

**FACULTAD DE INGENIERÍA,
ARQUITECTURA Y URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TESIS:

**SISTEMA CONTRA INCENDIO BAJO LA
NORMA NFPA PARA INCREMENTAR LA
SEGURIDAD DEL PERSONAL EN LA
MINERA LAS BAMBAS, APURÍMAC – 2020**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

Autor:

**Bach. Panduro Cachique, Rómulo
(Orcid: 0002-7792-5840)**

Asesor:

**Mg. Larrea Colchado, Luis Roberto
(Orcid: 0002-7266-4290)**

**Línea de Investigación:
Infraestructura, Tecnología y Medio
Ambiente**

**Pimentel – Perú
2020**

TESIS
SISTEMA CONTRA INCENDIO BAJO LA NORMA NFPA PARA
INCREMENTAR LA SEGURIDAD DEL PERSONAL EN LA
MINERA LAS BAMBAS, APURÍMAC – 2020

Aprobación del Jurado

Mg. Larrea Colchado Luis Roberto:

Asesor

Mg. Franciosis Willis Juan José:

Presidente de Jurado

Mg. Larrea Colchado Luis Roberto
Secretario del Jurado de Tesis

MSc. Purihuaman Leonardo Celso Nazario
Vocal del Jurado de Tesis

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación está dedicado a todas las personas que nos brindaron su ayuda en esta etapa universitaria, involucrándose en nuestro crecimiento y formación profesional, como nuestro maestros y compañeros de estudio.

A nuestras familias por ser el apoyo incondicional, tanto en lo personal y profesional, añadiendo virtudes y valores a nuestra formación.

Agradecimiento

En primer lugar, a Dios por las bendiciones brindadas y por la oportunidad de poder ampliar nuestros conocimientos con una carrera profesional, y culminar esta etapa universitaria satisfactoriamente.

A nuestra casa de estudios UNIVERISDAD SEÑOR DE SIPÁN por ser parte de nuestra formación, y a nuestro asesor metodológico Dr. Ana María Guerrero Millones por su paciencia, dedicación, experiencia y conocimientos que han contribuido a culminar este trabajo de investigación con éxito. Del mismo modo, el agradecimiento es para todos nuestros docentes por el aporte de conocimiento en nuestra vida universitaria.

Gracias a nuestras familias por impulsarnos a alcanzar nuestras metas y por confiar en nosotros.

Sistema contra incendios bajo la Norma NFPA que contribuye al aumento de la seguridad del personal en Minera Las Bambas, Apurímac - 2020.

fire-fighting System under the NFPA Standard that contributes to the increase in personnel safety at Minera Las Bambas, Apurímac - 2020.

Romulo Panduro Cachique

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general Diseñar un sistema contra incendio bajo la Norma NFPA que contribuya al incremento de la seguridad del personal en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020. Para tal fin, se propuso una investigación de tipo aplicado y diseño experimental (del tipo pre experimental), empleándose la revisión documental como técnica de recolección de datos y se ha aplicado la hoja de observación para determinar estadísticas referentes a los índices de accidentabilidad de los 80 trabajadores que componen la muestra del estudio. Así, del diagnóstico realizado se identificaron deficiencias en el sistema contra incendios que existía en la minera con nivel de riesgo 24 (de importante a intolerable), explicado por problemas eléctricos, falta de capacitación, ausencia de dispositivos automáticos, entre otros aspectos. De allí, que se logró la implementación del sistema contra incendio bajo la Norma NFPA fundamentado en una tasa de descarga que cubre el área de diseño considerada, donde se han distribuido los rociadores en función de que cubran la totalidad de la superficie a proteger. Además, la distribución de los gabinetes de mangueras cubre en su totalidad al riesgo protegido y se ha configurado el sistema de distribución de agua para que entregue un flujo de 101.84 [gpm] a través de 1 gabinete de mangueras clase II, con una presión residual de 67.45 [psi].

Palabras claves: Sistema contra incendios, normativa NFPA, seguridad laboral, accidentabilidad.

Adscrito a la Escuela Académica de Ingeniería Industrial Pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: pcahiqueromulo@crece.uss.edu.pe, código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7792-5840>

ABSTRACT

The general objective of this research was to Design a fire-fighting System under the NFPA Standard that contributes to the increase in personnel safety at Minera Las Bambas, Apurímac - 2020. For this purpose, an applied-type investigation and experimental Design (of the pre experimental type), using the documentary review as a data collection technique and the observation sheet has been applied to determine statistics regarding the accident rates of the 80 workers that make up the study sample. Thus, the diagnosis carried out identified deficiencies in the fire-fighting System that existed in the mining company with risk level 24 (from significant to intolerable), explained by Electrical problems, lack of training, absence of automatic devices, among other aspects. Hence, the implementation of the Fire Protection System was achieved under the NFPA Standard based on a discharge rate that covers the considered Design área, where the Sprinklers have been distributed depending on whether they cover the entire Surface to be protected. In addition, the hose cabinet layout fully covers the protected Hazard and the water delivery System has been configured to deliver a Flow of 101.84 [gpm] through 1 class II hose cabinet, with residual pressure of 67.45 [psi]. With this implementation, the rates associated with work accident improved, observing a significant reduction in the frequency rate ($t = -6.146$, $p\text{-value} < 0.05$); gravity ($t = -2.366$, $p\text{-value} < 0.05$); liability ($t = -2.524$, $p\text{-value} < 0.05$) and accident rate ($t = -2.394$, $p\text{-value} < 0.05$); which allows to conclude that the proposal contributes to the safety of the mine personnel.

Keywords: Fire System, NFPA regulations, occupational safety, accident rate.

ÍNDICE

Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
Índice.....	vii
Lista de tablas	ix
Lista de figuras.....	x
I. INTRODUCCION.	12
1.1. Realidad Problemática.	12
1.2. Trabajos previos.....	14
1.2.1. Internacional.	14
1.2.2. Nacional.....	19
1.2.3. Local.....	23
1.3. Teorías relacionadas al tema.	24
1.3.1. Sistema contra incendio bajo la Norma NFPA.....	25
1.3.2. Seguridad del personal.....	30
1.3.3. Normativa técnica, ambiental, de seguridad, de gestión de riesgos.	33
1.3.4. Impacto ambiental.	40
1.3.5. Gestión de riesgos.....	41
1.3.6. Seguridad y salud ocupacional.....	42
1.3.7. Estado del arte.....	44
1.3.8. Definición de términos.	45
1.3.9. Estudio económico.	45
1.4. Formulación del Problema.	46
1.4.1. Problema general.	46
1.4.2. Problemas específicos.....	46
1.5. Justificación e importancia del estudio.	46
1.6. Hipótesis.	47
1.6.1. Hipótesis general.....	47
1.6.2. Hipótesis específicas.....	47
1.7. Objetivos.	48
1.7.1. Objetivo General.....	48
1.7.2. Objetivos específicos.....	48
II. MATERIAL Y MÉTODOS	50

2.1.	Tipo y Diseño de Investigación.....	50
2.2.	Población, Muestra y Muestreo.....	50
2.3.	VARIABLES, Operacionalización.....	51
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	54
2.5.	Procedimiento de análisis de datos.....	55
2.6.	Criterios éticos.....	56
2.7.	Criterios de rigor científico.....	56
III.	RESULTADOS.....	59
3.1.	Presentación de resultados.....	59
3.2.	Discusión de resultados.....	90
3.3.	Aporte práctico.....	93
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
4.1.	CONCLUSIONES.....	96
4.2.	RECOMENDACIONES.....	97
	ANEXOS.....	103
	ANEXO 01. Autorización para el recojo de información.....	103
	103
	ANEXO 02 . Matriz de consistencia.....	104

Lista de tablas

Tabla 1. Población y muestra	50
Tabla 2. Matriz de operacionalización de variables	52
Tabla 3. Técnicas de recolección de datos	54
Tabla 4. Confiabilidad del instrumento para seguridad del personal	55
Tabla 5. Diagnóstico del sistema contra incendios actual	59
Tabla 6. Niveles de riesgo por área.....	63
Tabla 7. Plan de desarrollo de actividades para la implementación de la propuesta	76
Tabla 9. Pagos indirectos	80
Tabla 10. Inversión total de la propuesta	83
Tabla 11. Desempeño de la empresa en materia de seguridad en materia de seguridad de personal antes de la implementación de la propuesta (año 2019)	86
Tabla 12. Desempeño de la empresa en materia de seguridad en materia de seguridad de personal luego de la implementación de la propuesta (año 2020)	89
Tabla 13. Prueba t-Student para índices de accidentes laborales	90
Tabla 14. Impacto de la propuesta en los niveles de riesgo por áreas.....	93

Lista de figuras

Figura 1. Sistemas contra incendios manuales	26
Figura 2. Sistemas contra incendios automático	26
Figura 3. Esquema básico de un sistema básico de detección de incendios (NFPA 72)	28
Figura 4. Indicadores de Seguridad y Salud en el Trabajo.....	31
Figura 5. Potenciales resultados de la gestión de riesgos	42
Figura 6. Círculo de Clerc.....	44
Figura 7. Esquema del diseño de la investigación	50
Figura 8. Entrada de datos del cálculo hidráulico de mangueras	70
Figura 9. Resultados del cálculo hidráulico de mangueras	70
Figura 10. Entrada de datos del cálculo hidráulico de sistema húmedo de sprinklers.....	72
Figura 11. Cuadro de nodos.....	72
Figura 12. Isométrico red de rociadores secos área 0240 correa CVB-006.....	74
Figura 13. Isométrico Red de Gabinetes Clase II Área 0240 Correa CVB-007	75

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCION.

1.1. Realidad Problemática.

En el ámbito laboral, se vienen produciendo cambios a partir de la globalización y el desarrollo tecnológico, los mismos se encuentran caracterizados por la alta competitividad, la sistematización de procesos y la alta exigencia en cuanto a calidad y tiempo; sin embargo, existe un tema que preocupa a las organizaciones, a los gobiernos e instituciones multinacionales, pues, es evidente que, a pesar de estos avances, persisten las fallas en muchos sistemas de seguridad y salud en el trabajo (SST); entendiendo que, la seguridad y salud en el trabajo es un área compleja que busca proteger y resguardar la salud del trabajador, así como las condiciones de las instalaciones, equipos, materiales que se encuentren dentro de una organización o institución; en este sentido, la salud en el trabajo (SST) o seguridad laboral, es el conjunto de medidas que al ser implementadas en los procesos productivos, en las máquinas, en las instalaciones e inclusive, en los hábitos de los trabajadores, permiten prevenir y evitar los accidentes de trabajo (Blanco, González y López, 2015).

En este contexto, la SST ha logrado avances y ha sido importante en la prevención de accidentes y pérdidas humanas, partiendo de hechos lamentables que han afectado a cientos de personas, siendo el sector químico y de energía (nuclear, carbón o petróleo) los sectores de riesgo elevado en donde se empleó inicialmente el SG-SST (sistema de gestión en SS), teniendo como antecedentes hechos de grandes proporciones, como la explosión de ciclohexano en la Planta de Caprolactama, con 28 muertes y 104 heridos (Flixborough, Reino Unido, 1974); bleve de GLP, con 650 muertes y 6,400 heridos (Ciudad de México, México, 1984); la fuga de isocianato de metilo, con 4,000 muertes y 200,000 intoxicados (Bhopal, India, 1984); la explosión de la central nuclear de Chernobyl, con 135,000 personas evacuadas (Ucrania, 1986), la explosión de nitrato de amonio en la empresa química AZF, con 30 muertos y más de 2.000 heridos (Toulouse, Francia 2001), los cuales han sido eventos catastróficos que han evidenciado fallas en la SST y han impulsado mayores acciones en este contexto (Soto, 2017), más recientemente, las explosiones en el puerto de Beirut (Líbano, 4 de agosto de 2020).

Para ilustrar la situación de los accidentes de trabajo a nivel mundial, la OIT (2019) señala que, anualmente, mueren 2,78 millones de trabajadores por esta causa, mientras que unos 374 millones de trabajadores sufren accidentes no mortales; esta situación representa una pérdida de aproximadamente un 4% del PIB mundial a causa de los días de trabajo perdidos, incluso, en algunos países la proporción alcanza un 6% o más; sin embargo, existe un aspecto no considerado en estas cifras, costos intangibles como el sufrimiento humano y las enfermedades ocupacionales a causa de los accidentes del trabajo.

En este sentido, los incendios representan una de las situaciones con consecuencias más devastadoras, en cuanto a accidentes que afectan la SST se refiere, siendo el incendio cualquier fenómeno químico de combustión resultado de la mezcla del oxígeno del aire con sustancias carbonosas combustibles bajo el calor (Portillo, Gestión de un Sistema Contra Incendios Mediante Interfaces de Comunicación Field Server para Plantas de Procesamiento de Oro. Caso: Minera Buenaventura, 2019). Es por ello que, se requieren sistemas adecuados para la protección y resguardo de instalaciones, personas, materiales y herramientas, al respecto, Masquiarán (2019) señala que la protección contra incendios es el conjunto de medidas que se implementan en los edificios con el fin de protegerlos contra la acción del fuego, centrados fundamentalmente en tres fundamentos, salvar vidas, minimizar pérdidas y lograr la continuidad de las operaciones de la edificación.

Ahora bien, en ámbito del sector minero, por su naturaleza, se producen accidentes con mayor frecuencia que en otros sectores como el comercial, todo ello, dadas las características donde se desarrollan las labores, así como los materiales y maquinarias empleadas para la labor, donde incluso se emplean explosivos, lo cual por sí mismo representa un riesgo; en efecto, el trabajo en un lugar no diseñado para la presencia humana es propio de muchas actividades productivas, pero en el caso de la minería, los espacios de trabajo generalmente tienen una atmósfera irrespirable, además de presentar riesgos mecánicos, físicos y biológicos (Instituto de Seguridad Minera ISEM, 2020).

Es precisamente en este escenario, donde se generan diversos esfuerzos para afrontar la realidad esbozada; como por ejemplo las normas de la NFPA (por sus siglas en inglés de Asociación Nacional de Protección contra el Fuego), las cuales tienen como objeto, producir un nivel adecuado de protección contra incendios para las personas y las instalaciones, mediante la normalización de las

exigencias de diseño, instalación, prueba de los sistemas, equipos, materialidades, entre otros elementos, apoyándose en principios de la ingeniería, así como en información de pruebas y experiencias de campo (Masquiarán, 2019).

De igual forma, se han desarrollado estudios que contemplan estos elementos, a nivel internacional, en Colombia Molano y Rodríguez (2017), realizaron el diseño del sistema contra incendios de extinción y detección conforme a la norma NFPA y la NSR-10, lo cual permitió identificar los diferentes riesgos de combustión presentes, para así establecer los correctivos necesarios; en el caso de Perú, Alfaro (2016) desarrolló un estudio para abordar a Westfire Sudamérica, organización que carecía de un sistema de gestión de mantenimiento para la identificación de fallas frecuentes del sistema contra incendios, con lo cual se logró incrementar la productividad del sistema, reduciendo las órdenes de trabajo correctivas en 5.35%.

Tomando en consideración lo anterior se plantea el presente estudio, el cual se realizará en la Minera las Bambas, Apurímac, cuyo sistema contra incendios ha presentado fallas, al no estar actualizado, dejando áreas con alta susceptibilidad de ocurrencia de incendios, según reportes previos obtenidos por el autor, donde se evidencian fallas en 1 de cada 4 eventos, es decir, un 25%, retrasos en la atención de emergencias, que producen retardos en la activación de los sistemas, los cuales oscilan entre 1 y 4 minutos aproximadamente; por lo que es necesario adecuar el sistema contra incendios para asegurar la seguridad de los trabajadores, entendiendo que las omisiones o fallas que tenga el mismo, pudieran ocasionar daños mayores ante un hecho no deseado, como un incendio o situaciones similares, que podrían perjudicar y/o amenazar la vida de los trabajadores.

Por ejemplo, entre los años 2015 y 2016, la frecuencia de lesiones con tiempo perdido aumentó de 0.59 a 0.95 por cada millón de horas trabajadas, mientras que las lesiones registrables aumentó de 1.01 a 1.94 y la cantidad de accidentes fatales pasó de no registrarse alguno a dos.

1.2. Trabajos previos.

1.2.1. Internacional.

Wanguo y Hao (2020) desarrollaron una investigación titulada “Optimal Model of Fire Fighting and Rescue Operational Plan Based on Utility Function”, publicada en la revista IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, en China. Dada la complejidad de los accidentes y desastres producidos por los incendios, los trabajos de extinción de incendios y rescate presentan características de complejidad, diversidad y arduo. Por lo tanto, para realizar un rescate de extinción de incendios más rápido y mejor, fue particularmente importante llevar a cabo la optimización del plan. En vista de esto, en esta investigación se propuso un modelo de optimización del plan operativo de extinción de incendios y rescate utilizando el modelo de función de utilidad para realizar cálculos cuantitativos. Los principios de construcción y los pasos de cálculo específicos del modelo de función de utilidad fueron introducidos en primer lugar; luego, se combinó el caso real para establecer el índice del sistema de un plan óptimo de extinción de incendios y rescate para resolver el valor de la función de utilidad. Finalmente, los valores de ponderaciones y funciones de utilidad se utilizaron para determinar el valor de evaluación integral, con el fin de seleccionar el mejor plan operativo. La viabilidad del plan a la espera de la selección fue transformada por el modelo a través de la función de utilidad, haciéndolo más comparable y fácil de optimizar. La determinación del plan óptimo mejoró la capacidad de toma de decisiones y el mecanismo de operación para guiar y mejorar el rescate de extinción de incendios, de tal modo que de manera efectiva.

Xiuxiang y Lai (2020) realizaron el estudio titulado “Design and Implementation of a Smart Wireless Fire-Fighting System Based on NB-IoT Technology”, publicado en Journal of Physics: Conference Series, en Guangzhou, China. En el estudio se realizó el diseño e implementación de un sistema de extinción de incendios inalámbrico inteligente basado en tecnología NB-IoT, donde los resultados de las pruebas realizadas en la Sala 317, Edificio Sur de la Facultad de Física e Ingeniería de la Información, Universidad de Fuzhou, permitieron verificar la confiabilidad del sistema de extinción de incendios propuesto, el dispositivo recaba datos de humo cada 5 segundos y carga la información principal en la nube Tianyiot cada media hora; cuando no hay gas combustible el valor de humo que muestra la plataforma de la nube es aproximadamente 50, pero, cuando si hay gas combustible, este valor se eleva

a aproximadamente 2000, mientras que el dispositivo emite una luz LED y un sonido; la prueba de la función de informe de datos permitió determinar que el sistema funciona de manera estable y transmite los datos a tiempo durante largos periodos. Las conclusiones del estudio revelan que el sistema propuesto no necesita la red eléctrica para el suministro de energía, lo que ahorra costos de cableado y facilita la instalación, por lo que este dispositivo puede garantizar una larga duración de funcionamiento de aproximadamente 5 años, resolviendo un punto débil a bajo costo, asimismo, al monitorear las 24 horas del día, puede reducir la ocurrencia de incendios, contribuyendo a la construcción de ciudades inteligentes.

Masquiarán (2019) realizó un estudio titulado “Sistema de protección contra incendio bajo la normativa NFPA para aplicar en la zona de talleres de la UTFSM, sede Concepción”, presentado en la Universidad Técnica Federico Santa María, Concepción, Chile. Se realizó un análisis comparativo de los aspectos que determinan las exigencias de la resistencia al fuego entre la OGUC y la NFPA, observándose en el taller mecánico los principales riesgos están vinculados con presencia de equipos de trabajo mecánicos y eléctricos, así como diversidad de motores hidráulicos, bombas centrifugas, piezas industriales, máquinas para cortar madera y mesones metálicos, mientras que en el taller de construcción se encontraron materiales plástico, diluyente y aguarrás, en pocas cantidades; asimismo, en el taller eléctrico y el de mecánica aumotriz, no se almacenaban sustancias peligrosas que pudieran iniciar un incendio; en el taller de estructuras se encontró material peligroso, 2 cilindros de oxígeno de 10m³, 2 cilindros de gas licuado de 45 kg, 2 cilindros de Argón, de 10m³, 3 cilindros de Argón + CO₂; esta observación permitió evidenciar la necesidad de proponer un sistema de protección contra incendio bajo la normativa NFPA. En este sentido, la principales conclusiones indican que la empresa incumplía con la norma chilena y la OGUC, al no contar con el número mínimo de redes húmedas conectadas, por lo que fue necesario plantear soluciones individuales y generales para reducir los riesgos de incendio, se propuso así la construcción de un estanque acumulador de agua independiente, cumpliendo con la norma NFPA y en consecuencia poder actuar efectivamente ante un incendio.

Soriano (2019) realizó el estudio titulado “Diseño de un sistema contra incendio bajo las normas NFPA en la planta potabilizadora Aguapen ubicado en

la parroquia Atahualpa de la Provincia de Santa Elena”, presentado en la Universidad de Guayaquil, Ecuador. Los principales resultados del diagnóstico evidenciaron debilidades, ya que los trabajadores manifestaron no haber recibido capacitación en prevención riesgos de incendio (100%), también aseguran no conocer un plan de prevención en caso de incendio (100%), tampoco han recibido capacitación de primeros auxilios (100%), asimismo, desconocen si los extintores están señalizados (100%), tampoco conocen la ruta de evacuación en caso de una situación de emergencia como un incendio (100%) y afirman no haber realizado simulacros de evacuación (100%); por otra parte, la aplicación del método MESERI permitió obtener el nivel de riesgo de incendio de cada área, resultando no aceptable (por estar en el rango de 3 y 5 en todas las áreas); estos resultados condujeron al diseño de un sistema contra incendios en base a las deficiencias encontradas. Entre las conclusiones, la autora señala que a través de las normas NFPA se determinó la existencia de un riesgo ordinario en la organización, mientras que para el cálculo de extintores necesarios se usó la norma NFPA 10, el diseño de rociadores se realizó de acuerdo a la norma NFPA 13, asimismo, se consideró la instalación de gabinetes de incendio en las oficinas administrativas y en el laboratorio de calidad, la elección de la bomba estacionaria se realizó en base a la NFPA 24.

