

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Implementación de indicadores clave de  
rendimiento (KPI) para el mantenimiento del  
sistema contra incendios de detección y supresión  
de las subestaciones móviles y  
grupos electrógenos móviles en la Unidad Minera  
Las Bambas**

Rossell Ernesto Otazu Huarahuara

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Electricista

Arequipa, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Trabajo de suficiencia profesional



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Rossell Ernesto Otazu Huarahuara, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 47124901, de la E.A.P. de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. El trabajo de suficiencia profesional titulado: "Implementación de indicadores clave de rendimiento (KPI) para el mantenimiento del sistema contra incendios de detección y supresión de las sub estaciones móviles y grupos electrógenos móviles en la unidad minera las Bambas", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista.
2. El trabajo de suficiencia profesional no ha sido plagiado ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. El trabajo de suficiencia profesional es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

11 de septiembre de 2023.



---

Rossell Ernesto Otazu Huarahuara

DNI. No. 47124901

# TSP - OTAZU HUARAHUARA ROSSELL ERNESTO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

**31** %

INDICE DE SIMILITUD

**31** %

FUENTES DE INTERNET

**6** %

PUBLICACIONES

**11** %

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>6</b> %
<b>2</b>	<b>repositorio.unsa.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>4</b> %
<b>3</b>	<b>repositorio.continental.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>4</b> %
<b>4</b>	<b>www.travimus.com</b> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>5</b>	<b>qdoc.tips</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>6</b>	<b>vsip.info</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>7</b>	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>8</b>	<b>www.tecsup.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>9</b>	<b>repositorio.unac.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %

10 Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru <1 %  
Trabajo del estudiante

---

11 repositorio.ucv.edu.pe <1 %  
Fuente de Internet

---

12 www.slideshare.net <1 %  
Fuente de Internet

---

13 www.fireno.com <1 %  
Fuente de Internet

---

14 repositorio.umsa.bo <1 %  
Fuente de Internet

---

15 Submitted to Universidad de Piura <1 %  
Trabajo del estudiante

---

16 itzamna.bnct.ipn.mx <1 %  
Fuente de Internet

---

17 idoc.pub <1 %  
Fuente de Internet

---

18 fireservicescol.com <1 %  
Fuente de Internet

---

19 renati.sunedu.gob.pe <1 %  
Fuente de Internet

---

20 vdocumento.com <1 %  
Fuente de Internet

---

21 repositorio.unp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

22

Submitted to Universidad Tecnologica del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

23

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

24

repositoriobibliotecas.uv.cl

Fuente de Internet

<1 %

25

renatiqa.sunedu.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

26

inba.info

Fuente de Internet

<1 %

27

designpocket.jp

Fuente de Internet

<1 %

28

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

29

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

30

intranet.shougang.com.pe

Fuente de Internet

<1 %

31

prevencionlaboralrimac.com

Fuente de Internet

<1 %

32	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	<1 %
33	<a href="http://www.przetargi.info">www.przetargi.info</a> Fuente de Internet	<1 %
34	<a href="http://tecnofast.cl">tecnofast.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
35	<a href="http://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
36	INGENIERIA EN SEGURIDAD INDUSTRIAL E HIGIENE AMBIENTAL S.A.C. - INSEHI S.A.C.. "DAA de la Planta de Fabricación de Cartón- IGA0008855", R.D. N° 506-2016- PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2020 Publicación	<1 %
37	<a href="http://bibdigital.epn.edu.ec">bibdigital.epn.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
38	<a href="http://repositorio.unasam.edu.pe">repositorio.unasam.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
39	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
40	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
41	<a href="http://repositorio.unal.edu.co">repositorio.unal.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %

42	<a href="https://docplayer.net">docplayer.net</a> Fuente de Internet	<1 %
43	<a href="https://repositorio.usm.cl">repositorio.usm.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
44	<a href="https://www.camarabaq.org.co">www.camarabaq.org.co</a> Fuente de Internet	<1 %
45	Submitted to EThames Graduate School Trabajo del estudiante	<1 %
46	<a href="https://www.blackrock.com">www.blackrock.com</a> Fuente de Internet	<1 %
47	<a href="https://www.redproteger.com.ar">www.redproteger.com.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
48	<a href="https://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1 %
49	CLB TECNO LOGICA S.A.C. "DAP para la Planta de Producción y Comercialización de Chocolates y sus Derivados, Golosinas, Galletas y Panetones-IGA0003286", Oficio N° 3390-2011-PRODUCE/DVMYPE-I/DGI-DAAI, 2021 Publicación	<1 %
50	<a href="https://solman.co.za">solman.co.za</a> Fuente de Internet	<1 %
51	<a href="https://www.energycommunity.org">www.energycommunity.org</a> Fuente de Internet	<1 %



52

Submitted to University of Wales central institutions

Trabajo del estudiante

&lt;1 %

53

didattica.polito.it

Fuente de Internet

&lt;1 %

54

repositorio.ucss.edu.pe

Fuente de Internet

&lt;1 %

55

repository.unab.edu.co

Fuente de Internet

&lt;1 %

56

tesis.pucp.edu.pe

Fuente de Internet

&lt;1 %

57

www.elevair.cl

Fuente de Internet

&lt;1 %

58

anraci.org

Fuente de Internet

&lt;1 %

59

issuu.com

Fuente de Internet

&lt;1 %

60

repositorio.uwiener.edu.pe

Fuente de Internet

&lt;1 %

61

repository.usta.edu.co

Fuente de Internet

&lt;1 %

62

www.cib.espol.edu.ec

Fuente de Internet

&lt;1 %

63

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

&lt;1 %

---

64	<a href="http://www.radiohc.cu">www.radiohc.cu</a> Fuente de Internet	<1 %
65	<a href="http://www.universidadcentral.cl">www.universidadcentral.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
66	<a href="http://lainholding.com">lainholding.com</a> Fuente de Internet	<1 %
67	<a href="http://scielo.sld.cu">scielo.sld.cu</a> Fuente de Internet	<1 %
68	<a href="http://vdocuments.es">vdocuments.es</a> Fuente de Internet	<1 %
69	QUISPE CABANA EDWIN LYROY. "ITS del Proyecto de Modificación de una Estación de Servicios con Gasocentro de GLP-IGA0016537", R.D.R. N° 041-2021/GORE-ICA/DREM/H, 2022 Publicación	<1 %
70	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1 %
71	Submitted to Instituto Madrilenno de Formacion Trabajo del estudiante	<1 %
72	Submitted to Universidad Internacional del Ecuador Trabajo del estudiante	<1 %

---

73	<a href="http://www.anp.com.uy">www.anp.com.uy</a> Fuente de Internet	<1 %
74	<a href="http://prezi.com">prezi.com</a> Fuente de Internet	<1 %
75	<a href="http://pt.slideshare.net">pt.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
76	<a href="http://repositorio.pucesa.edu.ec">repositorio.pucesa.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
77	<a href="http://repositorio.une.edu.pe">repositorio.une.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
78	<a href="http://web.fonade.gov.co">web.fonade.gov.co</a> Fuente de Internet	<1 %
79	<a href="http://www.archdaily.pe">www.archdaily.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
80	<a href="http://www.guiadeprensa.com">www.guiadeprensa.com</a> Fuente de Internet	<1 %
81	<a href="http://www.rtvv.es">www.rtvv.es</a> Fuente de Internet	<1 %
82	<a href="http://administracionnadia.blogspot.com">administracionnadia.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1 %
83	<a href="http://cris.ulima.edu.pe">cris.ulima.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
84	<a href="http://dudaslegislativas.com">dudaslegislativas.com</a> Fuente de Internet	<1 %

85 [es.chironwire.com](http://es.chironwire.com) Fuente de Internet <1 %

---

86 [es.firesecurityproducts.com](http://es.firesecurityproducts.com) Fuente de Internet <1 %

---

87 [repositorio.urp.edu.pe](http://repositorio.urp.edu.pe) Fuente de Internet <1 %

---

88 [riull.ull.es](http://riull.ull.es) Fuente de Internet <1 %

---

89 [usermanual.wiki](http://usermanual.wiki) Fuente de Internet <1 %

---

90 [www.bomberosdenavarra.com](http://www.bomberosdenavarra.com) Fuente de Internet <1 %

---

91 [www.paot.df.gob.mx](http://www.paot.df.gob.mx) Fuente de Internet <1 %

---

92 [www.terrasos.co](http://www.terrasos.co) Fuente de Internet <1 %

---

93 GEOLAB S.R.LTDA. "ITS Mejora Ambiental para el Aprovechamiento de Energía Durante la Prueba Extendida de Pozos, en el Lote XXIII - Región Tumbes-IGA0004241", R.D. N° 217-2016-MEM/DGAAE, 2021  
Publicación <1 %

---

94 [dsgocdnapi.azureedge.net](http://dsgocdnapi.azureedge.net) Fuente de Internet <1 %

---

95

Fuente de Internet

&lt;1 %

96

[healthsource.baylorhealth.com](https://healthsource.baylorhealth.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

97

[idoc.tips](https://idoc.tips)

Fuente de Internet

&lt;1 %

98

[pricila.senacyt.gob.pa](https://pricila.senacyt.gob.pa)

Fuente de Internet

&lt;1 %

99

[repositoriotec.tec.ac.cr](https://repositoriotec.tec.ac.cr)

Fuente de Internet

&lt;1 %

100

[riosdelplaneta.com](https://riosdelplaneta.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

101

[www.convencionminera.com](https://www.convencionminera.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

102

[www.economia-montevideo.gob.mx](https://www.economia-montevideo.gob.mx)

Fuente de Internet

&lt;1 %

103

[www.ecoporta.net](https://www.ecoporta.net)

Fuente de Internet

&lt;1 %

104

[www.fao-sict.un.hn](https://www.fao-sict.un.hn)

Fuente de Internet

&lt;1 %

105

[www.fesc.edu.co](https://www.fesc.edu.co)

Fuente de Internet

&lt;1 %

106

[www.pranaair.com](https://www.pranaair.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

107	"Understanding performance of concrete using natural pozzolans against corrosion", Pontificia Universidad Catolica de Chile, 2012 Publicación	<1 %
108	ANDRADE CAYCHO EDGAR. "EIA-SD del Proyecto Infraestructura de Disposición Final de Residuos Sólidos No Municipales y Municipales Yacucatina - San Martín-IGA0000038", R.D. N° 1485-2015/DEPA/DIGESA/SA, 2020 Publicación	<1 %
109	<a href="http://cdigital.uv.mx">cdigital.uv.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
110	<a href="http://dpi.bioetica.org">dpi.bioetica.org</a> Fuente de Internet	<1 %
111	<a href="http://energynet.fronius.com">energynet.fronius.com</a> Fuente de Internet	<1 %
112	<a href="http://explorer.lbry.com">explorer.lbry.com</a> Fuente de Internet	<1 %
113	<a href="http://files.core.ac.uk">files.core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1 %
114	<a href="http://maesantaelena.files.wordpress.com">maesantaelena.files.wordpress.com</a> Fuente de Internet	<1 %
115	<a href="http://normas.imt.mx">normas.imt.mx</a> Fuente de Internet	<1 %

116	<a href="http://ponce.inter.edu">ponce.inter.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
117	<a href="http://sriagral.uabc.mx">sriagral.uabc.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
118	<a href="http://treaties.un.org">treaties.un.org</a> Fuente de Internet	<1 %
119	<a href="http://www.argentinaahora.com">www.argentinaahora.com</a> Fuente de Internet	<1 %
120	<a href="http://www.bdigital.unal.edu.co">www.bdigital.unal.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
121	<a href="http://www.dspace.espol.edu.ec">www.dspace.espol.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
122	<a href="http://www.famma.org">www.famma.org</a> Fuente de Internet	<1 %
123	<a href="http://www.idexlab.com">www.idexlab.com</a> Fuente de Internet	<1 %
124	<a href="http://www.patentguru.com">www.patentguru.com</a> Fuente de Internet	<1 %
125	<a href="http://www.prnewswire.com">www.prnewswire.com</a> Fuente de Internet	<1 %
126	<a href="http://www.revistaseguridadadminera.com">www.revistaseguridadadminera.com</a> Fuente de Internet	<1 %
127	<a href="http://www.rnds.com.ar">www.rnds.com.ar</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado



# TSP - OTAZU HUARAHUARA ROSSELL ERNESTO

---

INFORME DE GRADEMARK

---

NOTA FINAL

COMENTARIOS GENERALES

**/0**

---

PÁGINA 1

---

PÁGINA 2

---

PÁGINA 3

---

PÁGINA 4

---

PÁGINA 5

---

PÁGINA 6

---

PÁGINA 7

---

PÁGINA 8

---

PÁGINA 9

---

PÁGINA 10

---

PÁGINA 11

---

PÁGINA 12

---

PÁGINA 13

---

PÁGINA 14

---

PÁGINA 15

---

PÁGINA 16

---

PÁGINA 17

---

PÁGINA 18

---

PÁGINA 19

---

PÁGINA 20

---

PÁGINA 21

---

## **AGRADECIMIENTO**

En agradecimiento a todos los docentes de mi querida Universidad Continental, y en especial al Ingeniero Ronal Gaona de la Facultad de Ingenierías por motivarme cada día para cumplir este objetivo siendo mi prioridad en la actualidad.

A mis compañeros por cada que compartimos momentos en clase durante toda esta formación académica mostrando trabajo en equipo hasta el final de nuestro último año y en especial a mi compañero, amigo Ingeniero Josué Medina Álvarez que compartimos gratos momentos en desarrollo profesional.

## **DEDICATORIA**

Este Trabajo de suficiencia le agradezco a Dios por haberme dado la gracia y ser mi guía en todo momento para poder culminar mis objetivos que es una de mis metas siendo uno de mis mayores anhelos. A mis padres que desde un inicio me inculcaron valores, me apoyaron en todo momento, desde que inicié mi vida académica que sin su ayuda no hubiera concluido este objetivo.

A mi esposa y mi hija que son el motivo para que yo pueda seguir adelante y lograr el último paso de un nuevo inicio en lo profesional y en lo laboral. Decirles desde lo más profundo de mi interior Muchas gracias.

# ÍNDICE

AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
RESUMEN EJECUTIVO .....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA Y/O INSTITUCIÓN .....</b>	<b>2</b>
1.1 DATOS GENERALES DE LA INSTITUCIÓN.....	2
1.2 ACTIVIDADES PRINCIPALES DE LA INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA .....	2
1.3 RESEÑA HISTÓRICA DE LA INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA.....	3
1.4 ORGANIGRAMA DE LA INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA .....	4
1.5 VISIÓN Y MISIÓN .....	5
1.5.1 Visión.....	5
1.5.2 Misión .....	5
1.6 BASES LEGALES O DOCUMENTOS ADMINISTRATIVOS.....	6
1.7 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE REALIZA SUS ACTIVIDADES PROFESIONALES .....	10
1.8 DESCRIPCIÓN DEL CARGO Y DE LAS RESPONSABILIDADES DEL BACHILLER EN LA INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA .....	11
1.8.1 Descripción del puesto.....	11
1.8.2 Formación.....	11
1.8.3 Habilidades profesionales.....	11
1.8.4 Principales funciones y responsabilidades.....	12
<b>CAPÍTULO II: ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES .13</b>	<b>13</b>
2.1 ANTECEDENTES O DIAGNÓSTICO SITUACIONAL.....	13
2.2 IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDAD O NECESIDAD EN EL ÁREA DE ACTIVIDAD PROFESIONAL .....	14
2.3 OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL .....	14
2.3.1 Objetivo general.....	14
2.3.2 Objetivos específicos .....	15
2.4 JUSTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL.....	15
2.4.1 Justificación Teórica .....	15
2.4.2 Justificación Práctica .....	15
2.4.3 Justificación Económica.....	16

2.5	RESULTADOS ESPERADOS .....	16
<b>CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO.....</b>		<b>17</b>
3.1	BASES TEÓRICAS DE LAS METODOLOGÍAS O ACTIVIDADES REALIZADAS ..	17
3.1.1	Mantenimiento .....	17
3.1.2	Plan Mantenimiento .....	17
3.1.3	Indicador clave de mantenimiento o KPI .....	20
3.1.4	Mantenimiento eléctrico .....	22
3.1.5	Indicadores de gestión en mantenimiento de talleres eléctricos las bombas....	23
3.1.6	Tiempo promedio entre fallas mtbf/tmef .....	23
3.1.7	Tiempo promedio para reparar mttr/tmpm .....	24
3.1.8	Disponibilidad .....	24
3.1.9	Normas aplicables .....	25
3.1.10	Subestación móvil.....	26
3.1.11	Motivator.....	30
3.1.12	Sistema de detección Supresión y alarma contra incendio .....	31
3.1.13	Tecnologías y sistemas .....	41
3.1.14	Evolución de los sistemas contra incendios en las subestaciones eléctricas. ..	43
3.1.15	Importancia del mantenimiento del sistema de extinción Importancia del mantenimiento del sistema de extinción.....	48
3.1.16	Sistema de extinción por agente limpio:.....	49
<b>CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES .....</b>		<b>56</b>
4.1	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES PROFESIONALES.....	56
4.1.1	Actividad 1: evaluación de las actividades de mantenimiento .....	58
4.1.2	Actividad 2: búsqueda de la oportunidad de mejora.....	59
4.1.3	Actividad 3: evaluación de herramientas para implementar .....	62
4.2	ASPECTOS TÉCNICOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL.....	63
4.2.1	Metodologías .....	63
4.2.2	Técnicas .....	63
4.2.3	Instrumentos.....	63
4.2.4	Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades .....	64
4.3	EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES .....	65
4.4	DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS TRABAJADOS .....	65
4.4.1	Subestación móvil.....	65
4.4.2	Transformador de potencia .....	66

