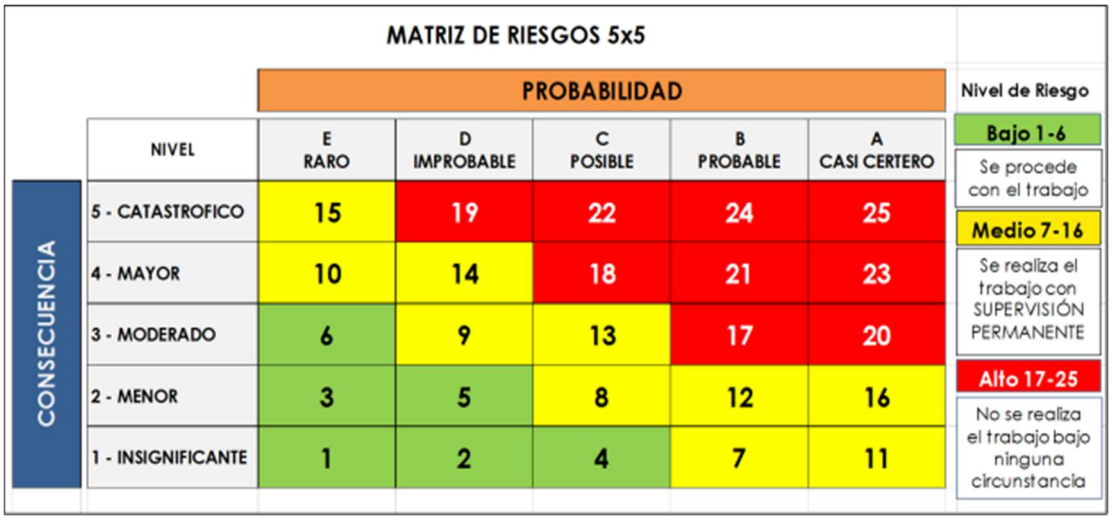
Riesgo inicial de Subestación Eléctrica Móvil.

Riesgo Identificado	Probabilidad	Consecuencias	Nivel de riesgo
Incendio en transformador	Media	Alta	Alto
Arco eléctrico en celda de media tensión	Alta	Alta	Muy Alto
Falla de HVAC (Calor excesivo).	Media	Media	Moderado
Sobretensión en celdas	Media	Alta	Alto
Corto circuito en tablero de control	Baja	Alta	Alto
Explosión de gases en baterías	Media	Alta	Alto

Nota. Fuente: Subestaciones Móviles ABB - Riesgos (2018).

Figura 15

Matriz de Riesgo Antapaccay.



Nota. Fuente: Matriz de Riesgos 5x5 Antapaccay (2021).

Según la jerarquía de controles de la (ISO 45001, 2018), ver Figura 16, para analizar cualitativamente los cambios del riesgo de la investigación, se implementar un control de ingeniería.

Figura 16

Jerarquía de Controles.

Nota. Fuente: (ISO 45001, 2018).

Para ello, se analizará los riesgos presentes en el interior de la subestación eléctrica móvil, siendo el mayor riesgo un incendio con fuego Clase C. El fuego Tipo C producirá grandes cantidades de partículas de humo con relativamente pequeñas cantidades de productos térmicos, que puede distribuirse a través de los ambientes protegidos, dependiendo del tamaño o forma de ésta. Entonces, se consideró un diseño de un sistema contra incendio de supresión y monitoreo para disminuir el nivel de riesgo de incendios en subestaciones Eléctricas Móviles de Minería. Para el diseño, selección y dimensionamiento del sistema de detección, alarma y supresión de incendios se considerados criterios de diseño, basados en los estándares y códigos aplicables (NFPA 72, 2016) (NFPA 2001, 2022), así como los requisitos solicitados por la minera Antapaccay. Asimismo, los equipos deben ser listados en UL/FM estándar que garantiza su funcionalidad para sistema contra incendio.

3.1. Sistema de supresión de incendio con agente limpio

Para la instalación de equipos y dispositivos de supresión de incendios de la subestación eléctrica móvil se realizó el cálculo de agente limpio basado en FM-200 HFC-227ea de la marca FIKE y posteriormente se seleccionará los dispositivos de monitoreo del agente limpio (tanques FM-200) para cumplimiento con los requisitos de (NFPA 2001, 2022). Para su diseño y cálculo se considerará inundación total de la parte interior de la subestación eléctrica móvil, para el cual, corroborar las pruebas de hermetización con la prueba de Door Fant Test.

3.1.1. Cálculo de agente FM-200 HFC-227ea.

El agente FM-200 HFC-227ea también conocido comúnmente como heptafluoropropano, es un agente de supresión de incendios de bajo impacto ambiental y alta eficiencia, utilizado en sistemas de supresión de incendios de inundación total. Es un gas incoloro, inodoro y no conductor de la electricidad, que

extingue el fuego mediante la absorción y extracción del calor de las llamas. Las propiedades físicas del agente se detallan en la Figura 17.

Figura 17

Propiedades físicas HFC227ea.

Physical Properties

Chemical Name/Formula	Heptafluoropropane / CF_3CHFCF_3
ASHRAE Designation	HFC-227ea
CAS Number	431-89-0
Molecular Weight	170.03
Vapor Density @ 25°C (77°F) and atm, kg/m^3 (lb/ft^3)	7.148 (0.4462)
Boiling Point, 1 atm, °C (°F)	-16.4 (2.5)
Melting Point, °C (°F)	-131 (-204)
Critical Temperature, °C (°F)	101.6 (214.9)
Critical Pressure, kPa (psia)	2930 (424.7)
Critical Density, kg/m^3 (lb/ft^3)	621 (38.77)
Liquid Density @ 25°C (77°F), kg/m^3 (lb/ft^3)	1386 (86.53)
Vapor Density @ 25°C (77°F) and 1 atm, kg/m^3 (lb/ft^3)	7.148 (0.4462)
Specific Heat, Liquid (Cp) @ 25°C (77°F), kJ/Kg- °C (Btu/lb°F)	1.247 (0.2979)
Specific Heat, Vapor (Cp) @ 25°C (77°F) kJ/Kg- °C (Btu/lb°F) and 1 ATM	0.8136 (0.1945)
Vapor Pressure, Saturated @ 25°C (77°F), kPa (psia)	453.3 (65.7)
Heat of Vaporization @ Boiling Point kJ/Kg (Btu/lb)	132.6 (56.7)
Thermal Conductivity, Liquid @ 25°C (77°F), W/m- °C (Btu/hr-ft°F)	0.0533 (0.0308)
Thermal Conductivity, Vapor @ 25°C (77°F), W/m- °C (Btu/hr-ft°F)	0.0127 (0.0073)
Viscosity, Liquid @ 25°C (77°F), cP (lb/ft-hr)	0.2442 (0.5907)
Relative Dielectric Strength @ 1 atm, 25°C (N2=1)	2.00
Solubility of Water in HFC-227ea @ 20°C (68°F), ppm	600
Ozone Depletion Potential	0.0
Global Warming Potential (based on a 100-yr ITH for CO2, GWP = 1)	2900

Nota. Fuente: Corporación FIKE - HFC-227EA CLEAN AGENT (2014).

Para el cálculo del agente extintor FM200 HFC227ea de la marca FIKE, se consideró la siguiente formula según el Capítulo 5.5 de la (NFPA 2001, 2022).

$$W = \frac{V}{S}\left(\frac{C}{100 - C}\right) \ldots (\boldsymbol{Ec.\ 1})$$

Donde:

W: Peso del agente limpio $[lb\ (kg)]$.

V: Volumen neto del espacio a ser protegido $[ft^3\ (m^3)]$.

S: Volumen específico de agente limpio a la temperatura de prueba $[ft^3/lb\ (m^3/kg)]$.

C: Concentración de diseño del agente (porcentaje en volumen).

La temperatura que se consideró para el cálculo 21 °C (70 °F).

Datos:

- Subestación eléctrica móvil $\boldsymbol{altura = 9..8\ ft\ (2.98\ m), Longitud = 12.8\ ft(3.9\ m); Ancho = 23.7ft(7.22\ m)}$ … Ver Figura 10.
- $\boldsymbol{V = 2973\ ft^3\ (275.4\ m^3)}$
- $\boldsymbol{S = 2.2\ \ ft^3/lb}$ … $\boldsymbol{Tabla\ A.5.5.1(i)}$ (NFPA 2001, 2022), Figura 18.
- $\boldsymbol{C = 8.6}$ % , Indicador recomendado por marca **(FIKE, 2025)** considerando una exposición de 5 minutos como máximo con personas. Asimismo, el factor de seguridad 1.2 y cumpliendo la tabla 1.5.1.2.1 (a) de **(NFPA 2001, 2022)**, ver Tabla 4.

Figura 18

HFC-227ea Cantidad total de inundación (S)

Table A.5.5.1(i) HFC-227ea Total Flooding Quantity (U.S. Units)[a]

Temp (t) (°F)[c]	Specific Vapor Volume (s) (ft³/lb)[d]	Weight Requirements of Hazard Volume, W/V (lb/ft³)[b] — Design Concentration (% by Volume)[e]									
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	1.9264	0.0331	0.0391	0.0451	0.0513	0.0570	0.0642	0.0708	0.0776	0.0845	0.0916
20	1.9736	0.0323	0.0381	0.0441	0.0501	0.0563	0.0626	0.0691	0.0757	0.0825	0.0894
30	2.0210	0.0316	0.0372	0.0430	0.0489	0.0550	0.0612	0.0675	0.0739	0.0805	0.0873
40	2.0678	0.0309	0.0364	0.0421	0.0478	0.0537	0.0598	0.0659	0.0723	0.0787	0.0853
50	2.1146	0.0302	0.0356	0.0411	0.0468	0.0525	0.0584	0.0645	0.0707	0.0770	0.0835
60	2.1612	0.0295	0.0348	0.0402	0.0458	0.0514	0.0572	0.0631	0.0691	0.0753	0.0817
70	2.2075	0.0289	0.0341	0.0394	0.0448	0.0503	0.0560	0.0618	0.0677	0.0737	0.0799
80	2.2538	0.0283	0.0334	0.0386	0.0439	0.0493	0.0548	0.0605	0.0663	0.0722	0.0783
90	2.2994	0.0278	0.0327	0.0378	0.0430	0.0483	0.0538	0.0593	0.0650	0.0708	0.0767
100	2.3452	0.0272	0.0321	0.0371	0.0422	0.0474	0.0527	0.0581	0.0637	0.0694	0.0752
110	2.3912	0.0267	0.0315	0.0364	0.0414	0.0465	0.0517	0.0570	0.0625	0.0681	0.0738
120	2.4366	0.0262	0.0309	0.0357	0.0406	0.0456	0.0507	0.0560	0.0613	0.0668	0.0724
130	2.4820	0.0257	0.0303	0.0350	0.0398	0.0448	0.0498	0.0549	0.0602	0.0656	0.0711
140	2.5272	0.0253	0.0298	0.0344	0.0391	0.0440	0.0489	0.0540	0.0591	0.0644	0.0698
150	2.5727	0.0248	0.0293	0.0338	0.0384	0.0432	0.0480	0.0530	0.0581	0.0633	0.0686
160	2.6171	0.0244	0.0288	0.0332	0.0378	0.0425	0.0472	0.0521	0.0571	0.0622	0.0674
170	2.6624	0.0240	0.0283	0.0327	0.0371	0.0417	0.0464	0.0512	0.0561	0.0611	0.0663
180	2.7071	0.0236	0.0278	0.0321	0.0365	0.0410	0.0457	0.0504	0.0552	0.0601	0.0652
190	2.7518	0.0232	0.0274	0.0316	0.0359	0.0404	0.0449	0.0496	0.0543	0.0592	0.0641
200	2.7954	0.0228	0.0269	0.0311	0.0354	0.0397	0.0442	0.0488	0.0535	0.0582	0.0631

Nota. Fuente: (NFPA 2001, 2022).

Tabla 4

Tabla 1.5.1.2.1(a) Información sobre el Agente Limpio de Halocarbonos (NFPA 2001,2022).

Agent	NOAEL (%)	LOAEL (%)
FK-5-1-12	10.0	>10.0
HCFC Blend A	10.0	>10.0
HCFC-124	1.0	2.5
HFC-125	7.5	10.0
HFC-227ea	9.0	10.5
HFC-23	30	>30
HFC-236fa	10	15
HFC- Blend B*	5.0*	7.5*

Nota. Fuente: (NFPA 2001, 2022).

Remplazando en $(Ec. 1)$:

$$W = \frac{2973\ ft^3}{2.2\ ft^3/lb}\left(\frac{8.6}{100 - 8.6}\right)$$

$$W = 127.2\ lb\ (\mathbf{57.7\ kg})$$

Asimismo, para el cálculo final se debe aplicar el factor de corrección atmosférica $F_C = 0.66$, según la Tabla 5.5.3.3 de la (NFPA 2001, 2022), como se muestra en la Tabla 5. Esto indicará la cantidad real de agente para la altitud de trabajo, el lugar de trabajo de la subestación eléctrica será la minera Antapaccay a 4100msnm (>10000ft).

Tabla 5

Tabla 5.5.3.3 Factor de corrección atmosférica (NFPA 2001, 2022).

Altitud Equivalente		Presión del recinto		Factor de corrección atmosférica
ft	km	psi	Mm Hg	
-3000	-0.92	16.25	840	1.11
-2000	-0.61	15.71	812	1.07
-1000	-0.30	15.23	787	1.04
0	0.00	14.70	760	1.00
1000	0.30	14.18	733	0.96
2000	0.61	13.64	705	0.93
3000	0.91	13.12	678	0.89
4000	1.22	12.58	650	0.86
5000	1.52	12.04	622	0.82
6000	1.83	11.53	596	0.78
7000	2.13	11.03	570	0.75
8000	2.45	10.64	550	0.72
9000	2.74	10.22	528	0.69
10000	3.05	9.77	505	0.66

Nota. Fuente: (NFPA 2001, 2022).

$$W_{real} = F_C x W \ldots (\boldsymbol{Ec.2})$$

Remplazando en $(Ec. 2)$:

$$W_{real} = 84\ lb\ (38.1\ kg)$$

Entonces, según la Figura 19 se escogió el cilindro de **100 lb** de la marca FIKE (P/N 70-266). Asimismo, se consideró con 02 boquillas de descarga cumpliendo los parámetros de la Figura 20 para un tiempo de descarga de 9.4 segundos.

Figura 19

Especificaciones de los cilindros.

INFORMACION / ESPECIFICACIONES DE LOS CILINDROS

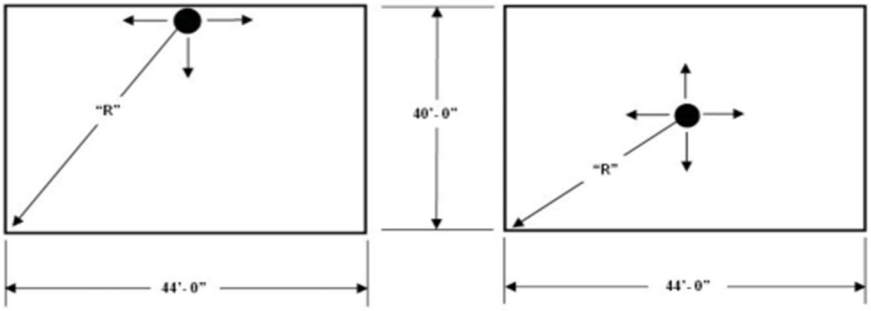
Cilindro		Rango de llenado		Tamaño de la Válvula	Peso Tara	Dimensiones (aproximadas)		Posición de Montaje
Tamaño	N/P	Mínimo	Máximo			Diámetro	Altura	
lb. (L)		lbs. (kg)	lbs. (kg)	in. (mm)	lbs. (kg)	in. (mm)	in. (mm)	
5 (2)	70-272	4 (2.0)	4 (2.0)	1 (25)	11 (5.0)	4.2 (102)	16.2 (411.5)	Vertical (válvula arriba)
10 (4)	70-273	4 (2.0)	8 (3.5)	1 (25)	15 (6.8)	4.2 (102)	27.24 (691.9)	Vertical (válvula arriba)
20 (8.5)	70-263	8 (3.5)	16 (7.5)	1 (25)	22 (10.0)	7.0 (178)	22.50 (571.5)	Vertical/ horizontal
35 (15)	70-264	14 (6.5)	30 (13.5)	1 (25)	32.5 (14.7)	7.0 (178)	33.75 (857.3)	Vertical/ horizontal
60 (27)	70-265	25 (11.5)	54 (24.5)	1 (25)	52.5 (23.8)	10.75 (273)	28.13 (714.4)	Vertical/ horizontal
100 (44)	70-266	39 (18.0)	87 (39.0)	1 (25)	77 (34.9)	10.75 (273)	39.63 (1006.5)	Vertical (válvula arriba)
150/150i (61)	70-267	54 (24.5)	120 (54.5)	3 (80)	118/114 (53.5/51.7)	20.0 (508)	24.25 (616.0)	Vertical/ invertido
215 (88)	70-268	78 (35.5)	173 (78.5)	3 (80)	146 (66.2)	20.0 (508)	30.13 (765.2)	Vertical (válvula arriba)
375 (153)	70-269	136 (61.5)	302 (137.0)	3 (80)	213 (96.6)	20.0 (508)	43.38 (1101.7)	Vertical (válvula arriba)
650 (267)	70-270	236 (107.0)	528 (239.5)	3 (80)	373 (169.2)	24.0 (610)	50.50 (1282.7)	Vertical (válvula arriba)
1000 (423)	70-271	374 (169.5)	836 (379.5)	3 (80)	535 (242.7)	24.0 (610)	71.88 (1825.6)	Vertical (válvula arriba)

Nota. Fuente: Corporación FIKE - Hoja técnica de cilindros para almacenamiento (2012).