Torres (2019) desarrolló el estudio “Estructura y diseño técnico de sistema de Protección Contra Incendios en una Industria de Plástico Bajo Norma NFPA”, presentado en la Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador. Los resultados del diagnóstico realizado, mostraron que la carga calorífica ponderada o la densidad de fuego (Q_s) en el área de Fabricación y Venta con 4 actividades con una calificación baja y 7 en calificación media, en tanto, en el área de Almacenamiento, con 1 actividad con una calificación baja y 4 en calificación media; con nivel de riesgo intrínseco variado, que puede resumirse como Bajo Nivel 1 ($Q_s < 425$) en las Bodegas A y F, Bajo Nivel 2 ($850 < Q_s < 425$) en las Bodegas D y E, Medio Nivel 5 ($1700 < Q_s < 3400$) en la Bodega G, Alto Nivel 6 ($3400 < Q_s < 6800$) en las Bodegas B y C, Alto Nivel 6 ($3400 < Q_s < 6800$) en el Intermedio, Planta Baja; asimismo, la zona de riesgo de las bodegas, de acuerdo a los contenidos (NFPA 101) y la ocupación de cada uno de ellos (NFPA 13), considerando el riesgo establecido en la norma AM 1257, resultó insuficiente en la respectiva ponderación; es por ello que se diseñó el sistema de protección

contra incendios. Entre las conclusiones de la autora, señala que la empresa se encontró en un alto riesgo de incendio, evidenciándose que no contaba con un sistema de detección y extinción, así también, se verificó la presencia de sistemas contra incendios internos en diversas áreas (extintores PQS, CO₂, espumas AFFF), observándose de igual forma el desconocimiento de varios colaboradores en cuanto a respuestas ante emergencias.

Molano y Rodríguez (2017) desarrollaron un estudio titulado “Diseño del sistema contra incendios de extinción y detección para la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, conforme a la Norma NFPA y la NSR-10”, presentado en la Universidad Distrital Francisco José De Caldas, ubicada en Bogotá, Colombia, planteado con el objeto de diseñar el sistema de extinción y detección de incendios para la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, conforme a la norma NFPA y la NSR-10. El proyecto fue desarrollado bajo la Norma NFPA 909, Code for the Protection of Cultural Resources, la cual aplica para bibliotecas o museos. De esta manera, el diseño se estructuró con un sistema de supresión de incendios con rociadores automáticos y gabinetes contra incendios, bajo los parámetros de la NFPA 13, Standard for the Installation of Sprinkler Systems; además del sistema de detección automática de incendios, diseñado bajo la NFPA 72 National Fire Alarm Code. Se llevó a cabo un diagnóstico empleando el título J de la norma NSR-10, tomando en cuenta los aspectos: tubería red de gabinetes, cuarto de bombas, tanque de almacenamiento, y extintores. Esta evaluación permitió evidenciar que la tubería de la red, no tiene agua, por lo que un incendio, tendría consecuencias catastróficas; asimismo, los gabinetes contra incendio estaban en mal estado físico y en algunos puntos con oxidación; tampoco había planos de la red contra incendios; mientras que el cuarto de bombas evidenció varias inconsistencias en función de lo establecido en la NFPA 2019, como la ausencia de una placa anti-vórtice y de soportes. En tal sentido, el diseño del sistema contra incendios logró contribuir la protección de las instalaciones de la universidad, simplificando las actividades de notificación y evacuación temprana del personal.

Bermeo (2017) desarrolló un estudio titulado “Análisis del volumen óptimo de un tanque de almacenamiento para un sistema contra incendio”, presentado en la Universidad del Espíritu Santo, en Samborondón, Ecuador, con el objetivo

de analizar y evaluar, técnica y ambientalmente, el diseño de un sistema contra incendio de una bodega de almacenamiento. La metodología inicia con la verificación de la normativa aplicable, que correspondió a la NFPA, con la cual la organización creará los requisitos mínimos para la prevención contra incendios. Para diagnosticar el nivel de riesgo, se empleó lo establecido en la NFPA sobre los “Niveles de riesgos de incendios de acuerdo al tipo de edificación”, donde indica que las plantas productoras de papel se encuentran dentro del grupo nivel de Riesgo Ordinario II; asimismo, se evidenció que las que generan mayor impacto son las obras hidro-sanitarias, así como las obras de hormigón con una calificación de -21 y -22; también, los aspectos de SST tuvieron una calificación de impacto representativa de -103; mientras que un 40% de los impactos corresponde al medio físico, 8% al medio biótico y 52% al socio económico, siendo el medio físico el más impactado con una calificación promedio de -12.33, seguido del biológico con -11.50.

1.2.2. Nacional.

Chamorro, Arce y Diaz (2019) realizaron un estudio titulado “Fire System for an Automated Electrical Substation via Programmable Logic Controller”, publicado en la revista Avances en Sistemas de Ciencia, Tecnología e Ingeniería, de Estados Unidos, estudio presentado originalmente en la Facultad de Ingeniería y Gestión, Universidad Nacional Tecnológica de Lima, Perú. Entre los resultados principales, se lograron identificar los componentes para la automatización, 16 sensores, 5 electroválvulas, 3 electrobombas y 3 convertidores de frecuencia, la programación del PLC S71200 se desarrolló empleando el lenguaje de esquema de contactos, la prueba alfa de Cronbach determinó una fiabilidad de 0,794, con una normalidad de los datos con la prueba de Shapiro Wilk, para una significancia de 0,60 para la presión y 0,166 para el caudal, valores que superan el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, por tanto, las variables presión y caudal evidenciaron una distribución normal, lo que garantizaría el adecuado funcionamiento del sistema contra incendios de la Subestación Eléctrica. En este sentido, los autores concluyen que el proyecto es confiable, ya que la presión y el flujo variables siguen una distribución normal, lo que se reflejó en el gráfico Q-Q normal.

Ascón (2019) desarrolló un estudio titulado “Implementación de un sistema de bombeo contra incendios en un edificio corporativo de 15 pisos en Lima Metropolitana”, presentado en la Universidad Tecnológica del Perú, Lima. Entre los resultados del estudio, al tratarse de una implementación, luego de la compra de los equipos se procedió a la instalación del sistema de bombeo, siguiendo las instrucciones de la NFPA 20, que sugiere tener alienado el eje del sistema motriz a la bomba contra incendio, se verificó también la calibración de los manómetros para la succión y descarga; de igual forma, se revisó el caudalímetro calibrado o medidor de flujo con un rango mínimo no menor del 175% de la capacidad nominal de la bomba, siendo el caudal de la bomba 750gpm, por lo tanto el medidor de flujo debe ser no menor a los 1320gpm. Entre las conclusiones del estudio, el autor señala que realizó la implementación del sistema de bombeo contra incendio bajo las normas de la NFPA 13, NFPA 14, NFPA 20; cumpliendo también las especificaciones del RNE (Reglamento Nacional de edificaciones). Se determinaron los niveles de riesgo del edificio y se clasificó el fuego como clase A, de acuerdo a la NFPA 10.

Portillo (2019) realizó un estudio titulado “Gestión de un sistema contra incendios mediante interfaces de comunicación Field Server para plantas de procesamiento de oro. Caso: Minera Buenaventura”, presentado en la Universidad Nacional del Callao, Perú. Los resultados del estudio a través de las pruebas realizadas, permitieron evidenciar que, una comunicación convencional por cableado de cobre directo a través de la red de datos hacía los paneles contra incendios, tiene un retraso de 59.26 segundos, mientras que al conectar un solo panel el tiempo que demora la señal es de 40.22 segundos; mientras que las pruebas para un número determinado de eventos de alarma, el tiempo medio de retraso fue 52 segundos para un grupo de panel contra incendios con conexión directa; mientras que, al conectar el dispositivo Field Server, para la transmisión de 10 Paneles contra incendios, el tiempo de salida de la alarma desde el panel fue de 19 segundos. Entre las principales conclusiones, el autor pudo evidenciar un importante ahorro económico con la implementación de la propuesta realizada, específicamente, para monitorear y proteger sistemas contra incendios en las diferentes áreas del campamento minero de Minera Buenaventura.

Huamani y Paucara (2019) desarrollaron el estudio titulado “Evaluación del Riesgo de Incendio a través del método Gretener para implementar medidas de prevención en la empresa TECKTOMETAL SAC. Arequipa 2019”, presentado en la Universidad Tecnológica del Perú, con el objeto de evaluar la seguridad contra el riesgo de incendio a través del método Gretener para implementar y proponer medidas de prevención en la empresa TECKTOMETAL SAC. La población y muestra del estudio abarcó a todo el personal de la organización (ocho en total), a quienes se les aplicó un cuestionario con seis (6) ítems dicotómicos. Los resultados permitieron concluir, una vez recolectada la información, los cálculos correspondientes del método Gretener evidenciaron coeficientes de seguridad contra el incendio de 0.67 para el área administrativa y de 0.50 para el área de producción, valores que resultan insuficientes según el método Gretener, existiendo, por tanto, el riesgo de incendios; luego fueron tomadas las acciones preventivas, implementando un plan de contingencia y la propuesta de un sistema de detección y alarmas contra incendio de acuerdo a la NFPA 72. Finalmente, realizó la reevaluación, que evidenció un coeficiente de 1.46 para el área administrativa y de 1.09 para producción, indicando así que la seguridad contra el riesgo de incendio es suficiente, por lo tanto, el riesgo de incendio fue atenuado, validando así la hipótesis planteada por los autores.

Córdova, Fernández, Salgado y Soberón (2017) desarrollaron el estudio sobre la “Dirección del proyecto: sistema de detección, alarma y extinción de incendios de planta Atocongo”, presentado en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú, con el objetivo de demostrar que la mejora en los procesos de Dirección de Proyectos incrementaría la probabilidad de éxito en todo el proyecto: Sistema Integral de Detección, Alarma y Extinción para todas las áreas de la planta Atocongo de la empresa UNACEM (Unión Andina de Cementos S.A.A.) ubicada en el distrito de Villa María del Triunfo, en la ciudad de Lima. Entre las conclusiones del estudio, los autores señalan que la detección anticipada de un incendio de mediana envergadura genera un ahorro estimado de USD 4 millones correspondiente al sobrecosto por importación de cemento; asimismo, otro beneficio de la implementación del sistema de detección, alarma y extinción de incendio de planta Atocongo es garantizar el bienestar, la seguridad física y ambiental de los trabajadores y vecinos de la zona, los cuales son incuantificables.

Solano (2017) desarrolló un estudio titulado “Interconexión del sistema de detección y alarma contra incendio entre las plantas de refinería y de fundición”, presentado en la Universidad Tecnológica del Perú, con el propósito de reprogramar el sistema de control y supervisión del sistema contra incendio (SCI), programando software que permita la adición de los paneles de Refinería a la RED de paneles de Fundición. En este sentido, se realizó la reprogramación del software de los paneles del sistema contra incendio (SCI) y del computador de Monitoreo Grafico – NCC, para integrar el sistema de refinería al sistema de control y supervisión de la planta de fundición, obteniendo una reducción de pérdidas de producción a causa de falsos eventos, así como una disminución en el tiempo de respuesta ante conatos de incendios. Entre las conclusiones más destacadas, el autor señala que la realización de los planos y protocolos de seguridad incidió de forma positiva en el proyecto, lográndose cero incidentes y cero accidentes; asimismo, con la realización de la canalización de la tubería se logró realizar el cableado entre los equipos del SCI, en el tiempo previsto; también, la nueva programación del software de los paneles del SCI se adicionaron paneles de refinería al sistema de supervisión y control del sistema de alarmas de fundición.

Alfaro (2016) realizó un estudio sobre la “Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento para incrementar la productividad del sistema contra incendios de Westfire Sudamérica S.R.L. en Minera Chinalco Perú”, presentado en la Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Entre los resultados que se destacan del estudio, el diagnóstico del sistema contra incendios, un 20% de fallas eran ocasionadas por cables dañados, cortocircuitos, terminales eléctricos sueltos o no conexiónados, línea de distribución y que éstos producían el 80% de las paradas; asimismo, se encontró que el 11.65% de las órdenes de trabajo eran correctivas en campo, lo que evidenció un mantenimiento inadecuado; con la propuesta se lograron reducir las órdenes de trabajo correctivas a un 6.30%, lo que su vez permitió reducir las paradas de campo por fallas del sistema, aumentando la efectividad del sistema contra incendios. En este orden de ideas, el autor señala entre sus conclusiones que el estudio permitió diseñar los indicadores para medir la propuesta de gestión de mantenimiento, asimismo, con la propuesta se incrementó la productividad del sistema contra incendios, minimizando las órdenes de trabajo correctivas en 5.35%, también el MTBF

aumentó en 58.5 horas, el MTTR disminuyó en 0.76 horas y la disponibilidad aumentó en 0.39%.

1.2.3. Local.

Gómez (2019) desarrolló un estudio titulado “Implementación del sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional, en el proyecto de explotación minera Kory Tika Cep 29 de Unchiña Aymaraes-Apurímac”, presentado en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Perú, con el objetivo de implementar el sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional en el proyecto de explotación minera “Kory Tika Cep 29” de la comunidad campesina de Unchiña, Provincia de Aymaraes, departamento de Apurímac. El estudio planteó como población al proyecto de explotación Minera Kory Tika Cep 29 de Unchiña-Aymaraes, considerando como muestra al total de los trabajadores que tiene la misma, es decir, 12 integrantes, empleando como instrumentos la evaluación y verificación de lineamientos del sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional según Resolución Ministerial N° 050-2013-TR al proyecto de explotación Kory Tika Cep 29, así como la evidencia fotográfica de los peligros en el lugar de trabajo. Entre los resultados del diagnóstico, el nivel de cumplimiento de los requisitos de lista de verificación de resolución ministerial 050-2013TR, revela que el proyecto de no contaba y no se evidenciaba un estudio de línea base para evaluar, identificar y monitorear el estado de la seguridad y salud de acuerdo a lo contenido en las normas nacionales; por otra parte, en su mayoría, los incidentes y accidentes ocurridos fueron incidentes y accidentes leves, como cortes, caídas, golpes, contusiones y lesiones en distintas partes del cuerpo; toda la información recabada permitió la identificación de los peligros, evaluación y control de riesgos del proyecto.

Urrutia y Tello (2018) desarrollaron una investigación titulada “Implementación del Ciclo de Deming en el sistema integrado de gestión de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente en la Unidad Minera La Ricotona Distrito de Lambrama-Apurímac”, presentado en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Perú. En relación a los resultados más relevantes, se midió el grado de riesgo del sistema de gestión de seguridad previo a la implementación del ciclo de “Deming”, evidenciándose en su mayoría un riesgo

moderado (66,7%), seguido de alto riesgo (20,0%), y riesgo tolerable (13,3%); después de la implementación se encontró un grado moderado de riesgo (60,0%) y en menor grado, un riesgo tolerable (40%); mientras que, el grado de riesgo del sistema cambió entre las mediciones efectuadas antes (Media = 3,07) y después (Media = 2,6) de implementar el ciclo de “Deming” en la Unidad Minera La Ricotona. En este sentido, las principales conclusiones del estudio indican que se evidenció un cambio significativo antes y después de implementar el ciclo de “Deming” del sistema de gestión de seguridad, salud ocupacional, así como del sistema del medio ambiente; asimismo, la implementación de la propuesta, evidenció efectividad para disminuir el grado y el nivel de riesgo en el Sistema Integrado de Gestión de seguridad, salud ocupacional en la Unidad Minera La Ricotona.

Fuentes (2017) desarrolló un estudio titulado “Elaboración del plan anual de seguridad y salud ocupacional para el transporte de concentrado de cobre para Minera las Bambas”, presentado en la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, con el objeto de desarrollar y presentar el plan anual de seguridad y salud ocupacional para el transporte de concentrado de cobre de minera Las Bambas. El estudio consideró como población a los trabajadores ubicados en las diferentes actividades de transporte de Concentrado de Cobre, mientras que la técnica usado fue la observación directa y datos de campo, mientras que el instrumento empleado fuer la implementación de las unidades, capacitación de los conductores, hojas de ruta y los controles críticos. Los principales resultados permitieron determinar que la elaboración e implementación del Plan Anual de Seguridad y Salud Ocupacional para concentrado de cobre de Minera Las Bambas, así como la planificación, implementación, operación, capacitación y entrenamiento para enfrentar emergencias, permitirá el transporte seguro de concentrado de cobre y con un cumplimiento adecuado de los tiempos pactados; asimismo, la identificación de peligros y evaluación de riesgos de las actividades en la empresa y como controlar los mismos, son fundamentales para garantizar la seguridad de los trabajadores, al realizar estas tareas con un nivel de riesgo aceptable.

1.3. Teorías relacionadas al tema.

1.3.1. Sistema contra incendio bajo la Norma NFPA.

1.3.1.1. Sistema contra incendio.

Un sistema contra incendios es un elemento fundamental para toda organización, pues permite atender en forma oportuna cualquier situación o evento que pueda representar una amenaza para la seguridad de las personas y de las instalaciones, sobre este particular, Global Property (2013) señala que estos sistemas representan un elemento fundamental para minimizar la probabilidad de pérdidas significativas o cuantiosas a causa de que se produzcan incendios de grandes proporciones en cualquier tipo de instalaciones. Al respecto, las estadísticas demuestran la efectividad de los equipos contra incendios adecuadamente diseñados y con el mantenimiento pertinente.

De esta manera, el Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social de España (MSCBS, 2015) indica que, los sistemas de incendios conforman un conjunto de equipos integrados a la estructura de los edificios, los cuales a su vez están basados en dos tipos de medidas.

a) Medidas de protección pasiva. Buscan reducir las consecuencias perjudiciales del incendio, luego de que se hayan producido; esencialmente, se basan en restringir la distribución de las llamas y el humo en el edificio, para así lograr una evacuación exitosa; algunas de estas medidas son:

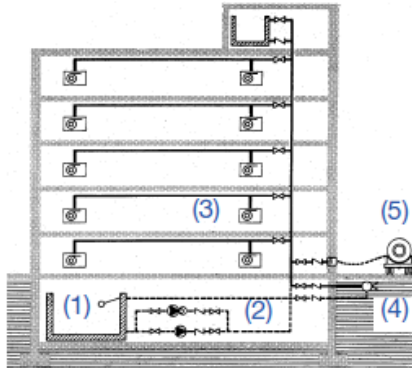
- Compuertas en ductos de aire.
- Recubrimiento de las estructuras, lo que permite incrementar el tiempo previo a un colapso a causa de la deformación por temperatura elevada.
- Puertas cortafuegos.
- Mejoramiento de los espacios y características de las vías de evacuación.
- Señalizaciones e iluminación de emergencia.
- Compartimentación de sectores de fuego. (MSCBS, 2015)

b) Medidas de protección activa. Buscan garantizar de forma inmediata la extinción de cualquier conato de incendio; se pueden encontrar dos tipos de medidas dentro de éstas:

- Medidas de detección de incendios, las cuales se basan en la detección de humo (iónico u óptico) o de incremento de la temperatura.

- Medidas de extinción de incendios, que a su vez se dividen en dos tipos:
 - Manuales: como extintores, bocas de incendio equipadas (BIE), hidrantes, columna seca (ver Figura 1).

Figura 1. Sistemas contra incendios manuales

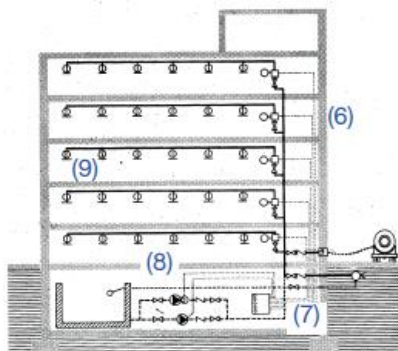


Depósito (1), sistema de bombeo (2), red de distribución de agua (3), conexión de los circuitos interiores a la red pública de suministro (4), conexión a un camión cisterna en caso de ser necesario (5).

Fuente: MSCBS (2015, p. 2)

- Automáticos: provistos con productos para extinción: i) agua (sprinklers, cortinas de agua, espumas, agua pulverizada), ii) gases (halones -en desuso-, dióxido de carbono), iii) polvo (normal o polivalente) (ver Figura 2). (MSCBS, 2015)

Figura 2. Sistemas contra incendios automático



Similar a la Figura 1, se incorporan: presostato (6), que envía una señal a una centralita (7), de donde se activan las bombas de ser necesario (8), en caso de incendio la salida de agua se produce por el rociador final (9).

Fuente: MSCBS (2015, p. 3)

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente, los sistemas contra incendios tienen algunos elementos comunes, a pesar de la diversidad de sistemas que existen; entre estos componentes, Molano y Rodríguez (2017) señalan los siguientes:

- Unidad propulsora del agente extinguidor, esto puede ser una bomba hidráulica, un propulsor o un proporcionador.
- Boquillas, rociadores o tomas de agua (en el caso de mangueras) las cuales esparcen el agente extinguidor en áreas específicas.
- Depósitos de almacenaje del agente extintor, como, por ejemplo, tanques, cilindros o canecas.
- Desagües para un adecuado drenaje del agente extintor, luego de haber sido esparcido o cuando se realiza mantenimiento de los sistemas.
- Tuberías o conductos para trasladar el agente hasta el área de incendio
- Dispositivos de activación del agente extintor, como, por ejemplo, bulbos de rociadores, módulos eléctricos, válvulas manuales o automáticas.
- Válvulas para el paso del elemento extintor y para labores de mantenimiento.
- Control del sistema mediante unidades de detección de incendios.

1.3.1.2. Importancia de un sistema contra incendio.

Es necesario resaltar la importancia que tiene la prevención de los incendios, ya que los efectos que producen los mismos sobre la salud de las personas, podrían ser incluso mortales, como señala DEMSA (2020), la quema de cualquier combustible produce calor, además de una atmósfera cargada de gases de combustión (humo, CO, CO₂ y otros derivados) que en función de las concentraciones que registren, puede generar circunstancias de peligro para la salud de las personas, durante y después de la exposición a éstos; entre estas circunstancias se pueden mencionar dificultad visual producto de la producción de humo, irritación de mucosas respiratorias, narcosis e inconsciencia debido a la presencia de gases asfixiantes, lo cual puede complicarse, visto que esta situación de afectación al proceso natural de captación y distribución de oxígeno, pueden ocasionar daños graves a la salud, que pudieran ocasionar la muerte.