4.4.3	Cargas .....	68
4.4.4	Fallas eléctricas .....	70
4.4.4.1	Frecuencia .....	71
4.4.4.2	Fallas que derivan en posibles incendios .....	71
4.4.4.3	Fallas en el aceite del transformador .....	73
4.4.4.4	Predicción de fallas .....	74
4.4.5	Tipos de Ignición en el Motivator .....	75
4.4.5.1	Tipo de Humo .....	76
4.4.5.2	Tipo de Flama .....	76
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS .....</b>		<b>77</b>
5.1	RESULTADOS FINALES DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS .....	77
5.1.1	Evaluación de la importancia del consumo eléctrico .....	77
5.1.2	Establecimiento de las bases para el plan de mantenimiento .....	79
5.1.3	Estandarización de plan de mantenimiento .....	81
5.1.4	Creación de tareas específicas .....	81
5.1.5	Implementación de KPI's .....	87
5.1.6	Análisis costo beneficio de la implementación .....	91
5.2	LOGROS ALCANZADOS .....	92
5.2.1	Evaluación de los KPI .....	92
5.2.2	Evaluación del KP1 antes y después .....	94
5.2.3	Evaluación del KP2 antes y después .....	95
5.2.4	Evaluación del KP3 antes y después .....	96
5.3	DIFICULTADES ENCONTRADAS .....	97
5.4	PLANTEAMIENTO DE MEJORAS .....	97
5.5	ANÁLISIS .....	98
5.6	APORTE DEL BACHILLER EN EL EMPRESA Y/O INSTITUCIÓN .....	99
5.6.1	En el aspecto cognoscitivo .....	99
5.6.2	En el aspecto procedimental .....	99
5.6.3	En el aspecto actitudinal .....	99
CONCLUSIONES .....		101
BIBLIOGRAFÍA .....		102
ANEXOS .....		104

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Organigrama general de la empresa FIRENO SAC.....	4
Figura 2.	Organigrama específico de la empresa en las Bambas.....	5
Figura 3.	Política de gestión integrada (Seguridad, Salud, Calidad y Medio Ambiente). 7	
Figura 4.	Política de alcohol y drogas.....	8
Figura 5.	Política de Negativa al Trabajo de Alto Riesgo.....	9
Figura 6.	Política de Fatiga y somnolencia.....	10
Figura 7.	Ejemplo Indicadores clave en subestación eléctrica.....	22
Figura 8.	Gráfica del tiempo medio entre fallas.....	24
Figura 9.	Subestación móvil marca WEG, vista general.....	27
Figura 10.	Subestación móvil marca WEG, vista de perfil.....	27
Figura 11.	Simbología del diagrama unifilar-tableros de distribución. Subestación portátil 7.5-10 MVA 23/7.2KV, servicios auxiliares.....	28
Figura 12.	Diagrama unifilar – tablero de distribución 230VAC. Subestación portátil 7.5-10 MVA 23/7.2KV, servicios auxiliares.....	29
Figura 13.	Diagrama unifilar – tablero de distribución 125VDC. Subestación portátil 7.5-10 MVA 23/7.2KV, servicios auxiliares.....	29
Figura 14.	Diagrama unifilar – tablero de distribución 24VDC Y SCI 230VAC. Subestación portátil 7.5-10 MVA 23/7.2KV, servicios auxiliares.....	30
Figura 15.	Diseño conceptual motivator Cummins.....	31
Figura 16.	Motivator Cummins C2250 D que alimenta una Bucyrus 495 en una mina de diamantes en South Africa.....	31
Figura 17.	Planos, sistema contraincendios 4400290143 – SUMINISTRO MOTIVATOR #2, PROYECTO: “LP10008A - Movil Substation and Power Generator.....	32
Figura 18.	Diagrama del sistema de detección, alarma y conexasión de la sala eléctrica de la subestación móvil.....	33
Figura 19.	Montaje panel de control.....	34
Figura 20.	Placa de montaje.....	34
Figura 21.	Montaje final panel de Control.....	35
Figura 22.	Montaje panel NAC EXTENDER.....	35
Figura 23.	Montaje de alimentación de baterías de respaldo.....	36
Figura 24.	Panel con baterías extra.....	37
Figura 25.	Sensor detector de humo.....	37
Figura 26.	Detector de monóxido.....	38

Figura 27. Principales funciones del panel de control. ....	38
Figura 28. Funciones específicas del panel de control. ....	39
Figura 29. Panel Setup de display. ....	39
Figura 30. Configuración de Setup display. ....	40
Figura 31. Menú de diagnóstico display.....	40
Figura 32. Pantalla de generación de informes.....	41
Figura 33. Tecnologías existentes para la detección de incendios según sus diferentes etapas.....	42
Figura 34. Sistemas de aspiración de humo de alta sensibilidad en comparación con otras tecnologías. ....	43
Figura 35. Sistemas de detección contra incendios.....	46
Figura 36. Sistema VESDA Laser focus.....	47
Figura 37. Inspección del equipo y dispositivos del sistema de protección contra incendios de la subestación móvil. ....	48
Figura 38. Inspección de dispositivos de detección en el motivator #2. ....	49
Figura 39. Esquema básico de funcionamiento de descarga. ....	50
Figura 40. Diagrama del sistema de extinción sala eléctrica Subestación Móvil. ....	50
Figura 41. Esquema básico de sujeción de extintor.....	51
Figura 42. Maguera de extensión de boquilla. ....	51
Figura 43. Actuador manual. ....	52
Figura 44. Actuador eléctrico.....	52
Figura 45. Montaje general.....	53
Figura 46. Procedimiento de liberación del actuador manual.....	54
Figura 47. Procedimiento de apertura del actuador manual.....	54
Figura 48. Armado del actuador eléctrico. ....	55
Figura 49. Verificación del actuador eléctrico. ....	55
Figura 50. Ejemplo de registro de mantenimiento desfasado. ....	60
Figura 51. Imagen renderizada Subestación móvil. ....	66
Figura 52. Transformador de subestaciones.....	67
Figura 53. Zonas Propensas a ocasionar incendios. ....	72
Figura 54. Partes de una pala Eléctrica.....	78
Figura 55. MTTR de los Motivators en función del tiempo. ....	94
Figura 56. MTTR de las subestaciones en función del tiempo. ....	95
Figura 57. MTFB de los motivators en función del tiempo. ....	95
Figura 58. MTFB de las subestaciones en función del tiempo.....	96



Figura 59. Disponibilidad de los motivators.....	96
Figura 60. Disponibilidad de las subestaciones. ....	97

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Programa de inspección, mantenimiento y pruebas.....	19
Tabla 2.	Frecuencia de mantenimiento grupo electrógeno de 550kVA con motor VOLVO Penta TAD1642GE y generador síncrono LSA 49.1 S3.....	20
Tabla 3.	Estudios de implementación de indicadores clave.....	21
Tabla 4.	Ejemplo Mantenimiento semestral del sistema supresión contra incendio.....	59
Tabla 5.	Tabla de variedad de equipos.....	61
Tabla 6.	Transformador de Potencia 22.9kV/7.2kV 7.5MVA-10MVA.....	68
Tabla 7.	Switchgear 7200 VAC, 1250A, 3Φ, 60Hz.....	68
Tabla 8.	Tablero de Distribución SS.AA, 230 VAC, 3Φ, 60Hz.....	68
Tabla 9.	Tablero de Distribución 125VDC.....	69
Tabla 10.	Tablero de Distribución 24VDC.....	69
Tabla 11.	Fallas comunes y su riesgo de incendio.....	73
Tabla 12.	Fallas comunes en el aceite de un transformador y sus consecuencias.....	73
Tabla 13.	Técnicas y herramientas para prevenir fallas en una subestación móvil.....	74
Tabla 14.	Tipos de ignición, causa, riesgo en una subestación eléctrica móvil.....	75
Tabla 15.	Consumo Máximo Eléctrico por Sub Estación.....	79
Tabla 16.	Matriz de identificación de requisitos legales.....	80
Tabla 17.	Lista de tareas de inspección visual del sistema de detección y extinción automática MOTIVATOR 3516C-HD.....	82
Tabla 18.	Frecuencia de pruebas del sistema de detección, alarma y extinción contra incendios del MOTIVATOR 3516C-HD.....	83
Tabla 19.	Lista de equipos en el sistema de detección y alarma que conforman el sistema de Detección y Alarma de Incendio.....	84
Tabla 20.	Lista de materiales en el sistema de detección y alarma que conforman el sistema de Detección y Alarma de Incendio.....	85
Tabla 21.	Lista de Equipos que conforman el Sistema de Extinción por Agente Limpio FM-200.....	86
Tabla 22.	Lista de Materiales que conforman el Sistema de Extinción por Agente Limpio FM-200.....	87
Tabla 23.	KPI del primer mes de evaluación de la flota de subestaciones móviles.....	89
Tabla 24.	KPI del primer mes de evaluación de la flota de motivators móviles.....	90
Tabla 25.	Histórico de los KPI en los Motivators por mes en el primer año.....	93
Tabla 26.	Histórico de los KPI en los Motivators por mes en el primer año.....	94

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe expone una descripción de las actividades profesionales realizadas por el bachiller Rossell Ernesto Otazu Huarahuara en la empresa FIRENO SAC., dentro de las instalaciones de la unidad minera las Bambas, en la ciudad de Challhuahuacho, Apurímac, desempeñándose como supervisor en las áreas de planta concentradora y truck shop. Durante el proceso y desarrollo de las actividades profesionales, se logró implementar indicadores de gestión de mantenimiento para los equipos del sistema contra incendio instalados para la protección de las subestaciones móviles y los generados eléctricos móviles.

Para la implementación de los KPI se elaboraron planes de mantenimiento específicos, programas de capacitación, registros y formatos. Durante la labor se tomaron en cuenta principalmente las normas del código nacional de electricidad (CNE) y la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) entre otras. En el capítulo 1, se detallan los aspectos generales de la empresa Fireno SAC., actividades principales, organigrama, y la descripción del área, donde se realizaron las actividades profesionales, así como las responsabilidades y el cargo del bachiller. En el capítulo 2, se describen el análisis situacional, los antecedentes y la identificación de la oportunidad. En el capítulo 3, se tienen las bases teóricas necesarias para el desarrollo de las labores, así como para el logro de los objetivos del presente informe. En el capítulo 4, se hace una descripción más detallada de las actividades de implementación de los KPI, aspectos técnicos, los procesos, equipos y materiales. En el capítulo 5, se muestran los resultados obtenidos, logros alcanzados, dificultades encontradas y los aportes específicos del Bachiller. Finalmente, se concluye el informe con las observaciones finales, conclusiones, las recomendaciones y la bibliografía usada tanto para la redacción del informe, así como para la ejecución de las labores asignadas.

# INTRODUCCIÓN

Nuestro país tiene una antigua tradición minera, tradición que mantiene y cultiva gracias a la presencia de empresas líderes a nivel internacional. Su riqueza geológica, la disponibilidad de información catastral y geológica de calidad, la oferta de proveedores de primer nivel y el marco jurídico promotor de la inversión privada vigente en el país, convierten al Perú en uno de los destinos más atractivos para la inversión minera en el mundo.

La industria minera es uno de los sectores económicos más importantes del Perú, ha contribuido en el crecimiento y desarrollo social, además de contribuir a que el Perú sea uno de los países con mayor índice de crecimiento económico en Latino América. Según estimaciones del Instituto Peruano de Economía (IPE), por cada empleo directo en la actividad minera, se generan adicionalmente 6,25 empleos en el resto de la economía; 1 por efecto indirecto, 3,25 por el efecto inducido en el consumo y 2 por el efecto inducido en la inversión. Eso representaría una estimación del empleo directo e indirecto de la minería de 4,6 millones de personas.

Toda empresa relacionada con este sector tan importante, necesita poner mucha atención al establecer estándares de calidad, seguridad y gestión que permitan cumplir sus actividades, así como brindar los servicios de la manera más eficiente posible, en ese sentido surge la necesidad de implementar indicadores en la empresa FIRENO SAC. para el mantenimiento de los sistemas contra incendio que protegen las estaciones móviles y los generadores de electricidad móviles, motivators, de la unidad minera Las Bambas. Estos indicadores serán de vital importancia a la hora de realizar el seguimiento, control, cumplimiento de metas, los costos de operación, y tiempos de ejecución de las tareas de mantenimiento.

El presente informe describe la participación y aporte personal en el tiempo que venía desarrollando mis actividades profesionales en la empresa FIRENO SAC. dentro de las operaciones de la unidad minera Las Bambas. En la presente se detallan aspectos de la empresa proveedora del servicio, tales como visión, misión, organigrama, descripción y responsabilidades de mi persona dentro de la empresa, etc. Se presentan las bases teóricas, y conceptos relacionados a los motivators y subestaciones móviles, se detalla la ejecución de las actividades profesionales, sus aspectos técnicos y su ejecución, se describen los resultados finales de la implementación de KPI. Asimismo, se describen los logros, las dificultades, las mejoras y los aportes. Al final del informe, se consolidan las conclusiones y las recomendaciones que derivan del desarrollo de las actividades realizadas.

# **CAPÍTULO I**

## **ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA Y/O INSTITUCIÓN**

### **1.1 DATOS GENERALES DE LA INSTITUCIÓN**

FIRENO S.A.C. es una empresa especializada y dedicada a la Comercialización, Diseño, Instalación, Mantenimiento de Sistema Contra Incendios y Recarga de Agentes Extintores Limpios. Estas actividades se desarrollan a lo largo del territorio nacional e internacional en las distintas empresas del sector industrial, mineras, energía, petróleo, entre otros de gran importancia.

Es una empresa dedicada exclusivamente a brindar soluciones integrales en sistemas de supresión de incendios para diversas aplicaciones industriales, minería, Oil y Gas. Se cuenta con un grupo de profesionales especializados en la materia con años de reconocida experiencia en el campo.

FIRENO S.A.C. realiza un servicio de mantenimiento adecuado a la especialidad del sistema contraincendios de la planta concentradora, campamentos, truck shop y equipos mineros de gran dimensionamiento, de acuerdo con las exigencias técnicas de las instalaciones, para conseguir su funcionamiento seguro, continuado y eficaz; minimizando las paradas como consecuencia de averías, y si es aplicable, optimizar su rendimiento energético y reducir al mínimo la incidencia sobre el medio ambiente de acuerdo con las Normas y Reglamentos aplicables. Los trabajos se deben ajustar a las normas NFPA.

### **1.2 ACTIVIDADES PRINCIPALES DE LA INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA**

#### **Diseño y desarrollo de ingeniería de sistemas contra incendios**

Se selecciona el tipo de protección basado en el análisis de los riesgos, y se sugieren equipos que cumplan los requisitos para garantizar un correcto funcionamiento, protección y durabilidad.

Todos nuestros diseños cumplen y exceden los Códigos Nacionales de Seguridad, Especificaciones de las aseguradoras, Normas NFPA, aprobaciones UL y FM u otras aplicables.

### **Instalación de sistemas contra incendios**

Se cuenta con el apoyo de personal técnico con experiencia en proyectos de esta índole, con capacidad de tomar decisiones técnicas en campo y son constantemente capacitados en las buenas prácticas de instalación y operación de los sistemas, así como en materia de seguridad en el trabajo.

En FIRENO S.A.C. se apuesta por materiales y accesorios de primera calidad para asegurar a nuestros clientes acabados confiables y estéticamente adecuados.

### **Mantenimiento, prueba y recarga de agentes**

Se brinda los servicios de mantenimiento preventivo y correctivo, inspecciones y pruebas a sistemas de protección contra incendios; además se cuenta con una planta de recarga de agentes limpios especializada en diversas marcas y tipos de agente (FM-200, ECARO25, CO2), garantizando así el menor tiempo de reposición de la operatividad de los sistemas y minimizando la vulnerabilidad ante un posible siniestro.