Figura 20

Tamaño de boquilla de descarga y área de cobertura.

TAMAÑO DE BOQUILLA Y AREA DE COBERTURA



Tamaño de Boquilla - 3/8" - 2" (10 - 50 mm)		
Tipo de Boquilla	Dimensiones Del Radio "R" ft. (m)	Rango de Altura de Techo ft. (m)
180°	45.67 (13.92)	1.0 to 16.0 (0.3 to 4.9)
360°	29.67 (9.04)	1.0 to 16.0 (0.3 to 4.9)

Nota. Fuente: Corporación FIKE - Boquillas FIKE para Agente Limpio FM200 (2014).

3.1.2. Dispositivos del sistema de supresión de incendios.

De acuerdo al cálculo de agente limpio FM-200 HFC-227ea del punto 3.1.1., la subestación eléctrica móvil contará con los siguientes dispositivos de supresión y de supervisión del tanque para el correcto funcionamiento, ver Tabla 6**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y Figura 21.

Tabla 6

Lista de dispositivos de Supresión.

DISPOSITIVO	N/P	UNIDAD	CANTIDAD
Cilindro de Agente Limpio	70-266	Und.	1
Boquilla de descarga de 3/4" -360º	80-093-1570	Und.	2
Válvula de impulso IVO (kit)	70-279	Und.	1
Switch de presión baja	02-12533	Und.	1
Switch de presión de descarga	02-12534	Und.	1
Supervisor de IVO	02-14263	Und.	1

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 21

Sistema de Supresión (Dispositivos).

Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.2. Equipos del sistema de detección y alarma.

Para la parte del sistema de detección y alarma se seleccionó los siguientes equipos según la Tabla 7 y cumpliendo los requerimientos de la (NFPA 72, 2016).

Tabla 7

Lista de dispositivos de detección y alarma.

DISPOSITIVO	N/P	UNIDAD	CANTIDAD
Panel de Cheetah xi 50	10-2622	Und.	1
Trasformador 240VAC/24VAC	02-10882	Und.	1
Baterías de respaldo	RT-12170	Und.	2
Detector Fotoeléctrico/Heat	63-1059	Und.	2
Sirena con luz estroboscópica	20-1270	Und.	3
Estación manual de descarga	20-1343	Und.	1
Módulo de control	55-042	Und.	3
Módulo de monitoreo	55-045	Und.	5
Módulo Relé	55-043	Und.	2
Módulo de descarga	55-052	Und.	1
Estación de aborto	10-1639	Und.	1
Módulo de desconexión de servicio	10-2698	Und.	1

Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.2.1. Cálculo de fuente alimentación secundaria (baterías de respaldo).

Para el cálculo de baterías se realizó de acuerdo a la (NFPA 72, 2016) y recomendación del fabricante FIKE según especificación técnica de cada dispositivo, tal como se muestra en la Tabla 8, la corriente de consumo en standby y alarma es 12.24 AH, por lo tanto, se seleccionó 02 baterías de 17 AH de 12VDC de la marca RITAR modelo 12170.

Tabla 8

Cálculo de corriente para baterías.

Equipos requeridos	Corriente en Standby	Corriente en alarma	
Panel Cheetah xi 50	0.116 A	0.176 A	Hoja técnica de corporación Fike.
Circuito de línea Loop 1	0.007 A	0.072 A	**Tabla 9**
Fuente auxiliar	0.300 A	0.300 A	**Tabla 10**
Circuito de notificación NAC		0.000 A	Se uso módulos de control para las luces estroboscópicas con sirena
	Total (Standby) = 0.423 A	**Total (*Alarma*) = 0.548 A**	
Tiempo (Standby) = 24 horas		Tiempo ($alarma$) = 5 minutos	
Total de corriente requerido = Total (Standby)x $Tiempo(hr)$ + Total ($alarma$)x $Tiempo(hr)$ = 10.198 AH			
Tamaño mínimo de baterias* = [Total de corriente requerido]x[1.2] = 12.24 *AH			

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9

Cálculo de Circuito de línea Loop 1.

		Corriente en Standby			Corriente en Alarma		
N/P	**Dispositivo**	**Cantidad**	**Corriente**	**Total**	**Cantidad**	**Corriente**	**Total**
63-1059	Detector Humo/Temperatura	2	0.481	0.962 mA	2	0.002	4.00 mA
55-045/050	Modulo monitor	5	0.485	2.425 mA	5	0.002	10.00 mA
20-1063/1064	Estación manual	1	0.370	0.37 mA	1	0.002	2.00 mA
55-042/047	Módulo de Control	3	0.630	1.89 mA	3	0.002	6.00 mA
55-043/048	Modulo Relé	2	0.500	1 mA	2	0.002	4.00 mA
55-052/053	Módulo de descarga	1	0.45	0.45 mA	1	0.006	6.00 mA
Número de IRM conectados a módulo de descarga					1	0.040	40.00 mA
Número de solenoides conectados a módulos de descarga/Control					1	0.00	0.00 mA
Total, de circuito de línea Loop 1			**7.097 mA = 0.007A**				**72.00 mA = 0.072 A**

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10

Cálculo de fuente auxiliar.

	Corriente en Standby	Corriente en Alarma	
Dispositivo	**Corriente**	**Corriente**	**Total**
Total, de Fuente Auxiliar (FieldServer)	(Standby) = 0.3 A	(Alarma) = 0.3 A	

Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Cálculo de detectores de humo.

Para el cálculo de detectores nos basamos en lo requerimiento de la (NFPA 72, 2016), según el cálculo se deberá instalar 02 detectores fotoeléctricos (Humo)/ Heat (Temperatura), ver Figura 22.

Figura 22

Diseño de detectores de humo.

Design:

	Design Data	
Coverage radio (design)	r =	3,50 m
length (m)	A =	7,22 m
width (m)	B =	3,90 m

Results:

Room area =	28,16
# detectors (room) =	**2**
Coverage area e/detector =	22,18
Air changes per Hour max (*) =	32

(*) NFPA 72

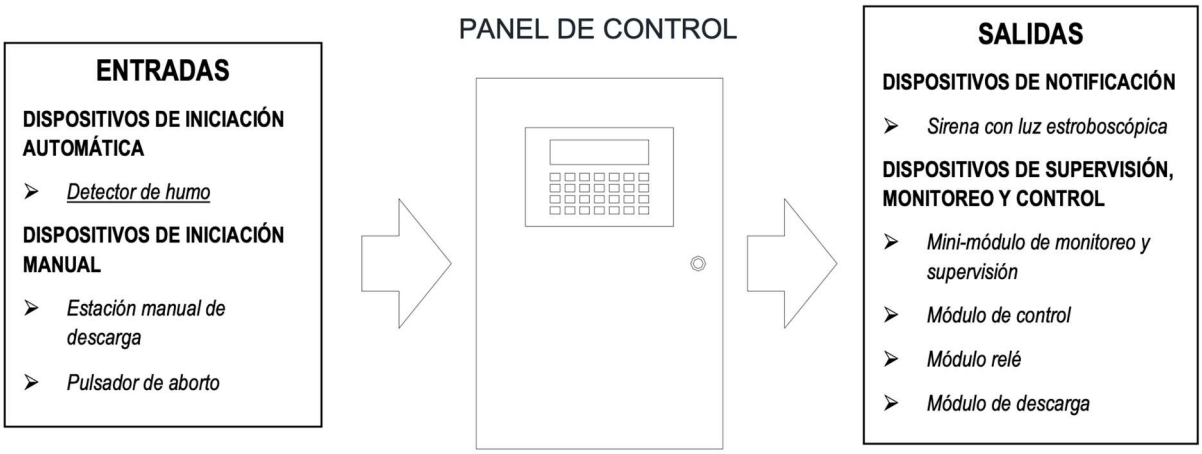
Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.3. Filosofía de funcionamiento de Panel Contra Incendio

Se contará con un panel de detección, alarma y supresión de incendios ubicado en el interior de la sala eléctrica. Este panel recibirá la señal de los dispositivos de protección del área correspondiente. Su funcionamiento, manual o automático, no debe interferir con los sistemas de iluminación de emergencia o cualquier otro equipo interconectado con el panel de control de incendio. Asimismo, se realizó una matriz de entradas y salidas para la programación del panel contra incendio, ver Figura 23 y Figura 24.

Figura 23

Entradas y salidas del Panel de control.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 24

Matriz de Entradas y Salidas.

MATRIZ DE PROGRAMACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS
(NFPA-72-A.14.6.2.4 -Ed. 2016)

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA MÓVIL - ABB

FIRE PANEL FACP-01

				SALIDAS DEL SISTEMA																			
				ANUNCIACIÓN EN EL PANEL DE CONTROL											NOTIFICACIÓN				CONTROL REQUERIDO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIO		
				Encender LED común de Alarma	Activar señal audible de Alarma	Encender LED común de Supervisión	Activar señal audible de Supervisión	Encender LED común de Falla (local)	Activar señal audible de Falla (local)	Encender LED común de Pre-descarga	Activar señal audible de Pre-descarga	Encender LED común de Descarga	Activar señal audible de Descarga	Activar señal de aborto de descarga	1-005 Activar señal de Alarma (On-Continuos) BA-01	1-006 Activar señal de Pre-descarga BA-02	1-007 Activar señal de Alarma de Descarga BA-03	1-008 Activar señal de Descarga de FM-200	Activar señal de Control de apagado de la Subestación Eléctrica Móvil RELE-01 1-013	Activar señal de Control de apagado de HVAC RELE-02 1-014	
	ENTRADAS DEL SISTEMA			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		S	T	U
1	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA MÓVIL	1-001	SE-01 Detector de humo	X	X			X	X			X	X		X	X	X	X	X	X	
2		1-002	SE-02 Detector de humo	X	X			X	X			X	X		X	X	X	X	X	X	
3		1-004	HS-01 Estación manual de descarga	X	X			X	X			X	X		X	X	X	X	X	X	
4		1-003	HMS-01 Estación manual de aborto					X	X					X							
5		1-012	PLS-01 Monitorear el interruptor de baja presión			X		X	X												
6		1-011	PSD-01 Monitorear el interruptor de presión de descarga					X	X					X				X	X	X	
7		1-010	ZS-01 Monitorear el interruptor de posición del IVO			X		X	X												
8		1-009	MD-01 Monitorear el interruptor de Mantenimiento			X		X	X												
9	PANEL DE CONTROL		Falla de alimentación AC					X	X												
10			Falla de batería baja DC					X	X												
11			Falla a tierra					X	X												
12			Errores del tablero/sistema (1)					X	X												

Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.3.1. Panel de Control Contra incendio.

Se seleccionó el panel de la marca FIKE modelo Cheetah xi 50 para la programación de 14 dispositivos entre módulo de supervisión, módulo de control y módulo de descarga, de acuerdo a la Tabla 6 y Tabla 7. El panel Cheetah xi 50, es programable y configurable mediante el software c-linx de la misma marca.

Figura 25

Panel de control de Incendio

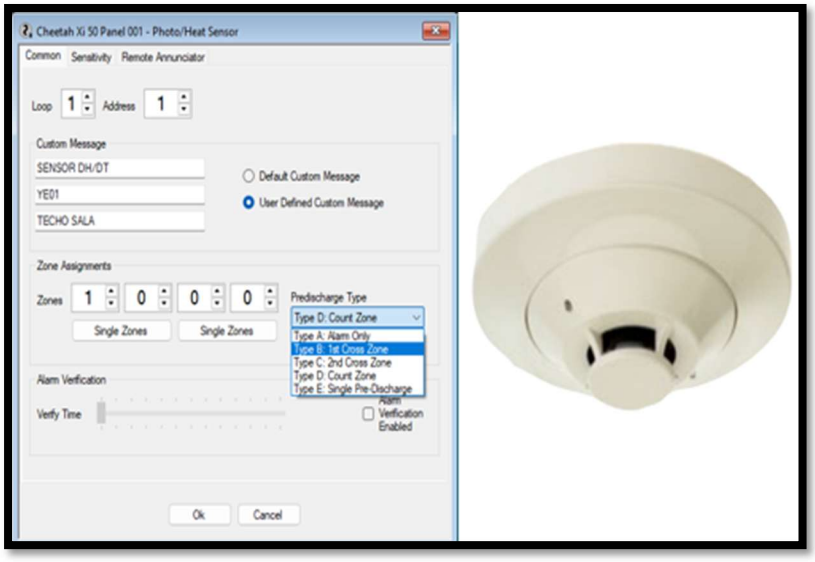
Nota. Fuente: Corporación FIKE (2014).

3.3.2. Detectores de Humo.

Se basará en detectores de humo fotoeléctricos inteligentes marca FIKE modelo 63-1052, los mismos que se instalarán cubriendo al 100% el área a proteger según el cálculo de la Figura 22.

Figura 26

Detector de humo fotoeléctrico/Temperatura.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Sirena con Luz Estroboscópica.

El sistema de Notificación constará de sirenas con luz estroboscópica tanto para la parte interior como para la parte exterior. Los equipos que se utilizarán son marca S. Sensor Modelo: P2R-SP, El sistema de Notificación constará de tres tipos de señales, las cuales se son:

Alarma de Nivel 1: Una sirena con luz estroboscópica debidamente señalizada en el interior de la sala que indicará la activación de un primer detector de humo.

Notificación de Ambiente Inundado: Una luz estroboscópica debidamente señalizada en el exterior de la sala que indicará que el gas ha sido descargado y que deberá mantenerse la puerta cerrada a fin de mantener la concentración de diseño del gas en el ambiente.

Figura 27

Sirena con luz estroboscópica.

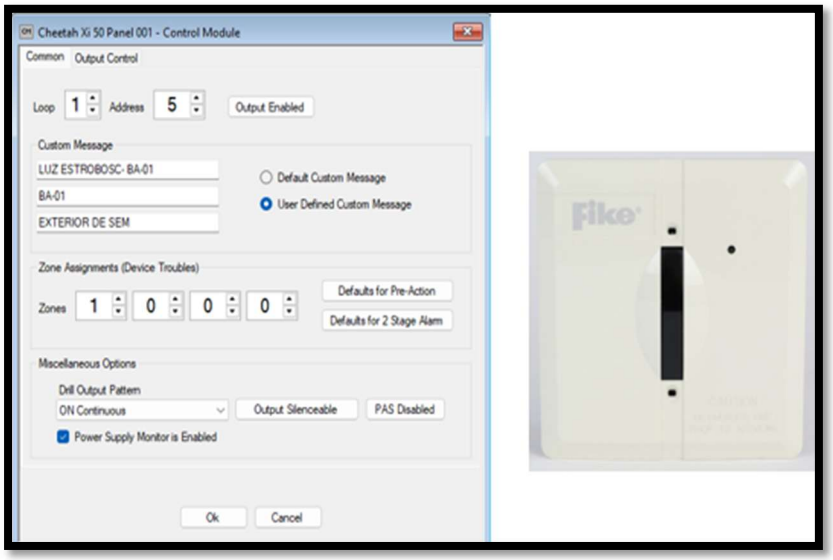
Nota. Fuente: Corporación FIKE (2014).

3.3.4. Módulo de Control.

El módulo de control debe de ser conectado al circuito SLC y proveer un contacto relé con el fin de poder controlar las 03 sirenas estroboscópicas en caso de alarma.

Figura 28

Sirena con luz estroboscópica.