En tal sentido, Molano y Rodríguez (2017) afirman que, “no basta con sofocar un incendio si no se tiene antes en cuenta la vida humana”; es por ello importante, que toda edificación cuente con sistema de detección de incendios, ya que a pesar de no tener la capacidad de controlar o apagar directamente el fuego, tienen un rol clave al avisar a las personas de forma temprana, sobre la

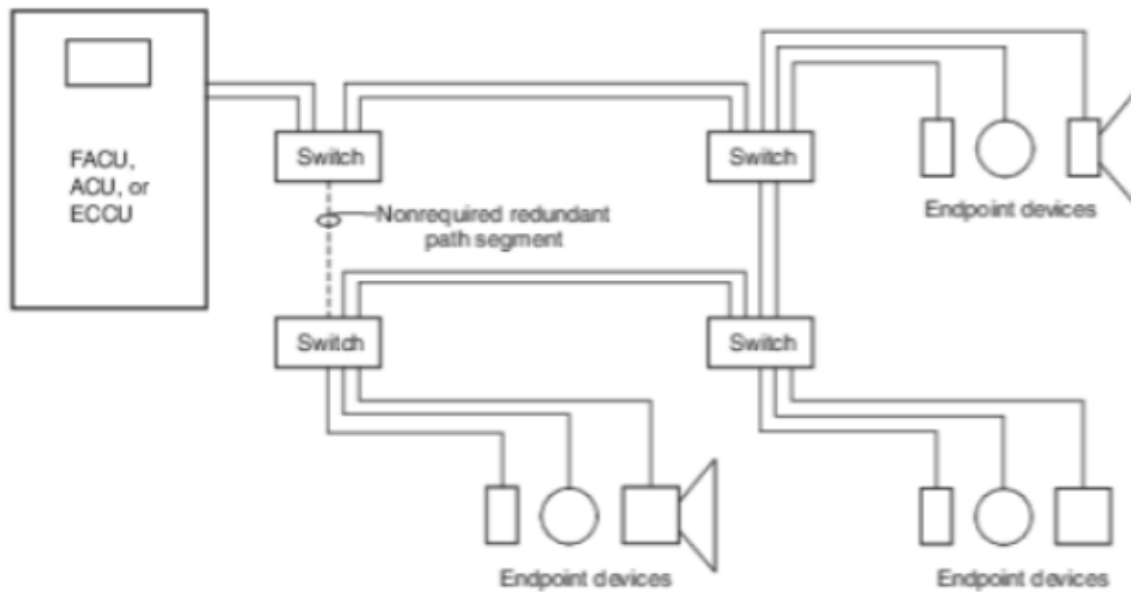
ocurrencia de un incendio, para así lograr proteger sus vidas, alertando y señalizando las vías de evacuación, lo cual es fundamental, para tomar las medidas necesarias y minimizar de esta manera, los daños y consecuencias para la salud y la vida de las personas, además de las instalaciones y maquinarias.

1.3.1.3. Normas NFPA.

La gestión de incendios y los sistemas contra incendios cuentan con un soporte fundamental para lograr un mayor alcance y efectividad, como lo son las normas NFPA, las cuales según Masquiarán (2019) tienen como objeto la generación de un óptimo nivel de protección contra incendios, no sólo de los ocupantes, sino también de las instalaciones, mediante la normalización de los requisitos de diseño, instalación, prueba de los sistemas, equipos, materialidades, entre otros, apoyados en principios de ingeniería, datos de las pruebas realizadas y las experiencias obtenidas en campo. Molano y Rodríguez (2017) señalan que la NFPA 72, es la norma que proporciona los requerimientos mínimos para instalar los sistemas contra incendios (ver Figura 3).

En este mismo orden de ideas, Eguiluz (2007) destaca que la norma NFPA 72 abarca habitaciones, pasillos, áreas de almacenamiento, sótanos, altillos, entresijos, además de áreas ubicadas sobre el cielo raso como los espacios de circulación de aire de los sistemas de aire acondicionado, calefacción y ventilación; asimismo, incluye closets, columnas de ascensores, áreas cerradas de escaleras, montacargas de servicio, tolvas y otras divisiones y/o espacios confinados accesibles.

Figura 3. Esquema básico de un sistema básico de detección de incendios (NFPA 72)



Fuente: Molano y Rodríguez (2017, p. 29)

Por su parte, Masquiarán (2019) señala que otras de las principales normas NFPA vinculadas a los sistemas contra incendios son las siguientes:

- a) NFPA 14 “Instalación de Sistemas de Tubería Vertical y de Mangueras”.
- b) NFPA 20 “Instalación de Bombas Estacionarias de Protección contra Incendios”.
- c) NFPA 22 “Estándar de Instalación de Estanques de Agua Contra Incendios”.
- d) NFPA 24 “Instalación de tuberías para Servicio Privado de Incendios y sus accesorios”.
- e) NFPA 30 “Código de Líquidos Inflamables y Combustibles”.
- f) NFPA 101 “Código de Seguridad Humana”.

Otro aspecto a considerar respecto a las NFPA, es la clasificación de los riesgos, referidos las posibilidades de inicio y propagación de un incendio, tomando en consideración la presencia de combustibles en las diversas áreas del edificio o estructura, de acuerdo a lo señalado por Masquiarán (2019) se clasifican de la siguiente manera:

- a) Recintos de Riesgo Ligero (RL).

Son recintos o áreas en el existe una cantidad de combustibles baja, que pudieran producir fuegos con bajos índices de liberación de calor.

- b) Recintos de Riesgo Ordinario (RO) Grupo 1.

Son recintos o áreas de otros recintos, con baja combustibilidad, donde existe una cantidad de combustible moderada y una altura de almacenaje que no supera los 8 pies de altura (2.40m), lo que pudieran producir fuegos de moderado índice de liberación de calor.

c) Recintos de Riesgo Ordinario (RO) Grupo 2.

Son recintos o áreas de otros recintos con una cantidad y combustibilidad de moderada a alta y una altura de almacenamiento que no excede los 12 pies de altura (3.70m), en donde se pudieran producir fuegos con índices de liberación de calor que varían de moderado a alto.

d) Recintos de Riesgo Extra (RE) Grupo 1.

Son recintos o áreas de otros recintos con una cantidad y combustibilidad de los contenidos calificada como muy alta, con presencia de líquidos inflamables, combustibles, polvo y otros materiales, que incrementan la posibilidad de producir fuegos rápidamente, con un alto índice de liberación de calor.

e) Recintos de Riesgo Extra (RE) Grupo 2.

Son recintos o áreas de otros recintos con riesgo de incendio considerado como grave, como los que pueden presentarse en centros donde se realicen preparación de algodón, fábricas de explosivos, refinerías de petróleo, fábricas de barnices y actividades similares, así como líquidos inflamables.

1.3.2. Seguridad del personal.

La seguridad del personal es la situación que se deriva de las medidas adoptadas para evitar accidentes e incidentes laborales; entendiéndose que los accidentes de trabajo, según Blanco y otros (2015), son hechos eventuales o la acción que, inconscientemente, durante o a consecuencia del trabajo, ocasionan una lesión física que imposibilita a un trabajador para la realización normal de sus labores, por un periodo corto o permanente, incluyendo situaciones más drásticas como la muerte no deseada; los accidentes de trabajo no sólo afectan al trabajador, sino que de acuerdo a las consecuencias del mismo, pudieran afectar también a su familia, amigos, compañeros de labores, la organización, las instituciones y el país, asimismo, afectan en la economía y productividad de las empresas.

De igual forma, el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social y otros (2014) indican que según la OIT un accidente de trabajo es un suceso ocurrido en el transcurso del trabajo o en relación con el trabajo, que produce: a) lesiones profesionales mortales; b) lesiones profesionales no mortales; en tanto, la enfermedad ocupacional, de acuerdo al Protocolo de 2002 del Convenio sobre seguridad y salud de los trabajadores, comprende toda enfermedad adquirida debido a la exposición del trabajador a factores de riesgo producto de la actividad laboral, al tiempo que abarca dos elementos: a) la relación causa-efecto entre la exposición ocurrida en el ambiente laboral o la actividad laboral específica, y la enfermedad, b) el hecho de que, en el grupo de trabajadores expuestos, la enfermedad se origina con una frecuencia superior a la tasa media de morbilidad.

Tomando en consideración los efectos que producen los accidentes de trabajo en la seguridad del personal, es necesario tener información que permita evaluar este aspecto vital dentro de cualquier organización; al respecto Chinchilla (citado por Pérez, 2016, p. 17) refiere que los índices de accidentes laborales empleados son el índice de frecuencia, el índice de gravedad y el índice de accidentabilidad. Ahora bien, ampliando esta clasificación de los índices, se presentan los siguientes, siendo los más usados, comprendidos dentro de los Indicadores de Seguridad y Salud en el Trabajo señalados por RIMAC Seguros y Reaseguros (2014), los cuales se describen a continuación (ver Figura 4).

a) Índice de Frecuencia

Según Pérez (2016) se define como la relación existente entre el número de accidentes registrados en un lapso de tiempo y el total de horas hombre trabajadas (HHT), en función del tiempo laborado, tomando en cuenta el periodo considerado (ver Ecuación 1). Este índice representa la cantidad de accidentes sucedidos por cada millón de horas trabajadas, considerando sólo los accidentes en jornada de trabajo con bajas (Bestratén, y otros, 2011).

Ecuación 1. Índice de frecuencia

$$IF = \frac{N^{\circ} \text{ accidentes} * 1000000}{\text{Horas Hombres Trabajadas (HHT)}}$$

Fuente: Pérez (2016, p. 17)

Figura 4. Indicadores de Seguridad y Salud en el Trabajo



Fuente: RIMAC Seguros y Reaseguros (2014)

b) Índice de Gravedad

También conocido como índice de severidad, Pérez (2016) lo define como la relación entre el número de días perdidos por accidentes, en un lapso de tiempo (días de trabajo perdidos, o jornadas no trabajadas) y el total de horas hombres trabajadas (HHT) en función al tiempo laborado (ver Ecuación 2). En las estadísticas oficiales se toma en cuenta jornadas de trabajo con baja, basados en la cantidad de jornadas laborales perdidas por cada accidentado (Bestratén, y otros, 2011).

Ecuación 2. Índice de gravedad

$$IG = \frac{N^{\circ} \text{ días perdidos} * 1000000}{\text{Horas Hombres Trabajadas (HHT)}}$$

Fuente: Pérez (2016, p. 17)

c) Índice de Responsabilidad

Según lo que indica RIMAC Seguros y Reaseguros (2014), es la relación existente entre el índice de frecuencia (IF) y el índice de gravedad o severidad (IG), estos valores se promedian (ver Ecuación 3).

Ecuación 3. Índice de responsabilidad

$$IR = \frac{IF * IG}{2}$$

Fuente: RIMAC Seguros y Reaseguros (2014)

d) Índice de Accidentabilidad

Estrada (2017) señala que el Índice de Accidentabilidad (IA), relaciona el índice de frecuencia y el de gravedad o severidad, para así lograr una medida comparativa más representativa que los índices por separado, su fórmula de cálculo es la siguiente:

Ecuación 4. Índice de accidentabilidad

$$IA = \frac{IF * IG}{1000000}$$

Fuente: RIMAC Seguros y Reaseguros (2014)

Estos indicadores de seguridad y salud en el trabajo representan el fundamento para valorar la seguridad del personal, respecto de los peligros y riesgos vinculados al trabajo; estos indicadores son usados por empresas, así como también por gobiernos y entes interesados en las políticas y programas orientados a la prevención de lesiones, enfermedades y muertes profesionales, así como para una supervisión de estos programas al ser aplicados, así como orientar sobre las áreas prioritarias, como por ejemplo, ocupaciones, industrias o lugares específicos (RIMAC Seguros y Reaseguros, 2014). De acuerdo a Bestatén y otros (2011), los estadísticos de SST permiten obtener conclusiones acerca de la evolución de la siniestralidad en una organización, además de ser la base para la implementación de las medidas preventivas y correctivas necesarias; siendo también fundamental como mecanismo de verificación de la eficacia de dichas medidas.

1.3.3. Normativa técnica, ambiental, de seguridad, de gestión de riesgos.

1.3.3.1. Normativa técnica.

La principal fuente técnica en materia de sistema de incendios, está referida a la NFPA (National Fire Protection Association), siendo una referencia técnica mundial para el desarrollo y difusión de información, datos y parámetros sobre seguridad contra incendios y de vida; este organismo tiene su sede en Quincy, Massachusetts, EE.UU., la NFPA es una organización internacional que desarrolla normas, fue fundada en 1896, su objetivo es proteger gente, propiedades y el medio ambiente del fuego (Portillo, 2019).

En el contexto nacional, se encuentra un catálogo de normas técnicas peruanas sobre seguridad contra incendios del Instituto Nacional de Calidad (INACAL), las cuales son parte del catálogo especializado de normas técnicas peruanas; entre estas normas técnicas se encuentran las siguientes:

- a) Seguridad contra incendios. Vocabulario (NTP-ISO 13943:2014)

Contiene la terminología vinculada a la seguridad contra incendios, tal como se utiliza en las normas internacionales y documentos de la Organización Internacional de Normalización (ISO) y del Comité Electrotécnico Internacional.

- b) Clasificación de los fuegos y su representación gráfica (NTP 350.021:2012)

Es una norma de carácter obligatorio; contiene la clasificación de los fuegos de acuerdo al material combustible y señala los símbolos gráficos para que indique el uso adecuado en el extintor, los símbolos ilustran sobre los usos permitidos y no permitidos.

- c) Seguridad contra incendios. Ensayos de resistencia al fuego y de control de humo de puertas y elementos de cerramiento de vanos, ventanas practicables y cerrajería para la edificación (NTP 350.063-1:2014)

Parte 1: Ensayos de resistencia al fuego de puertas, elementos de cerramiento de vanos y ventanas practicables. Contempla el procedimiento que debe hacerse en el ensayo para establecer la resistencia al fuego de puertas, elementos de cerramiento y ventanas practicables.

- d) Seguridad contra incendios. Ensayos de resistencia al fuego y de control de humo de puertas y elementos de cerramiento de vanos, ventanas practicables y cerrajería para la edificación (N350.063-2:2016)

Parte 2: Ensayo de caracterización de resistencia al fuego de la cerrajería. Contempla el método para describir la influencia en el comportamiento frente al fuego de las cerrajerías o herrajes, para la incorporación de éstos en los conjuntos de puertas abisagradas o pivotantes instaladas verticalmente (con una o dos hojas) o en conjuntos de ventanas practicables también instaladas verticalmente.

- e) Seguridad contra incendios. Ensayos de resistencia al fuego de puertas y elementos de cerramientos de vanos (NTP 350.063-3:2007)

Parte 3: Puertas y cerramientos para el control de humos. Contempla el método para establecer el ritmo de fuga en presencia de humos fríos y calientes, en condiciones específicas de ensayo.

- f) Seguridad contra incendios. Ensayos/Pruebas al sistema de extinción de incendios que protege los artefactos comerciales de cocina (NTP 370.118:2014)

Establece los parámetros requeridos para ensayos/pruebas de fuego en las unidades del sistema de extinción de incendios, empleados en la protección de artefactos de cocina, de uso en restaurantes, cafeterías y negocios similares.

- g) Seguridad contra incendios. Prevención de incendio en edificios. Ensayo de resistencia al fuego. Sistemas de sello de penetraciones (NTP 833.036:2016)

Señala las condiciones de ensayo y los parámetros para evaluar la capacidad de un sistema de sello de penetración, para proteger la resistencia al fuego de un elemento de separación.

- h) Ensayos de resistencia al fuego. Elementos de construcción para edificios (NTP ISO 834-1:2012)

Parte 1: Requisitos generales. Establece el método de ensayo para comprobar la resistencia al fuego de varios elementos de construcción al ser sometidos a ciertas condiciones de exposición al fuego.

- i) Ensayos de resistencia al fuego. Elementos de construcción para edificios (NTP-ISO 834-8:2014)

Parte 8: Requerimientos específicos para los elementos de separación vertical

no portantes. Señala el procedimiento para establecer la resistencia al fuego de elementos de separación vertical no portantes al ser expuestos al calor, por un lado.

- j) Señales de seguridad. Símbolos gráficos y colores de seguridad NTP-ISO 3864-2:2016

Parte 2: Reglas de diseño para etiquetas de seguridad en productos. 1ª Edición (EQV. ISO 3864-2:2004). Es obligatoria; este segmento de la norma ISO 3864 contempla principios adicionales a la norma ISO 3864-1, para el diseño de las etiquetas de seguridad de productos.

- k) Extintores portátiles manuales con agua (NTP 350.025-1:2008, revisada el 2014)

Parte 1: Agua presurizada. Requisitos. Contempla los parámetros de fabricación, muestreo y recepción, así como los métodos de ensayo, marcado y

etiquetado, de los extintores portátiles manuales del tipo de agua almacenada a presión, con volumen de hasta 10 litros, usados para combatir fuegos de Clase A.

- l) Extintores portátiles manuales de polvo químico seco. Requisitos. 2a. ed. (NTP 350.026:2007)

Es obligatoria; contiene los requisitos, los métodos de ensayo, muestreo y recepción, de extintores manuales de polvo químico seco

- m) Extintores portátiles manuales y sobre ruedas de dióxido de carbono. Requisitos (NTP 350.027:2008, revisada el 2014)

Contempla los parámetros de fabricación, muestreo y recepción, métodos de ensayo, marcado y embalaje, de los extintores portátiles manuales y sobre ruedas de dióxido de carbono (CO₂), para combatir fuegos de Clase B y C.

- n) Agentes extintores. Cargas. Polvos químicos secos (NTP 350.034:2003, revisada el 2014)

Es obligatoria, señala la clasificación, los requisitos y métodos de ensayo para evaluar los agentes extintores en extintores para fuegos de Clases ABC y BC.

- o) Extintores portátiles sobre ruedas de polvo químico seco. Requisitos. 2a. ed. (NTP 350.037:2007)

Es obligatoria, señala los requisitos, métodos de ensayo, muestreo y recepción de extintores rodantes de polvo químico seco.

- p) Extintores portátiles. Selección, distribución, inspección, mantenimiento, recarga y prueba hidrostática (NTP 350.043-1:2011)

Es obligatoria, señala los requisitos y procedimientos para la selección, distribución, instalación, señalización, inspección, mantenimiento, recarga y prueba hidrostática de los extintores portátiles, exceptuando los de agentes de extinción halogenados.

- q) Extintores portátiles. Selección, distribución, inspección, mantenimiento, recarga y prueba hidrostática. Extintores de agentes halogenados (NTP 350.043-2:1998, revisada el 2014)

Es una norma obligatoria; señala los requisitos, procedimientos y aplicaciones para la selección, distribución, identificación, inspección, mantenimiento, recarga y pruebas hidrostáticas de los extintores portátiles de agentes halogenados.

- r) Extintores portátiles. Métodos de ensayos para calificar la capacidad o potencial de extinción (NTP 350.062-1:2012)

Parte 1: Fuegos Clase A. Es obligatoria, contempla los métodos de calificación y ensayos para establecer la capacidad de extinción de los extintores, destinados a combatir fuegos Clase A.

- s) Extintores portátiles. Método de ensayo para calificar la capacidad o potencial de extinción (NTP 350.062-2:2012)

Parte 2: Fuegos Clase B. Es obligatoria, contempla el método de ensayo (prueba de fuego) para calificar la capacidad de extinción de los extintores, destinados a combatir fuegos Clase B.

- t) Extintores portátiles. Métodos de ensayos de conductividad eléctrica (NTP 350.062-3:2012)

Parte 3: Fuego Clase C. Es obligatoria, indica los métodos de ensayo de conductividad eléctrica de un extintor para ser calificado apropiado para fuegos Clase C.

- u) Extintores portátiles. Métodos de ensayos de capacidad o potencial de extinción (Código: NTP 350.062-4:2012)

Parte 4: Fuegos Clase D. Es obligatoria, indica los métodos de ensayo que deben cumplir los extintores y agentes de extinción destinados a combatir fuegos Clase D.

- v) Extintores portátiles. Métodos de ensayos para calificar la capacidad o potencial de extinción de fuegos en grasas y aceites de cocina (NTP 350.062-5:2012)

Parte 5: Fuego Clase K. Es obligatoria, indica los métodos de ensayos (pruebas de fuego) para calificar la capacidad o potencial de extinción de los extintores, destinados a combatir fuegos de grasas y aceites vegetales o animales usados en las cocinas, denominado fuegos Clase K.

- w) Extintores portátiles. Servicio de mantenimiento y recarga (NTP 833.026-1:2012)

Parte 1: Requisitos de equipamiento. Es obligatoria; señala los parámetros de equipamiento que se deben cumplir en los servicios de inspección, mantenimiento, recarga y prueba hidrostática de extintores portátiles.

- x) Extintores portátiles. Servicio de inspección, mantenimiento, recarga y prueba hidrostática. Rotulado (NTP 833.030:2012)

Es obligatoria; contempla la forma, dimensiones e información mínima contenida en rótulos o etiquetas, collar de verificación del servicio, en los extintores portátiles; así como las marcas grabadas a efectuarse sobre el cilindro del extintor como consecuencia del servicio

- y) Extintores portátiles para vehículos automotores (NTP 833.032:2006, revisada el 2016)

Es obligatoria; establece la selección y los requisitos de los extintores para la protección de los vehículos automotores.

- z) Extintores portátiles. Inspección, verificación y cartilla de inspección (NTP 833.034:2014)

Es obligatoria; señala el procedimiento y los requisitos mínimos de inspección y verificación periódica de los extintores portátiles instalados en locales públicos o privados.

1.3.3.2. Normativa ambiental.

Una de las normativas a considerar, es la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales, del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2010), cuyo objetivo es dotar a los profesionales de una herramienta en materia ambiental, que sea de fácil comprensión y aplicación, que permita determinar el nivel de riesgos ambientales de un área en particular, para implementar luego, las acciones que se recomienden en el informe técnico; esta guía es herramienta práctica, incluye anexos, cuadros, listados, gráficos, ejemplos prácticos, y todo lo necesario para una eficiente y eficaz evaluación, que permita lograr óptimos resultados, así como las recomendaciones y estudios definitivos, que generen oportunas y adecuadas decisiones. Esta guía en su anexo 5 refiere los pictogramas oficiales sobre manipulación de sustancias peligrosas, en donde se incluye el diamante NFPA, además de la clasificación de mercancías peligrosas según la ONU.

1.3.3.3. Normativa de seguridad.

Perú cuenta con leyes sobre la seguridad y salud en el trabajo, entre las cuales se encuentran la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo y su modificatoria (Ley N° 29783), además del Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo y su modificatoria (Decreto Supremo N° 005-2012-TR). Según el artículo 1 de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, su objeto es

promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país, en concordancia con lo establecido también en el reglamento de la ley (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2017). Asimismo, en función de la importancia de la SST, en el Perú se ha creado la Política Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, representando la principal herramienta para generar una cultura sobre la prevención de riesgos laborales en el país, estableciendo objetivo, principios y ejes de acción del Estado, con participación de empleadores y trabajadores; dicho documento fue publicado en el Decreto Supremo N° 002-2013-TR, siendo su objeto, prevenir los accidentes, las enfermedades profesionales y minimizar los efectos en la salud de los trabajadores (Congreso de la República, 2013).

En relación a la actividad minera, el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería fue aprobado mediante Decreto Supremo N° 024-2016-EM, modificado luego por el Decreto Supremo N° 023-2017-EM, el cual tiene como objeto, según se verifica en su artículo uno, prevenir la ocurrencia de incidentes, incidentes peligrosos, accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales, estimulando una cultura de prevención de riesgos laborales en la actividad minera (Ministerio de Energía y Mina, 2017).