### **Venta de extintores portátiles, instalación, mantenimiento y recarga**

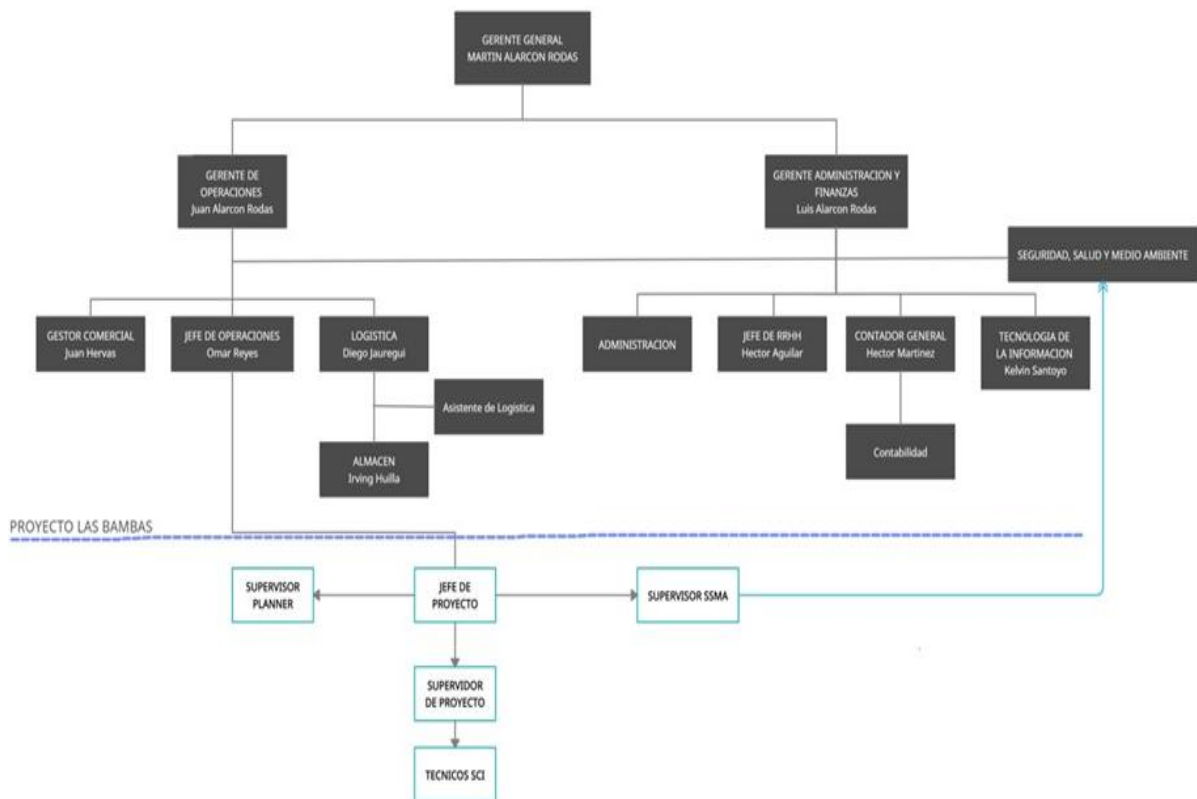
Dentro de nuestro portafolio de productos se cuenta con la distribución a nivel nacional de diversas marcas de gran prestigio y alta calidad en el mundo, que cumplen con los más altos estándares internacionales y aprobaciones para protección contra incendios.

## **1.3 RESEÑA HISTÓRICA DE LA INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA**

La empresa FIRENO S.A.C. está integrada por profesionales especialistas en sistemas automáticos contra incendios encargada de comercializar, diseñar, instalar y dar mantenimiento a sistemas contra incendios, recarga de agentes extintores, con altos estándares de calidad, seguridad y cuidando el medio ambiente, siempre orientados a la satisfacción del cliente. En Perú, FIRENO S.A.C. se constituyó el 02 de diciembre del 2008 y desde entonces se han diseñado, instalado y mantenido sistemas de protección contra incendios con éxito, protegiendo equipos de minería a tajo abierto y subterráneos, instalaciones de telecomunicaciones, centros de datos, plantas de energía y gas, instalaciones de carga de combustible, salas eléctricas, transformadores, MCC, generadores, salas de baterías, equipos móviles de gran dimensión, etc. Dentro de su

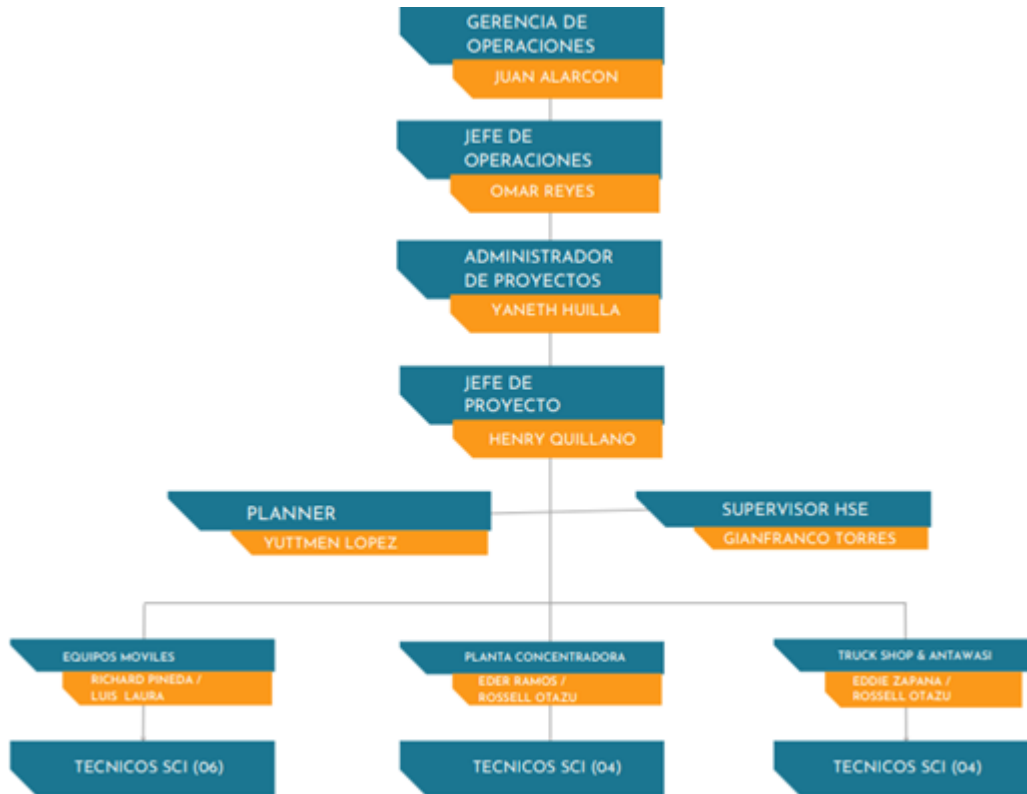
portafolio de productos, cuenta con la distribución a nivel nacional de diversas marcas de gran prestigio y alta calidad en el mundo. Estas marcas cumplen con los más altos estándares internacionales y aprobaciones para protección contra incendios; además, la empresa cuenta con una serie de representaciones internacionales reconocidas por su tecnología avanzada en este campo como por su calidad entre estas se tiene: FIKE, VESDA-XTRALIS, AFEX, HOCHIKI, MINIMAX, ESP SAFETY, HD FIRE PROTECT.

#### 1.4 ORGANIGRAMA DE LA INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA



**Figura 1.** Organigrama general de la empresa FIRENO SAC.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 2.** Organigrama específico de la empresa en las Bambas.  
**Fuente:** Elaboración propia.

## 1.5 VISIÓN Y MISIÓN

### 1.5.1 Visión

Ser la empresa líder en el mercado nacional e internacional capaz de resolver necesidades de nuestros clientes, basándose en los más altos estándares de calidad, seguridad y cuidado del medio ambiente.

Nuestra organización aspira a tener un crecimiento continuo y sustentable, destacándose por ser una empresa que contribuye positivamente a la sociedad y que brinda oportunidad de desarrollo profesional y personal a su equipo de trabajo.

### 1.5.2 Misión

En FIRENO S.A.C., comercializamos, diseñamos, instalamos y damos mantenimiento a sistemas contra incendios, recarga de agentes extintores, con altos estándares de calidad, seguridad y cuidando el medio ambiente, siempre orientados a la satisfacción de nuestros clientes.



## **1.6 BASES LEGALES O DOCUMENTOS ADMINISTRATIVOS**

### **Valores**

A continuación, se muestran los valores de la empresa:

- Excelencia.
- Integridad.
- Compromiso.
- Trabajo en equipo.
- Innovación y orientación al cliente.
- Responsabilidad social.

### **Políticas de la Empresa**

La gerencia ha establecido, como parte de su compromiso y responsabilidad con la seguridad y salud Ocupacional las siguientes políticas.



## POLÍTICA DE GESTIÓN INTEGRADA DE SEGURIDAD, SALUD, CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE

FRN-FOR-SGI-010



FIRENO S.A.C. empresa dedicada al Diseño, Ingeniería, Instalación, Mantenimiento, Importación, Exportación y Comercialización de Equipos de Detección y Extinción para Sistemas Contra Incendios en los Sectores Mineros, Energéticos, Hidrocarburos e Industrial.

Nuestros compromisos son:

1. Proporcionar condiciones de trabajo seguras y saludables para prevenir lesiones o deterioro de la salud relacionadas con el trabajo las cuales tienen que ser apropiadas al propósito, tamaño y contexto de la organización y a la naturaleza específica de sus riesgos.
2. Identificar, eliminar los peligros y reducir los riesgos e impactos ambientales inherentes a nuestras actividades y servicios, promoviendo la protección del medio ambiente y previniendo la contaminación ambiental, lesión y daños a la salud.
3. Establecer las mejores prácticas y técnicas para asegurar la calidad de nuestros productos y servicios con el fin de satisfacer las necesidades de nuestros clientes.
4. Alcanzar nuestros objetivos en calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente en concordancia con la Visión y Misión de la empresa.
5. Promover el desarrollo de nuestros trabajadores por medio de la capacitación, entrenamiento y sensibilización, garantizando su consulta y participación para el cumplimiento responsable y sostenible del sistema de gestión de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.
6. Cumplir la legislación aplicable, requisitos y acuerdos compromisos adquiridos por la empresa relacionada con la seguridad y salud ocupacional además de los aspectos de calidad y la protección del medio ambiente.
7. Desarrollar y asegurar la mejora continua del Sistema de gestión Integrado, del desempeño en Seguridad y Salud en el Trabajo
8. Respetar a las poblaciones y comunidades que son factores importantes para impulsar el desarrollo sustentable de la empresa y de la sociedad.

El cumplimiento de esta política es responsabilidad de todos los colaboradores de la empresa, proveedores y visitantes. Manteniendo un canal de comunicación abierta a las partes interesadas.

Lima, 16 de abril del 2020

V.01



MARTÍN ALARCÓN RODAS  
Gerente General / Presidente CSST  
FIRENO S.A.C.

\* Ley 28713, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo 2017(2017), artículo 22.- Política del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo y artículo 23 principios de Política del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo. Norma ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 e ISO 45001:2018 Obtenido S.L.- Política.

COPIA NO CONTROLADA

**Figura 3.** Política de gestión integrada (Seguridad, salud, Calidad y Medio Ambiente).  
**Fuente:** Biblioteca Fireno S.A.C.

### **POLITICA DE ALCOHOL Y DROGAS**

Fireno SAC está comprometido en mantener un ambiente de trabajo sano y seguro para todos los trabajadores y contratistas. El consumo de alcohol y drogas produce efectos en el organismo que ocasionan alteración de las capacidades físicas y mentales, que afectan en gran medida la seguridad, eficiencia y productividad del trabajador.

Por ello, Fireno SAC prohíbe que cualquier trabajador o contratista pueda ingresar o permanecer en las instalaciones, si se encuentra bajo la influencia de alcohol o drogas o si presenta indicios de estar bajo la influencia de dichas sustancias. La tolerancia del nivel de alcohol y drogas es cero.

En consecuencia, se aplicarán procedimientos para evitar el trabajo bajo los efectos de estas sustancias, mediante la realización de pruebas aleatorias periódicas y a cualquier trabajador, de quien se sospeche estar bajo la influencia de alcohol o drogas o que se vea involucrado en cualquier daño o accidente de equipos, máquinas o vehículos de la compañía. El mismo procedimiento será aplicado por los contratistas y proveedores, respecto a sus empleados o subcontratistas.

El incumplimiento de esta política por parte de los trabajadores y contratistas, se considerará falta grave en cualquiera de los siguientes casos:

- Ejecutar el trabajo en estado de embriaguez o bajo influencia de narcóticos o drogas enervantes, o presentarse en situación que, por efecto de una y otros, haga al trabajador inepto o peligroso para el trabajo.
- La posesión, uso, distribución o venta de bebidas alcohólicas o drogas en las instalaciones de la compañía.
- Cuando a un trabajador o contratista se le apliquen las pruebas para detectar la influencia de alcohol o drogas y su resultado fuese positivo.
- El negarse a ser sometido a las pruebas de alcohol o drogas, lo cual se considerará como admisión de culpa.
- El incumplimiento por parte del trabajador, de las obligaciones y prohibiciones con relación a alcohol y drogas establecidas en esta política, en el Reglamento Interno de Trabajo.

Fireno SAC se compromete a poner en práctica una política de prevención en materia de consumo de alcohol y drogas, apuntando a minimizar los riesgos que genera esta situación en el ámbito laboral.

Lima, 06 de enero del 2021  
Revisión: 02



Martín Alarcon Rodas  
Gerente General  
FIRENO S.A.C.

.....  
**Martín Alarcon Rodas**  
**Gerente General**

**Figura 4.** Política de alcohol y drogas.  
**Fuente:** Biblioteca Fireno S.A.C.

## *Política de Negativa al Trabajo de Alto Riesgo*

*En FIRENO SAC., somos conscientes y responsables por nuestras actividades, esta política busca proteger a todo trabajador en la realización de todo trabajo de alto riesgo, para lo cual se han establecido los siguientes principios:*

- 1. Todos los trabajadores tienen derecho a rehusarse a realizar un trabajo, cuando existan situaciones que atenten contra su integridad física, o que impliquen la omisión o violación de las normas seguras de trabajo.*
- 2. En caso de que el trabajador considere que no ha sido debidamente informado de los riesgos y que requiere mayor orientación para realizar las labores, FIRENO SAC., da la facultad al trabajador para negarse a realizar dicha actividad hasta que los riesgos hayan sido debidamente informados y controlados.*
- 3. Es deber de todo trabajador retirarse de cualquier lugar o zona de trabajo donde haya riesgo inminente para su seguridad y salud, dando aviso inmediato a su supervisor para investigar inmediatamente el problema y asegurar que las condiciones inseguras sean corregidas inmediatamente.*
- 4. Ningún trabajador será sancionado o amonestado por acogerse a esta política, ya que está protegiendo su vida.*
- 5. Los trabajadores de nuestra empresa tienen el derecho a denunciar a la persona o personas que le exijan bajo amenazas a realizar un trabajo de alto riesgo.*

*Revisión 02*

*Lima, 06 de enero del 2021*



*Martín Alarcón Rodas*

*Gerente General FIRENO S.A.C.*

**Figura 5.** Política de Negativa al Trabajo de Alto Riesgo.  
**Fuente:** Biblioteca Fireno S.A.C.

**POLITICA DE FATIGA Y SOMNOLENCIA**

FIRENO SAC considera dentro de su sistema de Seguridad, Salud y Medio Ambiente el compromiso y la participación de todos sus trabajadores, en estimular su estado de alerta durante el desarrollo de todas sus actividades; mediante la implementación y acciones de pausas activas para el control del estado de fatiga y por ende la somnolencia en el trabajo; con la finalidad de disminuir los riesgos de accidentes por este estado; en tal sentido se tiene como objetivos:

Capacitar a su persona en prácticas seguras de descanso como parte fundamental para la prevención de la fatiga y somnolencia, identificando las causas y en cómo prevenir ese estado tan crítico en el desarrollo de las actividades.

El personal deberá tener una Actitud Segura para poder prevenir y controlar estados de fatiga y somnolencia.

La Empresa pondrá en práctica estrategias para el control de una buena alimentación y aclimatación de su personal a las condiciones geográficas donde FIRENO presta servicios.

Los Jefes o Supervisores, tienen la obligación de apoyar a los trabajadores en el control de riesgos por fatiga y somnolencia, principalmente en motivar la confianza para que estos sean reporten, en la implementación y autorización de pausas activas o parada de sueño cuando sean necesarios.

Fireno SAC se compromete a poner en práctica esta política apuntando a minimizar los riesgos que afecten el bienestar físico y mental del colaborador.

Lima, 06 de enero del 2021  
Revisión: 02



Martin Alarcon Rodas  
Gerente General  
FIRENO S.A.C.

.....  
**Martin Alarcon Rodas**  
**Gerente General**

**Figura 6.** Política de Fatiga y somnolencia.

**Fuente:** Biblioteca Fireno SAC

## **1.7 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE REALIZA SUS ACTIVIDADES PROFESIONALES**

La empresa FIRENO S.A.C. cuenta con varias áreas estratégicas, entre ellas el área de operaciones, donde se encuentra el puesto de supervisor desarrollado por mi persona durante mis actividades profesionales materia del presente informe. El área de operaciones tiene autonomía funcional y reporta sus actividades a la gerencia general; está liderada a nivel nacional por el gerente de operaciones; la escala de jerarquía luego del gerente de operaciones se encuentra compuesta por (en orden descendente) el jefe de operaciones, administrador de proyecto y el jefe de proyecto, este último se encarga de liderar a los supervisores de cada área. Como supervisor en la unidad minera las Bambas, reportaba al jefe de proyectos y supervisaba de manera directa al planner de proyecto y a los técnicos SCI.