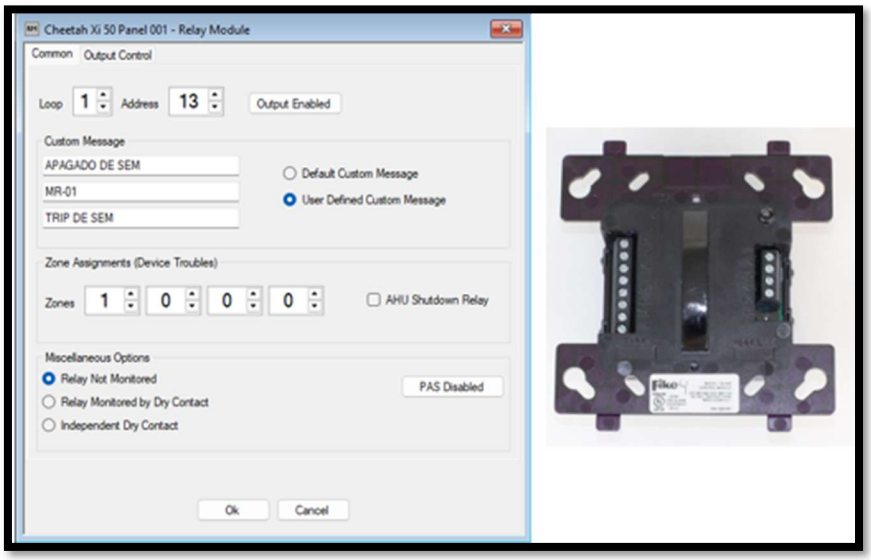
Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.3.5. Módulo de Relé

El modo del relé proporciona un contacto seco mediante un circuito para el apagado de la subestación eléctrica móvil (TRIP) y HVAC. Este dispositivo se programó en el panel y conexiono en normalmente abierto (requerimiento del cliente).

Figura 29

Modulo relé.



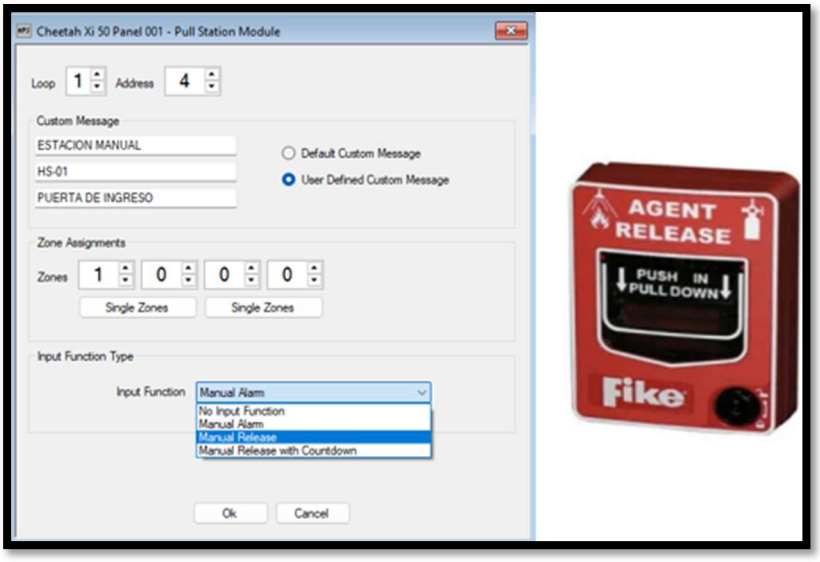
Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.3.6. Estación Manual de Descarga.

Cuando la estación manual de descarga es activada en el área de la subestación eléctrica móvil el Panel contra incendio enviará una señal eléctrica al módulo de descarga, el cual activará el solenoide de la válvula de impulso IVO para la descarga inmediata del agente limpio FM-200 HFC-227ea. Cuando ocurra la descarga el sistema de detección, alarma y supresión de incendios comandará el apagado de la subestación y HVAC mediante el módulo Relé conectado al dicho sistema, todo esto de acuerdo a lo establecido en los en los requerimientos del cliente.

Figura 30

Estación manual de descarga.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.4. Sistema de Control con Detección, Alarma y Supresión de Incendio.

El sistema cuenta con un panel Fike Cheetah xi 50; de detección, alarma y supresión de incendios ubicado en el interior de la sala eléctrica. este panel recibirá la señal de los dispositivos de protección del área correspondiente. su funcionamiento, manual o automático, no debe interferir con los sistemas de iluminación de emergencia o cualquier otro equipo interconectado con el Fire Alarm Control Panel (facp).

El panel de detección de incendios, recibirá la señal de todos los dispositivos de detección (automáticos y manuales) con los que contarán. Además, deberán monitorear y/o controlar otros sistemas de protección contra incendios como el sistema de supresión por agentes limpios. Los sistemas anexos, deberán interconectarse con el panel de detección, alarma y supresión de incendios, bajo las siguientes condiciones:

Cualquier cambio, adición, reemplazo, falla, procedimiento de mantenimiento, modificación de equipo, programación o circuito en los sistemas descritos a continuación no deberán tener ningún efecto en el sistema de detección, alarma y supresión de incendios.

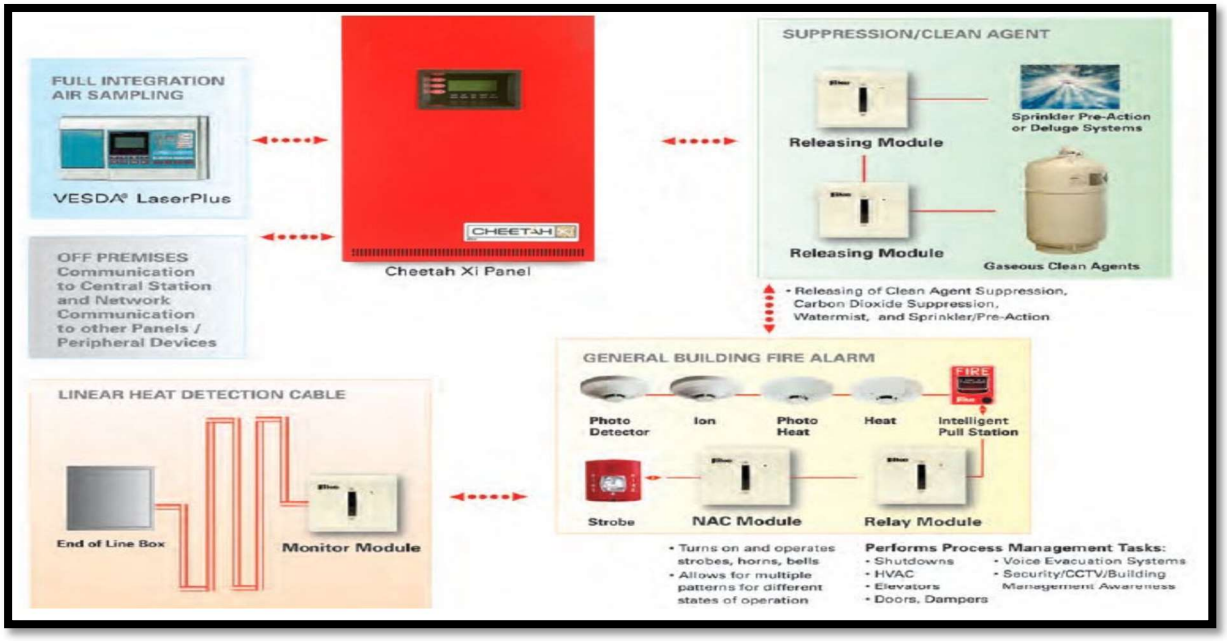
Las señales Alarma de los dispositivos de detección de incendios (automáticos o manuales) deberán tener prioridad sobre cualquier otra señal que no sea del sistema de protección contra incendio, aun cuando esta se haya generado primero. El sistema debe ser programado en modo de Alarma para los dispositivos automáticos y manuales de detección de incendios. El modo de alarma significa que cualquier señal de activación emitida por alguno de los dispositivos de detección de incendios, generará en el panel principal una indicación de Alarma que automáticamente activará las cornetas con luz estroboscópica del área donde se generó la emergencia.

3.5. Topología Física de Datos.

El sistema de monitoreo debe contar con las características del sistema de monitoreo Cheetah Xi 50 están diseñadas para salvar vidas y proteger sus valiosas inversiones de capital a través de una velocidad, inteligencia y flexibilidad operacional.

Figura 31

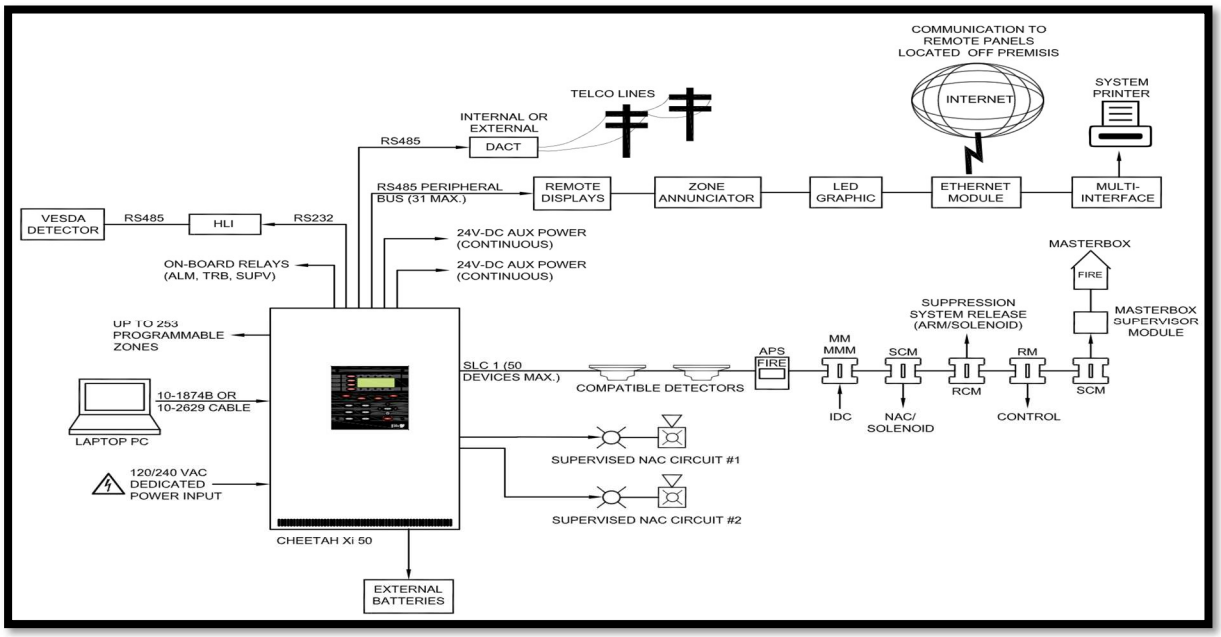
Configuración física del sistema Cheetah Xi.



Nota. Fuente: Imagen referencial del controlado Cheetah Xi 50-FIKE (2014).

Figura 32

Diagrama del controlador Cheetah Xi.



Nota. Fuente: Cheetah Xi 50 - Datasheet. Pag. 4 (2014).

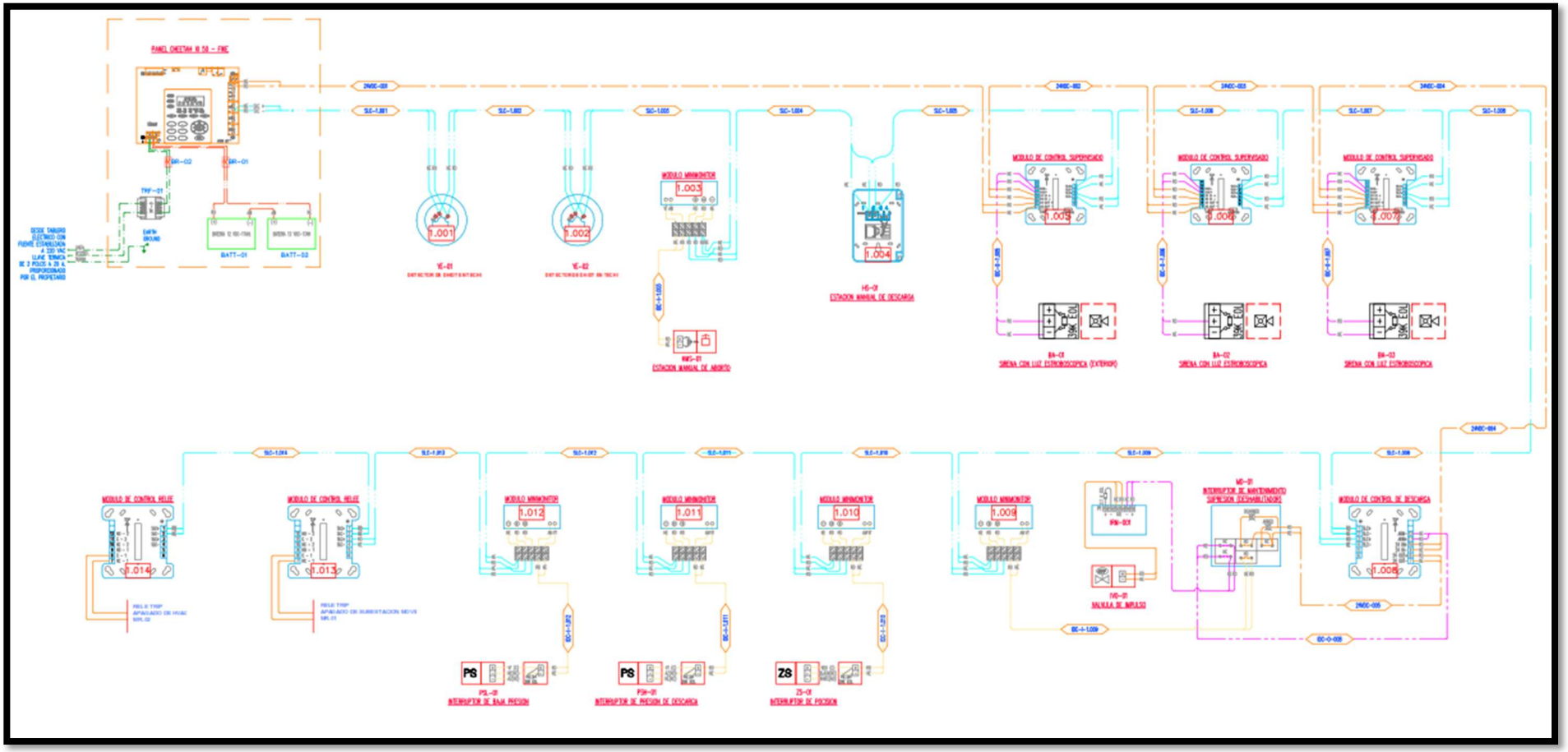
3.6. Diagrama del sistema contra incendio de la Subestación Eléctrica Móvil.

El conexionado del controlador FIKE Cheetah xi 50, tiene todos los elementos mencionados en la sección anterior, en la Figura 33 se muestra la distribución dentro de una sala de una estación eléctrica móvil.

En la Figura 34, se muestra los planos de diseño de instalación del sistema contra incendio de supresión.