1.3.3.4. Normativa de gestión de riesgos.

En materia de gestión de riesgos, las normas ISO son fundamentales, se orientan fundamentalmente a ordenar la gestión organizacional en distintos sectores; estas normas son emitidas por el Organismo Internacional de Estandarización (ISO), sirviendo de lenguaje común entre las organizaciones de todo el mundo, por lo que su cumplimiento les permite demostrar el cumplimiento de ciertos parámetros de calidad reconocidos internacionalmente; aunque son varias las normas de gestión de riesgos, las de mayor representatividad, según EALDE Business School (2019), son las siguientes:

a) ISO 31000 para la Gestión de Riesgos

Contempla los principios y directrices que debe cumplir un sistema de gestión de riesgos.

b) ISO 9001 de Sistemas de Gestión de Calidad

Establece la organización de un sistema de gestión de la calidad en una empresa, el estándar internacional incluye el pensamiento basado en riesgos.

c) Norma ISO 55000 de Gestión de Activos

Comprende tres normas para el establecimiento de un sistema de gestión de activos en las organizaciones, siendo una norma de gestión de riesgos especialmente en el ámbito financiero.

d) Seguridad de la Información e ISO 27001

Señala las claves para implementar un sistema de gestión de seguridad de la información (SGSI), especialmente, para la protección de la información vulnerable que manejan las organizaciones, como, por ejemplo, los datos de los clientes.

e) ISO 45001 para la Seguridad y Salud en el Trabajo

Abarca consejos y recomendaciones para establecer un sistema de seguridad y salud en el trabajo, para lograr que una organización minimice o evite lesiones y accidentes de sus trabajadores.

f) Auditorías de Sistemas de Gestión según la ISO 19011:2018

Brinda claves para realizar una auditoría de sistemas de gestión, para así evaluar el cumplimiento de una determinada norma ISO.

g) ISO 22320 de Gestión de Desastres Naturales y Emergencias

Es una norma de gran ayuda en países expuestos a desastres naturales y emergencias, permitiendo una preparación adecuada para una respuesta eficaz ante emergencias como inundaciones y terremotos.

h) El cumplimiento legal de las organizaciones según la ISO 19600

Contempla los parámetros para establecer un sistema de gestión de compliance y con ello, las empresas u organizaciones pueden evitar sanciones por incumplimiento de leyes o directivas.

i) La ISO 37000 para la prevención de los sobornos

Permite a una organización demostrar ante sus clientes potenciales que está comprometida con prácticas anti soborno.

1.3.4. Impacto ambiental.

El impacto ambiental de la actividad minera y de los incendios es significativo, pues esta actividad precisamente produce contaminación de

espacios abiertos; al respecto, La Rotta y Torres (2017) señalan que el modelo global actual ha impuesto actividades productivas que ponen en riesgo la propia supervivencia de la especie humana, la destrucción de vastas zonas a causa de procesos intensivos pone en evidencia la innegable relación del ambiente con las dinámicas socio-culturales y, en particular, con la salud.

En cuanto a los impactos de la minería en el Perú, especialmente de la minería ilegal, el MINAM (2016) señala que en la actividad minera se producen sulfuros, lo que hace que se presenten agentes contaminantes que requieren un manejo adecuado, siendo el agua ácida, los relaves con presencia de ácidos y el dióxido de azufre, algunos ejemplo; en tal sentido, el mal manejo de estos procesos tiene tanto impacto como la minería aluvial; siendo no tan visible como los daños en el ecosistema amazónico, pero de igual forma es altamente dañina; otros impactos se relacionan con la acumulación de gran cantidad de partículas de polvo en suspensión, la disposición de material de desmonte, ruidos y la alteración de las propiedades del suelo y del paisaje.

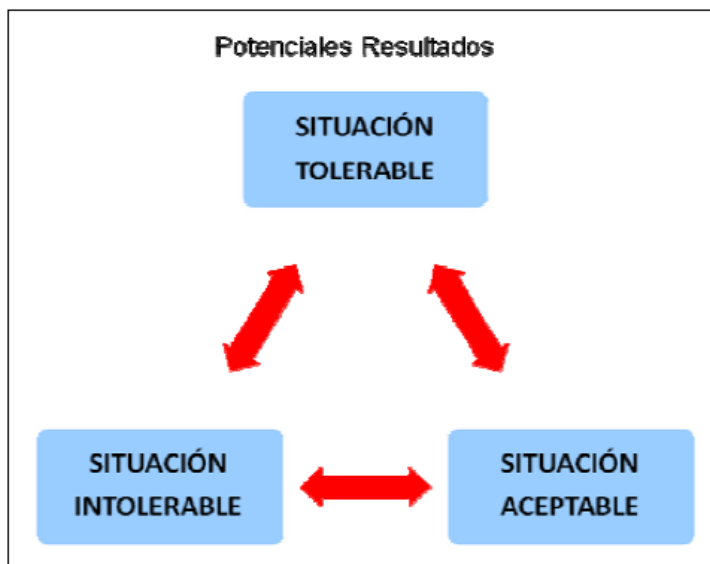
1.3.5. Gestión de riesgos.

Una gestión de riesgo en las organizaciones debe desarrollar un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional, a fin de preservar la integridad física de los trabajadores; sobre este particular, Asencios (2018) señala los pasos para ejecutarlo, de forma que contribuya a la adecuada gestión de riesgos laborales en, son generalmente los siguientes:

- La organización debe participar en el desarrollo de un plan de salud y seguridad.
- Designar a un responsable de la implantación del plan.
- Determinar las exigencias de salud y seguridad para el lugar de trabajo.
- Evaluar los riesgos existentes en las instalaciones.
- Corregir los riesgos existentes.
- Capacitar a los trabajadores en técnicas de salud y seguridad.
- Desarrollar conciencia de la necesidad que la organización esté libre de peligros.
- Actualizar y depurar el programa de salud y seguridad.

Asimismo, Asencios (2018) señala que la gerencia de riesgos se presenta a partir de tres potenciales resultados (ver Figura 5).

Figura 5. Potenciales resultados de la gestión de riesgos



Fuente: Asencios (2018, p. 29)

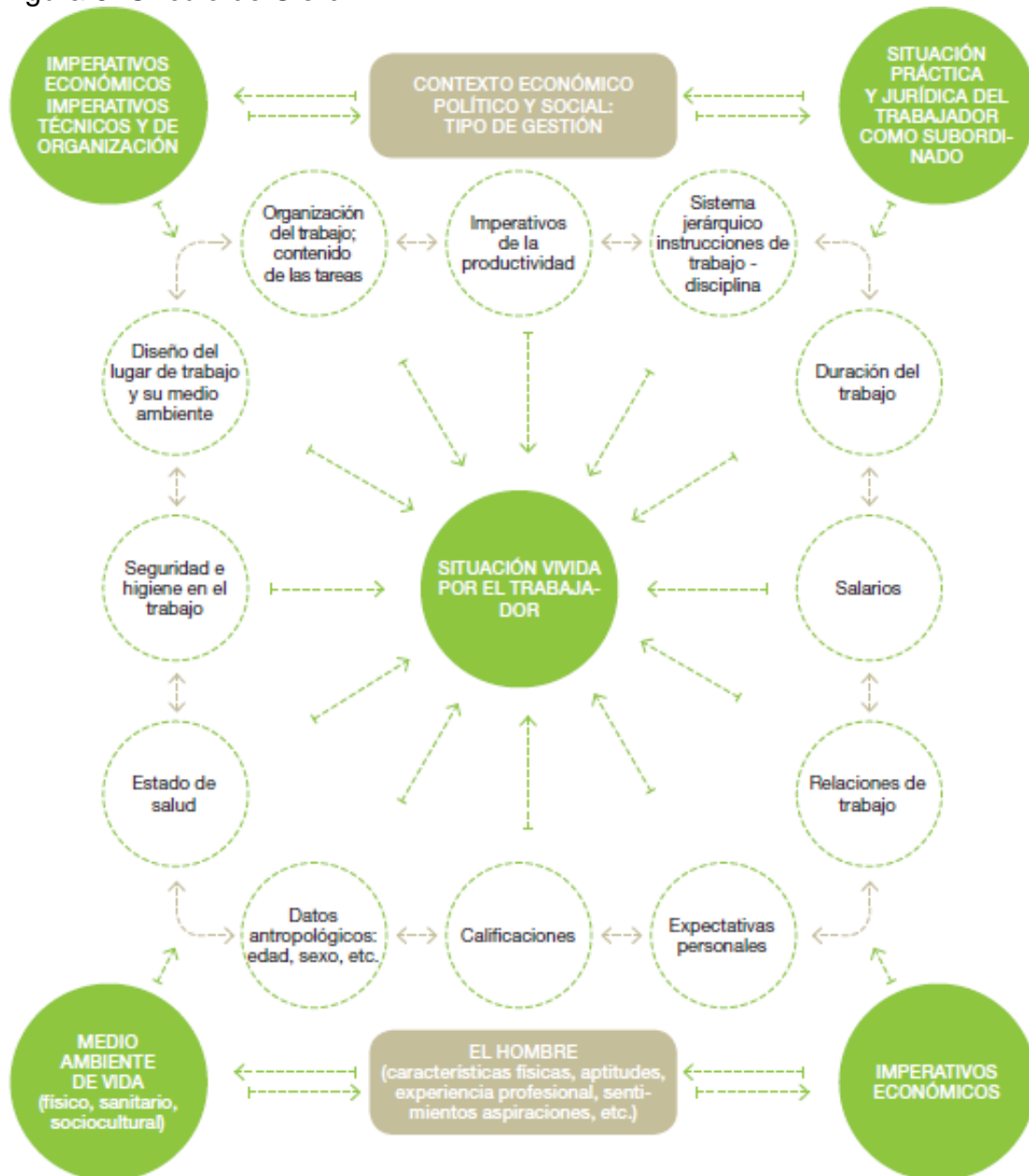
1.3.6. Seguridad y salud ocupacional.

La seguridad y salud ocupacional (SSO) o seguridad y salud en el trabajo (SST) es un área fundamental dentro de las organizaciones, que tiene como propósito fundamental, la minimización o eliminación de los riesgos en las instalaciones y con ello, la reducción de la afectación en la salud de los trabajadores; como la definen Blanco y otros (2015), son el conjunto de actividades implementadas en los procesos productivos, sobre las labores con maquinarias, sobre las instalaciones e inclusive, en los hábitos de los trabajadores, para evitar los accidentes de trabajo.

Sin duda alguna, la SSO debe ser abordada en forma multidisciplinaria para proteger el bienestar de los trabajadores, estructurando estrategias para generar y promover el trabajo seguro y sano, asimismo, buenos ambientes y organizaciones de trabajo, fundamentándose en el bienestar físico, mental y social de los trabajadores, además del mejoramiento continuo y el mantenimiento de la capacidad de trabajo (Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social y otros, 2014).

En este mismo sentido, el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social y otros (2014) señalan que la SSO se plantea desde hace años con un enfoque renovador, el cual fue desarrollado a partir de diversos planteamientos realizados por organizaciones sindicales y estudios científicos en la materia, basados en dimensiones subjetivas como las condiciones de trabajo y el medio ambiente en el que este se realiza, considerando de igual forma las dimensiones objetivas implicadas en ese proceso; así, las condiciones de trabajo corresponden a factores como la organización, el contenido y el tiempo de trabajo, la remuneración, la ergonomía, la tecnología involucrada, la gestión de la fuerza de trabajo, los servicios sociales y asistenciales y, también, la participación de los trabajadores; mientras que, el medio ambiente de trabajo comprende el sitio donde se lleva a desarrolla la actividad y permite clasificar los riesgos de acuerdo a su naturaleza; en tanto, la suma de estas dimensiones determinan la carga global que los trabajadores deben soportar individual y colectivamente. De esta forma, se ha representado lo que se conoce como el “Círculo de Clerc” (ver Figura 6).

Figura 6. Círculo de Clerc



Fuente: Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social y otros (2014, p. 14)

1.3.7. Estado del arte.

Los sistemas contra incendios se vienen modernizando día a día con el avance de la tecnología, pues son diversas los apartes e innovaciones que permiten lograr sistemas más eficientes y seguros, asimismo, en esta materia se viene implementando las normas NAFPA, dada la contribución que hace este organismo, gracias a sus investigaciones, la recolección de datos estadísticas, así como la realización de ensayos y pruebas. En este sentido, estudios como el de Masquiarán (2019), permiten dar cuenta de la importancia de la temática, en

especial con el desarrollo realizado por el autor, quien propone un sistema de protección contra incendio bajo la normativa NFPA, dando así relevancia y fundamento a la temática.

1.3.8. Definición de términos.

- Fuego

Es la expresión visual de la combustión; es una reacción química que se produce entre un combustible y un comburente, lo que se origina mediante una energía de activación (Masquiarán, 2019).

- Incendio

Es la ocurrencia de fuego no controlado, que puede afectar o abrasar algo que no está destinado a quemarse (Masquiarán, 2019).

- NFPA (Asociación Nacional de protección contra incendio)

Es una organización creada en Estados Unidos, encargada de crear y mantener las normas y requisitos mínimos para la prevención contra incendio (Ascón, 2019).

- Normas NFPA

Son normas que tienen como objeto producir un grado adecuado de protección contra incendios, tanto para las instalaciones o edificaciones, como para los ocupantes, empleando la estandarización de los requisitos de diseño, instalación, prueba de los sistemas, equipos, materialidades, entre otros aspectos, centrados en principios de ingeniería, datos de pruebas y experiencias de campo (Masquiarán, 2019).

- Sistemas contra incendios

Son sistemas diseñados específicamente para implementarse en el desarrollo de un flagelo, desde la detección, alarma y extinción (2019).

1.3.9. Estudio económico.

Es importante estimar el impacto económico de los sistemas contra incendios, pues a pesar de que la inversión para su implementación es significativa, es fundamental reconocer que los aportes son realmente significativas, pues por una parte, se reduce la posibilidad de ocurrencia de hechos que produzcan incendio, asimismo, se minimiza el tiempo de respuesta

ante estos eventos, pudiendo minimizar el daño en las instalaciones, así como también reducir la posibilidad de ocurrencia de accidentes y enfermedades en el personal, lo cual es importante y necesario; todo ello, permite mantener la operatividad de una organización. Como lo señala Portillo (2019), se puede lograr también la eficiencia económica al implementar mecanismos que permitan mejorar los tiempos de respuestas en situaciones de emergencia; de esta manera, aumentando la eficiencia de los sistemas, se le da un valor agregado económico, obteniendo mejores tiempos de respuesta ante la alarma.

1.4. Formulación del Problema.

1.4.1. Problema general.

¿En qué medida el diseño de un sistema contra incendio bajo la Norma NFPA contribuirá al incremento de la seguridad del personal en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020?

1.4.2. Problemas específicos.

¿Cuál será la situación actual del sistema contra incendio en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020?

¿Cuál será el diseño del sistema contra incendio bajo la Norma NFPA en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020?

¿Cuál será la contribución del diseño de un sistema contra incendio bajo la Norma NFPA en el mejoramiento de los índices de frecuencia, gravedad, responsabilidad y accidentabilidad en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020?

1.5. Justificación e importancia del estudio.

A nivel teórico el aporte del presente estudio en aspectos como los sistemas contra incendios, las normas NFPA, será de gran significado, pues podrá de manifiesto aspectos vinculados a la temática que permitirán valorar la importancia de los sistemas contra incendios, presentando diversos aportes teóricos que dan sustento al estudio y que resaltarán la importancia de éstos en la seguridad y la salud en el trabajo; sirviendo además de aporte teórico a otros investigadores en el área, que desarrollen estudios similares.

A nivel práctico es necesario destacar que el estudio permitirá diseñar un sistema contra incendios, tomando como referencia las normas NFPA, que serán de aplicación en la Minera Las Bambas, generando un valor agregado, promoviendo así la seguridad y la salud de los trabajadores, contribuyendo con la adecuada protección, dando así valor a los trabajadores y el aporte que representan para la organización. Esto, como se ha visto, también está asociado al incremento de la productividad en las empresas, visto que se reducen las paradas imprevistas en los sistemas productivos.

En cuanto a lo económico, si bien es cierto, el estudio implica una inversión, es importante destacar que esto redundará en mejoras que a la vez representarán una disminución de costo, toda vez que un incendio o incidente, produce siempre daños materiales y afectación a las personas, por lo tanto, al reducirse la ocurrencia de eventos no deseados, se podrá incidir en una reducción de pérdidas materiales, así como la minimización de horas de trabajo pérdidas, daños a equipos y maquinarias, siendo de esta forma un punto a resaltar sobre el estudio.

De esta manera, también lo social se tendrá un aporte, con los beneficios que se generarán para los trabajadores, al proteger su salud, su vida laboral, en tal sentido, este grupo se verá beneficiado con el desarrollo del presente estudio, logrando mejorar la calidad del ambiente del trabajo, reduciendo la posibilidad de ocurrencia de accidentes, lo que produce mejoras en el ambiente laboral, atenuando el estrés laboral y las condiciones extremas del trabajo en minas.

1.6. Hipótesis.

1.6.1. Hipótesis general.

El diseño de un sistema contra incendio bajo la Norma NFPA contribuirá al incremento de la seguridad del personal en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020.

1.6.2. Hipótesis específicas.

La situación actual del sistema contra incendio es deficiente en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020.

Es posible aplicar la Norma NFPA para el diseño del sistema contra incendio en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020.

El diseño de un sistema contra incendio bajo la Norma NFPA contribuye en el mejoramiento de los índices de frecuencia, gravedad, responsabilidad y accidentabilidad en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020.

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivo General

Diseñar un sistema contra incendio bajo la Norma NFPA que contribuya al incremento de la seguridad del personal en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020.

1.7.2. Objetivos específicos

Diagnosticar la situación actual del sistema contra incendio en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020.

Elaborar el diseño del sistema contra incendio bajo la Norma NFPA en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020.

Determinar la contribución del diseño de un sistema contra incendio bajo la Norma NFPA en el mejoramiento de los índices de frecuencia, gravedad, responsabilidad y accidentabilidad en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020.

CAPITULO II: MATERIAL Y METODOS

II.MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Tipo y Diseño de Investigación.

La investigación se caracterizó por ser de tipo aplicado, debido a la intención de actuar o producir modificaciones en el sistema de incendios de la unidad minera en función de mejorar los niveles de seguridad personal. Al mismo tiempo, se consideró un diseño experimental, dado que se manipulará la variable independiente (sistema de incendios), enfocado a un estudio pre experimental, ya que se procederá a administrar un estímulo o tratamiento a un grupo para posteriormente aplicar una medición a una variable para observar el nivel del grupo en esta variable (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

El esquema de este diseño viene de acuerdo a lo siguiente (ver Figura 6).

Figura 7. Esquema del diseño de la investigación

M → O → R

Fuente: Hernández y otros (2014).

Donde:

G = Grupo de personas

X = Tratamiento realizado a la variable independiente (sistema de incendio)

O = Medición a los trabajadores de la unidad minera

2.2. Población, Muestra y Muestreo

Al referirse a la población, Carrasco (2017), la describe como el grupo de elementos que componen el ámbito espacial, en el cual el investigador ha decidido desarrollar su estudio. En esta investigación, la población estuvo referida a todas las áreas de la unidad minera Las Bambas, en donde se desempeñan un total de 80 trabajadores.

En este caso, se tomó como muestra el total de trabajadores, correspondiente a las 80 personas que se desempeñan en la unidad minera. En la Tabla 1, se identifica la unidad de análisis, la población y la muestra del estudio.

Tabla 1. Población y muestra

Detalle de las unidades de estudio para la investigación	
Actividades que se realizan en las áreas con mayor riesgo de incendio que forman la Variable Dependiente	Trabajadores que laboran en estas áreas y forman parte de la Variable Independiente sistema contra incendios
Sala de lubricación de molinos y niveles inferiores de molienda	6 trabajadores
Planos de EDIFIIO chancadoras de PEBBLES	4 trabajadores
Área de remolienda	2 trabajadores
Edificio de comedor	8 trabajadores
Estación de combustible mina	2 trabajadores
Chancadora primaria	2 trabajadores
Correa de sacrificio	8 trabajadores
Recuperación mineral grueso	2 trabajadores
Flotación de remolienda	2 trabajadores
Espesador de concentrado Cu-Mo	4 trabajadores
Planta molibdeno	4 trabajadores
Planta de cal	6 trabajadores
Planta de reactivo	12 trabajadores
Espesador de concentrado Cu	8 trabajadores
Planta filtrado correa	2 trabajadores
Espesador de relaves	4 trabajadores
Planta de tratamiento de agua	2 trabajadores
Sala eléctrica principal GIS 220Kv	2 trabajadores
Total áreas 18	80 trabajadores

Fuente: Unidad Minera Las Bambas (2020)

2.3. Variables, Operacionalización.

La variable independiente del estudio viene dada por el “Sistema contra incendio bajo la norma NPFA”, el cual contiene todos los elementos para optimizar el sistema de incendios; por lo que se medirá en escala continua (Hernández et al., 2014). Por otra parte, la variable dependiente es la “Seguridad del personal”, la cual se mide a través de un indicador, también de manera de escala continua. En la Tabla 2, es presentada la matriz de operacionalización de la investigación a realizar, en la cual se describen la definición conceptual, dimensiones, definición operacional, indicadores y medición de cada una de las variables.

Tabla 2. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Definición Operacional	Indicadores		Técnica e Instrumento de Medición
Sistema contra incendio bajo normas NFPA	Según la NPFA (s.f.) es un conjunto de elementos interrelacionados que tienen como objetivo mitigar el riesgo y ayudar a prevenir pérdidas, lesiones y muertes originadas por los incendios.	Componente eléctrico	Los elementos que integran el sistema contra incendios según las normas NFPA, son el componente electromecánico, el componente hidráulico, el componente eléctrico y el componente automatizado	Equipos eléctricos	Determinación de voltaje nominal	Revisión documental: análisis de documentos de la unidad minera
					Conocimiento de operación de sistema eléctrico	
					Especificaciones adecuadas	
				Seguridad eléctrica	Condiciones de aislamiento	
					Elementos de seguridad eléctrica	
					Fronteras de aproximación de herramientas	
		Bomba contra incendio principal		Nivel de Presión y caudal	Instrumento: Formato de diagnóstico	
				Certificación		
		Bomba Jockey		Capacidad de compensación de fuga		
				Suministro de agua		
				Controlador de motor		
				Cuarto de bomba		
		Detección automática		Unidad de control		
				Equipos de detección		
				Señalizaciones		
Accesorios electromecánicos	Botones de alarma					
	Módulo de interconexión					
	Señalización acústica					
Componente Hidráulico	Componente Automatizado	Componente electromecánico				

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Definición Operacional	Indicadores		Técnica e Instrumento de Medición	
Seguridad personal	Según la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo N° 29783 la seguridad constituye cualquier acción o actividad que permita al trabajador realizar su trabajo en condiciones de no agresión, tanto ambientales como personales para proteger su salud y conservar los recursos humanos y materiales.	Índice de Frecuencia	Los elementos que integran el sistema contra incendios, son el componente electromecánico, el componente hidráulico, el componente eléctrico y el componente automatizado	$IF = \frac{N^{\circ} \text{ accidentes} \times 1000}{\text{Total de HH de exp al riesgo}}$	N° de accidentes ocurridos	Revisión documental: análisis de documentos de la unidad minera	
					N° trabajadores expuestos		
					N° semanas trabajadas		
					N° Horas semanales trabajadas		
					% Ausentismo		
		Índice de Gravedad		$IG = \frac{N^{\circ} \text{ días perdidos} \times 1000}{\text{Total de HH de exp al riesgo}}$	N° Días perdidos		
					Total de H – H de exposición al riesgo		
		Índice de Responsabilidad		$IR = \frac{IF \times IG}{2}$	Índice de Frecuencia		Instrumento: Hoja de observación
					Índice de Gravedad		
		Índice de accidentabilidad		$IA = \frac{IF \times IG}{1000}$	Índice de Frecuencia		
Índice de Gravedad							

Fuente: elaboración propia

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

Las técnicas empleadas son la revisión documental y la observación, en la cual se analizarán las condiciones de los elementos que integran el sistema contra incendios, utilizándose como instrumento la hoja de observación (Carrasco, 2017), que se describe en el Anexo 1. La observación comprende un registro sistemático, válido y confiable de conductas y situaciones observables, mediante un grupo de categorías y subcategorías (Hernández et. al, 2014). Es así, como para el estudio se implementaron hojas de observación de accidentabilidad, formatos de diagnóstico, formato de registro de asistencia a talleres.