Al tener el cargo de supervisor, verificaba el estricto cumplimiento de todas las normas de seguridad, políticas de la empresa, así como las de la unidad minera las Bambas. De la misma manera durante el desarrollo de las actividades, me aseguraba que cada una de ellas se realicen de acuerdo con las normas NFPA, FM GLOBAL, NTP y CNE implicadas.

## **1.8 DESCRIPCIÓN DEL CARGO Y DE LAS RESPONSABILIDADES DEL BACHILLER EN LA INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA**

### **1.8.1 Descripción del puesto**

Como supervisor en las áreas de “planta concentradora” y “truck shop & Campamentos Antawasi” de la unidad minera las Bambas, teniendo como objetivo la administración, planificación, inspección, y monitoreo del sistema contra incendios de detección automática. En el mencionado puesto de trabajo, estaba en constante coordinación con el jefe de proyectos, supervisando las labores del personal asignado, planner del proyecto y técnicos.

### **1.8.2 Formación**

- Conocimientos en gestión de seguridad y salud ocupacional.
- Formación en Interpretación de las normas nacionales e internacionales.
- Carrera universitaria en ingeniería electrónica, mecánica, eléctrica o afines.
- Experiencia en puesta en marcha de proyectos eléctricos o electromecánicos.

### **1.8.3 Habilidades profesionales**

- Innovación y aprendizaje.
- Comunicación y asertividad.
- Trabajo en equipo.
- Orientación a la excelencia.
- Autonomía y proactividad.
- Visión estratégica.
- Planeación y gestión.
- Persuasión y negociación.
- Liderazgo de equipos.
- Visión comercial y de servicio al cliente.

#### **1.8.4 Principales funciones y responsabilidades**

- Cumplir con los objetivos establecidos en el proyecto, verificar in situ la situación, avances y problemática de los servicios en los equipos móviles y/o equipos Fijos.
- Monitoreo del servicio del personal en los equipos móviles.
- Revisar y analizar la data del servicio en los equipos móviles.
- Digitalizar el servicio del personal entre otros.
- Coordinar sobre su gestión con el jefe inmediato.
- Asegurarse que se cumplan las políticas de calidad del cliente y nuestro manual de SGC.
- Difundir las normas y procedimientos del sistema de gestión integrado a todo el personal.
- Supervisar los trabajos en las unidades móviles y control de los avances, problemática y soluciones.
- Verificar que los trabajadores cumplan con el 023-2017-MEM y reglamento interno de seguridad y salud (ver.02).
- Verificar el cumplimiento del IPERC por parte de los colaboradores, a fin de eliminar o minimizar los riesgos.
- Informar a los trabajadores acerca de los peligros en el lugar de trabajo.
- Investigar aquellas situaciones que un trabajador o miembro del comité consideren que son peligrosas.
- Instruir y verificar que los trabajadores conozcan y cumplan con los estándares y PETS y usen adecuadamente el equipo de protección personal apropiado para cada tarea.
- Actuar inmediatamente frente a cualquier peligro que sea informado en el lugar de trabajo.
- Facilitar los primeros auxilios y la evaluación del(os) trabajador(es) lesionado(s) o que esté(n) en peligro.
- Verificar que se cumplan con los procedimientos de bloqueo de las maquinarias que se encuentren en mantenimiento.
- Otras funciones que le sean asignadas.

## **CAPÍTULO II**

### **ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES**

#### **2.1 ANTECEDENTES O DIAGNÓSTICO SITUACIONAL**

Un sistema de protección contra incendio, es un sistema que incluye dispositivos, soportería, equipos y controles para detectar fuego o humo, para hacer actuar una señal y suprimir el fuego o humo automáticamente. Los dos objetivos principales de la protección del fuego son salvar vidas y proteger las propiedades. Un objetivo secundario es minimizar las interrupciones de servicio debido a activaciones erróneas en las operaciones.

Las estadísticas a nivel nacional y mundial, precisan que los incendios en instalaciones y construcciones de todo tipo, pueden generar pérdidas humanas y materiales. En instalaciones de Minera Las Bambas S.A., ubicada a 72 kilómetros del Cusco entre las provincias de Cotabambas y Grau, departamento de Apurímac, a más de 4 000 metros sobre el nivel del mar; por las características del proceso en la producción de mina y planta, se tienen materiales y productos químicos peligrosos, así mismo las instalaciones eléctricas, ante un incendio que se genere, podría conllevar a grandes pérdidas materiales y de producción. Con un buen programa de mantenimiento como parte de la prevención, es posible llegar a reducir o eliminar los riesgos de incendios.

Debido a la importancia de los sistemas contra incendios, es necesario que estos trabajen de manera eficiente para que cumplan con su objetivo de cuidar la vida de todo el personal involucrado en el proceso productivo y proteger la propiedad de los clientes, para lograrlo, se requiere desarrollar e implementar KPI's que nos permita una mejor gestión en el mantenimiento y asegurar su operatividad y disponibilidad. Se observó la ocurrencia de falsas activaciones de los dispositivos de iniciación y descargas de los tanques de FM-200



agente limpio en equipo móviles por vibraciones constantes, reubicaciones de los equipos en operaciones y manipulación por personal no capacitado, falta de catalogación de repuestos del sistema de activación y descarga del sistema contra incendios por agente limpio FM-200, indisponibilidad del equipo para su intervención por factor climático, indisponibilidad del equipo para la intervención en el mantenimiento preventivo o correctivo, según la programación por disposición del área de operaciones mina, falta de capacitaciones del personal por constantes cambios (renuncias voluntarias) en el área respectiva.

## **2.2 IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDAD O NECESIDAD EN EL ÁREA DE ACTIVIDAD PROFESIONAL**

Las diferentes actividades realizadas en FIRENO S.A.C., me permitieron desarrollar y adquirir conocimientos, crecer profesionalmente y afianzar los conceptos teóricos aprendidos en las aulas por medio de la aplicación directa de estos en casos prácticos donde, en específico, se necesitó aplicar las NFPA 70, NFPA72, UL, FM Global, NFPA 2001.

El trabajar como proveedor de una de las empresas mineras más importantes del país, enriqueció mi conocimiento respecto a los altos estándares de calidad, procedimientos de seguridad y protocolos para la ejecución de las diferentes tareas asignadas. De esta manera, se pudo implementar KPI's de los sistemas contra incendios para el mantenimiento de detección y supresión de las sub estaciones móviles y grupos electrógenos móviles, a fin de poder mejorar los servicios brindados por la empresa en la unidad minera las Bambas.

Se vio la oportunidad de mejorar las actividades puesto que antes de la implementación de los KPI's de mantenimiento para los sistemas contra incendios que protegen los activos eléctricos antes mencionados, subestaciones móviles y grupos electrógenos móviles, se tenían falsas activaciones para la descarga de tanques de FM200, falta de catalogación de repuestos críticos, falta de disponibilidad de los equipos, nula capacitación para el personal. Con los KPI's implementados, se logró mejorar la gestión de mantenimiento, obteniendo mejores resultados que influyen en la disponibilidad de los equipos.

## **2.3 OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL**

### **2.3.1 Objetivo general**

Implementar KPI's para el mantenimiento del sistema contra incendios de detección y supresión de las sub estaciones móviles y grupos electrógenos móviles en la unidad minera las Bambas.

### **2.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar y evaluar el estado en el cual se ha desarrollado el mantenimiento.
- Determinar las características especiales de las subestaciones y grupos electrógenos para el diseño del plan de mantenimiento.
- Establecer indicadores de rendimiento adecuados para el mantenimiento.
- Evaluar el impacto de la aplicación de dichos indicadores clave.

## **2.4 JUSTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL**

### **2.4.1 Justificación Teórica**

Los indicadores clave de rendimiento, también conocidos como KPI por sus siglas en inglés (Key Performance Indicators), han demostrado tener un amplio campo de aplicación. Además, es importante tener en cuenta que su uso simplifica la manera de hacer seguimiento a las metas establecidas en la planificación.

Se tiene en cuenta también que el mantenimiento asociado a sistemas contra incendios, permite la aplicación de dichos KPI, dando lugar donde se desarrolla como uno de los aspectos más importantes para su aplicación en subestaciones móviles y grupos electrógenos móviles, que presentan un entorno que difícilmente pueda ser abordado por otras especialidades de la ingeniería, asociado principalmente a riesgos con la corriente eléctrica y el conocimiento del funcionamiento de dichos equipos, debido a eso se tiene como muy importante abordar este problema desde un conocimiento teórico previo.

### **2.4.2 Justificación Práctica**

La aplicación de las habilidades para elaborar un correcto plan de mantenimiento que a su vez pueda ser medido y evaluado por KPI, permite para el usuario final una rápida comprensión del impacto que las actividades tienen sobre el funcionamiento final.

En el ámbito minero uno de los aspectos más valorados para una empresa contratista es el uso del tiempo para la realización de las actividades diarias, en este caso de mantenimiento, debido a que en general un menor tiempo de mantenimiento representa un mayor tiempo de uso posible, se debe tener en cuenta también que en general el trabajo orientado con la ayuda de KPI ofrece ventajas tanto en rapidez como propósito.

### **2.4.3 Justificación Económica**

En el campo de sistemas contra incendios, se observa que uno de los componentes más costosos es el uso de agentes limpios. Estos agentes se eligen cuidadosamente según el lugar donde se aplicarán. En caso de que ocurra un mal funcionamiento del sistema contra incendios y se desperdicie este agente, representa un costo elevado por la compra del mismo.

Se debe tener en cuenta que en caso de que falle el propósito principal de un sistema contra incendios, que es apagar el fuego, los daños ocasionados directamente al equipo pueden superar grandemente los gastos de instalación o mantenimiento de dichos sistemas. Debido a esto, el funcionamiento óptimo de los sistemas contra incendios se vuelve casi indispensable.

## **2.5 RESULTADOS ESPERADOS**

Con las actividades desarrolladas, se pretenden abordar los siguientes puntos.

- Establecer un historial de fallas en el sistema contra incendios.
- Identificar las prácticas o tareas faltantes para el buen desarrollo del mantenimiento.
- Determinar características especiales relacionadas, con los objetos de evaluación para la aplicación de un correcto plan de mantenimiento.
- Aumentar el tiempo total que el equipo puede ser usado en condiciones óptimas.
- Disminuir el tiempo de reparaciones.
- Disminuir los fallos relacionado con la falta de mantenimiento o mantenimiento defectuosa.
- Evaluar el impacto de las medidas tomadas por medio de KPI's.
- Evaluar el costo de ahorro por el uso de dichas prácticas.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 BASES TEÓRICAS DE LAS METODOLOGÍAS O ACTIVIDADES REALIZADAS**

##### **3.1.1 Mantenimiento**

El mantenimiento como tal desde un punto de vista general, se entiende como el arreglar algo defectuoso, otras nociones más específicas como las adoptadas por el Instituto Alemán de Normalización (DIN por sus siglas en alemán), establece que el mantenimiento se puede definir como todas las acciones y actividades que tienen como objetivo conservar un bien o restaurarlo a un estado en el que pueda efectuar una función requerida. Estas actividades podrían incluir la combinación de acciones técnicas, tales como comprobaciones, mediciones, reemplazos, ajustes y reparaciones, y acciones administrativas, que pueden ser registros, cumplimiento de plazos, calendarizaciones y otros (Pistarelli 2010).

##### **3.1.2 Plan Mantenimiento**

El plan de mantenimiento, es un documento donde se registra el conjunto de tareas y actividades a realizarse en los periodos de tiempo determinados, a fin de mantener y mejorar el estado de los activos. Este documento es de suma importancia, pues su uso facilita mantener un equipo con un rendimiento óptimo. Contar con un plan de mantenimiento adecuado permite gestionar mejor los recursos involucrados en el mantenimiento, evita reparaciones mayores, evita intervenciones costosas no programadas, y asegura la disponibilidad de los equipos e instalaciones.

La idea de planificar el mantenimiento, tiene como objetivo garantizar el buen estado de los equipos, un funcionamiento adecuado y eficiente, además de garantizar la seguridad de las personas involucradas en la operación de los mismos. Un plan de mantenimiento debe incluir los trabajos de mantenimiento a ejecutarse y cómo deben llevarse a cabo. El plan de mantenimiento se actualiza constantemente de acuerdo con los indicadores claves de rendimiento establecidos, la constante evaluación de resultados, las necesidades de la empresa, condiciones de operación y la actualización de datos.

Tabla 1.

Programa de inspección, mantenimiento y pruebas

 <b>PROGRAMA DE INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO Y PRUEBAS DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO</b> <b>CAMPAMENTO ANTA WASI 2021</b>		AÑO 2021													
ÁREA GENERAL	ÁREA ESPECÍFICA / SISTEMA CONTRA INCENDIO	HORAS	MES												
			FRECUENCIA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
EQUIPOS MÓVILES	3M / Insp. Fire Detection & Prevention / Subestación Móvil 01 / (SCI) Detección, Alarma y Supresión	4.50	3M			3M						3M			
	6M / Svce. Fire Detection & Prevention / Subestación Móvil 01 / (SCI) Detección, Alarma y Supresión	9.00	6M						6M						6M
	3M / Insp. Fire Detection & Prevention / Subestación Móvil 02 / (SCI) Detección, Alarma y Supresión	4.50	3M				3M						3M		
	6M / Svce. Fire Detection & Prevention / Subestación Móvil 02 / (SCI) Detección, Alarma y Supresión	9.00	6M							6M					
	3M / Insp. Fire Detection & Prevention / Subestación Móvil 03 / (SCI) Detección, Alarma y Supresión	4.50	3M					3M						3M	
	6M / Svce. Fire Detection & Prevention / Subestación Móvil 03 / (SCI) Detección, Alarma y Supresión	9.00	6M								6M				
	3M / Insp. Fire Detection & Prevention / Subestación Móvil 04 / (SCI) Detección, Alarma y Supresión	4.50	3M						3M						3M
	6M / Svce. Fire Detection & Prevention / Subestación Móvil 04 / (SCI) Detección, Alarma y Supresión	9.00	6M			6M						6M			
	3M / Insp. Fire Detection & Prevention / Subestación Móvil 05 / (SCI) Detección, Alarma y Supresión	4.50	3M							3M					
	6M / Svce. Fire Detection & Prevention / Subestación Móvil 05 / (SCI) Detección, Alarma y Supresión	9.00	6M				6M						6M		
	3M / Insp. Fire Detection & Prevention / Subestación Móvil 06 / (SCI) Detección, Alarma y Supresión	4.50	3M								3M				
	6M / Svce. Fire Detection & Prevention / Subestación Móvil 06 / (SCI) Detección, Alarma y Supresión	9.00	6M					6M						6M	
	3M / Insp. Fire Detection & Prevention / Motivator 01 / (SCI) Detección, Alarma y Supresión	4.50	3M			3M						3M			
	6M / Svce. Fire Detection & Prevention / Motivator 01 / (SCI) Detección, Alarma y Supresión	9.00	6M						6M						6M
	3M / Insp. Fire Detection & Prevention / Motivator 02 / (SCI) Detección, Alarma y Supresión	4.50	3M				3M						3M		
	6M / Svce. Fire Detection & Prevention / Motivator 02 / (SCI) Detección, Alarma y Supresión	9.00	6M							6M					

Donde:

D&A (Detección, Alarma y Supresión FM-200, PQS)	
3M	INSPECCION TRIMESTRAL
6M	MANTENIMIENTO Y PRUEBA SEMESTRAL

Fuente: Plan Anual de intervenciones EM Las Bambas, FIRENO S.A.C.

**Tabla 2.**

*Frecuencia de mantenimiento grupo electrógeno de 550kVA con motor VOLVO Penta TAD1642GE y generador síncrono LSA 49.1 S3*

Item	REPUESTOS Y SUMINISTROS		FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO (BIMENSUAL)												TOTAL DE CAMBIOS
	Descripción	Condición	50 HRS/ 2 meses	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	
1	FILTRO DE ACEITE	N	1		1			1			1			1	5
2	FILTRO DE ACEITE BY PASS	N	1		1			1			1			1	5
3	FILTRO DE COMBUSTIBLE	N			1			1			1			1	4
4	FILTRO DE COMBUSTIBLE SEPARADOR	N			1			1			1			1	4
5	FILTRO RACOR	N			1			1			1			1	4
6	FILTRO DE AIRE PRIMARIA	N						1						1	2
7	ACEITE DE MOTOR VDS-4 (20 litros)	N	1		1			1			1			1	5
8	REFRIGERANTE VOLVO ( 5 litros)	N												1	1
9	FILTRO REFRIGERANTE	PE												1	1
10	EMPAQUE DE TAPA DE BALANCINES	PE						1						1	2
11	FAJA DE VENTILADOR	PE												1	1
12	FAJA DE ALTERNADOR	N												2	2

Condición: (N) normal, (PE) Personal Especializado

**Fuente:** Elaboración Propia.

### 3.1.3 Indicador clave de mantenimiento o KPI

Son instrumentos vitales usados por los encargados de área, administradores y todo el personal involucrado en la gestión del mantenimiento, para comprender si el desarrollo de las actividades está en camino a cumplir los objetivos trazados. Marr (2012) indica que "el correcto establecimiento de indicadores arrojará luz sobre el desempeño y resaltarán las áreas que necesitan atención" (p. 23).