Figura 33

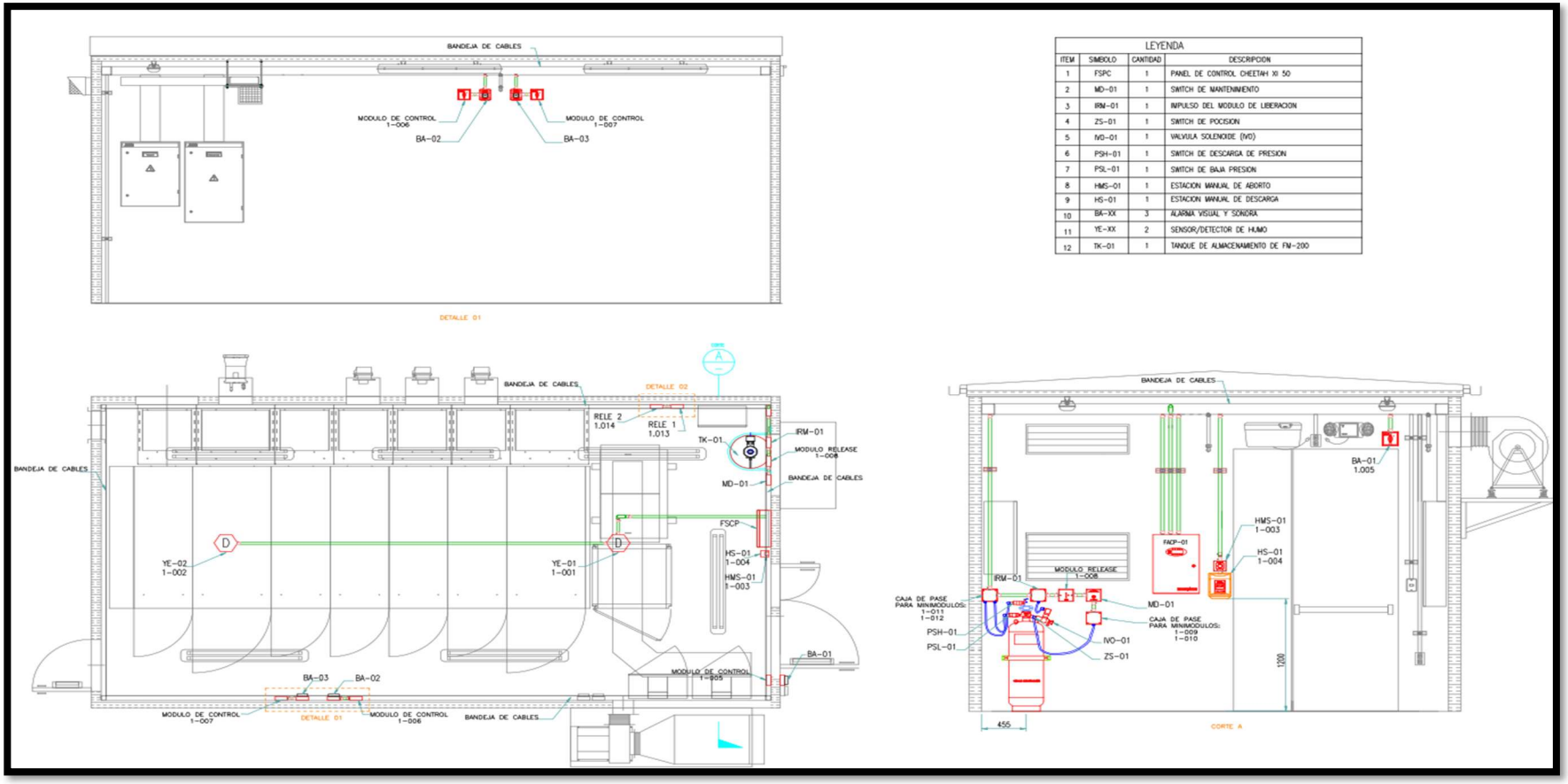
Diagrama de conexionado del controlador Cheetah xi 50.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 34

Diagrama del sistema de Detección, alarma y Supresión.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.7. Programación de Panel de Control Cheetah xi 50

La programación se realizó cumpliendo la matriz de entras y salidas de la Figura 24 y cumpliendo el orden para la dirección de dispositivos de acuerdo al conexionado de dispositivos (Figura 33). Por tal motivo, se programado 14 dispositivos en el lazo 1 (Loop1) según la Tabla 11. Asimismo, se puede ver en la Figura 35 la programación en el software C-linx 7.5.

Tabla 11

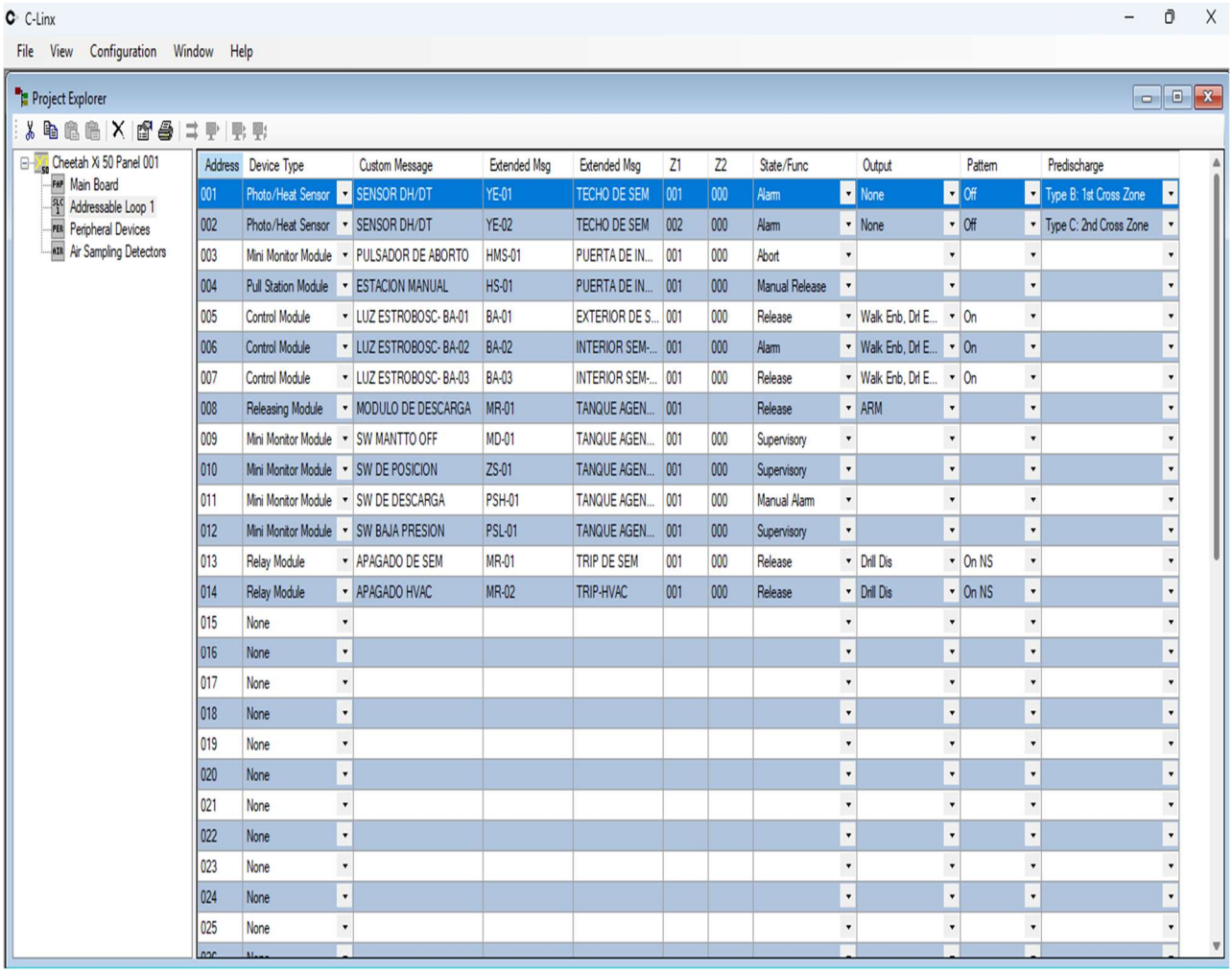
Lista de dispositivos para programar.

Dirección	Tipo de dispositivo	Nombre de dispositivo	Tag de dispositivo	Ubicación	Función
1-001	Photo/Heat Sensor	Sensor DH/DT	YE-01	Techo SEM	Alarm
1-002	Photo/Heat Sensor	Sensor DH/DT	YE-02	Techo SEM	Alarm
1-003	Mini Monitor Module	Pulsador de aborto	HMS-01	Puerta de ingreso	Abort
1-004	Pull Station Module	Estación manual	HS-01	Puerta de ingreso	Manual Release
1-005	Control Module	Luz estroboscópica BA-01	BA-01	Exterior	Alarm
1-006	Control Module	Luz estroboscópica BA-02	BA-02	Interior	Release
1-007	Control Module	Luz estroboscópica BA-03	BA-03	Interior	Release
1-008	Releasing Module	Módulo de descarga	IVO-01	Tanque Agente	Release
1-009	Mini Monitor Module	SW Mantto. OFF	MD-01	Tanque Agente	Supervisory
1-010	Mini Monitor Module	SW de posición	ZS-01	Tanque Agente	Supervisory
1-011	Mini Monitor Module	SW de descarga	PSH-01	Tanque Agente	Manual Alarma
1-012	Mini Monitor Module	SW de baja presión	PSL-01	Tanque Agente	Supervisory
1-013	Relay Module	Apagado de SEM	MR-01	TRIP de SEM	Release
1-014	Relay Module	Apagado de HVAC	MR-02	TRIP de HVAC	Release

Nota. Fuente*:* Elaboración propia.

Figura 35

Dispositivos Programados en el software C-linx.



Address	Device Type	Custom Message	Extended Msg	Extended Msg	Z1	Z2	State/Func	Output	Pattern	Predischarge
001	Photo/Heat Sensor	SENSOR DH/DT	YE-01	TECHO DE SEM	001	000	Alarm	None	Off	Type B: 1st Cross Zone
002	Photo/Heat Sensor	SENSOR DH/DT	YE-02	TECHO DE SEM	002	000	Alarm	None	Off	Type C: 2nd Cross Zone
003	Mini Monitor Module	PULSADOR DE ABORTO	HMS-01	PUERTA DE IN...	001	000	Abort			
004	Pull Station Module	ESTACION MANUAL	HS-01	PUERTA DE IN...	001	000	Manual Release			
005	Control Module	LUZ ESTROBOSC- BA-01	BA-01	EXTERIOR DE S...	001	000	Release	Walk Enb, Drl E...	On	
006	Control Module	LUZ ESTROBOSC- BA-02	BA-02	INTERIOR SEM-...	001	000	Alarm	Walk Enb, Drl E...	On	
007	Control Module	LUZ ESTROBOSC- BA-03	BA-03	INTERIOR SEM-...	001	000	Release	Walk Enb, Drl E...	On	
008	Releasing Module	MODULO DE DESCARGA	MR-01	TANQUE AGEN...	001		Release	ARM		
009	Mini Monitor Module	SW MANTTO OFF	MD-01	TANQUE AGEN...	001	000	Supervisory			
010	Mini Monitor Module	SW DE POSICION	ZS-01	TANQUE AGEN...	001	000	Supervisory			
011	Mini Monitor Module	SW DE DESCARGA	PSH-01	TANQUE AGEN...	001	000	Manual Alarm			
012	Mini Monitor Module	SW BAJA PRESION	PSL-01	TANQUE AGEN...	001	000	Supervisory			
013	Relay Module	APAGADO DE SEM	MR-01	TRIP DE SEM	001	000	Release	Drill Dis	On NS	
014	Relay Module	APAGADO HVAC	MR-02	TRIP-HVAC	001	000	Release	Drill Dis	On NS	
015	None									
016	None									
017	None									
018	None									
019	None									
020	None									
021	None									
022	None									
023	None									
024	None									
025	None									

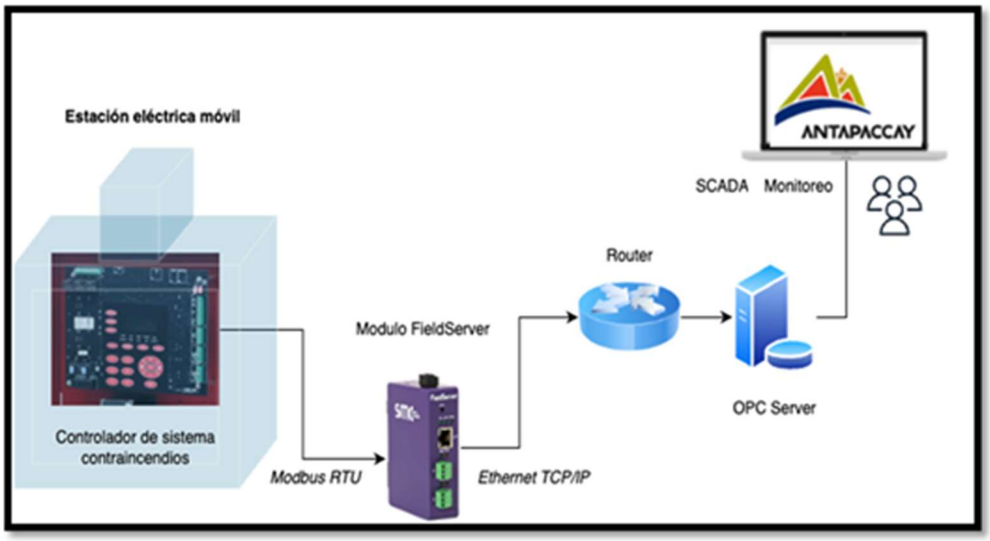
Nota. Fuente*:* Elaboración propia.

3.8. Sistemas de control, supervisión y adquisición de datos

Para el monitoreo se utilizó un módulo Field Server, donde el Gateway del dispositivo permite al panel del sistema contra incendio compartir sus señales por protocolo RS-485 y Modbus TCP/IP. Asimismo, se exportará los datos mediante un arreglo configurado en el Field Server como se muestra en la Figura 37. Para la creación de pantallas se utilizó un servidor Scada donde se ejecutó las aplicaciones según necesidad del cliente, como se muestra en la arquitectura de la Figura 36.

Figura 36

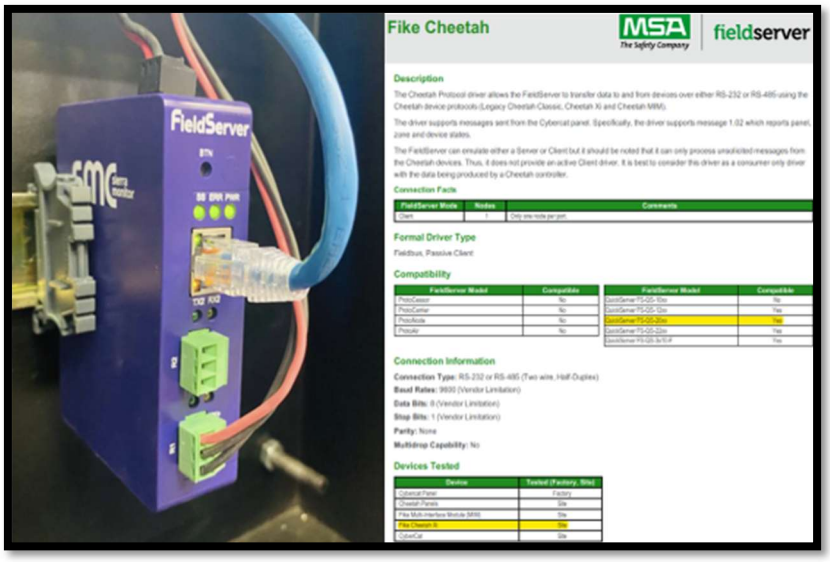
Arquitectura Scada.



Nota. Fuente*:* Elaboración propia.

Figura 37

Módulo Field Server.



Nota. Fuente: Elaboración Propia.

3.8.1. Scada para sistema contra incendios

El scada permitirá las siguientes funciones básicas:

- Pantalla Inicial Login
- Pantalla principal
- Pantalla de eventos
- Pantalla de historial de eventos.

3.7.1.1 Pantalla Inicial Login

La pantalla inicial al ejecutarse el SCADA, es necesario ingresar el "username" y el "password" entregado a compañía Minera Antapaccay, ver Figura 38.

Figura 38

Pantalla de Inicio.

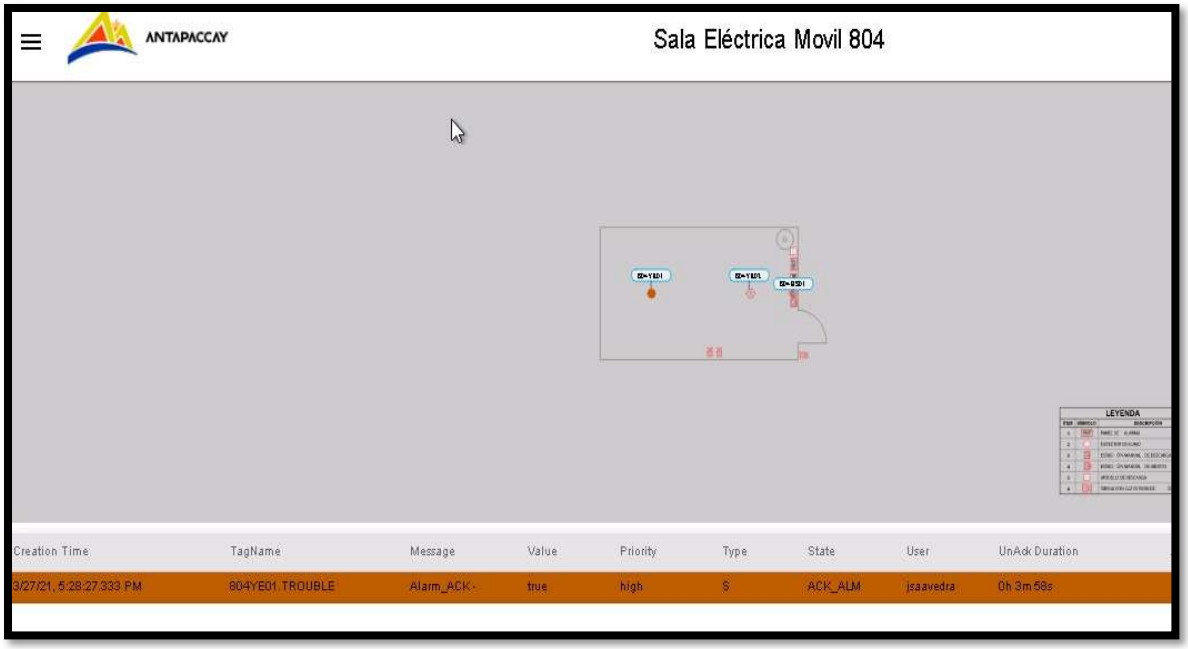
Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.7.1.2 Pantalla principal

La pantalla principal muestra el diseño básico de dispositivos que serán monitoreados del sistema contra incendio en la subestación eléctrica móvil, ver Figura 39.