De esta manera, las técnicas de recolección de datos se resumen conforme a lo señalado en la Tabla 3.

Tabla 3. Técnicas de recolección de datos

Indicador	Técnica	Instrumento
Frecuencia	Revisión documental	Investigación documental Hoja de observación
Gravedad		
Accidentabilidad		
Responsabilidad		

Fuente: elaboración propia

En este caso, dado que el instrumento midió algún constructo de las variables bajo estudio, fue necesario realizar la evaluación de la validez y la confiabilidad del mismo. En este sentido, el instrumento fue sometido a la validación a través del juicio de expertos, que consiste en un tipo de validación de contenido; el juicio de expertos o validez de expertos permite medir el grado en el que un instrumento mide la variable de interés y no otro aspecto (Hernández et al., 2014).

Asimismo, la confiabilidad es el grado que un instrumento arroja resultados coherentes y consistentes (Hernández et al., 2014); la misma fue determinada a través de la medida de estabilidad (test-retest) (Hernández et al., 2014). En la tabla 4, se presentan los resultados de la prueba, visto que los valores de los coeficientes de correlación son positivos y superiores a 0.500, todos los indicadores medidos deben mantenerse en el estudio.

Tabla 4. Confiabilidad del instrumento para seguridad del personal

Descripción	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
N° de accidentes incapacitantes	0.963	0.591
N° de días de descanso médico	0.892	0.637
Índice de frecuencia	0.797	0.371
Índice de gravedad	0.896	0.670
Índice de responsabilidad	0.826	0.437
Índice de accidentabilidad	0.958	0.676

2.5. Procedimiento de análisis de datos.

El desarrollo de la investigación se realizó bajo el siguiente esquema:

1. Se solicitó formalmente a los directivos de la empresa, una autorización para el desarrollo del estudio.
2. Se procedió a realizar un diagnóstico de las condiciones generales del sistema contra incendios, profundizando en las características evidenciadas en el sistema actual y tomando en cuenta los requerimientos establecidos en las normas NFPA.
3. Posteriormente, se diseñó un sistema de incendios de alineado a los requerimientos de las normas NFPA, específicamente, NFPA 72, es la norma que proporciona los requerimientos mínimos para instalar los sistemas contra incendios, así como los inspección, prueba y mantenimiento establecidos en el capítulo diez (10). Esta propuesta se presenta en los anexos.
4. Se realizaron talleres donde se expondrán las condiciones de operatividad del sistema contra incendios.
5. Se implementó el nuevo sistema contra incendios, considerando la disponibilidad del nivel gerencial de la unidad minera.
6. Se realizó la evaluación mensual de los niveles de accidentabilidad, y demás índices asociados a la seguridad personal, así como del funcionamiento del sistema contra incendios bajo normas NFPA. Esta

evaluación se hizo para los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2020.

Para el análisis de la información proveniente de la aplicación de hojas de observación, se procederá a realizar un análisis descriptivo estadístico mediante el programa SPSS versión 25, lo cual se requiere de estudio descriptivo a través de gráficos y tablas del comportamiento de los componentes que integran el sistema

contra incendios.

Finalmente, se haría uso de la prueba t-Student para comparación de medias de dos muestras distintas con un nivel de significancia del 5%, lo cual permitirá determinar si la media trimestral de los índices de frecuencia, responsabilidad, gravedad y accidentabilidad se modifica luego de la implementación del sistema contra incendios.

2.6. Criterios éticos.

Se aplicará lo contenido en el Informe Belmont, sobre los “Principios éticos y pautas para la protección de los seres humanos en la investigación de la Comisión Nacional para la Protección de Sujetos Humanos de Investigación Biomédica y de Comportamiento (s.f.)”; en tal sentido, se aplicarán los principios éticos básicos: a) respeto a las personas, se da valor a las opiniones de las personas que se desempeñan en cada área de la unidad minera; b) beneficencia, la investigación está orientada a no producir daños al interior de la organización, y por el contrario lo que se quiere es acrecentar al máximo los beneficios y reducir los perjuicios que se pudieran generar; c) justicia, al intentar proponer un sistema contra incendio bajo la norma NFPA, se piensa precisamente en ser justo con los trabajadores, logrando incrementar la seguridad del personal de la organización.

2.7. Criterios de rigor científico

En la elaboración del estudio se cumplirán con los criterios de rigor científico referentes, a valor de verdad (basada en que se realiza en la empresa con su sistema contra incendios), la aplicabilidad de resultados (entendiéndose que parte de la metodología puede ser implementada en otra empresa),

consistencia (los resultados que se obtienen de la investigación deberían ser similares si es aplicado nuevamente), confiabilidad (se considera que se ha minimizado los riesgos por reactividad, por tendencias del investigador o de las personas consultadas).

CAPITULO III: RESULTADOS

III. RESULTADOS

3.1. Presentación de resultados

La presentación de los resultados se realizará conforme a los objetivos planteados en la investigación.

Objetivo específico N° 1: Diagnosticar la situación actual del sistema contra incendio en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020.

Con respecto a este diagnóstico, en la tabla 5 se presentan los resultados de la aplicación del formato de diagnóstico del sistema contra incendios, evidenciando que los problemas más importantes que presenta la empresa son:

- Condiciones inadecuadas de voltaje en los equipos del sistema contra incendio.
- Problemas en las instalaciones eléctricas del sistema actual; así como presencia de agua de en parte de estas instalaciones.
- Falta de capacitación del personal en la identificación de riesgos eléctricos y en el manejo de los sistemas.
- Falta de uso de las normas NFPA.
- Temperaturas elevadas en algunas áreas.
- Inadecuado suministro de agua en el sistema de hidráulico.
- Ausencia de dispositivos automáticos en el sistema actual.
- El sistema de incendio actual no funciona en todos los espacios de la unidad minera.

Tabla 5. Diagnóstico del sistema contra incendios actual

N°	ÍTEM	SI	NO	N/A
Componente Eléctrico				
1	Los equipos del sistema contra incendio presentan condiciones adecuadas de voltaje		X	
2	Se evidencia algún tipo de problema en las instalaciones eléctricas del sistema	X		
3	Las áreas donde se encuentran las instalaciones eléctricas se encuentran mojadas o hay evidencia de algún otro liquido	X		

4	Los trabajadores tienen la capacidad para identificar un riesgo eléctrico en el área.		X	
5	Las personas encargadas de manejar el sistema contra incendios poseen los conocimientos suficientes para manejarlo		X	
6	El sistema contra incendio coincide con las especificaciones recomendadas por las normas NFPA		X	
7	Las áreas que integran la empresa presentan condiciones de temperaturas elevadas.	X		
8	Las áreas de la empresa cuentan con herramientas para solventar posibles incidentes eléctricos	X		
9	Las herramientas presentes en la empresa corresponden a las señaladas en las normas NFPA		X	
Componente Hidráulico				
10	Los niveles de presión de la bomba principal del sistema contra incendio presentan niveles adecuados	X		
11	Los niveles del caudal de la bomba principal del sistema contra incendio son cónsonos con las especificaciones	X		
12	La (s) persona (s) encargada (s) del sistema contra incendio tienen conocimiento que la bomba principal tiene su certificación de funcionamiento	X		
13	La bomba utilizada presenta fugas de aguas visibles		X	
14	El sistema hidráulico cuenta con un suministro de agua adecuado	X		
15	La (s) persona (s) responsable del sistema contra incendio tiene conocimiento del funcionamiento del controlador de agua	X		
16	La bomba principal y la bomba Jockey coinciden con las exigencias de las normas NFPA		X	
17	El cuarto de bomba presenta condiciones que puedan representar algún riesgo		X	
Componente automatizado				
18	El tablero principal presenta algún tipo de desperfecto		X	
19	Los breckers y demás elementos del tablero corresponden a los requeridos por el sistema contra incendio	X		
20	El mecanismo de detección contra incendio se encuentra operativo	X		

21	Los rociadores u otro tipo de mecanismo presente en el sistema contra incendio están en niveles operativos	X		
22	El conjunto de mangueras y demás accesorios se encuentran en óptimas condiciones de uso	X		
23	Las áreas de la empresa cuentan con dispositivos automáticos correctamente señalados		X	
Componente electromecánico				
24	Los botones de emergencias del sistema contra incendios están distribuidos a lo largo de todas las áreas de la unidad minera	X		
25	Las personas encargadas del sistema tienen conocimiento del nivel operativo del módulo de interconexión		X	
26	El sistema de alarmas del sistema contra incendio funciona en todos los espacios de la unidad minera		X	

Objetivo específico N° 2: Elaborar el diseño del sistema contra incendio bajo la Norma NFPA en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020.

Descripción de la empresa “Minería las Bambas”

La minera Las Bambas se ubica entre las provincias de Cotabambas y Grau, Región Apurímac, a 70 kilómetros, en la ciudad de Abancay. Las Bambas es una mina de cobre de gran envergadura, se espera que sea uno de los activos de cobre más importantes a nivel mundial, en términos de producción. Tiene reservas minerales de 7,2 millones de toneladas de cobre y recursos minerales de 12,6 millones. Se estima que en los cinco primeros años se producirá más de 2 millones de toneladas de cobre en concentrado. Asimismo, se describe que el minado del mineral en Las Bambas se llevará a cabo en tres tajos abiertos: Ferrobamba, Chalcobamba y Sulfobamba. Las operaciones de desbroce inicial comenzaron en abril de 2014 y, según lo proyectado, se moverán alrededor de 75 millones de toneladas de material de desmonte antes del inicio del procesamiento de mineral. La planta concentradora ha sido diseñada para tratar 140.000 toneladas diarias de mineral (lo cual equivale a 51,1 millones de toneladas por año), y tiene espacio adicional en el área que ocupa para aumentar

la capacidad de molienda. La mina produce concentrados de cobre que contienen oro y plata como subproductos, así como un concentrado de molibdeno separado; el procesamiento se efectúa mediante técnicas convencionales de chancado, molienda y flotación. Se estima que la operación de Las Bambas dure más de 20 años dado que su potencial de exploración es considerable; solo el 10 % de la propiedad otorgada en concesión se ha explorado hasta el momento (web. Las Bambas, 2017).

Visión

Construir la empresa diversificada de metales base más respetada del mundo.

Misión

Hacemos minería con el fin de generar riqueza para nuestra gente, las comunidades en las que desarrollamos nuestras operaciones y nuestros accionistas.

Valores

- *Pensamos en la seguridad, ante todo*

Nos debemos a pensar y luego actuamos para prevenir lesiones

- *Nos respetamos los unos a los otros*

Somos honestos, consideramos y actuamos con integridad

- *Trabajamos juntos*

Incorporamos diversas perspectivas para lograr mejores resultados

- *Las palabras se traducen en hechos*

Asumimos nuestra responsabilidad y cumplimos nuestros compromisos

- *Se busca ser mejores*

Buscan siempre oportunidades para mejorar.

Síntesis de los resultados obtenidos de la investigación

Los resultados que se encontraron en la investigación respecto al diagnóstico de la variable dependiente se tuvo que el nivel de riesgo en la minera “Las Bambas” es considerado de importante, teniendo como promedio un 24 de nivel de riesgo; pero recalcando que en áreas como la planta de reactivos el nivel

llega a 36 de riesgo, que de ocurrir un incendio sería incontrolable, otra área a tener en cuenta es el espesador de concentrado Cu y el edificio de comedor que alcanzan un nivel de 30 de riesgo. Siendo estos resultados altos en el nivel de riesgo de incendio se debe proponer las estrategias de solución con la misión de reducir los riesgos de incendios que se presentan en “Minería Las Bambas” (ver tabla 6).

Tabla 6. Niveles de riesgo por área

Actividades (áreas)	Puntaje	Nivel de Riesgo
Lubricación de Molinos Niveles inf. Molienda	26	Intolerable
Planos EDIFILIO, Chancadores de PEBBLES	22	Importante
Remolienda	14	Moderado
Edificio comedor	30	Intolerable
Estación combustible mina	16	Moderado
Chancadora primaria	16	Moderado
Correa de sacrificio	26	Intolerable
Recuperación mineral grueso	14	Moderado
Flotación de remolienda	16	Moderado
Espesador de concentrado cu	20	Importante
Planta molibdeno	20	Importante
Planta de cal	24	Importante
Planta de reactivos	36	Intolerable
Espesador de concentrado cu	30	Intolerable
Plata filtrado correa	14	Moderado
Espesador de relaves	18	Importante
Planta de tratamiento de agua	14	Moderado
Sala eléctrica principal gis 220kv	14	Moderado

Estableciendo los objetivos de la propuesta

Objetivo general

Describir un sistema contra incendio bajo la Norma NFPA que contribuya al incremento de la seguridad del personal en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020. “Las Bambas” establece los parámetros mínimos para asegurar que el diseño final de las instalaciones otorgue un adecuado nivel de protección, y estará basado en las recomendaciones establecidas por códigos y normas, tanto nacionales como internacionales, que recogen la experiencia y prácticas en la prevención, protección y manejo de siniestros en este tipo de instalaciones.

Objetivos específicos

- Definir los criterios y bases de diseño para un sistema de extinción, detección y alarma de incendios que se instalará en el proyecto “Las Bambas” de MMG y permite reducir los riesgos de incendio.
- Procurar que los sistemas de incendio proyectados en las instalaciones definidas en el proyecto, se conectarán a los Tie In definidos.

Acciones a tener en cuenta

La presente investigación incluye, el alcance, metodología de cálculo y los resultados de los cálculos hidráulicos del sistema de extinción de incendios, en base a gabinetes de mangueras clase II y Sistemas de Sprinklers secos, diseñados para el área 0240 RECUPERACION DE MINERAL GRUESO CORREAS CVB-0006 / CVB-0007, correspondientes a la minera Las Bambas.

Mediante el uso de un software dedicado y sobre el diseño de cañerías propuesto, se definirán los diámetros y se confirmará la configuración de la red de cañerías. El proyecto de la red de incendio de Las Bambas contempla áreas y/o sectores, definidos en las especificaciones técnicas, en donde nuevas matrices se conectarán a los Tie In destinados para el suministro de las redes de rociadores y gabinetes de mangueras de las instalaciones que forman parte del alcance del proyecto.

Para la definición y ubicación de los Tie In, se toma como base la siguiente información.

La demanda y/o requerimiento hidráulico solicitado en cada Tie In estará de acuerdo con la memoria de cálculo de cada sistema.

En el presente documento se indica el desarrollo de la memoria de cálculo correspondiente a las siguientes áreas:

- Área 0240: Correas CVB-0006 (Sistema de Gabinetes de Mangueras Clase II).
- Área 0240: Correas CVB-0006 (Sistema de Rociadores).
- Área 0240: Correas CVB-0007 (Sistema de Gabinetes de Mangueras Clase II).
- Área 0240: Correas CVB-0007 (Sistema de Rociadores).

Códigos, estándares y referencias aplicables

Las siguientes normas, códigos, estándares, reglamentos y documentos regirán en el diseño general del sistema contra incendio:

- NFPA National Fire Protection Association.
- FM Factory Mutual.

Serán aplicables los estándares y consideraciones de los documentos listados a continuación:

- 25635-220-3DR-M82-00001 Rev.1_Criterios de Diseño Sistemas de Protección contra Incendios.

Descripción general de los equipos

A continuación, se entrega una breve descripción de los componentes que forman parte del Sistema de Extinción de Incendios que será dimensionado:

Válvula seca. La válvula seca es el dispositivo de control de descarga principal del agente (agua) hacia el riesgo. La retención del agente es hasta la chapaleta de la válvula, siendo seco el sistema aguas abajo de la chapaleta y húmedo aguas arriba de la chapaleta. Su accionamiento es de tipo automático, cuando la presión de aire contenida en las cañerías, disminuye al abrirse un rociador.

Rociador. Dispositivo automático, cerrado, cuya función es descargar el agua sobre el área protegida, a una tasa específica, para conseguir un objetivo de control, supresión, enfriamiento o extinción del fuego.

Gabinetes de mangueras. Dispositivo de uso manual de ataque rápido, para descargar el agua en el sector protegido, a una tasa específica, para conseguir un objetivo de extinción del fuego. Gabinetes clase II para uso de personal.

Válvula de corte (en manifold). Dispositivo de control manual de suministro de agua, que permite aislar el sistema después de ocurrido un evento de descarga. Su posición normal de operación es abierta (N.A.).

Red de cañerías. La red de cañerías forma parte del sistema de distribución de agua, de manera de asegurar el transporte del agua hacia los equipos que descargarán (a una tasa específica) en las superficies, recintos o equipos a proteger.

Bases de cálculo

Los criterios de diseño aplicados al proyecto están definidos principalmente, de acuerdo a los requerimientos indicados en el documento Criterios de Diseño Sistemas de Protección contra Incendios por el Mandante y las Normas NFPA.

De acuerdo a lo anterior, se indican los siguientes parámetros de diseño para los sistemas de protección contra incendios, que protegerán las instalaciones de Las Bambas.

Gabinetes de mangueras

- Las redes húmedas de los gabinetes de manguera serán clase II.
- Las redes húmedas con gabinetes de mangueras de 1 ½" Clase II, serán hidráulicamente diseñadas, para proveer una presión residual mínima de 448 kPa (65 psi) al punto de salida de 40 mm de diámetro más alto/alejado con un flujo de 22,8 m³/h (100 gpm). La presión máxima para el sistema será de 175 psi.
- Las redes húmedas y estaciones de manguera serán diseñadas, suministradas, instaladas y probadas de acuerdo con la NFPA 14.

Sistema de Sprinklers

- En las correas CVB-0006 Y CVB-0007, se contempla un sistema seco de Sprinklers automáticos.
- Los rociadores del sistema seco deberán operar a una presión mínima de 10[psi].
- Para las correas La cobertura de cada rociador es de 9.3 [m²] y la separación máxima entre los ellos es de 3.7 [m].
- Para las correas con pendiente menor o igual a 10°, la cantidad mínima considerada en el diseño es de 10 rociadores, los ubicados más remotamente.
- Para las correas con pendiente mayor a 10°, la cantidad mínima considerada en el diseño es de 15 rociadores, los ubicados más remotamente.
- Los sistemas de rociadores serán diseñados, suministrados, instalados y probados de acuerdo con la NFPA 13.

Fuente de alimentación de agua

De acuerdo a la información entregada por Las Bambas y contenida en el sistema hidráulico disponible en el Tie In 6" del área 0240 RECUPERACION DE MINERAL GRUESO, para abastecer a los sistemas de gabinetes de mangueras clase II y sistema de rociadores de las correas, corresponde a:

- Presión Estimada: 56.8 [mca] & Q=0 [m3/h], 44 [mca] & Q=265 [m3/h].
- Presión Estimada: 80.6 [psi] & Q=0 [m3/h], 62.5 [psi] & Q=1166 [gpm].

Metodología de cálculo sistema de mangueras

A continuación, se describe un resumen de la metodología de cálculo para un sistema de extinción de incendios mediante dispositivos de descarga de agua (sprinklers y/o mangueras clase II).

De acuerdo a las recomendaciones de NFPA:

- La tasa de descarga debe lograr cubrir el área de diseño considerada. La distribución de los rociadores, debe ser tal, que cubran la totalidad de la superficie a proteger.
- Previo al trazado de matrices y cañerías, la distribución de los gabinetes de mangueras, debe ser tal, que den cobertura total al riesgo protegido.

A continuación, se define la configuración de las cañerías de manera tal que se cumplan las condiciones mínimas de presión y caudal.

Con el sistema definido de la red de gabinetes de mangueras y/o sistema de rociadores, se procede al cálculo hidráulico, considerando las siguientes fórmulas para la determinación de presiones mínimas y caudales necesarios:

Para la determinación de las pérdidas por fricción de las cañerías se utilizará la fórmula de Hazen & Williams:

$$f = \frac{4.52 \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times d^{4.87}}$$

Donde:

f = Perdida por fricción (PSI/ft)

Q = Flujo o Caudal (GPM)

d = Diámetro interno de la cañería en pulgadas.

C = Constante

Los requerimientos de presión debido a la fricción se encuentran tabulados en la normativa NFPA, de acuerdo a los diámetros, para cañerías cuyos factores de rugosidad son: $C = 120$ para sistemas húmedos y $C=100$ para sistemas secos. La pérdida de presión debido a piezas especiales como fitting y dispositivos de control también se encuentran tabulados en la normativa NFPA de acuerdo al diámetro de los elementos.

El cálculo de flujo y presión se realiza mediante el uso de un software dedicado para este tipo de sistemas. El software utilizado para el cálculo hidráulico es Sprinklers-CALC Release 7.2 Win de WALSH ENGINEERING, específico para redes de protección contra incendios.

La configuración de las redes de cañerías utilizadas para el desarrollo del cálculo hidráulico son las que se encuentran en los planos de proyecto, correspondientes a los Sistemas de Extinción de Incendios.

Los datos que deben ser ingresados al programa son los siguientes:

- C, factor de rugosidad
- Factor K
- Cantidad de equipos de diseño (Sprinklers o gabinete)
- Largo de cañerías
- Diámetro de las cañerías
- Tipo de cañería
- Tipo de fitting
- Elevaciones entre nodos
- Caudal mínimo requerido en el equipo o dispositivo de descarga más remoto.

El software trabaja mediante la configuración de nodos que se definen de modo correlativo de acuerdo a la arquitectura de la red de cañerías, cada nodo puede representar un dispositivo de descarga, un cambio de dirección o un fitting. Al mismo tiempo, la separación entre nodos representa el largo de la cañería que une los nodos respectivos.

El cálculo se realiza desde la manguera o sistema de sprinklers más remota hidráulicamente con respecto del punto de suministro de agua o Tie In que alimenta al sistema de extinción. A medida que el cálculo avanza por los diferentes tramos de la red de cañerías, la presión para mantener las condiciones

iniciales de diseño, se incrementa, este aumento de presión es calculado mediante la fórmula de pérdidas por fricción. Finalmente, el resultado de presión y caudal obtenidos en el punto de alimentación del sistema, es el mínimo necesario para que el sistema funcione adecuadamente

Cálculos hidráulicos

A continuación, se detalla la memoria de cálculo del sistema de la red contra incendios, calculado en la condición más desfavorable hidráulicamente.