Caber recalcar que la palabra implementación puede prestarse a confusión, debido a que directamente se miden números, pero el título de la tesis está más direccionado a la manera en cómo otros autores lo han venido tratando, para lo cual se presenta la tabla número 3, cabe recalcar que se han seleccionado a modo de ejemplo cuatro estudios citados y aprobados de investigaciones provenientes de fuentes sumamente confiables; además, se puede observar en innumerables fuentes de tesis de habla hispana como se le da el mismo tratamiento de implementación.

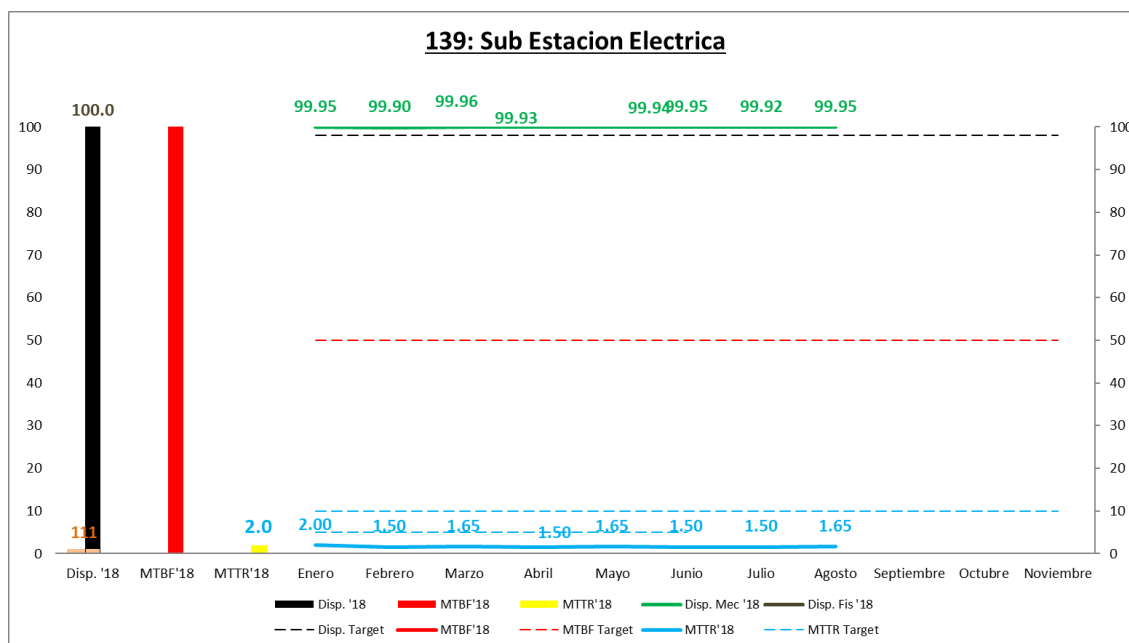
**Tabla 3.***Estudios de implementación de indicadores clave*

<b>Título del Estudio</b>	<b>Traducción al español</b>	<b>Autor</b>
<b>A Systematic Literature Review of Key Performance Indicators (KPIs) Implementation</b>	Una Revisión Sistemática de la Implementación de Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	J. J. Forster, E. R. Cossick, S. L. Sibbald
<b>Implementation of key performance indicators selection model as part of the Enterprise Analysis Model</b>	Implementación indicadores clave de desempeño de un modelo de selección como parte del Modelo de Análisis Empresarial	Hanan A. Wahid, Osama M. A. Issa
<b>Development and implementation of key performance indicators for aggregate production using dynamic simulation</b>	Desarrollo e implementación de indicadores clave de desempeño para la producción de agregados utilizando simulación dinámica	Juan C. Bocanegra, Liliana González
<b>Key Performance Indicators Implementation: Literature Review and Development for Performance Measurement</b>	Implementación de Indicadores Clave de Desempeño: Revisión de Literatura y Desarrollo para la Medición de Desempeño	M. Alhashim, H. Shammari

*Fuente:* Elaboración propia.

Cualesquiera que sean los indicadores elegidos como indica Cogollo (2016), deben ser cuantificables, deben reflejar las metas de la organización y el factor clave para alcanzar el éxito. Se puede añadir de acuerdo con Godoy (2016), que los KPI efectivos identifican deficiencias y proporcionan un sistema de alerta temprana para procesos que estén operando fuera del nivel o forma esperada. Además, ofrecen importantes instrucciones sobre dónde deben centrarse los esfuerzos de mejora.





**Figura 7.** Ejemplo Indicadores clave en subestación eléctrica.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.1.4 Mantenimiento eléctrico

Se entiende de acuerdo con Arata (2009), que el mantenimiento eléctrico, consiste en la aplicación de los principios del mantenimiento en la gestión efectiva de los equipos y sistemas eléctricos. La reconversión de la actividad de mantenimiento debe adaptarse a un sistema que cubra las necesidades de cada empresa, particularmente a las características y el estado técnico del equipamiento eléctrico instalado en ellas. Es por eso que como señala Cubas (2017), es imprescindible desarrollar técnicas que permitan evaluar el estado de los sistemas y equipos electromecánicos para mantenerlos en óptimas condiciones de funcionamiento. Además de generar grandes beneficios, entre los más importantes:

- Prevenir y evitar accidentes laborales, aumentando así la seguridad para las personas que intervienen en el proceso productivo.
- Disminuir pérdidas por paradas de la producción.
- Impide que existan daños irreparables en las instalaciones industriales.
- Aumenta la vida útil de los equipos.
- Mejora la calidad de la actividad industrial.

### **3.1.5 Indicadores de gestión en mantenimiento de talleres eléctricos las bombas**

En el proyecto específico en el cual se desarrolló las actividades profesionales relacionadas al presente informe, se establecieron los siguientes indicadores de gestión en mantenimiento de talleres eléctricos “Tiempo Promedio entre fallas (Mean time between failures MTBF), Tiempo Promedio para Reparar (Mean Time To Repair MTTR) y Disponibilidad (Availavility A)”. Estos indicadores nos permiten medir de manera objetiva el desempeño de los equipos y establecer criterios para mejorar los procesos de mantenimiento. El rendimiento final de cualquier dispositivo, depende de tres factores importantes: el diseño mismo del dispositivo, las aplicaciones y condiciones de trabajo, y el mantenimiento que recibe a lo largo de su vida servicio. El mantenimiento es el factor que proporciona a la gerencia de mantenimiento la capacidad de influir y controlar el performance de los equipos (Papuico, 2020, pag. 42).

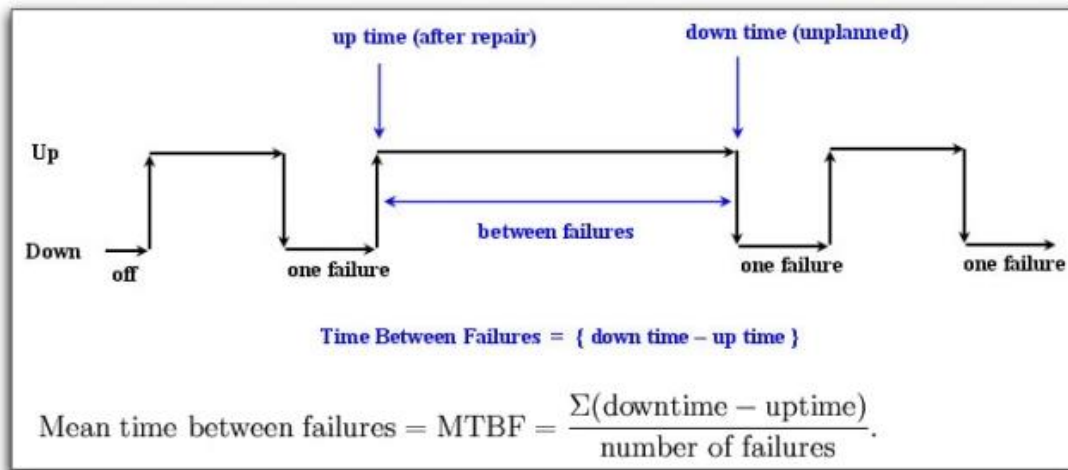
### **3.1.6 Tiempo promedio entre fallas mtbf/tmef**

El tiempo medio entre fallas MTBF por sus siglas en inglés, mean time between failures (Montalvo 2017), es la relación entre el total de horas del equipo en operación y el número de paradas. Se expresa en horas e indica la frecuencia promedio de eventos de falla de los equipos. Es probablemente, el indicador más importante de la gestión de mantenimiento.

Las operaciones de gestión y mantenimiento de equipos mineros más exitosos, tienen largos períodos de operación continua o MTBF alto. MTBF es una medida que combina los efectos de la confiabilidad inherente a una máquina y la eficiencia de la gestión del mantenimiento, la fórmula para MTBF es la siguiente:

Ecuación 1: Frecuencia promedio de paradas

$$\text{MTBF/TMEF} = \frac{\text{Horas Operadas}}{\text{Numero de paradas}}$$



**Figura 8.** Gráfica del tiempo medio entre fallas.

**Fuente:** <https://quice85.wordpress.com/2011/11/04/%C2%BFque-es-mtbf/>

### 3.1.7 Tiempo promedio para reparar mttr/tmptr

El MTTR, mean time to repair (Gonzales, 2004), es un indicador que identifica el tiempo de reparación, la velocidad o la lentitud de la reparación cuando se detiene una parada del equipo. Es el tiempo promedio de las paradas del equipo, se expresa en horas.

Las reparaciones planificadas, la gestión y la implementación, contribuyen a prolongar el tiempo de inactividad de la máquina. El MTTR combina los efectos de la mantenibilidad inherente de la máquina y la eficiencia de la organización de mantenimiento, y se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 2: Tiempo promedio de las paradas de los equipos

$$\text{MTTR/TMPR} = \frac{\text{Total Tiempo de Paradas}}{\text{Numero de paradas}}$$

### 3.1.8 Disponibilidad

La disponibilidad (D) o Availability (A), es la relación entre el MTBF (frecuencia promedio de paradas) y la suma del MTBF más MTTR (Duración Promedio de paradas) y se expresa en porcentaje (García, 2022), se calcula con la siguiente fórmula.

Ecuación 3: disponibilidad en porcentaje

$$A (\%) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

De acuerdo con Moubray (1997), para desarrollar un plan de mantenimiento con el objetivo de aumentar la disponibilidad del equipo, se debe realizar un monitoreo continuo para mejorar la confiabilidad del mismo.

### **3.1.9 Normas aplicables**

En el desarrollo e implementación de los KPI para el mantenimiento del sistema contra incendios de detección y supresión de las sub estaciones móviles y grupos electrógenos móviles en la unidad minera las bombas, se tomaron en cuenta y como referencia las normas del código nacional de electricidad y las siguientes normas internacionales:

- CNE: Código Nacional De Electricidad - Suministro.
- NFPA70E: National Fire Protection Association.
- IEC: International Electrothechnical Commission.
- ANSI: American National Standards Institute.
- ASTM: American Standard Testing Materials.
- DIN: Deutsche Industrie Normen.
- IEEE: Institute Of Electrical And Electronics Engineers.
- NESC: National Electric Safety Code.
- NFPA 72- Edición 2019 – Código Nacional de Alarmas de Incendio.

A continuación, se muestra las normas usadas que corresponden a la numeración de las normas en la nfpa 72 2007.

3.3.43.1 Detector tipo muestreo de aire. Detector que consiste en una red de distribución de tuberías que se extiende desde el detector hasta el/las área(s) a ser protegidas. Un ventilador de aspiración en la caja del detector, toma aire del área protegida y lo lleva al detector a través de puertos y tuberías de muestreo de aire. En el detector, el aire es analizado para verificar si existen productos de incendio.

5.7.3.3 Detector de humo de tipo muestreo de aire.

5.7.3.3.1 Cada puerto de muestreo de un detector de humo de tipo muestreo de aire deberá tratarse como detector de tipo puntual, con el propósito de ubicación y espaciamiento.

5.7.3.3.2. El tiempo máximo de transporte de muestra de aire desde el puerto más lejano de muestreo hasta el detector, no deberá exceder los 120 segundos.

5.7.3.3.3 Las redes de tuberías de muestreo deberán diseñarse en base a los sólidos principios de la dinámica de los fluidos y estar apoyada en ellos para garantizar el correcto desempeño.

5.7.3.3.4 Los detalles del diseño de la red de tuberías de muestreo, deberán incluir los cálculos que reflejen las características del flujo de la red de tuberías y cada uno de los puertos de muestreo.

5.7.3.3.5 Los detectores de tipo muestreo de aire, deberán dar una señal de falla si el flujo de aire se encuentra fuera del rango especificado por el fabricante.

5.7.3.3.6 Los puertos de muestreo y filtro en la línea en caso de utilizarse, deberán mantenerse despejados prestando conformidad con las instrucciones publicadas del fabricante.

5.7.3.3.7 Las tuberías y los accesorios de la red de muestreo de aire, deberán ser herméticos y estar permanentemente asegurados.

5.7.3.3.8 Las tuberías de sistema de muestreo deberán estar conspicuamente identificadas como "TUBO PARA MUESTREO DEL DETECTOR DE HUMO – NO TOCAR" de la siguiente manera:

- (1) En donde las tuberías cambian de dirección o se ramifican.
- (2) A cada lado de las penetraciones de las paredes, pisos u otras barreras.
- (3) En intervalos en las tuberías para suministrar visibilidad dentro del espacio, pero no mayor a los 6 m (20 pies).

### **3.1.10 Subestación móvil**

Figuroa (2013), enseña que una subestación eléctrica es una instalación diseñada para modificar los niveles de tensión, de esta manera facilitar el transporte y la distribución de la energía eléctrica. Cuando se requiere, en ciertas ocasiones especiales que la distribución de adapte a necesidades específicas, como por ejemplo situaciones de emergencia, restablecer la energía con mayor celeridad, suministro temporal, rápida disponibilidad, cubrir rangos de tensión variados en el punto de consumo final, mantenimientos de los equipos programados, etc. Las subestaciones móviles representan una solución en estos casos, puesto que las subestaciones móviles pueden estar en el lugar requerido en unas pocas horas, distribuir la electricidad de una manera rápida y con un mínimo de operaciones in situ.

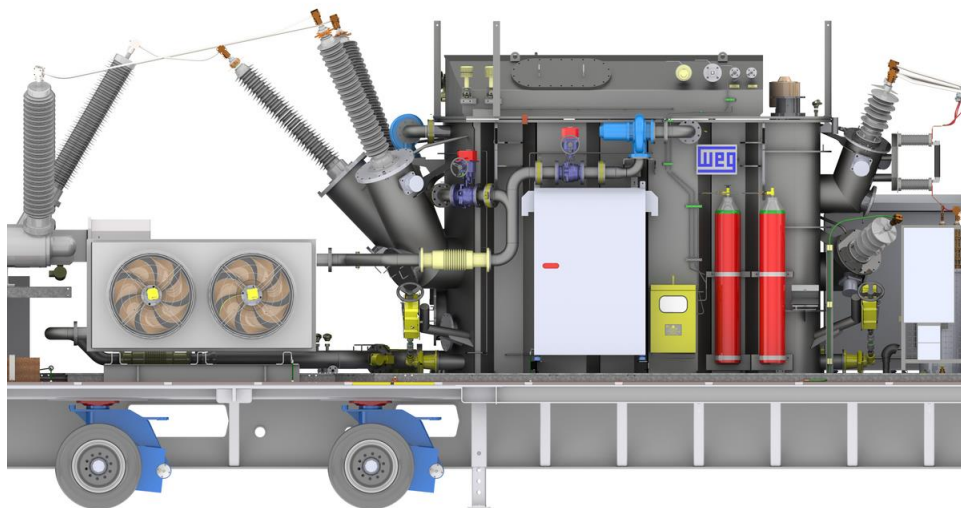
Bamonde (2013), concluye que la Subestación Móvil, es una solución completa diseñada para adaptarse al cliente. Su diseño es modular, lo que le permite operar en diferentes unidades (remolques o contenedores) que luego pueden ser interconectados entre sí, y su funcionamiento requiere poco tiempo, ya que cuando llegan a su destino están listos para operar. Los trabajos de mantenimiento y reparación se pueden realizar sin modificar la producción y es una solución para el reemplazo temporal y emergencia, ya

que puede sustituir a toda la subestación en caso de avería. Además, estas subestaciones son altamente portátiles y pueden integrar todo tipo de aparatos (Aguilar 2007), incluyendo dispositivos de protección y control que lo hace completamente independiente.