Figura 39

Pantalla principal de monitoreo.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.7.1.3 Pantalla de eventos

Cuando se produce un evento los indicadores se pondrán de un color dependiendo del tipo, en caso de alarma (rojo) y problema (anaranjado), ver Figura 40 y Figura 41. Se podrá reconocer el evento dando un clic en el icono del dispositivo para identificar su tag (ubicación/dirección), ver Figura 43. Estos eventos se mostrarán en un contador (campana) y al mismo tiempo emitirá un sonido con opción de silenciarse ver Figura 42.

Figura 40

Detección de fuego por el sistema SCADA.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

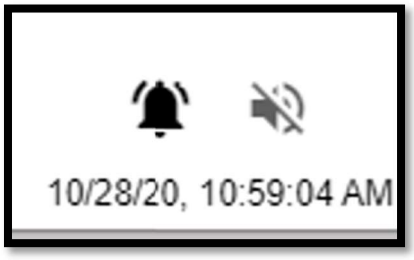
Figura 41

Alerta de desconexión por el sistema SCADA.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 42

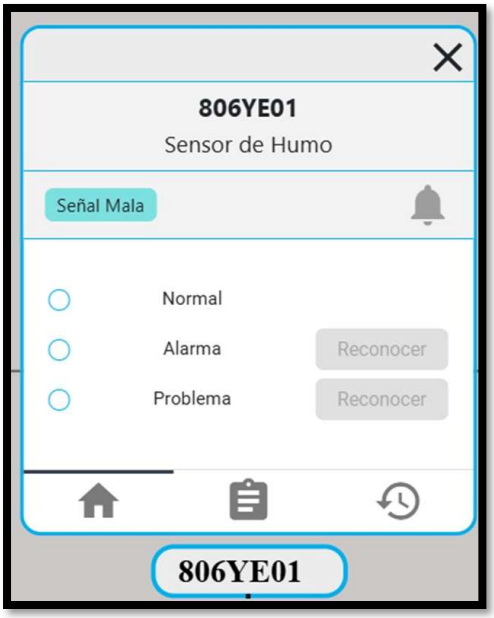
Icono de contador y sonido de eventos.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 43

Reconocimiento de eventos.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.7.1.4 Pantalla de historial de eventos.

En la barra de eventos se muestra el botón reconocer y reconocer todos, ver Figura 44, después de verificar el problema y/o alarma se coordinará con Central de Emergencia para reconocer el evento, ver Figura 45.

Figura 44

Botones de reconocimiento de evento.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 45

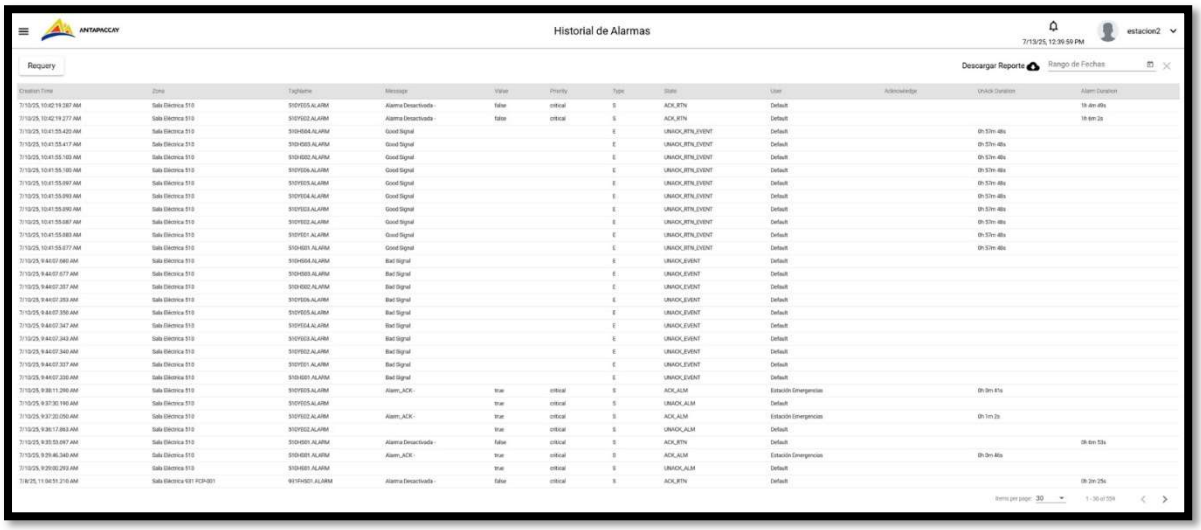
Barra de Alarmas y/o Problemas.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

También se mostrará como máximo 6000 eventos, el cual prescribirá sobre el primer evento en caso se almacenen más de la cantidad mencionada como se muestra en la Figura 46.

Figura 46

Historial de eventos.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.9. Inversión del Diseño

La inversión en un sistema contra incendio y monitoreo continuo, consta de los componentes eléctricos, mecánicos y licencia. A continuación, se presentan algunos elementos que pueden requerir inversión, ver Tabla 12.

Tabla 12

Presupuesto del sistema contra incendios con inyección de agente FM200.

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (USD$)	Precio total (USD$)
1	Sistema control; detección alarma de incendios.	01	9,669.74	9,669.74
2	Servicio de montaje electromecánico	01	3,747.00	3,747.00
3	Sistema de monitoreo	01	4,500.00	4,500.00
VALOR TOTAL: USD 17,916.74 Son: diecisiete mil novecientos dieciséis con 74/100 dólares americanos.		Total (USD$)	17,916.74	17,916.74

Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.10. Cronograma de trabajo

Se planteo fechas de acuerdo a la compra de importación, logística y habilitación de personal para la ejecución del servicio. Se tomaron 53 días desde el inicio del servicio hasta la entrega al cliente. A continuación, se describen los pasos que se seguirán para el desarrollo según la Tabla 13.

Tabla 13

Procesos para la instalación del sistema contra incendio y monitoreo.

NOMBRE DE LA TAREA	DURACIÓN
INSTALACIÓN DE SISTEMA DE DETECCION Y SUPRESION CONTRA INCENDIOS SUBESTACIÓN ELECTRICA MÓVIL ABB-806.	**53 días**
Desarrollo de Ingeniería Detección	**11 días**
Desarrollo de cálculos de Detección	2 días
Desarrollo de planos de Detección	4 días
Aprobación del cliente	5 días
Desarrollo de Ingeniería Supresión	**11 días**
Desarrollo de cálculos de Supresión	2 días
Desarrollo de planos de Supresión	4 días
Aprobación del cliente	5 días
APROBACIÓN DE LISTADO DE EQUIPOS Y/O DISPOSITIVOS	**5 días**
Aprobación del Cliente	4 días
Inicio de Importación	1 día
ABASTECIMIENTO LOGÍSTICO	**15 días**
Gestión de Importaciones y compras locales	14 días
Traslado de mercadería a los almacenes del cliente	1 día
EJECUCIÓN DEL SERVICIO	**11 días**
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA MÓVIL ABB-806; Instalación, Pruebas, Puesta en marcha.	
Detección y Supresión	**8 días**
Habilitación de Soportes	2 día
Montaje de Soportes y Tubería Conduit	1 día
Cableado	1 día
Montaje de Panel de Detección	1 día
Instalación de Dispositivos	1 día
Instalación de Tanque con FM-200	1 día
Pruebas y Puesta en Marcha	1 día
Monitoreo de Sistema Contra Incendio	**3 días**
Instalación de servidor y configuración	1 día
Instalación de Field Server y configuración de data	1 día
Pruebas de Pantallas de Scada y Usuarios.	1 día

Nota. Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV. Resultados, Contrastación de Hipótesis y Discusión de Resultados

4.1. Resultados

4.1.1. Diseño de Supresión

Se realizó el cálculo de acuerdo a normativas y entidades reguladoras a nivel nacional e internacional vigente. Entonces, el cálculo de agente limpio se realizó para inundación total de la parte interna de la subestación eléctrica móvil, logrando como resultado $38\ kg\ (74lb)$, para ello, de acuerdo a la Figura 19 se seleccionó 01 (uno) tanque de $100lb\ (numero\ de\ parte: 70-266)$. Se calculó que, será necesario 02 (dos) boquillas de descarga para cumplir el tiempo de descarga del agente FM200 (HFC227ea) de acuerdo a (FIKE, 2025) es $9{,}4\ segundos$ cumpliendo el requerimiento de la norma (NFPA 2001, 2022) que indica que debe ser $\leq 10\ segundos$.

Tabla 14

Comparación de Parámetros de Diseño.

Subestación eléctrica Móvil	Sin Supresión (**ANTES**)	Con Supresión (**DESPUÉS**)
Panel Contra Incendio	BOSCH / FPD-7024	FIKE / Cheetah xi
Volumen protegido	$275\ m^3$	$275\ m^3$
Dispositivos del sistema de Supresión	-	7
Tipo de agente	-	FM-200 (HFC227ea)
Peso del agente	-	38 kg (84 lb)
Presión del tanque	-	2482 kPa (360 PSI)
Cantidad de boquillas de descarga	-	2
Capacidad de baterías	24VDC - 4.2 AH	24VDC – 17 AH

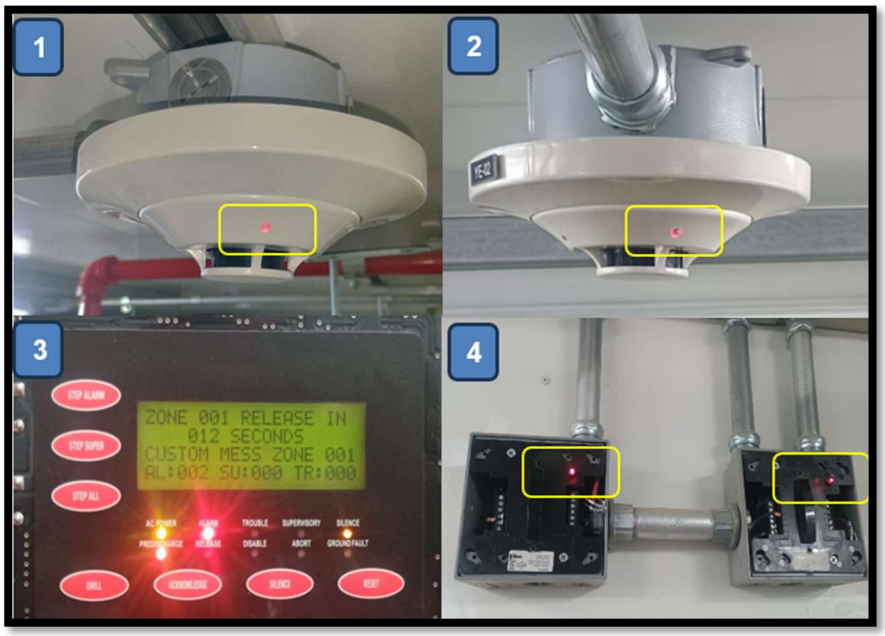
Nota. Fuente. Elaboración Propia.

4.1.2. Programación de Panel Contra Incendio

Para la programación de dispositivos se utilizó en el software c-linx, donde se consideró como zona 1 el interior de la subestación eléctrica móvil. Entonces, para reducir el riesgo de incendio y propagación; se programó desde el panel FIKE modelo Cheetah xi/50, 01 (uno) módulo relé para el apagado la subestación eléctrica móvil y 01 (uno) módulo relé para el apagado de HVAC en normalmente abierto (C/NO), la lógica de programación se activará en zona cruzada con detectores de humo/temperatura, esto quiere decir que debe activarse (condición de alarma) ambos detectores para que se active los relés. Se programó un tiempo de descarga de $15\ segundos$ después de activarse la alarma de descarga (release). En la Figura 47, se muestras los procesos descritos anteriormente.

Figura 47

Secuencia de descarga y activación de relé.



Nota. Fuente. Elaboración Propia.

4.1.3. Análisis de riesgo método cualitativo

En base a la norma (NFPA 551, 2022) y como guía la Matriz de riesgo de 5x5 de Antapaccay 2024 como se muestra en la Figura 48**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** , en la Tabla 15 se analiza el resultado del riesgo residual después de la implementación del sistema contra incendio de supresión y monitoreo (control de ingeniería).

- Sistema de monitoreo.
- Sistema de Supresión.

Tabla 15

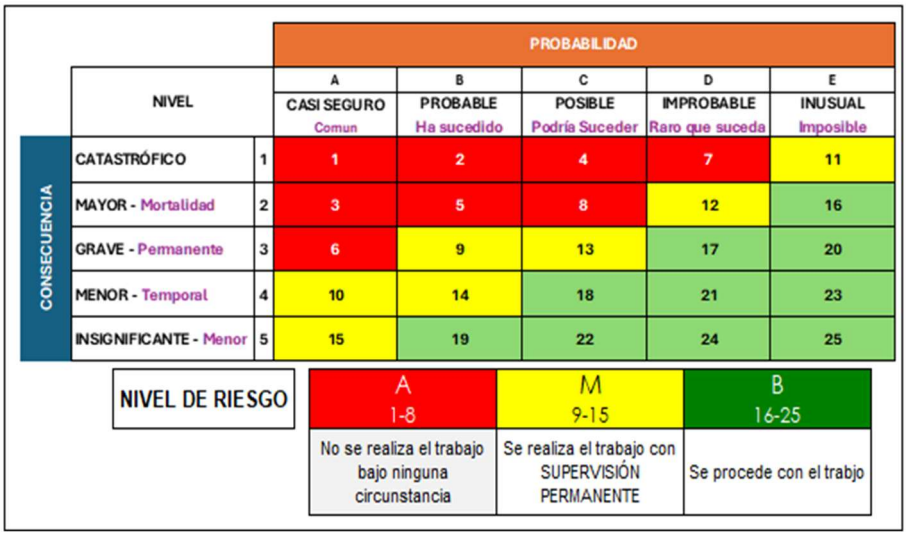
Análisis de Riesgo Residual.

Riesgo Identificado	Probabilidad	Consecuencias	Riesgo Residual
Incendio en transformador	Baja	Media	Baja
Arco eléctrico en celda de media tensión	Media	Baja	Baja
Falla de HVAC (Calor excesivo).	Baja	Baja	Baja
Sobretensión en celdas	Baja	Media	Baja
Corto circuito en tablero de control	Baja	Media	Baja
Explosión de gases en banco de baterías	Baja	Media	Baja

Nota. Fuente. Elaboración Propia.

Figura 48

Matriz de Riesgo Antapaccay 2024.



CONSECUENCIA	NIVEL		PROBABILIDAD A CASI SEGURO Comun	B PROBABLE Ha sucedido	C POSIBLE Podría Suceder	D IMPROBABLE Raro que suceda	E INUSUAL Imposible
	CATASTRÓFICO	1	1	2	4	7	11
	MAYOR - Mortalidad	2	3	5	8	12	16
	GRAVE - Permanente	3	6	9	13	17	20
	MENOR - Temporal	4	10	14	18	21	23
	INSIGNIFICANTE - Menor	5	15	19	22	24	25

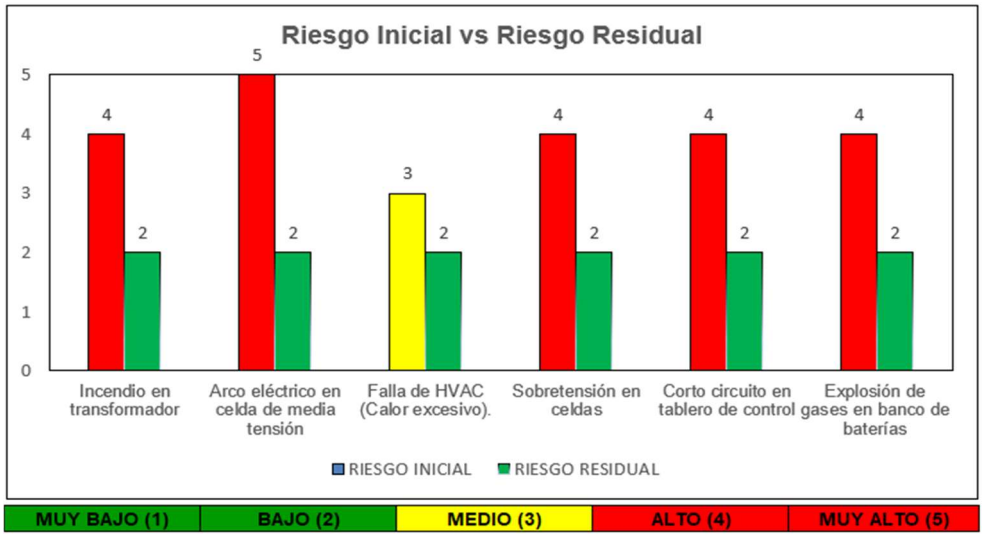
NIVEL DE RIESGO	A 1-8	M 9-15	B 16-25
	No se realiza el trabajo bajo ninguna circunstancia	Se realiza el trabajo con SUPERVISIÓN PERMANENTE	Se procede con el trabjo

Nota. Fuente: Matriz de Riesgos 5x5 Antapaccay 2024.