- **Memoria Cálculo Área 0240 (Correa CVB-0006)**
 - ✓ Detalle de Cálculo Hidráulico de Mangueras. Se considera la actuación de 1 gabinete de manguera clase II más remoto hidráulicamente en el área indicada.

Figura 8. Entrada de datos del cálculo hidráulico de mangueras

```

Sprinkler-CALC 7.2 - Print INPUT DATA
JOB NAME F:\CALCUL-1.201\LASBAM-1\0240CO-1\0240G-6.JOB
LINE NUMBER
1 LAS BAMBAS AREA 0240 REC. MIN. GRUESO CORREA CVB-006 GAB.

The size of the Design Area is:

The Reference Point at the Base of the Riser is: 1

Line ST. RES. FLOW ELEV. HOSE C DEN. HEADS SPACING OF LINES SPKLR'S No. of
      psi psi gpm ft gpm gpm/sq.ft ft ft gpm PUMPS
2 80.6 62.5 1166 0 120 100 0

ADDITIONAL FLOWS:
NONE

LINE NO.OF 1stEND 2ndEND PIPE DIA. FITTINGS LENGTH ELEVATION C-FACTOR
NO. PIPES REF.PT. REF.PT. TYPE CODE
8 1 1 2 001 10 0 2 2 120
9 1 2 3 001 10 322 165 0 120
10 1 3 4 001 08 53 7 7 120
11 1 4 5 001 08 22 14 -7 120
12 1 5 6 001 08 2 23 14 120
13 1 6 7 001 08 22 70 0 120
14 1 7 8 001 08 22222 105 0 120
15 1 8 9 001 08 22 180 0 120
16 1 9 10 001 08 2 230 0 120
17 1 10 11 001 06 3 3 3 120
18 1 11 101 001 03 2 1 1 120

Sprinkler Design Area No. 1
LINE K NUM Ref. K NUM Ref. K NUM Ref. K NUM Ref.
209 12.4 1 101
    
```

Figura 9. Resultados del cálculo hidráulico de mangueras

```

Sprinkler-CALC 7.2 - Calculation RESULTS
LAS BAMBAS AREA 0240 REC. MIN. GRUESO CORREA CVB-006 GAB.
PAGE 1

*****
SYSTEM ANALYSIS TO SHOW MAXIMUM FLOW
WITH ZERO PRESSURE REMAINING
*****

THE FOLLOWING SPRINKLERS ARE OPERATING IN:
[ ] TEST AREA 1 [ ] TEST AREA 2 [ ] TEST AREA 3 [ ] REMOTE AREA

Elevation of sprinklers = Elevation above water test.

REF. PT. K ELEV. FLOW PRESSURE
          ft gpm psi
101 12.40 20.00 101.84 67.45

THE SPRINKLER SYSTEM FLOW IS 101.84 gpm
    
```

HYDRAULIC CALCULATIONS AT SPECIFIED FLOW

THE FOLLOWING SPRINKLERS ARE OPERATING IN:

[] TEST AREA 1 [] TEST AREA 2 [] TEST AREA 3 [] REMOTE AREA

Elevation of sprinklers = Elevation above water test.

REF. PT.	K	ELEV. ft	FLOW gpm	PRESSURE psi
101	12.40	20.00	100.00	65.03

THE SPRINKLER SYSTEM FLOW IS 100.00 gpm

THE OUTSIDE HOSE FLOW AT REFERENCE POINT NO. 1 IS 0.00 gpm

[] THE INSIDE HOSE [] RACK SPKLR'S.

[] YARD HYDT. FLOW IS 0.00 gpm

THE FOLLOWING PRESSURES & FLOWS OCCUR

---> AT REF. PT. 1 <---

STATIC PRESSURE	80.60 psi		
RESIDUAL PRESSURE	62.50 psi	AT	1166.00 gpm
TOTAL SYSTEM FLOW	100.00 gpm		
AVAILABLE PRESSURE	80.41 psi	AT	100.00 gpm
OPERATING PRESSURE	77.85 psi	AT	100.00 gpm
PRESSURE REMAINING	2.56 psi		

FITTING Equivalent Length per NFPA 13 1994, 6-4.3

'-' Indicates Equivalent Length. 'T' Indicates Threaded Fitting

1=45 Elbow, 2=90 Elbow, 3='T'/Cross, 4=Butterfly Valve, 5=Gate Valve, 6=Swing Check Valve

FROM	TO	FLOW (gpm)	PIPE (ft)	FITS	EQV. (ft)	H-W C	PIPE TYPE	DIA. (in)	FRIC. (psi)	ELEV. (psi)	FROM (psi)	TO (psi)	DIFF (psi)
1	2	100.00	2.00	0	0.00	120	1	6.065	0.000	0.867	77.85	76.99	0.00
2	3	100.00	165.00	322	45.00	120	1	6.065	0.000	0.000	76.99	76.88	0.10
3	4	100.00	7.00	53	18.00	120	1	4.026	0.004	3.033	76.88	73.76	0.09
4	5	100.00	14.00	22	13.60	120	1	4.026	0.004	-3.033	73.76	76.69	0.10
5	6	100.00	23.00	2	6.80	120	1	4.026	0.004	6.067	76.69	70.51	0.11
6	7	100.00	70.00	22	13.60	120	1	4.026	0.004	0.000	70.51	70.21	0.31
7	8	100.00	105.00	22222	34.00	120	1	4.026	0.004	0.000	70.21	69.70	0.51
8	9	100.00	180.00	22	13.60	120	1	4.026	0.004	0.000	69.70	68.99	0.71
9	10	100.00	230.00	2	6.80	120	1	4.026	0.004	0.000	68.99	68.12	0.87
10	11	100.00	3.00	3	13.00	120	1	3.068	0.014	1.300	68.12	66.60	0.22
11	101	100.00	1.00	2	2.60	120	1	1.610	0.317	0.433	66.60	65.03	1.14

A MAX. VELOCITY OF 15.75 ft./sec. OCCURS BETWEEN REF. PT. 11 AND 101

Sprinkler-CALC Release 7.2 Win
By Walsh Engineering Inc.
North Kingstown R.I. U.S.A.

Conclusión del cálculo de Gabinete clase II en Área 0240 Correa CVB-0006: El sistema de distribución de agua permite entregar un flujo de 101.84 [gpm] a través de 1 gabinete de mangueras clase II, con una presión residual de 67.45 [psi]. La demanda mínima en el Tie In es de 77.85 [psi] & 100 [gpm].

- ✓ Detalle de Cálculo Hidráulico de Sistema Húmedo de Sprinklers. Se considera en el diseño la actuación de 10 sprinklers más remotos, para

la correa CVB-0006 con pendiente menor o igual a 10%.

Figura 10. Entrada de datos del cálculo hidráulico de sistema húmedo de sprinklers

Sprinkler-CALC 7.2 - Print INPUT DATA

LINE JOB NAME F:\CALCUL-1.201\LASBAM-1\0240CO-1\240SPK-6.JOB
NUMBER
1 LAS BAMBAS AREA 0240 REC. MIN. GRUESO CORREA CVB-006 SPK

The size of the Design Area is:
The Reference Point at the Base of the Riser is: 1

Line	ST.	RES.	FLOW	ELEV.	HOSE	C	DEN.	HEADS	SPACING OF LINES	SPKLR'S	No. of PUMPS
	psi	psi	gpm	ft	gpm		gpm/sq.ft	ft	ft	gpm	
2	80.6	62.5	1166	0	500	100				18	0

ADDITIONAL FLOWS:
NONE

LINE NO.	OF PIPES	1stEND REF.PT.	2ndEND REF.PT.	PIPE TYPE	DIA. CODE	FITTINGS	LENGTH	ELEVATION	C-FACTOR
8	1	1	2	001	10	0	2	2	100
9	1	2	3	001	10	322	165	0	100
10	1	3	4	001	08	653	7	7	100
11	1	4	5	001	08	22	14	-7	100
12	1	5	6	001	08	2	59	0	100
13	1	6	7	001	08	3	300	0	100
14	1	7	10	001	06	0	133	0	100
15	9	10	11	001	06	0	11	0	100
16	10	10	101	001	01	322	10	5	100

Sprinkler Design Area No. 1

LINE	K	NUM	Ref.	K	NUM	Ref.	K	NUM	Ref.	K	NUM	Ref.
209	5.6	10	101									

Figura 11. Cuadro de nodos

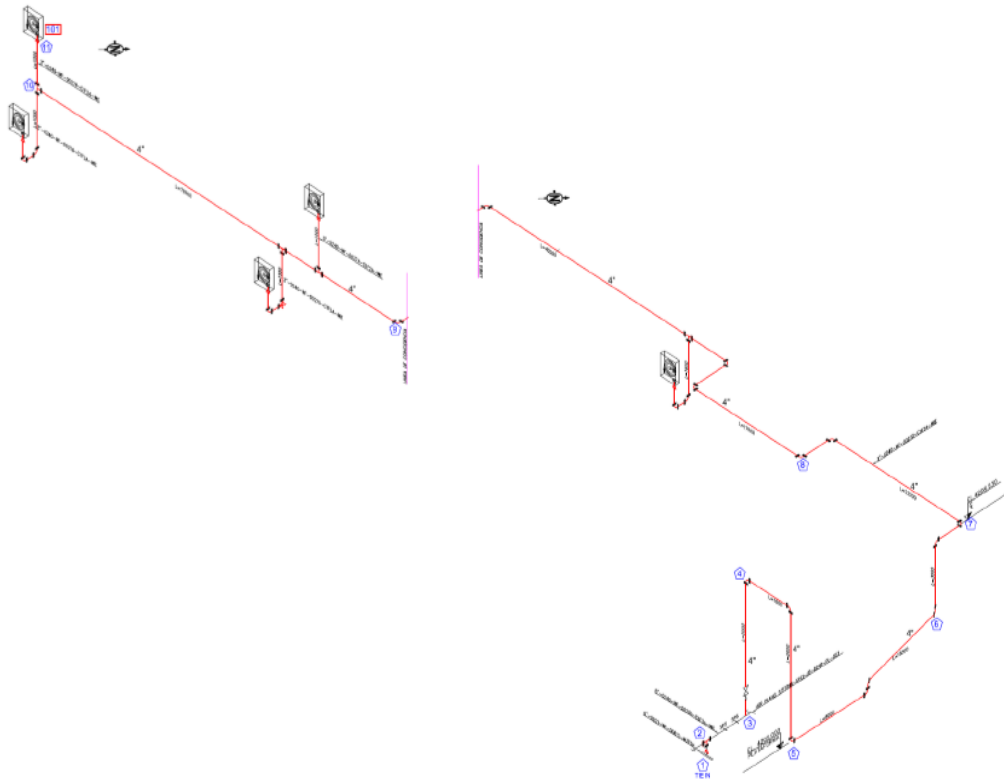


Figura 12. Isométrica red de rociadores secos área 0240 correa CVB-006

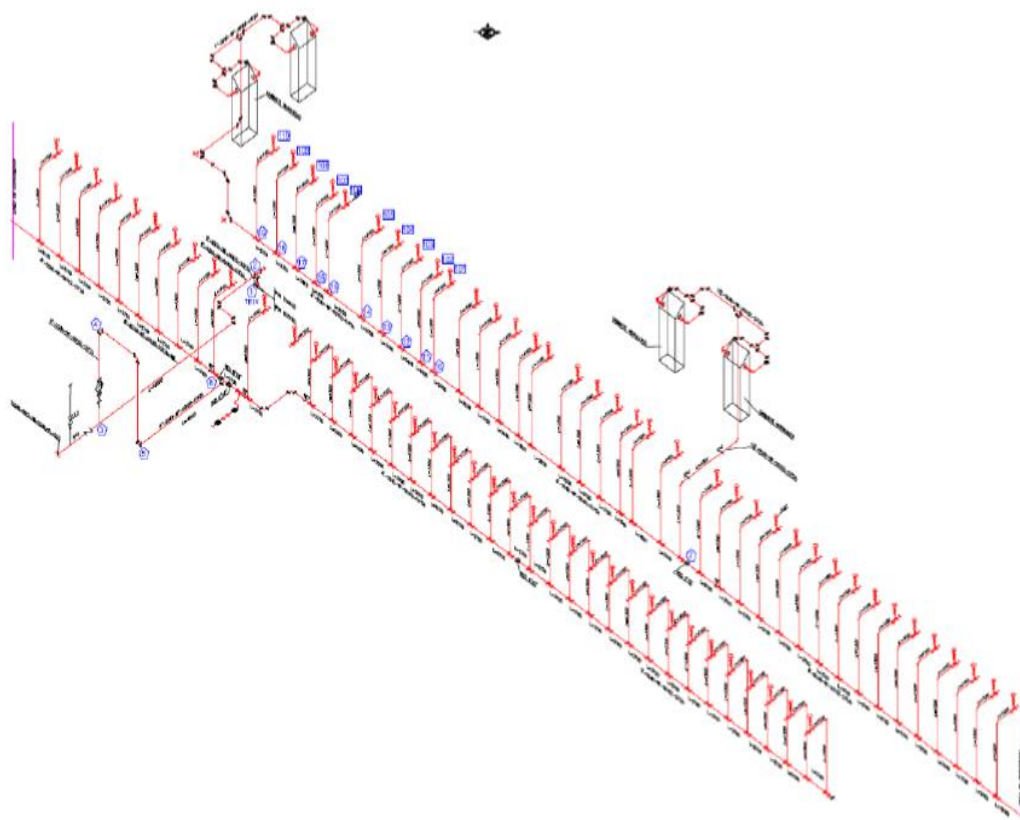
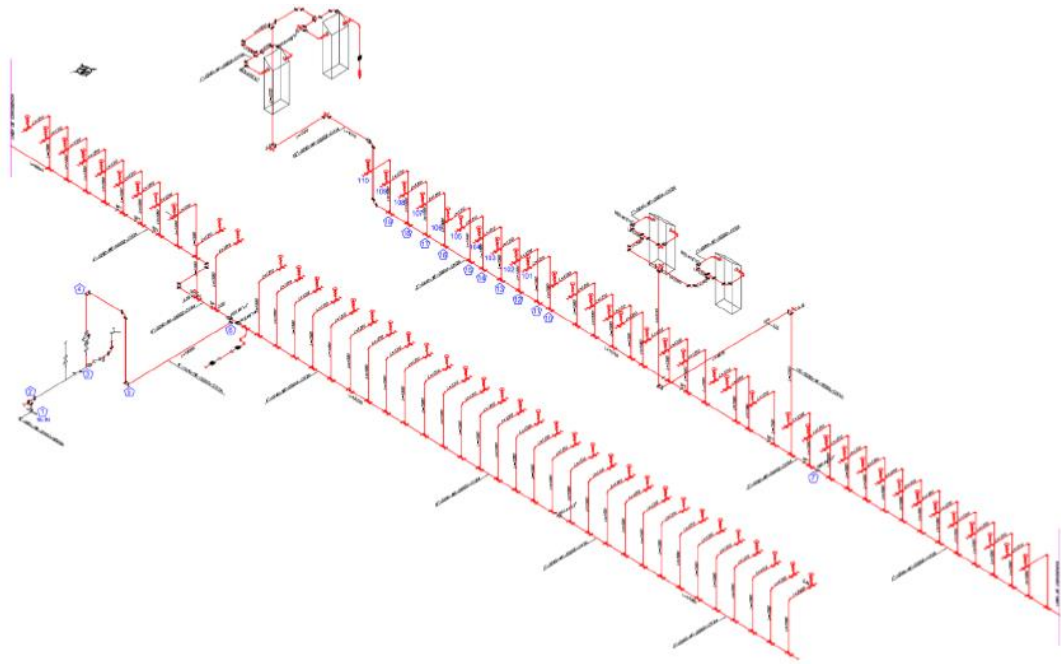


Figura 13. Isométrico Red de Gabinetes Clase II Área 0240 Correa CVB-007



Plan de desarrollo de actividades para la implementación de la propuesta.

Tabla 7. Plan de desarrollo de actividades para la implementación de la propuesta

Actividades: Implementación de sistemas de incendios	Criterios del procedimiento de aplicación del sistema	Área de aplicación	Metas	Duración	Responsable	Presupuesto
Sistemas de protección con agua	El avance de cañerías para la distribución de agua, desde los Tie In hasta el manifold de cada recinto o área a proteger, deberá ser aéreo. Las cañerías aéreas serán típicamente de acero al carbono, protegida con aislación y trazado eléctrico supervisado en los sistemas húmedos expuesta a condiciones de congelamiento, de acuerdo al alcance del proyecto.	Lubricación de Molinos Niveles inf. Molienda Planos EDIFIO, Chancadores de PEBBLES Remolienda Edificio comedor Estación combustible mina	Reducir el nivel de riesgo de Importante a moderado	2 meses	Empresa especializada en implementación de sistemas contra incendios.	22,500,578.49
Sistemas de red húmeda mediante gabinetes de mangueras semirrígidas de 1 ½", clase II.	La alimentación de los gabinetes de mangueras, sistemas húmedos y sistemas secos de rociadores, dispondrán de válvulas ubicadas en los manifold correspondiente a cada área o recinto. Clase II – gabinete con una manguera semirrígida de 1 ½" de diámetro. Principalmente para uso de los ocupantes.	Chancadora primaria Correa de sacrificio Recuperación mineral grueso Flotación de remolienda Espesador de concentrado cu-mo				

<p>Sistemas de red húmeda mediante gabinetes Clase III.</p>	<p>sistemas de incendio de cada área o recinto, estará de acuerdo a los requerimientos hidráulicos disponibles (presión residual y caudal), entregados por las bombas, en cada Tie In, cuyos valores deberán cumplir con los criterios de NFPA.</p> <p>Clase III – gabinete con salida de 2 ½” mm de diámetro más una manguera semirrígida de 1 ½” de diámetro. Para uso de la Brigada de Emergencia y de los ocupantes.</p>	<p>Planta molibdeno</p> <p>Planta de cal</p> <p>Planta de reactivos</p> <p>Espesador de concentrado cu</p> <p>Plata filtrado correa</p> <p>Espesador de relaves</p> <p>Planta de tratamiento de agua</p> <p>Sala eléctrica principal gis 220kv</p>				
<p>Sistemas de sprinklers secos mediante rociadores automáticos</p>	<p>Los sistemas de rociadores automáticos serán diseñados, suministrados, instalados y probados acorde a NFPA 13, incluyendo la separación, ubicación y posición de los rociadores, diseño hidráulico, soportes de cañerías, etc. La descarga del sistema de rociadores se producirá en forma automática al alcanzar la temperatura de operación del rociador se produce el rompimiento del fusible.</p>					
<p>Extintores portátiles de polvo químico seco, extintor de</p>	<p>Los extintores multipropósito de polvo químico seco (PQS) serán de tipo cartridge con una capacidad mínima de 25 [lbs]</p>					

anhídrido carbónico y extintor tipo k.	(11.3 [kg]) de compuesto químico seco "FORAY", capacidad de apague 10A; 80B; C. Marca referencial Ansul.					
Sistema de detección y alarma de incendio, remotizadas a paneles principales	Equipo central del sistema que permite recibir señales de entrada de los dispositivos de alarma contra incendios y además provee energía a los dispositivos de detección y notificación conectados al panel de incendio					

Estrategia de capacitación

La estrategia de capacitación consiste en dar a conocer las principales características del panel de control del sistema si bien, toda esta operación está a cargo de un equipo de profesionales que monitorizan el sistema se les explicara el funcionamiento a los trabajadores para que conozcan el sistema que se está implementando y la responsabilidad de minera “Las Bambas”, dar seguridad a los trabajadores protegiendo su integridad física y también las maquinarias e inversiones de la empresa.

Responsable

Especialistas de la empresa a cargo de la implementación del sistema contra incendios.

Duración

Las capacitaciones se dan cada 3 meses a cada grupo de trabajadores, por una duración de 24 meses.

Estrategias de control

La estrategia de control, consiste en tener el control de todo el sistema donde se puede evidenciar la alarma de un posible incendio que al tener el sistema direccionable permite conocer qué lugar exactamente se está produciendo un incendio, con la finalidad de que se puede apagar a la brevedad posible, o de lo contrario abrir las válvulas alternas para reducir el incendio que se haya producido.

Activación de alarma

Ante la activación del sistema de detección de incendio; detectores o estaciones manuales, se deberá activar automáticamente la señal de alarma. En este momento, el panel transmitirá automáticamente la señal a las luces estroboscópicas y las sirenas de alarma, distribuidas en las instalaciones de Las Bambas.

Enclavamiento con sistema de clima

Cuando ocurre un incendio será necesario actuar sobre los sistemas de HVAC.

Se deberá interrumpir el suministro de energía eléctrica a los ventiladores para que estos detengan su operación y no sigan insuflando aire al interior de los recintos (administración, oficinas, etc.), ya que esto solo ayudaría a la propagación del incendio.

Enclavamiento con sistema cintas transportadoras

Se debe contemplar la detención de las cintas transportadoras independientemente, mediante un módulo relé, cuando exista una señal de alarma de incendio. La conexión desde el módulo de relé hasta el tablero o equipo para interlock será ejecutado por otros.

Presupuesto

A continuación, se describe el presupuesto de inversión total por áreas para la implementación de la propuesta que se presenta en la investigación.

Tarifario de pago al personal

N°	Clasificación de los trabajadores	Tarifa horaria S/.	Tarifa por horas extra S/.
1	Supervisor	S/. 61.59	S/. 36.95
2	Capataz	S/. 58.59	S/. 35.15
3	Soldador	S/. 49.57	S/. 29.74
4	Andamiero	S/. 49.57	S/. 29.74
5	Maestro primero	S/. 42.06	S/. 25.24
6	Maestro segundo	S/. 34.55	S/. 20.73
7	Ayudante	S/. 22.53	S/. 13.52

Pagos indirectos

Tabla 8. Pagos indirectos

Ítem	Descripción	Unidad	Cant.	S/ unidad	S/ total
	Gastos generales directos				
	Honorarios sueldos y				

prestaciones					
Dirección					
1	Gerente de operaciones	Mes	8	s/. 19,792.25	s/. 158,338.00
2	Ingeniero administrador	Mes	16	s/. 18,861.50	s/. 301,784.00
Seguridad					
3	Ingeniero jefe prevención	Mes	16	s/. 10,118.40	s/. 161,894.40
4	Técnicos en prevención sns	Mes	16	s/. 7,322.75	s/. 117,164.00
Control de proyecto					
5	Jefe oficina técnica	Mes	16	s/. 13,313.55	s/. 213,016.80
6	Ingeniero programador	Mes	16	s/. 9,181.70	s/. 146,907.20
7	Encargado qa/qc	Mes	16	s/. 5,316.75	s/. 85,068.00
8	Topografos de terreno	Mes	16	s/. 5,887.10	s/. 94,193.60
Producción					
9	Ingeniero de terreno	Mes	32	s/. 8,817.90	s/. 282,172.80
10	Supervisor terreno	Mes	96	s/. 7,939.00	s/. 762,144.00
Administración					
11	Jefe de personal rr.ll./ contra turno	Mes Mes	32	s/. 5,768.95	s/. 184,606.40
Leyes sociales					
12	Seguro (régimen prestaciones de salud)	%	9%	s/. 225,656.03	s/. 225,656.03
13	Cts	%	8%	s/. 200,583.14	s/. 200,583.14
14	Gratificaciones	%	17%	s/. 426,239.16	s/. 426,239.16
15	Vacaciones	%	8%	s/. 200,583.14	s/. 200,583.14
16	Seguros privados (sctr).	%	3%	s/. 75,218.68	s/. 75,218.68
Apoyo general a obra					
17	Chofer de servicios	Mes	72	s/. 4,123.19	s/. 296,870.02
Requerimientos personales					
Costos de operación					
Prevención					
18	Exámenes ocupacionales	Un	60	s/. 978.98	s/. 58,738.69
19	Acreditación personal y cursos seguridad	Un	60	s/. 5,730.29	s/. 343,817.11
20	Dispensador de agua	Mes	15	s/. 1,305.30	s/. 19,579.56
Arriendos					
21	Modulo bodega	Mes	14	s/. 456.89	s/. 6,396.46
22	Casa de cambio	Mes	14	s/.	s/.