**Figura 9.** Subestación móvil marca WEG, vista general.

**Fuente:** <https://www.weg.net/catalog>



**Figura 10.** Subestación móvil marca WEG, vista de perfil.

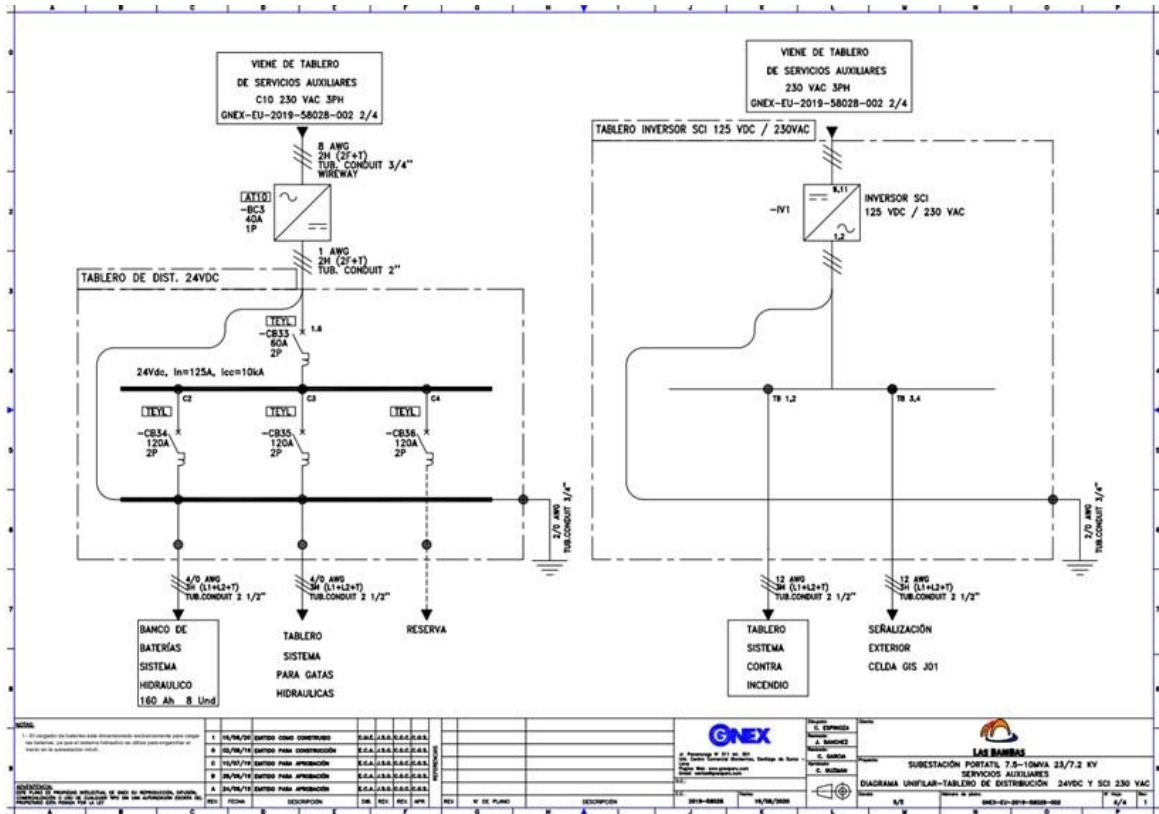
**Fuente:** <https://www.weg.net/catalog>

SIMBOLOGIA					
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Toma enchufable		Interruptor		Circuito de 5 hilos
	Safety Switch Double Throw		Proteccion Termomagnetica		Circuito de 4 hilos
	Cargador-Rectificador de Baterias		Proteccion diferencial		Circuito de 3 hilos
	Transient Voltage Surge Suppresor		Shunt trip		Bobina de Relé
	Tierra		Piloto		Relé de Falla a tierra

**Figura 11.** Simbología del diagrama unifilar-tableros de distribución. Subestación portátil 7.5-10 MVA 23/7.2KV, servicios auxiliares.  
**Fuente:** Biblioteca las MMG Las Bambas.







**Figura 14.** Diagrama unifilar – tablero de distribución 24VDC Y SCI 230VAC. Subestación portátil 7.5-10 MVA 23/7.2KV, servicios auxiliares.  
**Fuente:** Biblioteca las MMG Las Bambas.

### 3.1.11 Motivator

En el proyecto las Bambas se cuenta con el Motivator CAT 3516C-HD, el cual está dividido en las salas de grupo electrógeno y celdas eléctricas; además, está equipado con un sistema de detección y extinción de incendios por agente limpio FM-200.

El motivator cuenta con un generador CAT 3516C-HD de 2750 kVA de potencia nominal a 1750 RPM, alimentado por un motor 4 tiempos V16, turboalimentado y postenfriado, encerrado en un contenedor a medida que además alberga las celdas de media tensión, el transformador de media tensión y el depósito de combustible. Todo el contenedor está montado en un remolque, lo que permite una mayor libertad de movimiento en un rango más amplio, esto permite agilizar los procesos para los cuales está destinado alimentar de energía eléctrica. Otra ventaja es que elimina la necesidad de tendidos de cables largos y vulnerables para el suministro de energía que podrían requerir múltiples cables conectados por subestaciones.



**Figura 15.** Diseño conceptual motivator Cummins.

**Fuente:** <http://media.ngage.co.za/>



**Figura 16.** Motivator Cummins C2250 D que alimenta una Bucyrus 495 en una mina de diamantes en South Africa.

**Fuente:** <http://media.ngage.co.za/>

### **3.1.12 Sistema de detección Supresión y alarma contra incendio**

Es un sistema compuesto por bombas, tanques de almacenamiento, tuberías, válvulas, mangueras, etc. que tienen como objetivo único combatir posibles incendios.

El sistema de detección y alarmas de incendio instalado, consta de un Panel de Control de Incendios Direccional, el cual tiene la capacidad de recoger la información de todos los dispositivos del sistema de detección y alarma de incendios e indicar su condicional actual, además envía señales de control (Activar/Desactivar) y monitorea los dispositivos que se interconectan con el sistema de Extinción por Agente Limpio. El sistema provee señales de notificación audible y visual, será programado para informar al personal la condición actual del sistema. El circuito de lazo SLC del sistema está conectado en Clase B, y los circuitos de Notificación NAC serán clase B. La instalación de todo el cableado y equipos se harán conforme a lo establecido en la NFPA 70 y NFPA 72 e instrucciones del fabricante.

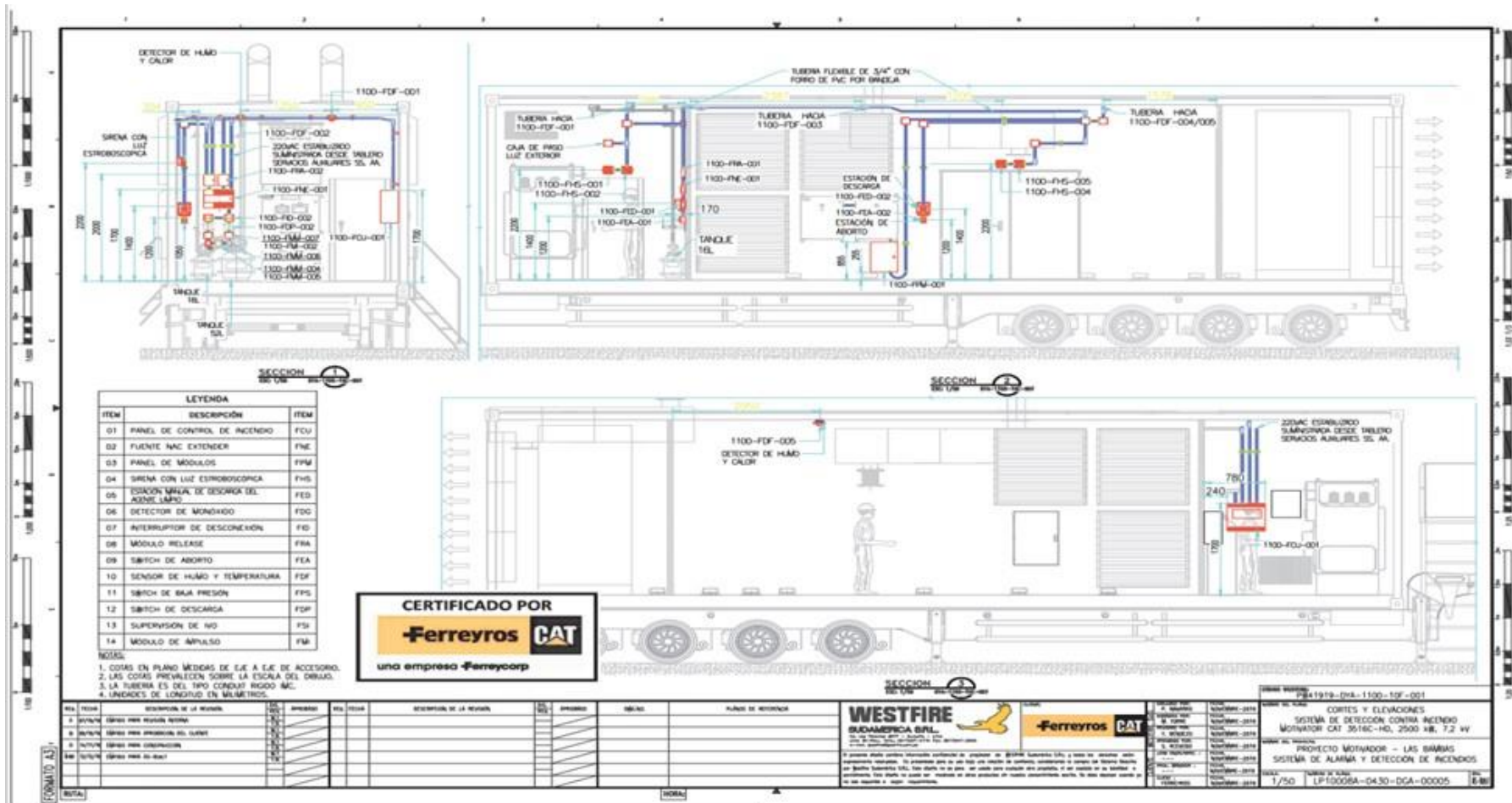
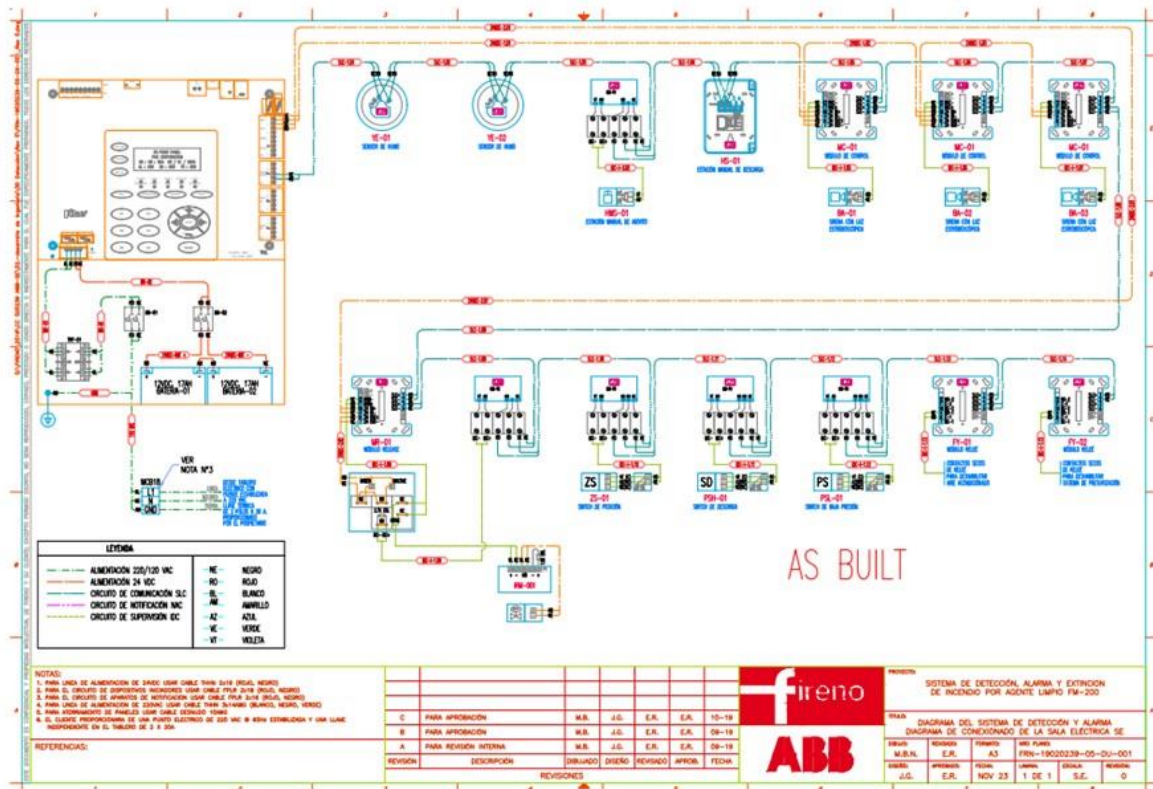


Figura 17. Planos, sistema contraincendios 4400290143 – SUMINISTRO MOTIVATOR #2, PROYECTO: “LP1008A - Movil Substation and Power Generator.

Fuente: Dossier sistema contra incendio, pag.54. Biblioteca las Bambas.



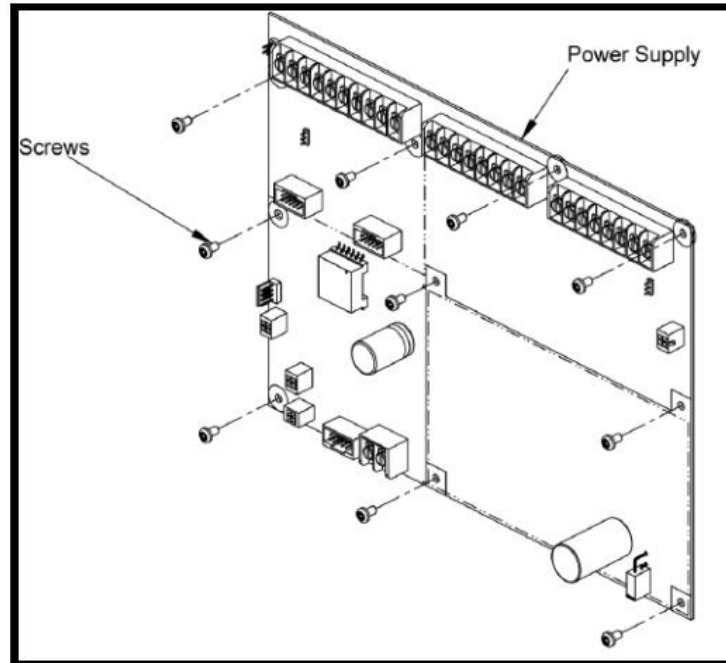
**Figura 18.** Diagrama del sistema de detección, alarma y conexasión de la sala eléctrica de la subestación móvil.

**Fuente:** Biblioteca FIREO SAC.

### 13.1.12.1. Descripción de montaje

#### 13.1.12.1.1 Panel de control

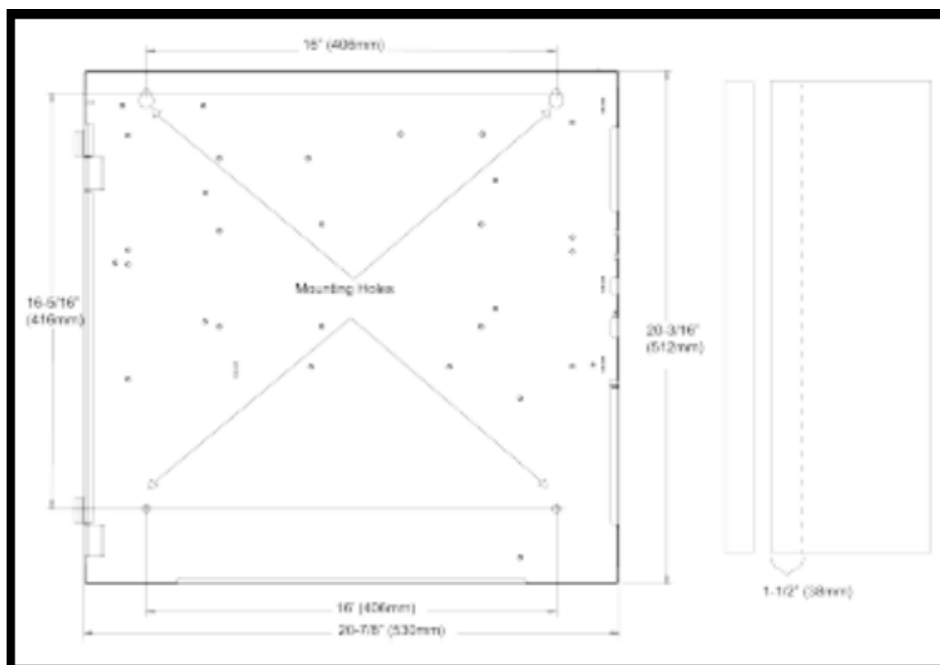
- Se retira la tarjeta electrónica y la fuente de alimentación.



**Figura 19.** Montaje panel de control.

**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 5.

- Para el montaje del gabinete en superficie, se debe sujetar con cuatro pernos.