En la Figura 49 se realiza un comparativo del riesgo inicial (Tabla 3) y riesgo residual (Tabla 15).

Figura 49

Comparativo de Riesgo Inicial y Residual.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. Sistema de monitoreo.

Para el monitoreo se logró exportar los datos del panel contra incendio con el módulo Field Server, posteriormente se realizó el arreglo de la data para la comunicación con el Scada mediante el protocolo Modbus/TC. En la siguiente Tabla 16, se muestra los valores monitoreados y pantallas creadas.

Tabla 16

Resultado de variables analizadas y pantallas.

SISTEMA DE MONITOREO CONTRA INCENDIO		
Variables	TagName: YE01.ALARMA TagName: YE02.ALARMA TagName: HS01.ALARMA	El estado de alarma: Detector de Humo o estación Manual.
	TagName: YE01.PROBLEMA TagName: YE02.PROBLEMA TagName: HS01.PROBLEMA	El estado de Problema: Detector de Humo o estación Manual (Desconectado).
Pantallas	Pantalla Inicial Login	Inicio de sesión.
	Pantalla Principal	Pantalla de la Subestación.
	Pantalla de Evento	Evento de Alarma o Problema.
	Pantalla de Historial de Eventos	Registro de evento.
	Pantalla de Usuario	Muestra los usuarios conectados.

Nota. Fuente. Elaboración Propia.

4.1.5. Tiempo de respuesta del área de emergencias.

El tiempo de respuesta se reduce considerablemente por el monitoreo del sistema contra incendio en tiempo real. A continuación, se presenta un cuadro con las variables monitoreadas y los tiempos de respuesta antes y después. Consideraciones para los tiempos de comunicación radial y monitoreo son; el sistema de monitoreo tiene un $Delay \leq 15\ (s)$ para que active el sistema de

supresión, la comunicación efectiva por radio es $\leq 12\ (s)$ y los electricistas revisan diario la condición de la subestación eléctrica móvil, ver Tabla 17 y Figura 50.

Tabla 17

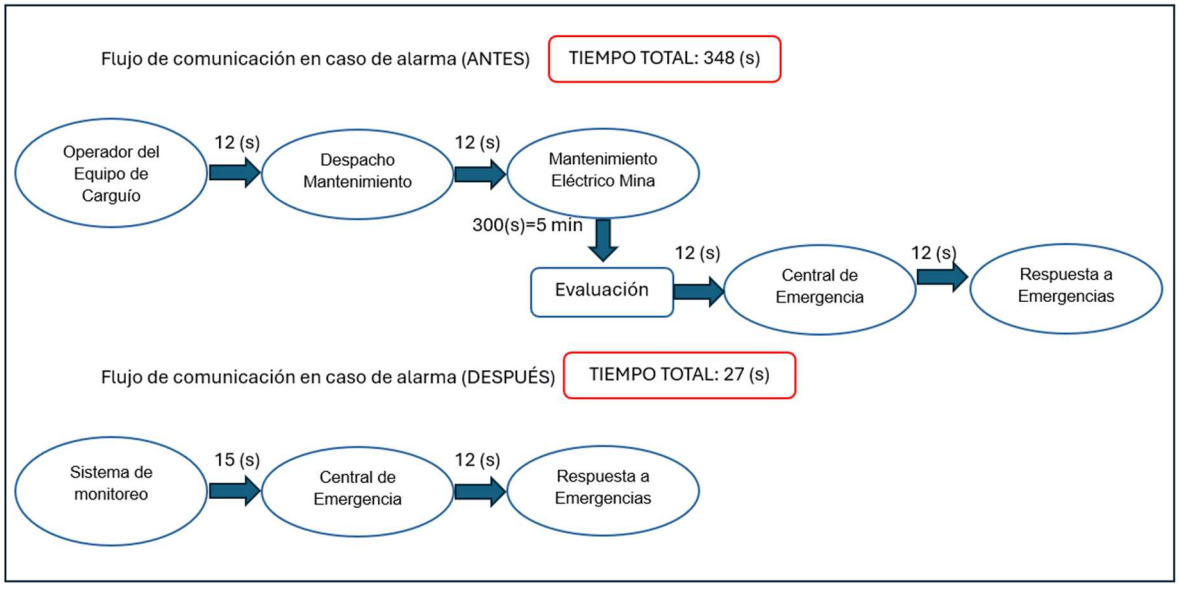
Tiempos de Respuesta (Antes vs Después).

	Tiempo de respuesta máximo (Antes)	**Tiempo de respuesta máximo (Después)**
Problema de Detector	86400 segundos (24 horas)	15 segundos
Problema de Estación Manual	86400 segundos (24 horas)	15 segundos
Estado de Alarma	348 segundos	27 segundos

Nota. Fuente. Elaboración Propia.

Figura 50

Flujo de comunicación con tiempos.



Nota. Fuente. Elaboración Propia.

4.2. Contrastación de la hipótesis

4.2.1. Contrastación de la Hipótesis General

Fue posible disminuir el riesgo con el diseño del sistema contra incendio de supresión y monitoreo, para el diseño se aplicó las normas (NFPA 72, 2016), (NFPA 551, 2022), (NFPA 850, 2020) y (NFPA 2001, 2022).

4.2.2. Contrastación de la Hipótesis Especificas

a) De acuerdo a la Figura 49, donde se compara el riesgo inicial y residual con un análisis cualitativo, se puede verificar que, después de diseñar un sistema contra incendio de supresión y monitoreo, se reduce el riesgo significativamente en subestaciones eléctricas móviles de Minería.

b) De acuerdo a la Tabla 17, por la descarga automática del agente y monitoreo en tiempo real, se verificó la disminución de tiempo de respuesta en caso de incendio en subestaciones eléctricas móviles de Minería.

4.3. Discusión de Resultados

Los resultados obtenidos se basaron en el análisis cualitativo de riesgo residual y desarrollado en base a las normas reguladoras de minería con referencia a (NFPA 72, 2016) y (NFPA 2001, 2022), sin embargo, Vizhco (2023) analiza los tipos de riesgo de forma cualitativa mediante el método de Gretener y Meseri, y en base a la Guía Técnica Colombiana. Asimismo, el identifica realizar un mapa de riesgo para mostrar más claro las zonas de peligro.

Esta investigación fue analizada para una protección contra incendio del interior de subestaciones eléctricas móvil, por no tener un lugar fijo donde se puede establecer un sistema de rociadores para los trasformadores. Divergiendo de Manssur (2018),

quien se enfoca en sistema de supresión en base a rociadores automático con agua pulverizada para la protección de transformados en subestaciones eléctricas.

En el presente trabajo de investigación, se realizó diseño de sistemas contra incendio de supresión, en comparación con los estudios de Mamani (2020), quién diseña con la limitante de un sistema contra incendio de detección y alarma, sin incluir un sistema de supresión para una actuación temprana para reducir riesgos y consecuencias en casos de incendio.

En concordancia con el trabajo de investigación de Solano (2017), se realizó la interconexión del sistema contra incendio para monitoreo de los dispositivos con la diferencia de la interfaz y software de la marca de panel, por tal motivo, se tuvo limitantes en las variables de monitoreo. En presente trabajo de investigación, solo monitorea las variables de problema y alarma en detectores y estaciones manuales.

CONCLUSIONES

Al partir del análisis de resultados, se logró Diseño de un sistema contra incendio de supresión y monitoreo para disminuir el nivel de riesgo de incendios en subestaciones Eléctricas Móviles de Minería, y con ello el cumplimiento del objetivo general de este trabajo de investigación.

Se alcanzó el cumplimiento del objetivo específico 1, ya que se logró determinar que el sistema contra incendio de supresión y monitoreo disminuye el riesgo de incendio en subestaciones eléctricas móviles de minería. Según la Figura 49, se verifica una disminución significativa del riesgo. Asimismo, se respetaron los parámetros para el cálculo del agente y los criterios de diseño de los dispositivos, de acuerdo con las normas NFPA 2001 (2022) y NFPA 72 (2016).

Se alcanzó el cumplimiento del objetivo específico 2, al determinar que el sistema contra incendio de supresión y monitoreo disminuye el tiempo de respuesta de incendios en subestaciones eléctricas móviles de minería. Según la Tabla 17, se evidencia una disminución en el tiempo de respuesta frente a eventos de incendio. Se logró el monitoreo en tiempo real de las variables de alarma y fallas del panel contra incendios. Asimismo, este monitoreo ayudará a mantener la operación continua de la mina evitando paradas por falsa activaciones e incendios incontrolados por tiempo de respuesta.

RECOMENDACIONES

Se recomienda considerar la implementación de sistemas de detección temprana de humo por aspiración (VESDA), con el fin de reducir la probabilidad de falsas descargas del sistema de supresión, especialmente en ambientes con alta concentración de polvo, como es común en entornos mineros. Previamente, se sugiere realizar un estudio técnico-económico considerando su viabilidad operativa y financiera.

Si bien el análisis cualitativo puede ser útil como primer acercamiento al riesgo de incendio, para una investigación más profunda en seguridad se recomienda complementarlo con estudios cuantitativos que incluyan datos estadísticos e históricos de eventos relacionados. Esta integración permitirá obtener una evaluación de riesgo más objetiva, precisa y fundamentada.

Para el diseño del sistema de protección contra incendios y el cálculo del agente extintor, es fundamental que se tomen como referencia inicial las disposiciones y exigencias establecidas por los entes reguladores del país. Posteriormente, se debe complementar con normas técnicas internacionales, tales como la NFPA (National Fire Protection Association), a fin de asegurar un diseño conforme a los estándares de seguridad globales.

Actualmente, el monitoreo del sistema contra incendio se limita a señales generales como “Problema”, “Alarma” y “Señal de Comunicación”. Se recomienda ampliar esta funcionalidad mediante la integración del monitoreo detallado de todos los componentes críticos del sistema, como módulos de supervisión, control, relé y de descarga. Asimismo, se sugiere estudiar la factibilidad técnica y normativa de incorporar una función de descarga remota del sistema de supresión, lo cual podría mejorar la respuesta ante emergencias en ubicaciones de difícil acceso o presencia limitada de personal.

Referencia

A.060. (2006). *Guía para la Evaluación de los Riesgos de Incendio.* Ministerio de vivienda, construción y saneamiento.

Alan. (2018). *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica.* Machala, Ecuador: UTMACH. https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12498/1/Procesos-y-FundamentosDeLainvestiagcionCientifica.pdf

Antapaccay, C. M. (2021). *Subestaciones Eléctricas Móvil.* Antapaccay.

Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación para Administración y Economía.* Colombia: Pearson Educación.

Bosch Security Systems. (2024). *Bosch Security.* https://www.boschsecurity.com/es/productos/sistemas-de-deteccion-de-incendios

CODELCO. (2023). *Reporte de sostenibilidad 2023.* www.codelco.com/prontus_codelco/site/docs/20240605/20240605125310/codelco_reporte_de_sustentabilidad_2023.pdf

Department of the Army. (2006). Supervisory Control and Data Acquisition (Scada) Systens of comand, control, communication, computer, intelligence, surveillance, reconnaissance (C4ISR). En D. o. Army, *Supervisory Control and Data Acquisition (Scada) Systens of comand, control, communication, computer, intelligence, surveillance, reconnaissance (C4ISR).* Washington DC.

ESAEMEX. (2024). *Riesgo de trabajo.* https://www.construex.com.mx/exhibidores/esaemex

FIKE. (2025). *Agente Limpio HCF-227ea .* https://my.fike.com/_fike_docs/Fire_Suppression/Chemical_Agent/FM-200/Data_Sheets/IV10201.pdf

Flores. (2018). *Plan de mejora en la gestión de mantenimiento para asegurar la disponibilidad de equipos de carguío de una empresa minera".* Apurimac: Universidad Cesar Vallejo.

Hayton, J. (2017). Plant Hazard Analysis. En J. Hayton, *Plant Hazard Analysis.* United States.

HBP, H. B. (2019). *Proyecto Sistema Contra Incendio de la Ampliación Toquepala.* Lima.

Hernández. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. Primera Edición). Mexico DF, México DF, México: McGRAW-HILL / Interamericana Editores S.A. de C.V.

Huamani y Paucara, J. H. (2019). *Evaluación del Riesgo de Incendio a través del método Gretener para implementar medidas de prevención en la empresa Tecktometal SAC.* UTP. https://hdl.handle.net/20.500.12867/2299

ISO 45001. (2018). *Sistema de Gestión de la seguridad y Salud en el trabajo.* FC Editorial.

Mamani, E. (2020). *Implementación de un distema de detección y alarma de incendios en salas eléctricas y subestaciones de 7.5 MVA, 34.5/4.16 kV.* Arequipa: Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa. https://repositorio.unsa.edu.pe/items/851fd100-6c3f-47d1-b947-12307eb233fa

Manssur, D. (2018). *Diseño y presupuesto para la implementación de un sistema de protección contra incendios en la subestación de 69 kV.* Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/10158/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-134.pdf

MINEM. (2006). Código Nacional de Electricidad - Utiización. En MIENM, *Código Nacional de Electricidad - Utiización* (pág. 839). Lima: MINEM.

MINEM. (2017). *D.S. N°024-2016-EM y su modificatoria que corresponde al D.S. N° 023-2017-EM, según el capítulo X, artículo 404.* LIMA: MINEM.

MINEM. (2017). *De acuerdo al D.S. N° 023-2017-EM, según el capítulo I, artículo 363.* Lima: MINEM.

MINEM. (2018). *Cuadro estadístico de accidentes mortales.* LIMA: MINEM.

MINEN. (2007). *Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos DECRETO SUPREMO Nº043-2007-EM.* MINEN. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5977044/5136203-decreto-supremo-n-043-2007-em.pdf?v=1709666789

NFPA 2001. (2022). *Norma sobre Sistemas de Extinción de Incendios con Agentes Limpios.* National Fire Protection Association (NFPA). https://link.nfpa.org/publications/2001/2022

NFPA 551. (2022). *Guía para la Evaluación de los Riesgos de Incendio.* NFPA.

NFPA 72. (2016). *Código Nacional de Alarmas de Incendios y Señalización.* USA: Battery Park.

NFPA 850. (2020). *Práctica Recomendada para la Protección contra Incendios de Plantas de Generación de Energía Eléctrica y Estaciones de Conversión de Corriente Directa de Alto Voltaje.* NFPA.

NTP 350.021:2012. (2017). *NTP 350.021:2012 Clasificación de los fuego y representación gráfica.* Lima: INACAL. www.servilex.pe/documents/seguridad/350.021-2012.pdf

Panduro, R. (2020). *Sistema Contra Incendio bajo la norma NFPA para incrementar la seguridad del personal en la minera las Bambas, Apurimac.* Universidad Señor de Sipán. https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/8054

Prada, J. (2018). *Panel de detección y alarma tipo convencional.* (P. José, Editor) https://www.joseprada.com/servicios-diseno-de-redes-contra-incendios/

RNE. (2024). *Reglamento Nacional de Edificaciones.* Ministerio de vivienda, construción y saneamiento.

Solano, F. (2017). *Interconexión del sistema de detección y alarma contra incendios entre las plantas de Refinería y de Fundición.* Lima: Universidad Tecnologica del Peru.

Telgian. (2024). Guía de sistemas de alarma contra incendios. (Telgian, Ed.) https://telgian.com/es/fire-alarm-systems-guide/

Vizhco, J. V. (2023). *Propuesta de diseño de un sistema contra incendios en una Estaciòn de Bombero para dreneja de aguas lluvias en eel Canton Naranjal.* Universidad Politécnica Salesiana. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25155/1/UPS-GT004448.pdf

ANEXOS

ANEXO A: Matriz de consistencia

La consistencia de la investigación se expone en la siguiente matriz (Tabla 18).