				979.00	13,706.00
23	Generador	Mes	14	s/. 3,915.90	s/. 54,822.60
24	Combustible generador	Mes	14	s/. 8,158.00	s/. 114,212.00
25	Baño químico	Mes	14	s/. 1,566.35	s/. 21,928.90
	Viáticos y alimentación				
26	Alimentación supervisión	Un	40	s/. 130.53	s/. 5,221.22
	Pasajes aéreos				
27	Pasajes avión nacional indirectos	Un	120	s/. 783.18	s/. 93,981.90
28	Pasajes avión nacional directos	Un	225	s/. 783.18	s/. 176,216.06
	Transporte de equipos y otros				
	Equipamiento indirecto				
29	Camionetas administrador	Mes	15	s/. 8,158.15	s/. 122,372.26
30	Camionetas personales superior	Mes	12	s/. 8,158.15	s/. 97,897.81
	Informaciones y tecnología				
	Transporte de personal indirecto				
31	Buses personales mov interna cap. 20p	Mes	14	s/. 24,670.25	s/. 345,383.48
32	Furgón (traslado cus/bbas/cus)	C/u	2	s/. 146,559.55	s/. 293,119.10
33	Combustibles bus	Mes	14	s/. 1,683.19	s/. 23,564.66
34	Combustibles furgón	Mes	14	s/. 1,305.30	s/. 18,274.26
	Laboratorio				
35	Ensayos externos	GI	1	s/. 11,487.68	s/. 11,487.68
	Otros				
36	Computadores oficina e internet	GI	1	s/. 29,369.34	s/. 29,369.34
37	Radios de comunicación	Mes	8	s/. 2,284.28	s/. 18,274.26
38	Artículos de oficina	GI	14	s/. 1,631.63	s/. 22,842.82
39	Fletes	Un	16	s/. 9,789.78	s/. 156,636.50
	Gastos generales indirectos				
40	Administración oficina central asociación	Mes	15	s/. 22,842.82	s/. 342,642.34
41	Financiamiento	Mes	15	s/. 39,159.12	s/. 587,386.87
42	Boletas de garantías y seguros	GI	1	s/. 12,204.59	s/. 12,204.59
43	Imprevistos	GI	1	s/. -	s/. -
44	Viajes a terreno de ejecutivos de la empresa	Un	30	s/. 2,936.93	s/. 88,108.03
45	Comunicaciones y otros	GI	1	s/. 7,897.59	s/. 7,897.59

varios				
total, de gastos generales indirectos				s/. 7,018,521.45

Inversión total para implementación del sistema contra incendios.

En la tabla 10, se detalla la inversión total para la implementación del sistema contra incendios en la minería “Las Bambas” en Apurímac.

Tabla 9. Inversión total de la propuesta

Ítem de pago	Descripción	Unidad	Cantidad Estimada	Precio Unitario (Nuevo Sol Peruano)	Precio Total (Nuevo Sol Peruano)
	Partidas a Suma Alzada				
1	Movilización	gl	1	173,168.18	173,168.18
2	Desmovilización	gl	1	135,083.00	135,083.00
3	Ingeniería de detalles, incluye planos, documentos y actividades indicadas en anexo D	gl	1	493,862.00	493,862.00
4	ÁREA 0132 - Estación Combustible Mina				
4.1	Suministro	gl	1	13,033.67	13,033.67
4.2	Montaje	gl	1	734.23	734.23
4.3	Pruebas certificadas con Manómetro calibrado y certificado./Puesta en Marcha.	gl	1	N/A	N/A
5	ÁREA 0210-0220 - Área Chancador Primario y Transporte de Mineral				
5.1	Suministro	gl	1	433,951.56	433,951.56
5.2	Montaje	gl	1	407,032.15	407,032.15
5.3	Pruebas certificadas con Manómetro calibrado y certificado /Puesta en Marcha	gl	1	18,345.60	18,345.60
6	ÁREA 0240 - Área Recuperación de Mineral				
6.1	Suministro	gl	1	326,895.18	326,895.18
6.2	Montaje	gl	1	395,944.52	395,944.52
6.3	Pruebas certificadas con Manómetro calibrado y certificado /Puesta en Marcha	gl	1	13,759.20	13,759.20
7	ÁREA 0310 - Área Molienda				
7.1	Suministro	gl	1	649,115.24	649,115.24
7.2	Montaje	gl	1	685,823.12	685,823.12
7.3	Pruebas certificadas con Manómetro calibrado y certificado /Puesta en Marcha	gl	1	20,462.40	20,462.40
8	ÁREA 0320 - Área transporte y Chancado de Pebbles				
8.1	Suministro	gl	1	284,025.88	284,025.88
8.2	Montaje	gl	1	277,139.97	277,139.97

8.3	Pruebas certificadas con Manómetro calibrado y certificado /Puesta en Marcha	gl	1	25,401.60	25,401.60
9	ÁREA 0330 - Área Flotación y Remolienda				
9.1	Suministro	gl	1	420,659.31	420,659.31
9.2	Montaje	gl	1	371,282.21	371,282.21
9.3	Pruebas certificadas con Manómetro calibrado y certificado /Puesta en Marcha	gl	1	17,110.80	17,110.80
10	ÁREA 0340-0410 - Área Espesador de Concentrado Cu-Mo y Cu				
10.1	Suministro	gl	1	29,457.85	29,457.85
10.2	Montaje	gl	1	5,938.48	5,938.48
10.3	Pruebas certificadas con Manómetro calibrado y certificado /Puesta en Marcha	gl	1	17,110.80	17,110.80
11	ÁREA 0391-392-393 - Área Preparación y Almacenamiento de Cal y Reactivos, Área Compresores				
11.1	Suministro	gl	1	191,423.55	191,423.55
11.2	Montaje	gl	1	121,610.47	121,610.47
11.3	Pruebas certificadas con Manómetro calibrado y certificado /Puesta en Marcha	gl	1	18,345.60	18,345.60
12	ÁREA 0370 - Área Planta de Molibdeno				
12.1	Suministro	gl	1	412,044.45	412,044.45
12.2	Montaje	gl	1	357,523.82	357,523.82
12.3	Pruebas certificadas con Manómetro calibrado y certificado /Puesta en Marcha	gl	1	22,932.00	22,932.00
13	ÁREA 0420-0430 - Área Filtrado y Almacenamiento de Concentrado				
13.1	Suministro	gl	1	541,125.06	541,125.06
13.2	Montaje	gl	1	552,316.19	552,316.19
13.3	Pruebas certificadas con Manómetro calibrado y certificado /Puesta en Marcha	gl	1	22,932.00	22,932.00
14	ÁREA 0510 - Área Espesadores de Relave				
14.1	Suministro	gl	1	33,916.52	33,916.52
14.2	Montaje	gl	1	13,628.37	13,628.37
14.3	Pruebas certificadas con Manómetro calibrado y certificado /Puesta en Marcha	gl	1	1,675.80	1,675.80
15	ÁREA 0551-0552-0921-0931-2131-2132-2134 - Área Sistema de Agua y Sala Eléctrica Principal GIS 220 kV				
15.1	Suministro	gl	1	251,638.88	251,638.88
15.2	Montaje	gl	1	141,914.73	141,914.73
15.3	Pruebas certificadas con Manómetro calibrado y certificado /Puesta en Marcha	gl	1	20,109.60	20,109.60
16	ÁREA 0810-820-830 - Área Edificios Auxiliares				
16.1	Suministro	gl	1	805,537.16	805,537.16
16.2	Montaje	gl	1	773,686.57	773,686.57
16.3	Pruebas certificadas con Manómetro calibrado y certificado /Puesta en Marcha	gl	1	27,518.40	27,518.40
17	Repuestos				
17.1	Repuestos para puesta en marcha	gl	1	23,687.92	23,687.92
17.2	Repuestos para un año de operación	gl	1	205,963.17	205,963.17

	Partidas a Precios Unitarios				
18	Asistencia al Comisionamiento				
18.1	Capataz	HH	84	98.00	8,271.20
18.2	Maestro Eléctrico	HH	90	98.00	8,820.00
18.3	Maestro Mecánico	HH	90	98.00	8,820.00
18.4	Ayudante	HH	0	0.00	0.00
19	Gastos Generales y Utilidades				
19.1	Gastos generales	gl	1	7,018,521.45	7,018,521.45
19.2	Utilidades	gl	1	2,268,987.00	2,268,987.00
	TOTAL VALOR NETO DE CONTRATO PEN (S/.)				19,068,286.86
	IGV 18%				3,432,291.63
	TOTAL COSTO CONTRATO				22,500,578.49

Objetivo específico N° 3: Determinar la contribución del diseño de un sistema contra incendio bajo la Norma NFPA en el mejoramiento de los índices de frecuencia, gravedad, responsabilidad y accidentabilidad en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020

En la tabla 11, se presentan el desempeño de la Minera Las Minas Bambas en el año 2019, previo a la implementación de la propuesta. De allí, se evidencia que al cierre de ese período el índice de frecuencia (IF) se ubica en 119.05, el de gravedad (IG) en 0.34, el de responsabilidad (IR) en 20.24 y el de accidentabilidad (IA) en 0.04. Adicionalmente, se observa que el mínimo valor presentado para estos índices fue en abril con IF de 93.75, IG de 0.32, IR de 15.00 y IA de 0.03, mientras que el máximo valor para IF se presentó en enero con 153.41; para IG, IR e IA en mayo con 1.23, 87.36 y 0.17, respectivamente.

Tabla 10. Desempeño de la empresa en materia de seguridad en materia de seguridad de personal antes de la implementación de la propuesta (año 2019)

Mes	Nº accidentes incapacitantes	Nº de días de descanso médico	HH trabajadas al mes	Índice de Frecuencia	Índice de Gravedad	Índice de Responsabilidad	Índice de Accidentabilidad
				$IF = \frac{N^{\circ} \text{ accidentes} \times 1000}{\text{Total de HH de exp al riesgo}}$	$IG = \frac{N^{\circ} \text{ días perdidos} \times 1000}{\text{Total de HH de exp al riesgo}}$	$IR = \frac{IF \times IG}{2}$	$IR = \frac{IF \times IG}{1000}$
Enero	27	6	176	153.41	1.06	81.31	0.16
Febrero	24	4	160	150.00	0.64	48.00	0.10
Marzo	18	3	168	107.14	0.50	26.79	0.05
Abril	15	2	160	93.75	0.32	15.00	0.03
Mayo	25	7	176	142.05	1.23	87.36	0.17
Junio	17	2	160	106.25	0.32	17.00	0.03
Julio	22	5	176	125.00	0.88	55.00	0.11
Agosto	19	5	168	113.10	0.84	47.50	0.10
Setiembre	18	2	168	107.14	0.34	18.21	0.04
Octubre	23	5	176	130.68	0.88	57.50	0.11
Noviembre	21	2	160	131.25	0.32	21.00	0.04
Diciembre	20	2	168	119.05	0.34	20.24	0.04

Ahora bien, luego de la implementación de la propuesta en el lapso de agosto y setiembre de 2020, se evaluó el comportamiento de los índices señalados para el período octubre – diciembre de ese año, obteniéndose los resultados identificados en la tabla 12. En este caso, al cierre del mes de diciembre de 2020, se observa una reducción de IF, IG, IR e IA en comparación con el año inmediato precedente, llegando a 87.50, 0.16, 7.00 y 0.01, respectivamente.

Para comprobar que, efectivamente, la implementación del sistema contra incendio bajo la norma NFPA ha generado una reducción de los índices asociados a los accidentes laborales y; por lo tanto, incide en el incremento en la seguridad del personal en la Minera Las Bambas, se aplicó la prueba estadística t para igualdad de medias de muestras diferentes, partiendo de las siguientes hipótesis estadísticas:

H_0 = El índice para los años 2019 y 2020 no presenta diferencias (son iguales).

H_a = El índice para los años 2019 y 2020 presenta diferencias (no son iguales).

Nivel de significancia fijado = 5% (0.05).

Regla de decisión = si el p-valor es mayor al nivel de significancia fijado (p-valor > 0.05), entonces se asume que no hay diferencias entre los valores medios del índice analizado, por lo que se evidencia que la implementación de la propuesta no generó cambios en la seguridad del personal de la mina.

En caso contrario, si el p-valor es menor al nivel de significancia fijado (p-valor < 0.05), entonces se asume que hay diferencias entre los valores medios del índice analizado, por lo que se evidencia que la implementación de la propuesta generó un efecto en la seguridad del personal de la mina.

Tabla 11. Desempeño de la empresa en materia de seguridad de personal luego de la implementación de la propuesta (año 2020)

Mes	Nº accidentes incapacitantes	Nº de días de descanso médico	HH trabajadas al mes	Índice de Frecuencia $IF = \frac{N^{\circ} \text{ accidentes} \times 1000}{\text{Total de HH de exp al riesgo}}$	Índice de Gravedad $IG = \frac{N^{\circ} \text{ días perdidos} \times 1000}{\text{Total de HH de exp al riesgo}}$	Índice de Responsabilidad $IR = \frac{IF \times IG}{2}$	Índice de Accidentabilidad $IR = \frac{IF \times IG}{1000}$
Octubre	15	1	168	113.10	0.67	37.89	0.08
Noviembre	12	2	160	100.00	0.48	24.00	0.05
Diciembre	14	1	160	87.50	0.16	7.00	0.01

En la tabla 13, se presentan los resultados de la prueba estadística empleada para cada índice analizado.

Tabla 12. Prueba t-Student para índices de accidentes laborales

Índice	Media 2020	Media 2019	Dif. media	t	gl	p-valor
IF	46.73	123.24	-76.51	-6.146	13	0.000
IG	0.17	0.64	-0.47	-2.366	13	0.034
IR	3.02	41.24	-38.22	-2.524	13	0.025
IA	0.01	0.08	-0.07	-2.394	13	0.032

De la tabla anterior, es posible afirmar lo siguiente:

2. La media del índice de frecuencia se redujo de 123.24 en el 2019 a 46.73 en el 2020 (una disminución de 76.51); esta variación resultó ser significativa visto que $t = -6.146$ y $p\text{-valor} = 0.000 (< 0.05)$; por lo tanto, se demuestra que la implementación del sistema contra incendio incidió negativa y significativamente en el IF de la Minera Las Bambas.
3. La media del índice de gravedad se redujo de 0.64 en el 2019 a 0.17 en el 2020 (una disminución de 0.47); esta variación resultó ser significativa visto que $t = -2.366$ y $p\text{-valor} = 0.000 (< 0.05)$; por lo tanto, se demuestra que la implementación del sistema contra incendio incidió negativa y significativamente en el IG de la Minera Las Bambas.
4. La media del índice de responsabilidad se redujo de 41.24 en el 2019 a 3.02 en el 2020 (una disminución de 38.22); esta variación resultó ser significativa visto que $t = -2.524$ y $p\text{-valor} = 0.000 (< 0.05)$; por lo tanto, se demuestra que la implementación del sistema contra incendio incidió negativa y significativamente en el IR de la Minera Las Bambas.
5. La media del índice de accidentabilidad se redujo de 0.01 en el 2019 a 0.08 en el 2020 (una disminución de 0.07); esta variación resultó ser significativa visto que $t = -2.394$ y $p\text{-valor} = 0.000 (< 0.05)$; por lo tanto, se demuestra que la implementación del sistema contra incendio incidió negativa y significativamente en el IA de la Minera Las Bambas.

3.2. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos permitieron comprobar la **hipótesis general** del

estudio relativa a que: El diseño de un sistema contra incendio bajo la Norma NFPA contribuirá al incremento de la seguridad del personal en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020. En este sentido, se diseñó un sistema donde la tasa de descarga cubre el área de diseño considerada y se han distribuido los rociadores en función de que cubran la totalidad de la superficie a proteger. Además, la distribución de los gabinetes de mangueras cubre en su totalidad al riesgo protegido.

Asimismo, se ha tabulado la pérdida de presión en términos de las piezas especiales como señala NFPA y se han configurado las cañerías cumpliendo las condiciones establecidas de presión y caudal, permitiendo que el sistema de distribución de agua entregue un flujo de 101.84 [gpm] a través de 1 gabinete de mangueras clase II, con una presión residual de 67.45 [psi]. Un sistema similar fue propuesto por Molano y Rodríguez (2017), quienes lograron simplificar las actividades de notificación y evacuación temprana del personal en la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Por otro lado, Soriano (2019) también propone un sistema parecido al presentado, distribuyendo los gabinetes de incendio en función del tipo de área (administrativa y laboratorio) de la planta potabilizadora Aguapen. Otros estudios como el de Ascón (2019), también demuestran la necesidad de la alineación del eje motriz a la bomba contra incendio, lo cual es una debilidad común en las organizaciones.

Sin embargo, autores como Alfaro (2016) expresan la necesidad de diseñar un sistema de gestión de mantenimiento que permita incrementar la productividad de estos sistemas contra incendios, lo cual incluso logran aumentar la disponibilidad en 0.39% y reducir las órdenes de trabajo correctivas en 6.30%. Estas alternativas, como refleja Solano (2017), induce también a una reducción de pérdidas de producción motivadas por eventos falsos, por ello la interconexión entre el sistema de detección y alarma entre distintas unidades de una misma industria es fundamental.

En este sentido, la alternativa propuesta en este estudio logró el incremento de la seguridad del personal que labora en la mina, lo cual también fue demostrado por Córdova et al. (2017) en la planta Atocongo, que redundó en un incremento del bienestar de los trabajadores, pero también de los vecinos de la zona, luego de que se alcanza también, el cumplimiento de las normativas

ambientales.

Por otro lado, el estudio realizado por Portillo (2019) difiere del presente estudio, en el sentido que su propuesta radicó en el uso de interfaces de comunicación Field Server en las plantas de la Mina Buenaventura, esto también tuvo un impacto positivo en la protección de la integridad física de los empleados, logrando incluso ahorros económicos a la empresa. Esto evidencia que son distintas las opciones que se pueden emplear para optimizar el funcionamiento de estos sistemas; sin embargo, cada una de ellas deben adaptarse a las condiciones de la empresa y a la normativa legal vigente y la tendencia actual, como lo reflejan Chamorro et al. (2019) está orientada a la automatización mediante el uso de sensores, electroválvulas, electrobombas y convertidores de frecuencia que ayudan a mejorar el caudal y la presión.

Al respecto, Xiuxiang y Lai (2020) señalan que este tipo de automatizaciones, sobre el cual también se sustenta el presente estudio, garantizan la confiabilidad de los sistemas de extinción de incendios, reduciendo además los elevados costos de cableado y los tiempos de instalación.

De igual manera, en el presente estudio se comprobó la **primera hipótesis específica** referida a que: La situación actual del sistema contra incendio es deficiente en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020. En este sentido, se constató que el sistema contra incendios presenta problemas en torno a las condiciones de voltaje, problemas en las instalaciones eléctricas, ausencia de dispositivos automático, falta de conocimiento en los colaboradores, entre otros. A esto se le añade, que no funciona en todas las áreas de la unidad minera, generando en promedio un nivel de riesgo de 24, el cual es importante.

Lo anterior coincide con los hallazgos de Masquiarán (2019), quien evidenció riesgos similares en la zona de talleres de la sede Concepción de la UTFSM (Chile), a lo que se alegraba un almacenamiento inapropiado de sustancias peligrosas, llevando a la necesidad de proponer un sistema contra incendio basado en la normativa NFPA. Igualmente, Torres (2019) en su investigación en Industria de Plástico Bajo de Quito (Ecuador), determinó que dicha empresa no disponía de este tipo de sistemas, coincidiendo con el presente estudio, que la ausencia de conocimiento en los empleados es un factor fundamental para ello.

Asimismo, Huamani y Paucara (2019) determinaron en la empresa

TECKTOMETAL SAC. de Arequipa, que las condiciones de seguridad también eran precarias, la diferencia es que ellos aplicaron para ese diagnóstico el método Gretener; sin embargo, llegan a la conclusión que lo apropiado es la implementación de un sistema contra incendio de acuerdo a la NFPA. Esto también fue comprobado en el presente estudio, como parte de la verificación de la **segunda hipótesis específica**: Es posible aplicar la Norma NFPA para el diseño del sistema contra incendio en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020.

Este tipo de acciones de mejoramiento, como sugieren Wanguo y Hao (2020) permiten mejorar las capacidades para la toma de decisiones y una guía para operar de manera efectiva ante cualquier contingencia.

Finalmente, en el presente estudio se constató la **tercera hipótesis específica** que se refiere a: El diseño de un sistema contra incendio bajo la Norma NFPA contribuye en el mejoramiento de los índices de frecuencia, gravedad, responsabilidad y accidentabilidad en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020. En este sentido, con la implementación de la propuesta, se logró al cierre del año 2020, que los índices de accidentabilidad, de gravedad, de responsabilidad y de accidentabilidad se ubicaran en 87.50, 0.16, 7.00 y 0.01, respectivamente, luego de haber alcanzado los valores de 119.05, 0.34, 20.24 y 0.04 al cierre del año 2019. Un hallazgo similar fue comprobado por Bermeo (2017), quien encontró que, en general, soluciones basadas en la normativa NFPA contribuye a optimizar los aspectos de SST, redujeron los riesgos de accidentes laborales.

Por otra parte, estudios a nivel local como los de Gómez (2019); Urrutia y Tello (2018) y Fuentes (2017) demostraron que otras alternativas como un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional, la aplicación el ciclo de “Deming” y un plan anual en esta materia también contribuyen en reducir estos índices, pero su impacto es más limitado.