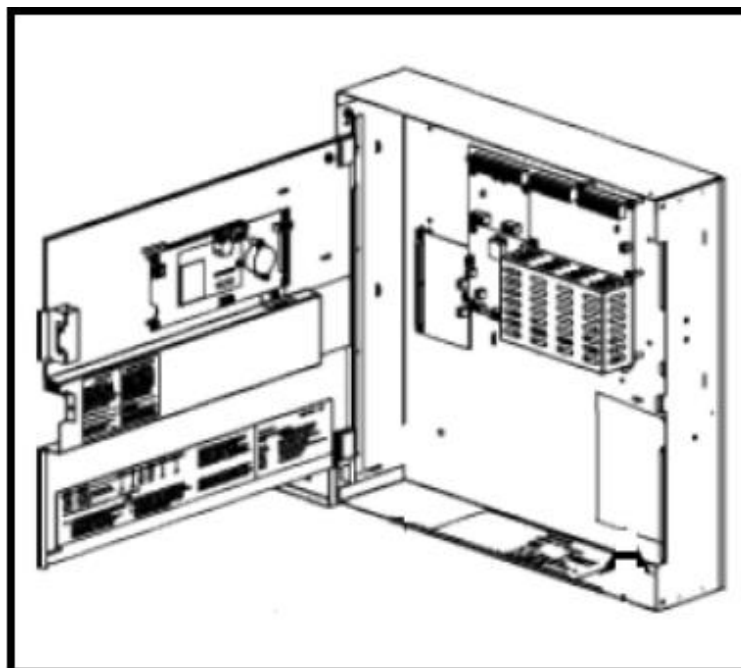


**Figura 20.** Placa de montaje.

**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 5.

- Para finalizar, vuelva a instalar la fuente de alimentación y la tarjeta electrónica.

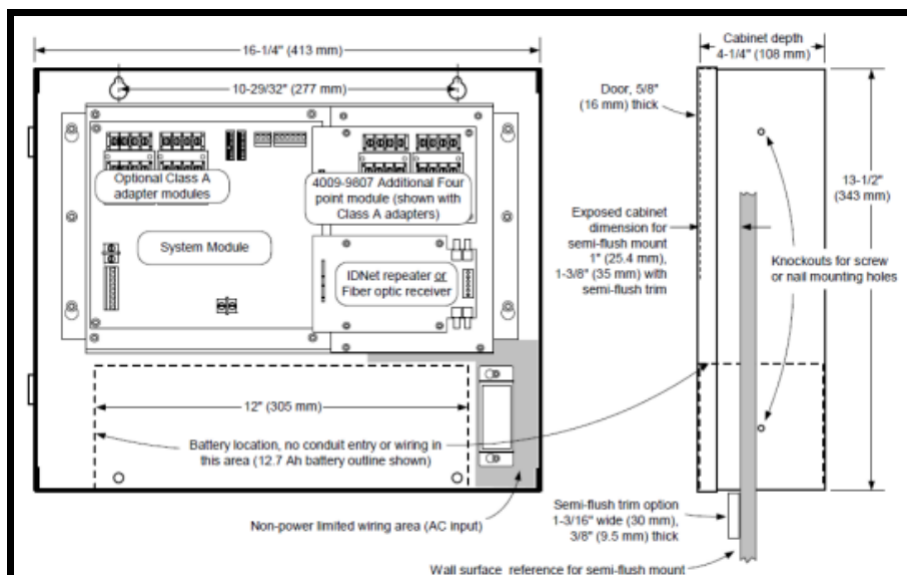




**Figura 21.** Montaje final panel de Control.  
**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 6.

### 13.1.12.1.2 Panel NAC EXTENDER

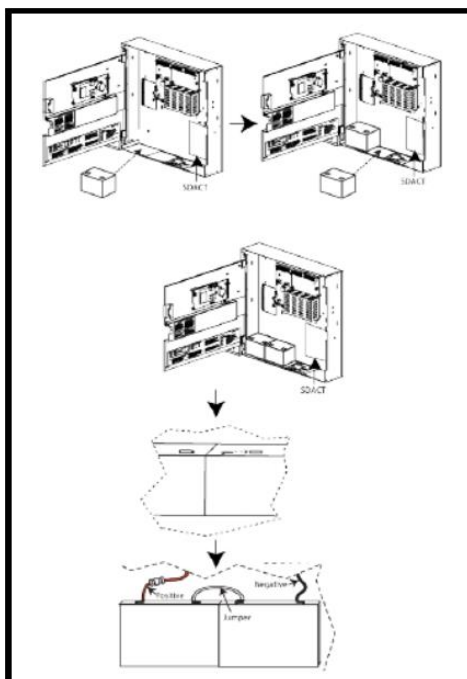
- Se puede montar cerca al panel o de forma remota.
- Se debe retirar la parte electrónica para el montaje del gabinete.



**Figura 22.** Montaje panel NAC EXTENDER.  
**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 6.

### 13.1.12.1.3 Fuente de alimentación eléctrica secundaria

- Coloque la primera batería al lado izquierdo del panel.
- Insertar la segunda batería y asegurarla.
- Conectar las baterías en serie, de manera que tenga 24 VDC (use el cable blanco).
- Los terminales de las baterías deben mirar hacia el frente.



**Figura 23.** Montaje de alimentación de baterías de respaldo.

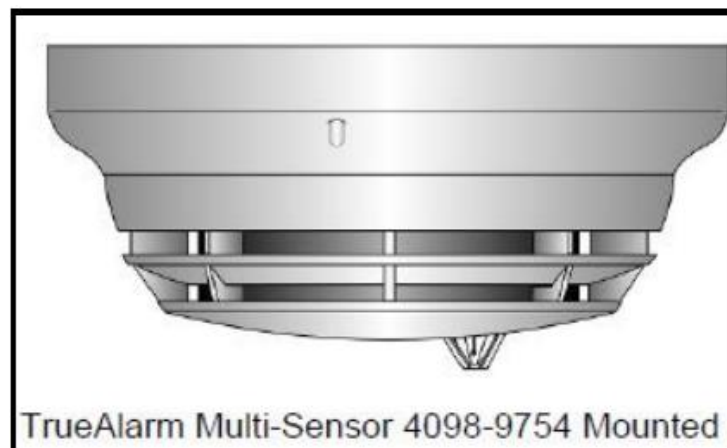
**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 6.



**Figura 24.** Panel con baterías extra.  
**Fuente:** Elaboración propia.

#### 13.12.1.1.4 Detector dual

- Se debe montar las bases según lo indicado en los planos de diseño.
- Se procede a instalar los detectores.



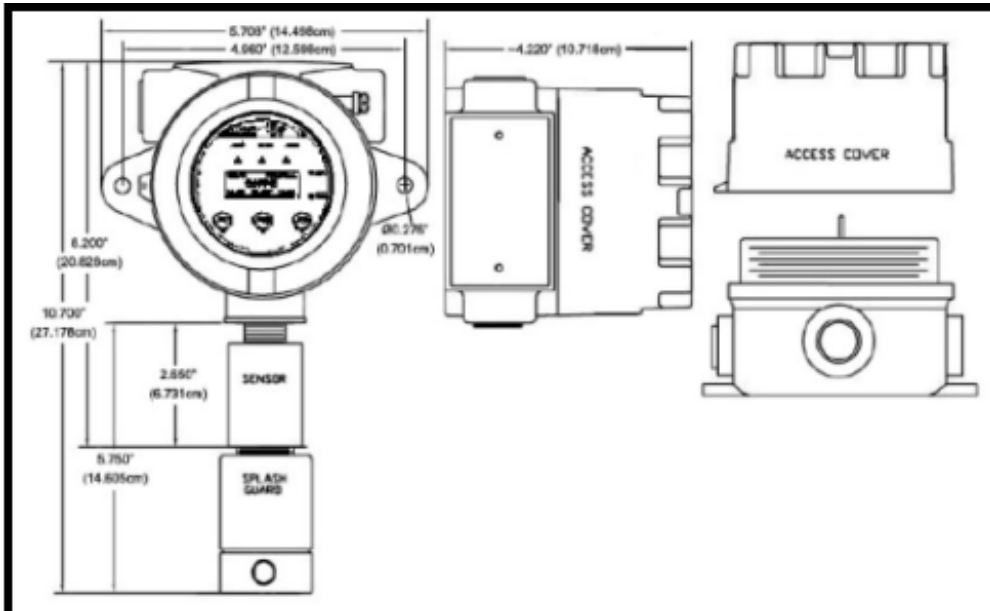
**Figura 25.** Sensor detector de humo.  
**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento -  
detección y alarma de incendios, pág. 7.

#### 13.12.1.1.5 Detector de monóxido

- El sensor se puede fijar directamente a una superficie.
- Evite montar el sensor cerca de interferencia electromagnética (radio de 600 VAC).



- Evite montar el sensor cerca de interferencia electromagnética (radio de 600 VAC).



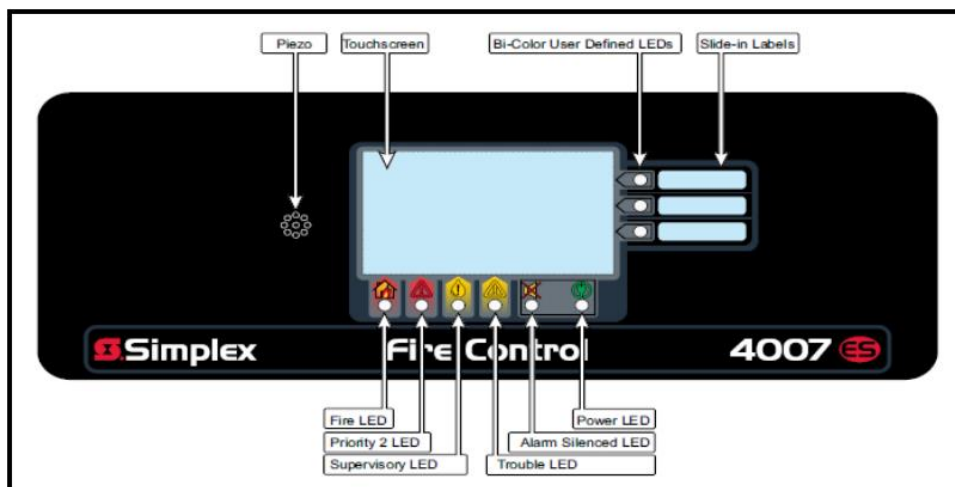
**Figura 26.** Detector de monóxido.

**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 7.

### 13.1.12.2 Descripción de operación

#### 13.1.12.2.1 Panel de control

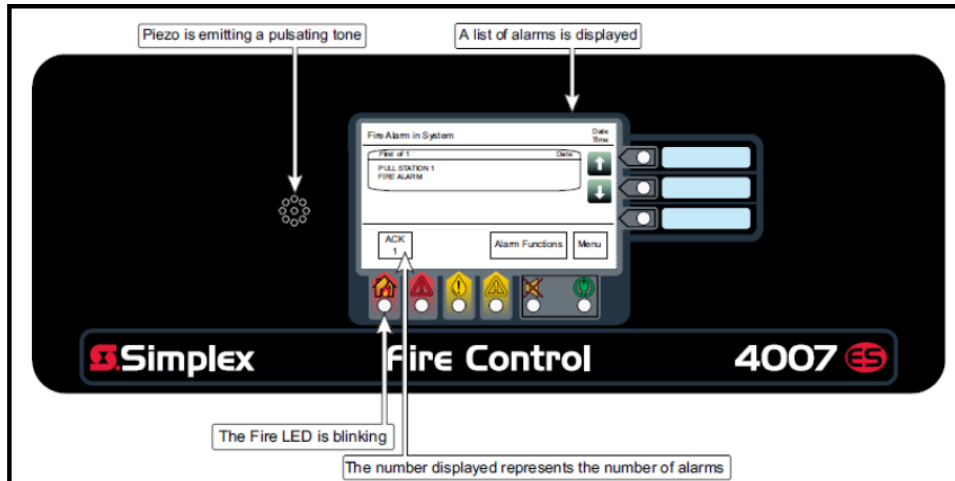
- La interfaz de usuario es una pantalla táctil.
- Las diversas funciones del panel están protegidas a nivel de acceso.



**Figura 27.** Principales funciones del panel de control.

**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 8.

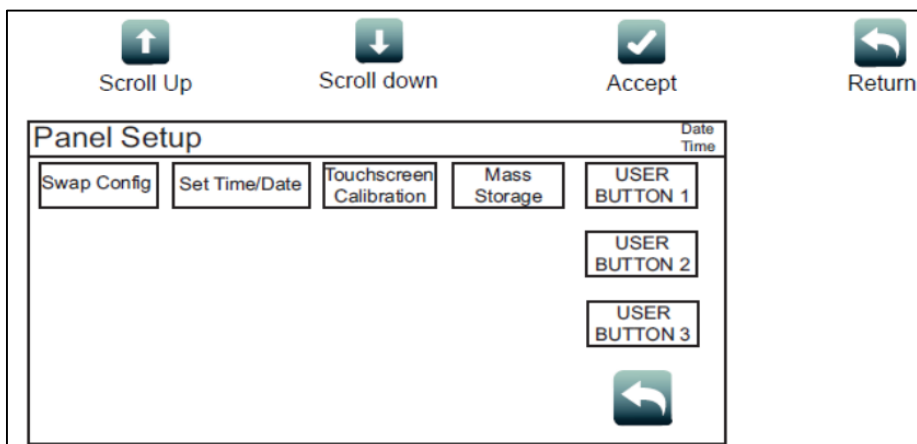
- Una zona agrupa múltiples puntos y se muestran en la lista de alarmas.
- Se puede ver los puntos activados de alarma dentro de cada zona.
- El panel puede silenciarse presionando en cualquier lugar de la pantalla táctil.



**Figura 28.** Funciones específicas del panel de control.

**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 8.

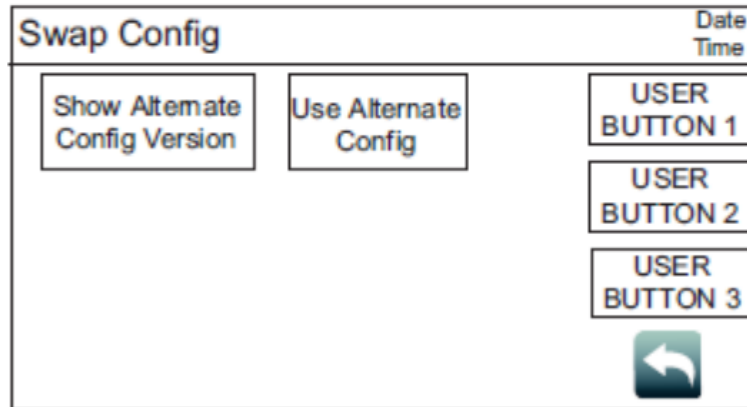
- Use la función Configuración del panel para modificar la configuración de componentes básicos.



**Figura 29.** Panel Setup de display.

**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 8.

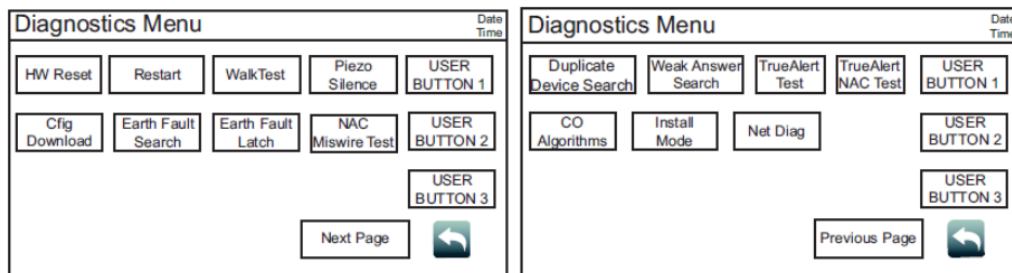
- Use el botón Cambiar configuración para acceder a las funciones que permiten cambiar las versiones del firmware.



**Figura 30.** Configuración de Setup display.

**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 9.

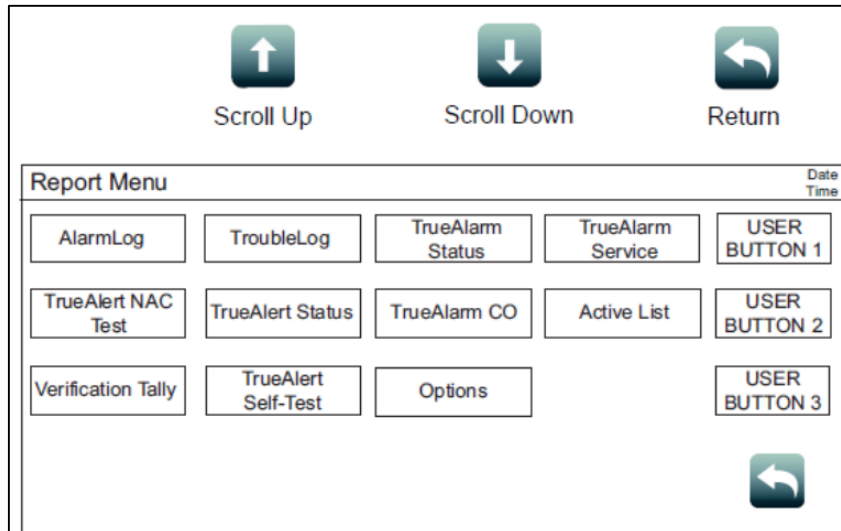
- Use la función Diagnóstico para ejecutar pruebas en el panel y los dispositivos.