Tabla 18

Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema General	**Objetivo General**	**Hipótesis General**	**Variable Independiente**	**Tipo de Investigación**
¿De qué manera un sistema contra incendio de supresión y monitoreo logra disminuir el nivel de riesgo de incendios en subestaciones Eléctricas Móviles de Minería?	Diseño de un sistema contra incendio de supresión y monitoreo para disminuir el nivel de riesgo de incendios en subestaciones Eléctricas Móviles de Minería.	El diseño de un sistema contra incendio de supresión y monitoreo disminuirá el nivel de riesgo de incendios en Subestaciones Eléctricas Móviles de minería.	Diseño de un sistema contra incendio de supresión y monitoreo. .	Aplicada con enfoque cualitativo.
Problema Específicos	**Objetivo Específicos**	**Hipótesis Específicos**	**Variable Dependiente**	**Nivel de Investigación**
1) ¿De qué manera el sistema contra incendio de supresión y monitoreo disminuye el riego de	1) Determinar de qué manera el sistema contra incendio de supresión y monitoreo	1) El sistema contra incendio de supresión y monitoreo disminuye significativamente	Nivel de riesgo de incendios en subestaciones Eléctricas Móviles de Minería.	Explicativo

incendio en subestaciones Eléctricas Móviles de minería?	disminuye el riesgo de incendio en subestaciones Eléctricas Móviles de minería.	el riesgo de incendio en subestaciones Eléctricas Móviles de minería.	
2) ¿De qué manera el sistema contra incendio de supresión y monitoreo disminuye el tiempo de repuesta de incendios en subestaciones Eléctricas Móviles de minería?	2) Determina de qué manera el sistema contra incendio de supresión y monitoreo disminuye el tiempo de respuesta de incendios en subestaciones Eléctricas Móviles de minería.	2) El sistema contra incendio de supresión y monitoreo disminuye el tiempo de respuesta de incendios significativamente en subestaciones Eléctricas Móviles de minería.	**Diseño de Investigación** Experimental

Nota. Fuente*:* Elaboración propia.

ANEXO B: Reporte de emergencias

Código: TAN-EAR-SEG-007-REG-016 Versión:01 Fecha de revisión: 03/10/2020	REPORTE DE ATENCION A EMERGENCIAS	ANTAPACCAY

Unidad:	**Fecha:**
Parte N°:	

HORA DE DESPACHO	HORA DE LLEGADA	HORA EVENTO FINAL	HORA EN BASE

NIVEL DE EMERGENCIA: Nivel 1		
COMANDO DEL INCIDENTE:		
TIPO DE INCIDENTE Y MOTIVO	**DETALLE**	
	MÉDICO	
	INCENDIO	
	RESCATE	
	MATPEL	
	ACCIDENTE VEHICILAR	
	SERVICIO ESPECIAL	
	OTROS	

AREA		**N° DE VICTIMAS**	
LUGAR EXACTO			
DAÑOS OBSERVADOS			
UNIDADES / EQUIPOS DE APOYO			
MATERIALES USADOS			
OBSERVACIONES			

DATOS DE FILIACION DE LA VICTIMA	
Apellidos y nombres	
Edad	
D.N.I.	
Empresa / Cargo	

PERSONAL ASISTENTE		VEHICULO ASISTENTE	
ASISTENTES	**APELLIDOS Y NOMBRES**	**N°. Placa**	**Nombre del condutor**
Brigadista 1			
Brigadista 2			

DESCRIPCION DE LAS TAREAS DE CONTROL

IMÁGENES DEL HECHO

Antapaccay, 20 de Diciembre de 2020

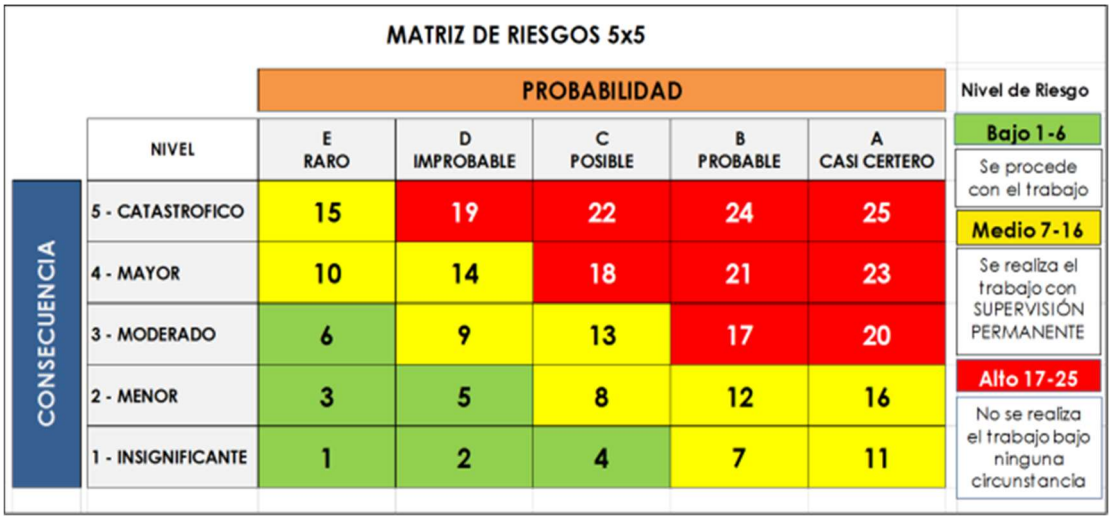
Respuesta a Emergencias

ANEXO C: Programa de Mantenimiento Mina.

MANTENIMIENTO MINA			RESUMEN DE TRABAJOS PRE-PLAN SEMANA 17										
			Empresa a la que pertenecen	Describir la tarea de forma corta y presisa, se puede usar abreviaciones		Duración de la tarea en Hrs.			Colocar la cantidad de personas a intervenir de su taller, según corresponda				
ITEM	EQUIPO	OT	Antapaccay ó Socio Estratégico	DESCRIPCION DE LA TAREA		DURACIÓN	MECÁNICO	ELÉCTRICO	METCOM	Predictivo	FESA	Marco Saeg Laser Security Tech Wong	
1			FESA	FESA_Cambio de ……									
2			RENOVA	RENOVA_Cambio de ……									
3			METCOM	METCOM_Reparación de ……									
4			MARCO	MARCO_Cambio de ……									
5			LASER	LASER_Mantenimiento de …..									
6			PREDICTIVO	MPD_Inspección de …..									
7			T. Mecánico Palas	Cambio de …..									
8			T. Eléctrico Palas	Cambio de …..									
9	S.S.E.E. ABB-806		Antapaccay	Mantenimiento preventico de gabinetes eléctricos									
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

ANEXO D: Matriz de Riesgo 2021 y 2024 – Antapaccay

Matriz de Riesgo Antapaccay 2021.



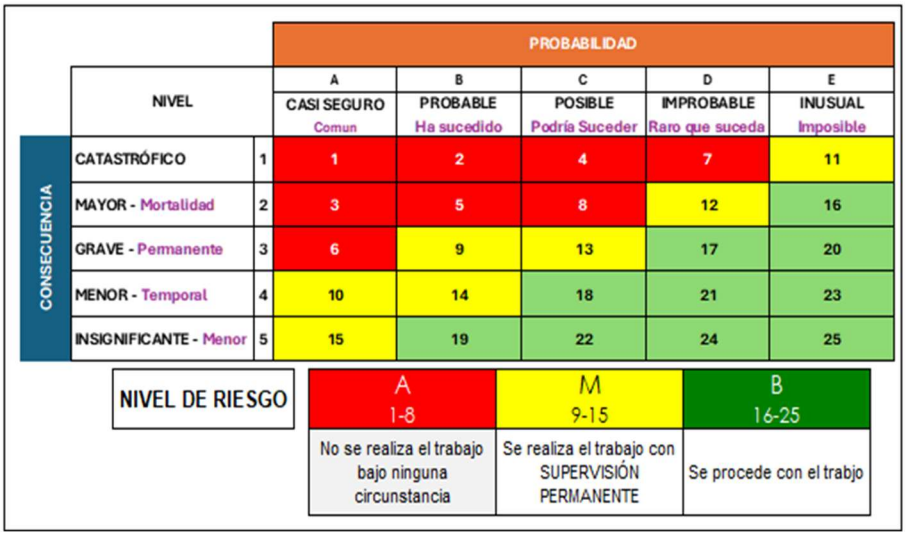
MATRIZ DE RIESGOS 5x5

CONSECUENCIA	NIVEL	E RARO	D IMPROBABLE	C POSIBLE	B PROBABLE	A CASI CERTERO
	5 - CATASTROFICO	15	19	22	24	25
	4 - MAYOR	10	14	18	21	23
	3 - MODERADO	6	9	13	17	20
	2 - MENOR	3	5	8	12	16
	1 - INSIGNIFICANTE	1	2	4	7	11

PROBABILIDAD

Nivel de Riesgo
Bajo 1-6
Se procede con el trabajo
Medio 7-16
Se realiza el trabajo con SUPERVISIÓN PERMANENTE
Alto 17-25
No se realiza el trabajo bajo ninguna circunstancia

Matriz de Riesgo Antapaccay 2024.



CONSECUENCIA	NIVEL		A CASI SEGURO Comun	B PROBABLE Ha sucedido	C POSIBLE Podría Suceder	D IMPROBABLE Raro que suceda	E INUSUAL Imposible
	CATASTRÓFICO	1	1	2	4	7	11
	MAYOR - Mortalidad	2	3	5	8	12	16
	GRAVE - Permanente	3	6	9	13	17	20
	MENOR - Temporal	4	10	14	18	21	23
	INSIGNIFICANTE - Menor	5	15	19	22	24	25

PROBABILIDAD

NIVEL DE RIESGO	A 1-8	M 9-15	B 16-25
	No se realiza el trabajo bajo ninguna circunstancia	Se realiza el trabajo con SUPERVISIÓN PERMANENTE	Se procede con el trabjo

ANEXO E: Ficha técnica de agente Limpio FM200.

Fike

Data Sheet

AGENTE LIMPIO DUPONT™ FM-200®

FM-200 también es conocido por su designación química (ASHRAE) - HFC-227ea

APLICACION/DESCRIPCION

El agente limpio FM-200, aporta una protección superior contra incendio en una amplia gama de aplicaciones, desde equipamiento eléctrico sensitivo hasta aplicaciones industriales que usen líquidos inflamables. FM-200 es ideal para aplicaciones donde la limpieza de otros agentes extintores presenta un problema, donde el peso versus su potencial extintor es un factor, donde se necesita un agente extintor eléctricamente no conductivo y donde la compatibilidad con la presencia de personal es un factor primordial. Cuando es esencial que un agente limpio sea ambientalmente aceptable, el FM-200 es una opción correcta. Tiene cero potencial de agotamiento de la capa de ozono (ODP), bajo potencial de calentamiento global y una corta vida atmosférica. Estas características lo hacen apropiado no solamente para nuevas instalaciones usando sistemas de inundación total de Fike, si no para aplicaciones de sustitución del Halón 1301.

El FM-200 es un gas comprimido almacenado en estado líquido, sin olor ni color. (Ver cuadro de Propiedades Físicas para información adicional). Es almacenado como un líquido y dispersado como un vapor que no tiene color ni olor, no es eléctricamente conductor, no obscurece la visibilidad. No deja residuos o resinas y es aceptable para su uso en espacios ocupados en la concentración de diseño establecida. El FM-200 extingue un incendio con una combinación de mecanismos químicos y físicos. FM-200 no desplaza el oxígeno y por lo tanto es seguro para su uso en espacios ocupados sin temor a la privación de oxígeno.

FUNCIONAMIENTO

FM-200 es un efectivo agente extintor de incendios que puede ser usado en distintos tipos de incendios. Es efectivo para distintos incendios de superficie y la mayoría de materiales combustibles sólidos.

De punto de vista de cantidad de agente versus efectividad extintora, el FM-200 es un agente extintor muy eficaz. La concentración mínima de diseño del FM-200 para combustibles Clase A es de 6.25% por volumen. La concentración mínima de diseño para aplicaciones de inundación total debería estar de acuerdo con la Norma NFPA 2001.

ESPECIFICACIONES

FM-200 es fabricado con las siguientes especificaciones:

- Mole%: 99.0 Mínimo
- Acidez, ppm en peso: 3.0 Máximo
- Contenido de agua en % por peso: 0.001 Máximo
- Residuos no volátiles en gramos/100mL: 0.05 Máximo

TOXICIDAD

La toxicología de FM-200 se compara favorablemente con otros agentes extintores. El LC50 del FM-200 es superior a 800,000 ppm. El FM-200 ha sido evaluado para sensibilización cardíaca a través de pruebas protocolares aprobadas por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos. Los resultados de la prueba muestran que la tolerancia cardíaca al FM-200 es más elevada que la de otros agentes extintores y es aceptable para su uso en espacios ocupados. El FM-200 se descompondrá para formar ácidos halógenos cuando sea expuesto a las llamas. La formación de estos ácidos es minimizada usando el sistema de detección temprana Fike y la instalación del sistema correctamente.

APROBACIONES

El agente FM-200 cumple con la Norma NFPA 2001.

- Listado en UL - Ex4623
- Aprobado por FM - 3014476
- USCG 162.161/2/0

ANEXO F: Ficha técnica de Panel de la marca Fike, modelo Cheetah xi 50.

CHEETAH XI 50 CONTROLLER SPECIFICATIONS

The Controller contains the power supply, microprocessor, hardware interface, display and keypad.

Fike Cheetah Xi 50

Enclosure
- Steel Enclosure 22.1" H x 14.35" W x 3.25" D (Back-box dimensions)
- Flush or surface mounting
- Removable door for ease of installation
- Available in red or grey
- Dead Front option available to isolate panel's internal electronics and wiring

Power
- 5.25 amps useable alarm power, (2 A standby)
- Operation from 120VAC/60 Hz or 240 VAC 50/60 Hz transformer
- Two 24V DC, 1.75A continuous auxiliary power outputs
- Supports up to 75AH of batteries
- Controller consumes 0.116A @ 24VDC in normal standby mode and 0.176A @ 24 VDC in alarm

Signaling Line Circuit
- Address devices with Infrared (IR) tool, similar to remote control device
- One SLC loop, NFPA style 4, 6 or 7
- 50 devices on loop
- True peer-to-peer digital protocol for extremely fast and reliable communications
- Auto-learn function
- Automatic day/night sensitivity adjustment
- Automatic holiday sensitivity adjustment
- Acclimate operation for sensors
- IR Tool provides ability to read sensitivity levels or perform remote test of device
- Devices contain multi-color LED for quick reference of device status
- Sensors provide early warning pre-alarm detection and can also provide a summing feature. (up to eight sensors)
- Maximum Resistance: 70 ohms
- Maximum Capacitance: .60 µf
- 12,000 ft. maximum distance total from panel to last device

NAC Circuit
- Two NAC circuits standard
- Rated at 24VDC, 1.75 Amps maximum Class A or B
- Built-in synch protocol for both System Sensor® and Gentex® devices

Operating Environment
- 32 - 120°F (0 - 49°C)
- 93% relative humidity, non-condensing

TERMINAL	DESCRIPCIÓN	CABLEADO	DETALLES DE ESPECIFICACIONES
P8 + - BLINDADO ++ --	Lazo 1 Direccionable	Energía Limitada Supervisada	Soporta hasta 50 dispositivos direccionables (solamente aquellos listados en este manual). Soporta Clase B, Estilo 4 o Clase A, Estilo 6 y Clase A, Estilo 7 (utilizando dispositivos aisladores) 100 mA máximo, 28 VDC máximo Resistencia Máxima = 70 ohmios (35 ohmios por pata) Capacitancia máxima = .60 uf 12,000 pies de distancia máxima desde el panel hasta el último dispositivo (largo total de la línea, probada utilizando 14 AWG. Bloque terminal acepta 12 AWG – 24 AWG *Cuando se instale un lazo direccionable en un formato Estilo 7, el primero y el último dispositivo aislador direccionable a ser cableado al panel de control deberá montarse dentro del conducto, dentro de la misma habitación y a no más de 20 pies del gabinete del Cheetah Xi 50.

ANEXO G: Ficha técnica de Detector de Humo / Temperatura (Dual)

Fike

DATA SHEET

INTELLIGENT PHOTO/HEAT DETECTOR

DESCRIPTION

The Intelligent Photoelectric/heat, spot-type smoke detectors, P/N 63-1053 & 63-1059, have sensing chambers that utilize the light scattering principle to detect smoke. In addition, the detector is equipped with dual thermistors for heat sensing. The sensing chamber employs features that minimize the effect of settled dust on performance. The detector is designed with tri-color LEDs to indicate detector status. A remote LED annunciator, P/N 02-3868, is available as an accessory. It can be configured to follow the detector LED operation or be independently controlled. The heat element of the detector provides an alarm, while the photo element can be programmed as alarm or supervisory. The isolator version, P/N 63-1059, provides complete short circuit isolation for NFPA 72, Class X wiring if used with an isolator base.