3.3. Aporte práctico

Al implementarse la propuesta, se redujo el nivel de riesgo de incendio que se tiene en la minería “Las Bambas”, que se muestra en la tabla 14, el cual fue el principal aporte práctico de la investigación.

Tabla 13. Impacto de la propuesta en los niveles de riesgo por áreas

Áreas	Antes	Nivel de Riesgo	Actual	Reducción del nivel de riesgo en %
Lubricación de Molinos Niveles inf. Molienda	26	Intolerable	18	31%
Planos EDIFIIO, Chancadores de PEBBLES	22	Importante	16	27%
Remolienda	14	Moderado	10	29%
Edificio comedor	30	Intolerable	22	27%
Estación combustible mina	16	Moderado	10	38%
Chancadora primaria	16	Moderado	12	25%
Correa de sacrificio	26	Intolerable	18	31%
Recuperación mineral grueso	14	Moderado	10	29%
Flotación de remolienda	16	Moderado	8	50%
Espesador de concentrado cu-mo	20	Importante	14	30%
Planta molibdeno	20	Importante	14	30%
Planta de cal	24	Importante	18	25%
Planta de reactivos	36	Intolerable	24	33%
Espesador de concentrado cu	30	Intolerable	16	47%
Plata filtrado correa	14	Moderado	10	29%
Espesador de relaves	18	Importante	12	33%
Planta de tratamiento de agua	14	Moderado	8	43%
Sala eléctrica principal gis 220kv	14	Moderado	10	29%
Nivel de riesgo (promedio)	24	Moderado	12.8	

De lo anterior, se observa que se logró mejorar la seguridad del personal dentro de la mina, lo cual se confirma con la reducción de los índices asociados a los accidentes laborales.

CAPITULO IV:
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Con base a los hallazgos obtenidos es posible concluir lo siguiente:

- La implementación del sistema contra incendio bajo la Norma NFPA contribuyó al incremento de la seguridad del personal en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020. Dicho sistema se fundamentó en una tasa de descarga que cubre el área de diseño considerada, donde se han distribuido los rociadores en función de que cubran la totalidad de la superficie a proteger. Además, la distribución de los gabinetes de mangueras cubre en su totalidad al riesgo protegido y se ha configurado el sistema de distribución de agua para que entregue un flujo de 101.84 [gpm] a través de 1 gabinete de mangueras clase II, con una presión residual de 67.45 [psi].
- Se observaron notables deficiencias en el sistema contra incendio que disponía la Minera Las Bambas, que llevaron a que en promedio su riesgo se ubicará en un nivel de 24 (de importante a intolerable).
- Se logró la aplicación de la norma NFPA para la implementación del sistema contra incendio en la Mina Las Bambas.
- Con esta implementación mejoraron los índices asociados a los accidentes laborales, observándose una reducción significativa en el índice de frecuencia ($t = -6.146$, $p\text{-valor} < 0.05$); de gravedad ($t = -2.366$, $p\text{-valor} < 0.05$); de responsabilidad ($t = -2.524$, $p\text{-valor} < 0.05$) y de accidentabilidad ($t = -2.394$, $p\text{-valor} < 0.05$).

4.2. RECOMENDACIONES

En virtud de las conclusiones anteriores se recomienda lo siguiente:

- Diseñar un plan de mantenimiento del sistema implementado para asegurar que la Mina Las Bambas continúe cumpliendo con los estándares en cuanto a los parámetros de seguridad del personal y los activos de la empresa.
- Mantener vigilancia y control del sistema para evitar las deficiencias que se encontraron en el sistema anterior, procurando que los niveles de riesgo no se incrementen.
- Una vez implementada la norma NFPA se debe mantener seguimiento continuo a la norma para implementar posibles mejoras que permitan mantener los niveles de seguridad altos y minimizar los riesgos en la Mina Las Bambas.
- Diseñar, ejecutar e implementar programas de capacitación y entrenamiento en materia de riesgos laborales al personal para asegurar que los niveles de accidentes laborales se mantengan bajos, aprovechando las mejoras asociadas a la implementación del sistema contra incendios.

REFERENCIAS

- Alfaro, M. (2016). *Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento para incrementar la productividad del sistema contra incendios de Westfire Sudamérica S.R.L. en Minera Chinalco Perú*. (Tesis de Pregrado). Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte.
- Ascón, A. (2019). *Implementación de un sistema de bombeo contra incendios en un edificio corporativo de 15 pisos en Lima Metropolitana*. (Tesis de Pregrado). Lima, Perú: Universidad Tecnológica del Perú.
- Asencios, G. (2018). *Propuesta de implementación de un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional aplicado a empresa contratista LM SAC del sector metal mecánica*. (Tesis de Pregrado). Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Bermeo, A. (2017). *Análisis del volumen óptimo de un tanque de almacenamiento para un sistema contra incendio*. (Tesis de pregrado). Samborondón, Ecuador: Universidad Espíritu Santo.
- Bestratén, M., Guardino, X., Iranzo, Y., Piqué, T., Pujol, L., Solórzano, M., . . . Varela, I. (2011). *Seguridad en el trabajo*. Madrid, España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Blanco, L., González, F., & López, L. (2015). *Seguridad Laboral*. San José, Costa Rica: Programa de Publicaciones e Impresiones de la Universidad Nacional.
- Carrasco, S. (2017). *Metodología de la investigación*. Lima, Perú: San Marcos.
- Centeno, J. (2015). *Metodología para la implementación del sistema de gestión de riesgos Hochschild Mining DNV para la empresa especializada IESA en la Unidad Económica Administrativa Pallancata-1014*. (Tesis de Pregrado). Abancay, Perú: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurima.
- Chamorro, O., Arce, D., & Diaz, M. (2019). Fire System for an Automated Electrical Substation via Programmable Logic Controller. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, 4(6), 353-359. ISSN: 2415-669.
- Comisión Nacional para la Protección de Sujetos Humanos de Investigación

- Biomédica y de Comportamiento. (s.f.). *Informe Belmont*. Obtenido de https://medicina.unmsm.edu.pe/etica/images/Postgrado/Instituto_Etica/Belmont_report.pdf
- Congreso de la República. (2013). *Política Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo*. Lima, Perú: Decreto Supremo N° 002-2013-TR.
- Córdova, J., Fernández, I., Salgado, N., & Soberón, R. (2017). *Dirección del proyecto: sistema de detección, alarma y extinción de incendios de planta Atocongo*. (Tesis de maestría). Lima, Peru: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- DEMSA. (2020). *Seguridad contra incendios*. Buenos Aires, Argentina: Industrias Químicas Dem S.A.
- EALDE Business School. (3 de diciembre de 2019). *9 normas de Gestión de Riesgos que todo risk manager debe conocer*. Obtenido de <https://www.ealde.es/normas-gestion-riesgos/>
- Eguiluz, E. (2007). Sistemas contra incendios: Uso adecuado de detectores de humo (Capítulo III). *Revista Negocios de Seguridad*, 34, 182-194. Obtenido de Revista Negocios de Seguridad.
- Estrada, V. (2017). *Implementación de un plan de seguridad y salud en el trabajo para reducir los riesgos laborales en los proyectos de ingeniería en la empresa EOM GRUPO, Lima – Perú 2017*. (Tesis de Pregrado). Lima, Perú: Universidad César Vallejo.
- Fuentes, S. (2017). *Elaboración del plan anual de seguridad y salud ocupacional para el transporte de concentrado de cobre para Minera las Bambas*. (Tesis de pregrado). Arequipa, Perú: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
- Global Property. (noviembre de 2013). *Inspección y pruebas de sistemas de protección contra incendios*. Obtenido de Global Property – Ingeniería en Control de Pérdidas: <https://www.aig.com/content/dam/aig/america-canada/us/documents/business/property/impairment-forms-spanish-brochure.pdf>
- Gómez, E. (2019). *Implementación del sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional, en el proyecto de explotación minera Kory Tika Cep 29 de Unchiña Aymaraes-Apurímac*. (Tesis de pregrado). Abancay, Perú: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Huamani, J., & Paucara, M. (2019). *Evaluación del Riesgo de Incendio a través del método Gretener para implementar medidas de prevención en la empresa TECKTOMETAL SAC. Arequipa 2019*. (Tesis de pregrado). Arequipa, Perú: Universidad Tecnológica del Perú.
- Instituto de Seguridad Minera ISEM. (2020). Medidas de prevención ante riesgos en espacios confinados. *Seguridad Minera*, 162. 34-37.
- Instituto Nacional de Calidad [INACAL]. (s.f.). *Catálogo de normas técnicas peruanas sobre seguridad contra incendios*. Lima, Perú: Centro de Información y Documentación (CID) del Inacal.
- La Rotta, Á., & Torres, M. (2017). Explotación minera y sus impactos ambientales y en salud. El caso de Potosí en Bogotá. *Saúde Debate*, 41(112), 77-91.
- Masquiarán, S. (2019). *Sistema de protección contra incendio bajo la normativa NFPA para aplicar en la zona de talleres de la UTFSM, sede Concepción*. (Tesis de Pregrado). Concepción, Chile: Universidad Técnica Federico Santa María.
- Ministerio de Energía y Mina. (2017). *Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería*. Lima, Perú: DS N° 023-2017-EM.
- Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social de España. (2015). Capítulo 11: sistemas de agua contra incendios. En C. y. Ministerio de Sanidad, *Guía técnica para la Prevención y Control de la Legionelosis en instalaciones* (págs. 1-19). Madrid, España.
- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2017). *Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, su Reglamento y Modificatorias*. Lima, Perú: Dirección General de Derechos Fundamentales y Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social; Ministerio de Educación; Instituto Nacional de Educación Tecnológica, Oficina de País de la OIT para la Argentina. (2014). *Salud y seguridad en el trabajo (SST). Aportes para una cultura de la prevención*. Buenos Aires, Argentina.
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2010). *Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales*. Lima, Perú: Dirección General de Calidad Ambiental.
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2016). *Minería responsable*. Lima, Perú: Ministerio del Ambiente.

- Molano, J., & Rodríguez, L. (2017). *Diseño del sistema contra incendios de extinción y detección para la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, conforme a la Norma NFPA y la NSR-10*. (Tesis de pregrado). Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Molano, J., & Rodríguez, L. (2017). *Diseño del sistema contra incendios de extinción y detección para la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, conforme a la norma NFPA y la NSR-10*. (Tesis de Pregrado). Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Organización Internacional del Trabajo [OIT]. (2019). *Seguridad y salud en el centro del futuro del trabajo. Aprovechar 100 años de experiencias*. Ginebra, Suiza: Oficina Internacional del Trabajo. ISBN: 978-92-2-133155-1.
- Pérez, F. (2016). *Aplicación de un sistema de seguridad y salud ocupacional para la reducción de la tasa de accidentabilidad en la empresa Coplasa, La Victoria- Lima 2015*. (Tesis de Pregrado). Lima, Perú: Universidad César Vallejo.
- Portillo, A. (2019). *Gestión de un sistema contra incendios mediante interfaces de comunicación Field Server para plantas de procesamiento de oro. Caso: Minera Buenaventura*. (Tesis de Maestría). Callao, Perú: Universidad Nacional del Callao.
- Portillo, A. (2019). *Gestión de un Sistema Contra Incendios Mediante Interfaces de Comunicación Field Server para Plantas de Procesamiento de Oro. Caso: Minera Buenaventura*. (Tesis de Maestría). Callao, Perú: Universidad Nacional del Callao.
- RIMAC Seguros y Reaseguros. (2014). *Indicadores de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)*. Obtenido de <https://prevencionlaboralrimac.com/Herramientas/Indicadores-sst>
- Solano, F. (2017). *Interconexión del sistema de detección y alarma contra incendio entre las plantas de refinería y de fundición*. (Tesis de pregrado). Lima, Perú: Universidad Tecnológica del Perú.
- Soriano, M. (2019). *Diseño de un sistema contra incendio bajo las normas NFPA en la planta potabilizadora aguapen ubicado en la parroquia Atahualpa de*

- la Provincia de Santa Elena*. (Tesis de Pregado). Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Soto, J. (2017). *Incorporación del Manejo de Sustancias y Residuos Peligrosos en los Planes de Gestión del Riesgo de Desastres*. (Tesis de Especialización). Manizales, México: Universidad Católica de Manizales.
- Torres, T. (2019). *Estructura y diseño técnico de sistema de Protección Contra Incendios en una Industria de Plástico Bajo Norma NFPA*. (Trabajo de Pregrado). Quito, Ecuador: Universidad Internacional Sek.
- Urrutia, R., & Tello, H. (2018). *Implementación del Ciclo de Deming en el sistema integrado de gestión de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente en la Unidad Minera La Ricotona Distrito de Lambrama-Apurímac*. (Tesis de Pregrado). Abancay, Perú: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.
- Wanguo, H., & Hao, X. (2020). Optimal Model of Fire Fighting and Rescue Operational Plan Based on Utility Function. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 782, 1-6. doi:10.1088/1757-899X/782/5/052045.
- Xiuxiang, S., & Lai, S. (2020). Design and Implementation of a Smart Wireless Fire-Fighting System Based on NB-IoT Technology. *Journal of Physics: Conference Series*, 1606(1), 1-8.

ANEXOS

ANEXO 01. Autorización para el recojo de información



“Año de la Universalización de la Salud”

“AUTORIZACION PARA EL RECOJO DE INFORMACION”

Apurímac, 05 de junio del 2020

Quien suscribe:

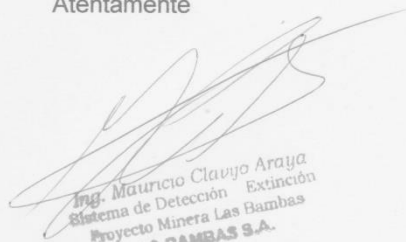
Sr. Representante legal – Empresa minera las bambas S.A

Autoriza: permiso para el recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación minero las bambas denominado, **“SISTEMA DE PROTECCION NCONTRA INCENDIO BAJO LA NORMA NFPA PARA INCREMENTAR LA SEGURIDAD DEL PERSONAL EN LA MINERA LAS BAMBAS APURIMAC – 2020”**

Por el presente, el que suscribe Mauricio Clavijo Araya representante legal de la empresa: Minera Las Bambas “MMG” S.A. autorizo al alumno Romulo Panduro Cachique con DNI № 42272077 estudiante de la escuela profesional de ingeniería industrial, y autor del trabajo de investigación denominado **“SISTEMA DE PROTECCION NCONTRA INCENDIO BAJO LA NORMA NFPA PARA INCREMENTAR LA SEGURIDAD DEL PERSONAL EN LA MINERA LAS BAMBAS APURIMAC – 2020”** al uso de dicha información que conforma el expediente técnico así como hojas de memoria, calculos entre otros como planos para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de la tesis enunciado líneas arriba.

Se garantiza la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Atentamente


Ing. Mauricio Clavijo Araya
Sistema de Detección Extinción
Proyecto Minera Las Bambas
LAS BAMBAS S.A.

ANEXO 02 . Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema general ¿En qué medida el diseño de un sistema contra incendio bajo la Norma NFPA contribuirá al incremento de la seguridad del personal en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020?</p> <p>Problema Específico 1 ¿Cuál será la situación actual del sistema contra incendio en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020?</p> <p>Problema Específico 2 ¿Cuál será el diseño del sistema contra incendio bajo la Norma NFPA en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020?</p> <p>Problema Específico 3 ¿Cuál será la contribución del diseño de un sistema contra incendio bajo la Norma NFPA en el mejoramiento de los índices de frecuencia, gravedad, responsabilidad y accidentabilidad en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020?</p>	<p>Objetivo general Diseñar un sistema contra incendio bajo la Norma NFPA que contribuya al incremento de la seguridad del personal en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020.</p> <p>Objetivo Especifico 1 Diagnosticar la situación actual del sistema contra incendio en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020.</p> <p>Objetivo Especifico 2 Elaborar el diseño del sistema contra incendio bajo la Norma NFPA en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020.</p> <p>Objetivo Especifico 3 Determinar la contribución del diseño de un sistema contra incendio bajo la Norma NFPA en el mejoramiento de los índices de frecuencia, gravedad, responsabilidad y accidentabilidad en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020.</p>	<p>Hipótesis general El diseño de un sistema contra incendio bajo la Norma NFPA contribuirá al incremento de la seguridad del personal en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020.</p> <p>Hipótesis específicas 1 La situación actual del sistema contra incendio es deficiente en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020.</p> <p>Hipótesis específicas 2 Es posible aplicar la Norma NFPA para el diseño del sistema contra incendio en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020.</p> <p>Hipótesis específicas 3 El diseño de un sistema contra incendio bajo la Norma NFPA contribuye en el mejoramiento de los índices de frecuencia, gravedad, responsabilidad y accidentabilidad en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020.</p>	<p>• Variable independiente</p> <p>Sistema contra incendio bajo normas NFPA</p> <p>Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Componente eléctrico • Componente hidráulico • Componente automatizado • Componente electromecánico <p>Variable dependiente</p> <p>Seguridad personal</p> <p>Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Índice de Frecuencia • Índice de Gravedad • Índice de Responsabilidad • Índice de accidentabilidad 	<p>Tipo: Aplicada</p> <p>Diseño: Experimental</p> <p>Técnica: Revisión documental</p> <p>Instrumento: Hoja de observación</p> <p>Población: Trabajadores de la unidad minera Las Bambas.</p> <p>Muestra: Total de los trabajadores de la unidad minera Las Bambas.</p> <p>Herramientas Análisis estadístico descriptivo (gráficos y tablas)</p>

Mes	Nº accidentes incapacitantes	Nº de días de descanso médico	HH trabajadas al mes	Índice de Frecuencia $IF = \frac{N^{\circ} \text{ accidentes} \times 1000}{\text{Total de HH de exp al riesgo}}$	Índice de Gravedad $IG = \frac{N^{\circ} \text{ días perdidos} \times 1000}{\text{Total de HH de exp al riesgo}}$	Índice de Responsabilidad $IR = \frac{IF \times IG}{2}$	Índice de Accidentabilidad $IA = \frac{IF \times IG}{1000}$
Enero							
Febrero							
Marzo							
Abril							
Mayo							
Junio							
Julio							
Agosto							
Setiembre							
Octubre							
Noviembre							
Diciembre							

Formato de diagnóstico del sistema de incendios

N°	ÍTEM	SI	NO	N/A
Componente Eléctrico				
1	Los equipos del sistema contra incendio presentan condiciones adecuadas de voltaje			
2	Se evidencia algún tipo de problema en las instalaciones eléctricas del sistema			
3	Las áreas donde se encuentran las instalaciones eléctricas se encuentran mojadas o hay evidencia de algún otro liquido			
4	Los trabajadores tienen la capacidad para identificar un riesgo eléctrico en el área.			
5	Las personas encargadas de manejar el sistema contra incendios poseen los conocimientos suficientes para manejarlo			
6	El sistema contra incendio coincide con las especificaciones recomendadas por las normas NFPA			
7	Las áreas que integran la empresa presentan condiciones de temperaturas elevadas.			
8	Las áreas de la empresa cuentan con herramientas para solventar posibles incidentes eléctricos			
9	Las herramientas presentes en la empresa corresponden a las señaladas en las normas NFPA			
Componente Hidráulico				
10	Los niveles de presión de la bomba principal del sistema contra incendio presentan niveles adecuados			
11	Los niveles del caudal de la bomba principal del sistema contra incendio son cónsonos con las especificaciones			
12	La (s) persona (s) encargada (s) del sistema contra incendio tienen conocimiento que la bomba principal tiene su certificación de funcionamiento			

13	La bomba utilizada presenta fugas de aguas visibles			
14	El sistema hidráulico cuenta con un suministro de agua adecuado			
15	La (s) persona (s) responsable del sistema contra incendio tiene conocimiento del funcionamiento del controlador de agua			
16	La bomba principal y la bomba Jockey coinciden con las exigencias de las normas NFPA			
17	El cuarto de bomba presenta condiciones que puedan representar algún riesgo			
Componente automatizado				
18	El tablero principal presenta algún tipo de desperfecto			
19	Los breckers y demás elementos del tablero corresponden a los requeridos por el sistema contra incendio			
20	El mecanismo de detección contra incendio se encuentra operativo			
21	Los rociadores u otro tipo de mecanismo presente en el sistema contra incendio están en niveles operativos			
22	El conjunto de mangueras y demás accesorios se encuentran en óptimas condiciones de uso			
23	Las áreas de la empresa cuentan con dispositivos automáticos correctamente señalados			
Componente electromecánico				

24	Los botones de emergencias del sistema contra incendios están distribuidos a lo largo de todas las áreas de la unidad minera			
25	Las personas encargadas del sistema tienen conocimiento del nivel operativo del módulo de interconexión			
26	El sistema de alarmas del sistema contra incendio funciona en todos los espacios de la unidad minera			

Unidad Minera Las Bambas		Código de documento:			Fecha:
		Registro de asistencia a talleres			
Área o proyecto:					
Tema del taller:					
Dictado por:					
N°	Apellidos	Nombres	Área/Cargo	DNI	Firma

UNIDAD MINERA LAS BAMBAS

HOJA DE ACCIDENTES REGISTRADOS

MES/AÑO	2021	TOTAL, ACCIDENTES
ENERO		
FEBRERO		
MARZO		
ABRIL		
MAYO		
JUNIO		
JULIO		

ANEXO 03: Validación de Instrumentos



Universidad Señor de Sipán

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

FICHA DE EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

Apellidos y nombres del experto: Carrascal Jemver
 Grado Académico: Mgtr
 Cargo e Institución: Docente tiempo parcial - USS
 Nombre del instrumento a validar: _____
 Autor del instrumento: _____
 Título del Proyecto de Tesis: _____

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente De 0 a 5	Regular De 6 a 10	Bueno De 11 a 15	Muy bueno De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible			X	
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems			X	
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables			X	
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere			X	
Viabilidad	Es viable su aplicación			X	

Valoración

Puntaje: (De 0 a 20) 15
 Calificación: (De Deficiente a Muy bueno) bueno

Observaciones

.....

Fecha: 01/07/2019
 Firma:
 No. Colegiatura
173201

Universidad Señor de Sipán

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

FICHA DE EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

Apellidos y nombres del experto: *Armas Zavaleta José Manuel*

Grado Académico: *Mgtr. Supply Chain Management*

Cargo e Institución: *Docente tiempo completo - USS*

Nombre del instrumento a validar: *Entrevista*

Autor del instrumento:

Título del Proyecto de Tesis:

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente De 0 a 5	Regular De 6 a 10	Bueno De 11 a 15	Muy bueno De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible			X	
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems			X	
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables			X	
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere			X	
Viabilidad	Es viable su aplicación			X	

Valoración

Puntaje: (De 0 a 20) *12*

Calificación: (De Deficiente a Muy bueno) *Bueno*

Observaciones

.....
.....

Fecha: *[Firma]*
José Manuel Armas Zavaleta
ING. INDUSTRIAL
R. CIR. N° 221101

Firma:

No. Colegiatura