The detector is compatible with Fike's CyberCat® and Cheetah® Xi intelligent control panels. Its operating parameters are configured using the panel's programming software and are stored within non-volatile RAM in the detector. This on-board intelligence allows each detector to communicate its status directly to other devices connected to the panel. This peer-to-peer digital protocol results in less information that needs to be sent between the detector and the host control panel, resulting in faster, more reliable communication.

APPROVALS:

- UL - S911
- FM
- MEA - 7-05-E
- CSFM - 7272-2010:0100

FM APPROVED

UL

SPECIFICATIONS

Normal Operating Voltage:	15 to 30 VDC
Standby Current:	481µa max. @ 24 VDC (continuous broadcasts)
Alarm Current:	2 mA max. @ 24 VDC (LEDs on)
Humidity Range:	10% to 93% Relative Humidity, non-condensing
Temperature Range:	32 to 100°F (0 to 38°C)
Heat Detector:	135°F (57° C) Fixed Temperature Electronic Thermistor
Height:	2.1 inches (51 mm) installed in 63-1054 Base
Diameter:	6.1 inches (155 mm) installed in 63-1054 Base 4.1 inches (104 mm) installed in 63-1055 Base
Weight:	5.2 oz. (147 g)
Detector Spacing:	In compliance with NFPA 72
Velocity Range:	4000 FPM (1219 m/min.)

ORDERING INFORMATION

Fike P/N	Mfg. Model	Description
63-1053	63-1053	Photoelectric with Thermal - Non-isloator
63-1059	63-1059	Photoelectric with Thermal - Isolator
Mounting Bases		
63-1054	EBF	6" Flanged Mounting Base - Non-isolator
63-1060	EBFI	6" Flanged Mounting Base - Isolator
63-1055	EB	4" Flangeless Mounting Base - Non-isolator
63-1061	EBI	4" Flangeless Mounting Base - Isolator
63-1063	EBR	Relay Base
63-1064	EBS	Sounder Base
Accessories		
20-1085	F110	Retrofit Flange
02-3868	RA100Z	Remote LED Annunciator
20-1087	XR2B	Detector Removal Tool
02-4986	XP-4	Extension for 20-1087 (5–15 ft)
20-1089	BCK-200B	Black Detector Kit (10 pack)
55-051	EA-CT	IR Tool

ANEXO H: Ficha técnica de Modulo Releasing P/N 55-052

Fike

DATA SHEET

RELEASING CONTROL MODULE

DESCRIPTION

The Releasing Control Module, P/N 55–052/55-053, provides a means to supervise and control either an agent/impulse release module(s) or a solenoid compatible with the Cheetah Xi. It can only be used for one type of application at one time (either supervising up to six agent/impulse release modules or one solenoid, but never both simultaneously). This module also monitors the external power input for loss of power. The module has a tri-color LED that will flash a unique color for instant status indication (Green for normal operation, Red for module active, Yellow for device trouble). The isolator version of the module, P/N 55-053, provides complete short circuit isolation for installations requiring NFPA 72, Class X wiring.

The module is compatible with Fike's Cheetah Xi intelligent control panels. Its operating parameters are configured using the panel's programming software and are stored within non-volatile RAM in the module. This on-board intelligence allows each module to communicate its status directly to other devices connected to the panel. This peer-to-peer digital protocol result in less information that needs to be sent between the module and the host control panel, resulting in faster, more reliable communication.

APPROVALS:

- UL Listed - S3217
- FM
- City of New York - 376-06-E
- CSFM - 7300-0900:0143

SPECIFICATIONS

SLC	Normal Operating Voltage: 24 VDC Nominal
	Standby Current: 450 uA maximum average (continuous broadcasts)
	Activation Current: 6 mA (red LED on)
External Supply	Normal Operating Voltages: 24 VDC Nominal
Standby Current:	6.4 mA
Activation Current:	10 mA
Agent Releasing Module	Supervisory Loop Voltage: 20 to 28 V
	Supervisory Loop Current (Normal): 13 mA
Solenoid	Supervisory Loop Voltage: 3.3 V
	Supervisory Loop Current (Normal): 30 mA
Temperature Range:	32 to 120°F (0 to 49°C)
Humidity:	10 to 93% RH Noncondensing
Dimensions:	4.17"H x 4.26"W x 1.22D (106 mm H x 108 mm W x 31 mm D)
Accessories:	2.7 kW End of Line Resistor P/N 10-2165 (included)
	Wall cover plate (included)
	Surface Mount Electrical Box P/N 20-1072
Mounting:	Mounts on a 4" x 4" x 2 1/8" J-Box

ORDERING INFORMATION

Fike P/N	Mfg. Mode	Description
55-052		Releasing Module (Cheetah Xi Only) - Non-isolator
55-053		Releasing Module (Cheetah Xi Only) - Isolator
Accessories		
20-346	CB500	Control Module Barrier
20-347	SMB500	Surface Mount Box
55-051		Configuration IR Tool
13-0192		COVERPLATE
10-2165		2.7K ohm End of Line

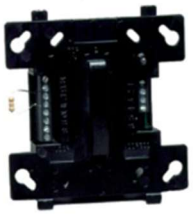
Note: Refer to the Fike document P/N 06-186 for listing of compatible releasing devices that can be connected to the releasing control module.

ANEXO I: Ficha técnica de Modulo de Control y Relé

Fike

DATA SHEET

CONTROL MODULE



DESCRIPTION

The Control Module, P/N 55-042 & 55-047, provides a means to switch an external power supply to notification appliances or release solenoids used for sprinkler operation, or to activate Fike's Masterbox Interface module, P/N 10-2413, which is used on a Local Energy Type Auxiliary Fire Alarm System. The module is capable of Class A or Class B wiring. The device will monitor the wiring (while external power is not switched to the auxiliary devices) to the connected device for open and short circuits via an end of line resistor (Class B only). The module will monitor the external power input for loss of power (DC voltage supplies only). The isolator version of the module, P/N 55-047, provides complete short circuit isolation for installations requiring NFPA, Class X wiring.

The module is compatible with Fike's CyberCat® and Cheetah® Xi intelligent control panels. Its operating parameters are configured using the panel's programming software and are stored within non-volatile RAM in the module. This on-board intelligence allows each module to communicate its status directly to other devices connected to the panel. This peer-to-peer digital protocol results in less information that needs to be sent between the module and the host control panel, resulting in faster, more reliable communication.

APPROVALS:

- UL - S2203
- FM
- City of New York - 8-05-E
- CSFM - 7165-0900:0137

SPECIFICATIONS

Normal Operating Voltage:	15 to 30 VDC
Standby Current:	630 uA max. average (continuous broadcasts)
Alarm Current:	2 mA (red LED on)
Maximum NAC Circuit Line Loss:	4 VDC
Power Supply Monitor:	Regulated 24 VDC Trouble Range: 0 to 2 VDC
Temperature Range:	32 to 120°F (0 to 49°C)
Humidity:	10 to 93% RH Non-condensing
Dimensions:	4.675"H x 4.275"W x 1.4"D (119 mm H x 109 mm W x 36 mm D)
Accessories:	39kΩ End of Line Resistor P/N 10-2625 (included) Wall cover plate (included) Surface Mount Electrical Box: P/N 20-1347 Control Module Barrier: P/N 20-1346 Series Solenoid Diode/Resistor: P/N 10-2360
Mounting:	Mounts directly on a 4-inch square electrical box with a minimum depth of 2 1/8 inches. For surface mounting, use 20-1347 surface mount box.

Fike

Data Sheet

RELAY MODULE

DESCRIPTION

The Fike Relay Module (P/N 55-043 & 55-048) provides two sets of Form "C" dry relay contacts that switch together (one DPDT relay). These contacts can be used to control external appliances such as dampers, fans, door holders, etc. The module is designed with tri-color LED to indicate device status; flashing GREEN indicates normal polling, flashing RED indicates alarm/active state. The isolator version of the module (P/N 55-048) provides complete short circuit isolation for installations requiring NFPA Style 7 wiring.

The module is compatible with Fike's CyberCat and Cheetah Xi intelligent control panels. Its operating parameters are configured using the panel's programming software and are stored within non-volatile RAM in the module. This on-board intelligence allows each module to communicate its status directly to other devices connected to the panel. This peer-to-peer digital protocol results in less information that needs to be sent between the module and the host control panel, resulting in faster, more reliable communication.

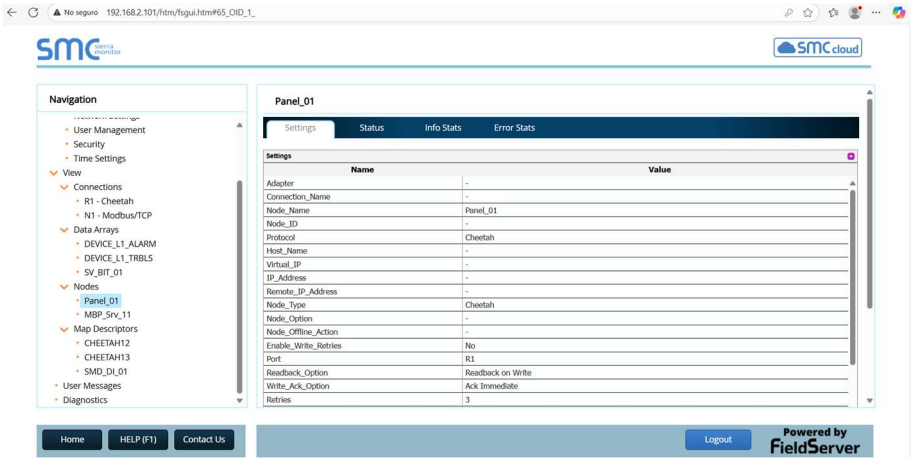
SPECIFICATIONS

Normal Operating Voltage:	15 to 30 VDC
Standby Current:	500 µA max. average (continuous broadcasts)
Alarm Current:	2 mA (red LED on)
Short Circuit Current:	Dry Control Input: 30 µA max. Avg. (5 VDC)
Maximum Resistance:	Dry Contact Input: 100 Ω
Temperature Range:	32°F to 120°F (0°C to 49°C)
Humidity:	10 to 93% RH Noncondensing
Dimensions:	4.17"H x 4.26"W x 1.22"D (106 mm H x 108 mm W x 31 mm D)
Accessories:	Wall cover plate (included) Surface Mount Electrical Box P/N 20-1072 Control Module Barrier P/N 20-1071
Mounting:	Mounts on a 4" x 4" x 2 1/8" Junction Box for flush mounting or on a surface mount box (P/N 20-1072) for surface mounting

ANEXO J: Arreglo de Field Server para data de Panel Fike Cheetah

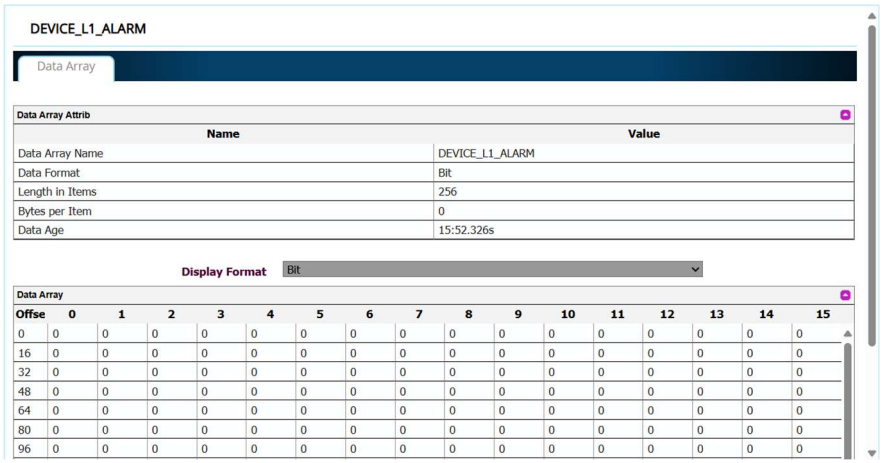
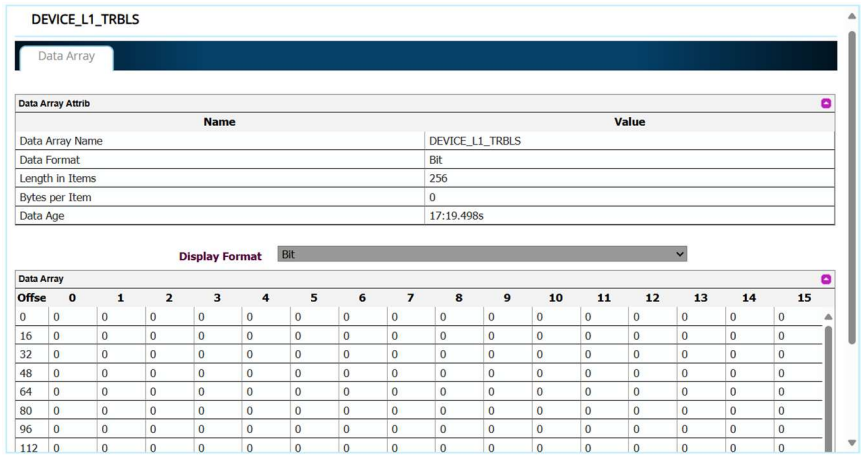
```
//=============================================================================
//                  qs.csv
//  FST Customer       : Default
//  Ultimate Destination :  Default
//  FST Sales Order    : Default
//  Driver Configuration :  DCC602
//  Configured By      : NCT
//  Copyright (c) 2020 MSA Safety
//    1991 Tarob Court  Milpitas                CA 95035
//    (408) 262 6611
//    SMC-Support@MSASafety.com
//=============================================================================
// 4.10aE  19 Sep 13 NCT  Released for QS
//=============================================================================*/
// Notes :  None.
//=============================================================================
//  Common Information
Bridge
Title
DCC602 qs.csv v4.10a
//=============================================================================
//  Data Arrays
Data_Arrays
Data_Array_Name      Data_Format          Data_Array_Length
PANEL_DATA           FLOAT                        1000
DEVICE_L1_ALARMS     BIT                           256
DEVICE_L2_ALARMS     BIT                           256
DEVICE_L1_TRBLS      BIT                           256
DEVICE_L2_TRBLS      BIT                           256
ZONE_ALARMS          BIT                           256
//=============================================================================
//  Client Side Connections
Connections
        Port                 Baud            Parity      Data_Bits     Stop_Bits     Protocol
        R1                   9600            None            8             1          Cheetah
//=============================================================================
//  Client Side Nodes
//

Nodes
Node_Name            Protocol             Port
Panel_01             Cheetah              R1
//=============================================================================
//  Client Side Map Descriptors
Map_Descriptors
Map_Descriptor_Name  Data_Array_Name      Data_Array_C Function     Node_Name    Cheet_Zone   Cheet_Loop   Cheet_Device Cheet_DT     Length
CHEETAH01            DEVICE_L1_ALARMS             0 passive      Panel_01     none                  1 All          Alarm               128
CHEETAH02            DEVICE_L2_ALARMS             0 passive      Panel_01     none                  2 All          Alarm               128
CHEETAH03            DEVICE_L1_TRBLS              0 passive      Panel_01     none                  1 All          Trouble             128
CHEETAH04            DEVICE_L2_TRBLS              0 passive      Panel_01     none                  2 All          Trouble             128
CHEETAH05            PANEL_DATA                   0 passive      Panel_01     none          none          none         Panel                40
CHEETAH06            ZONE_ALARMS                  0 passive      Panel_01     All           none          none         Alarm                40
//=============================================================================
//  Server Side Connections
Connections
       Adapter              Protocol          ote_Node_TLS_Port
         N1                Modbus/TCP              502
//=============================================================================
//  Server Side Nodes
Nodes
Node_Name            Node_ID              Protocol     Adapter      IP_Address      Remote_Node_TLS_Port
MBP_Srv_11                        11      Modbus/TCP   N1           192.168.1.20                 502
//=============================================================================
//  Server Side Map Descriptors
Map_Descriptors
Map_Descriptor_Name  Data_Array_Name      Data_Array_C Function     Node_Name    Address      Length
SMD_DI_01            DEVICE_L1_ALARMS             0 Server       MBP_Srv_11       10001          68
SMD_DI_02            DEVICE_L1_TRBLS              0 server       MBP_Srv_11       10069          68
SMD_DI_03            DEVICE_L2_ALARMS             0 server       MBP_Srv_11       10137         118
SMD_DI_04            DEVICE_L2_TRBLS              0 server       MBP_Srv_11       10255         118
SMD_DI_05            PANEL_DATA                   0 server       MBP_Srv_11       10373          25
SMD_DI_06            ZONE_ALARMS                  0 server       MBP_Srv_11       10398          10
```

ANEXO K: Configuración Fiel Server – HTTTP WEB



DATA ARRAYS

DEVICE_L1_ALARM



DEVICE_L1_TRBLS