**Figura 31.** Menú de diagnóstico display.

**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 9.

- Presione el botón Menú de informes para acceder a la pantalla Menú, donde se pueden generar varios tipos de informe sobre los puntos del sistema.



**Figura 32.** Pantalla de generación de informes.

**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 9.

### 3.1.13 Tecnologías y sistemas

Existen en la actualidad 4 distintas formas de detectar un incendio, estos abarcan desde las fases más tempranas a las fases más extremas. Es importante tener en cuenta que cuanto más temprana es la detección, mayor es la posibilidad de extinción, esto se traduce así mismo en menores pérdidas.

Las tecnologías existentes para la detección de incendios son los siguientes:

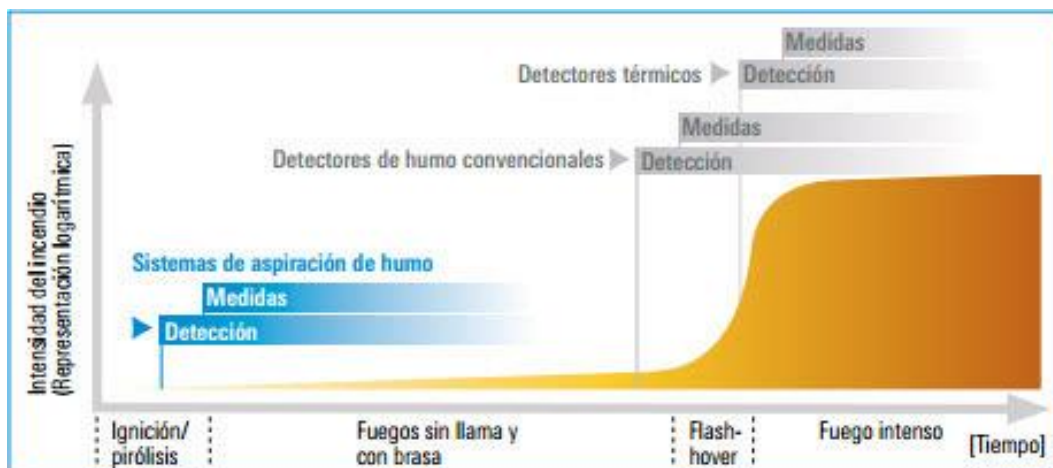
- a. Detectores de calor lineales: Se suelen instalar para activar los aspersores cuando el calor es intenso. Estos detectores no detectan el fuego en la etapa inicial.
- b. Detectores de haz: El movimiento del edificio o una mercancía que bloquea el haz pueden desencadenar falsas alarmas. Estos detectores no son lo suficientemente sensibles para detectar el fuego en la etapa inicial.
- c. Detectores puntuales: Son los tradicionales, detectores circulares de color blanco que se instalan en el techo. Son poco eficaces para detectar humo en equipos puntuales ubicados en habitaciones con un gran volumen o flujo de aire, ya que el humo podría no llegar nunca al detector. Además, son difíciles de mantener, ya que las pruebas y el mantenimiento de cada detector hay que hacerla a nivel de techo.
- d. Detectores de humo por aspiración de aire: Los detectores de humo por aspiración de aire utilizan una red de tubos de muestreo que aspiran continuamente muestras de aire del área protegida y las llevan hasta un

detector. El detector láser de alta sensibilidad mide la cantidad de humo presente del aire. Los niveles de humo medidos se comparan con los cuatro umbrales de alarma definidos por el usuario. Estos umbrales de alarma permiten ofrecer una respuesta en etapas a cualquier amenaza. Por ejemplo, si se alcanza el primer umbral, se inicia una investigación, mientras que el tercer nivel puede llamar automáticamente a los bomberos. Los detectores convencionales pueden ser eficaces en determinados ambientes y ante determinadas circunstancias, se instalan asiduamente, ya que el nivel de protección que brindan es suficiente para el sitio en el que son requeridos. Sin embargo, para soluciones más complejas o lugares en los que la instalación y posterior mantenimiento de los detectores convencionales pueden convertirse en dificultad, los sistemas de detección por aspiración son la alternativa más válida, de acuerdo con las siguientes características: Según se puede apreciar en el siguiente gráfico, las tecnologías existentes para la detección en los distintos estados o etapas del fuego se ubican en diferentes puntos de la curva de progresión



**Figura 33.** Tecnologías existentes para la detección de incendios según sus diferentes etapas.

**Fuente:** Sistemas de detección de humo por aspiración, informe c. informe central, RNDS® (pág. 2).



**Figura 34.** Sistemas de aspiración de humo de alta sensibilidad en comparación con otras tecnologías.

**Fuente:** <https://www.tecnoseguro.com/analisis/pro/sistema-deteccion-aspiracion-ambientes-complejos-criticos>

### 3.1.14 Evolución de los sistemas contra incendios en las subestaciones eléctricas.

La protección contra incendios en subestaciones eléctricas ha evolucionado significativamente en las últimas décadas. En el pasado, las subestaciones eléctricas a menudo carecían de sistemas de protección contra incendios adecuados y, como resultado, los incendios eran una amenaza común. Sin embargo, hoy en día, las subestaciones eléctricas están equipadas con una amplia variedad de sistemas y medidas de protección contra incendios para minimizar el riesgo de incendios y limitar el daño si ocurren.

Algunas de las medidas de protección contra incendios utilizadas en subestaciones eléctricas incluyen:

**Sistemas de detección de incendios:** los sistemas de detección de incendios pueden detectar la presencia de humo, calor o llama en la subestación eléctrica y activar una alarma para alertar a los trabajadores y a los servicios de emergencia.

**Sistemas de supresión de incendios:** los sistemas de supresión de incendios pueden ser automáticos o manuales y utilizan agua, agentes extintores de fuego o gases para apagar los incendios en caso de que se produzcan.

**Diseño de la subestación eléctrica:** el diseño de la subestación eléctrica puede incorporar medidas de protección contra incendios, como la separación de los equipos eléctricos, la ubicación de los equipos en áreas separadas por paredes resistentes al fuego y la instalación de sistemas de ventilación para prevenir la acumulación de gases inflamables.

Capacitación y concienciación: la capacitación y concienciación de los trabajadores sobre los riesgos de incendios en la subestación eléctrica y las medidas de prevención y respuesta a incendios, son cruciales para minimizar el riesgo de incendios y garantizar una respuesta rápida y efectiva en caso de que ocurra un incendio.

En general, la protección contra incendios en subestaciones eléctricas, ha evolucionado para abordar mejor los riesgos y peligros asociados con la operación de una subestación eléctrica, lo que ha permitido mejorar la seguridad de los trabajadores y reducir el riesgo de incendios y otros accidentes en la subestación eléctrica.

### **Agentes químicos**

La protección contra incendios ha evolucionado significativamente a lo largo de los años y los agentes químicos son una de las tecnologías más importantes utilizadas para combatir los incendios. En general, los agentes químicos se dividen en dos categorías: agentes extintores y agentes inhibidores.

Los agentes extintores, son sustancias que ayudan a enfriar y sofocar el fuego al reducir la temperatura del material combustible y limitar la cantidad de oxígeno disponible. Algunos de los agentes extintores más comunes incluyen el agua, los polvos químicos, la espuma y el dióxido de carbono.

Los polvos químicos como el bicarbonato de sodio y el fosfato monoamónico, son muy efectivos para combatir incendios de líquidos inflamables y gases, y son ampliamente utilizados en la industria química y de petróleo y gas. La espuma, que es una mezcla de agua, aire y un agente espumante, es efectiva para combatir incendios de líquidos inflamables, también se utiliza para formar una barrera contra la propagación del fuego.

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), es otro agente extintor común utilizado en áreas donde no se puede utilizar agua o espuma, como en la protección de equipos electrónicos y eléctricos. El CO<sub>2</sub> actúa como un agente sofocante que limita la cantidad de oxígeno disponible para el fuego y lo apaga.

Los agentes inhibidores, son sustancias que inhiben la reacción química del fuego al interrumpir la cadena de reacción química. Estos agentes son útiles en la protección de materiales, como los cables eléctricos y otros equipos sensibles, que no pueden ser dañados por los agentes extintores convencionales. Algunos de los agentes inhibidores más comunes incluyen los halones y los agentes limpios a base de gases.

El FM-200 es un gas incoloro e inodoro que no es tóxico para las personas. Es efectivo para extinguir incendios en su etapa temprana, ya que actúa como un agente extintor al reducir la cantidad de oxígeno disponible para la combustión y enfriar la fuente

de ignición. Además, el FM-200 no deja residuos ni causa daños a equipos electrónicos o materiales sensibles al agua.

En resumen, los agentes químicos son una tecnología crucial en la protección contra incendios y han evolucionado significativamente a lo largo de los años, con la introducción de nuevos agentes extintores e inhibidores cada vez más efectivos y seguros.

### **Sistema de detección**

Inicialmente los sistemas de detección de incendios, utilizaban detectores de humo que eran sensibles al humo y al calor y emitían una alarma cuando se detectaba un incendio. Estos sistemas de detección temprana eran efectivos para detectar incendios en etapas tempranas, pero también eran propensos a dar falsas alarmas.

Con el tiempo, los sistemas de detección de incendios se han vuelto más sofisticados y precisos, gracias a la introducción de nuevas tecnologías y métodos de detección. Por ejemplo, se han desarrollado detectores de llama que pueden detectar el calor y la luz emitidos por una llama, y los detectores de gas que pueden detectar gases como el monóxido de carbono y el dióxido de carbono que se liberan durante un incendio.

Además, la tecnología de comunicación y control remoto, ha mejorado enormemente en los sistemas de detección de incendios, permitiendo una mayor capacidad de monitoreo y control a distancia. Los sistemas de detección de incendios también se han vuelto más personalizados y específicos para diferentes tipos de edificios y entornos, con sistemas diseñados para hogares, oficinas, fábricas y edificios públicos.

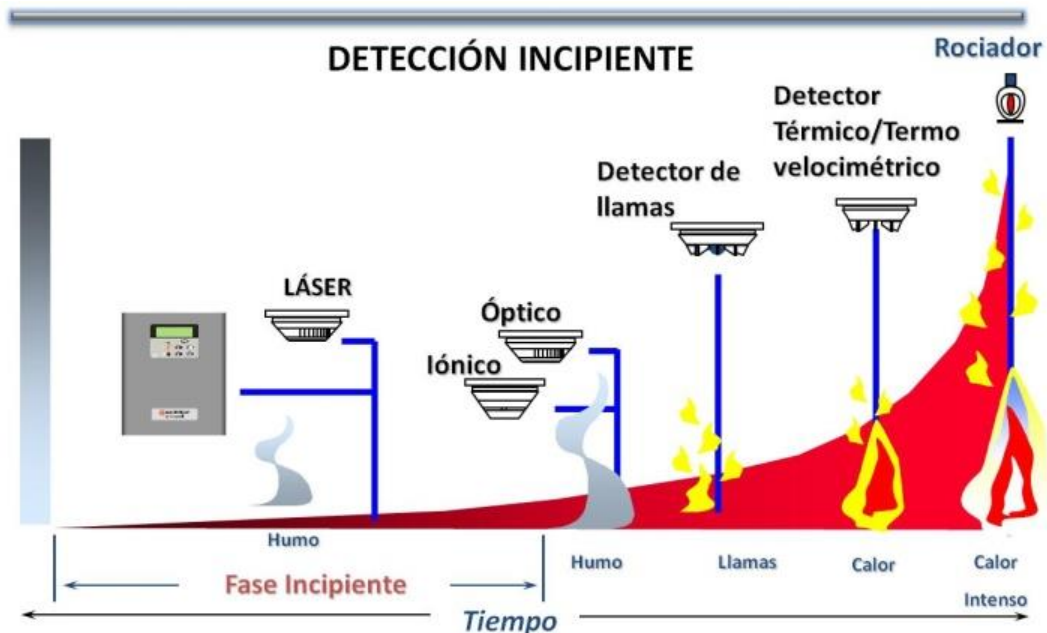
La evolución de los detectores de humo ha sido notable a lo largo del tiempo. Desde que se inventaron en la década de 1940, han mejorado significativamente en términos de su diseño, sensibilidad y precisión. Aquí hay algunas etapas clave en la evolución de los detectores de humo:

- Detectores de humo de ionización: Fueron los primeros detectores de humo desarrollados en la década de 1940 y se basaban en la tecnología de ionización. Utilizaban una pequeña cantidad de material radiactivo para ionizar el aire y detectar la presencia de humo.
- Detectores de humo fotoeléctricos: A principios de la década de 1970, se desarrollaron los detectores de humo fotoeléctricos. Estos utilizan un haz de luz que se interrumpe por partículas de humo, activando la alarma.
- Detectores de humo combinados: A finales de la década de 1970 y principios de la de 1980, se desarrollaron detectores de humo combinados, que utilizan



tanto la tecnología de ionización como la fotoeléctrica para mejorar la precisión y reducir las falsas alarmas.

- Detectores de humo inteligentes: A partir de la década de 1990, se desarrollaron detectores de humo inteligentes que podían detectar diferentes tipos de fuegos y reducir el número de falsas alarmas. Estos también podían conectarse a sistemas de seguridad en el hogar y alertar a los servicios de emergencia en caso de un incendio.
- Detectores de humo conectados a Internet: En la última década, han surgido detectores de humo conectados a Internet que pueden enviar alertas a los teléfonos móviles y permitir el monitoreo remoto de la seguridad en el hogar.



**Figura 35.** Sistemas de detección contra incendios.

**Fuente:** <https://www.solerprevencion.com/noticias/sistemas-de-proteccion-contra-incendios/deteccion-automatica-incendios/>

Se hará especial énfasis en el sistema VESDA

El sistema VESDA (Very Early Smoke Detection Apparatus) Laser Focus, es un sistema avanzado de detección de humo que utiliza tecnología láser para detectar la presencia de humo en el aire. Es un sistema de detección temprana de humo que puede detectar la presencia de humo en una etapa muy temprana, incluso antes de que se produzca un incendio.

El sistema VESDA Laser Focus funciona mediante el uso de un sistema de tuberías que se extiende por toda la instalación. Este sistema de tuberías lleva aire desde el área

protegida a través de un detector central, que utiliza tecnología láser para analizar el aire en busca de partículas de humo. Si se detecta humo, se activa una alarma y se inicia un proceso de mitigación de incendios.

El sistema VESDA Laser Focus utiliza un láser infrarrojo para analizar el aire y detectar partículas de humo en concentraciones muy bajas. El sistema también puede monitorear continuamente la calidad del aire en la instalación y proporcionar información en tiempo real sobre cualquier cambio en la calidad del aire.

Una de las ventajas del sistema VESDA Laser Focus es que es muy sensible y puede detectar la presencia de humo en un área protegida incluso antes de que se vea humo visible. Esto permite que se tomen medidas preventivas antes de que se produzca un incendio y se reduzca el riesgo de daño a la propiedad y de lesiones o pérdida de vidas humanas.

En resumen, el sistema VESDA Laser Focus utiliza tecnología láser para detectar la presencia de humo en una etapa muy temprana, proporcionando una detección temprana y precisa de humo que puede ayudar a prevenir incendios y minimizar los daños en caso de un incendio.



**Figura 36.** Sistema VESDA Laser focus.

**Fuente:** <https://www.flamestop.com.au/vesda-laser-focus/1525-vesda-laserfocus-250.html>

En resumen, la evolución de los detectores de humo ha sido constante y ha llevado a la creación de dispositivos más precisos, eficientes y sofisticados que pueden ayudar a prevenir y detectar incendios de manera más efectiva.

### 3.1.15 Importancia del mantenimiento del sistema de supresión

De la misma manera que la selección del equipo adecuado, un diseño que se adapte a las necesidades, la instalación, el montaje, y la puesta en marcha del sistema contra incendio; son importantes las labores de mantenimiento las cuales incluyen inspecciones, pruebas y el mantenimiento propiamente dicho. De esta manera, se asegura la confiabilidad, operatividad y fiabilidad de los equipos y dispositivos que conforman el sistema de protección contra incendios y así atender una emergencia de manera oportuna en el momento requerido.

Las rutinas de mantenimiento están basadas en normativas como la NFPA 25 (Norma para la inspección, comprobación y manutención de sistemas hidráulicos de protección contra incendios) y la NFPA 72 (Código Nacional de Alarmas de Incendio), en su capítulo de Inspección y Pruebas. Estas tienen como objetivo identificar que los sistemas estén en operación ideal para poder atender una emergencia de incendio en cualquier momento.



**Figura 37.** Inspección del equipo y dispositivos del sistema de protección contra incendios de la subestación móvil.

**Fuente:** Elaboración propia.

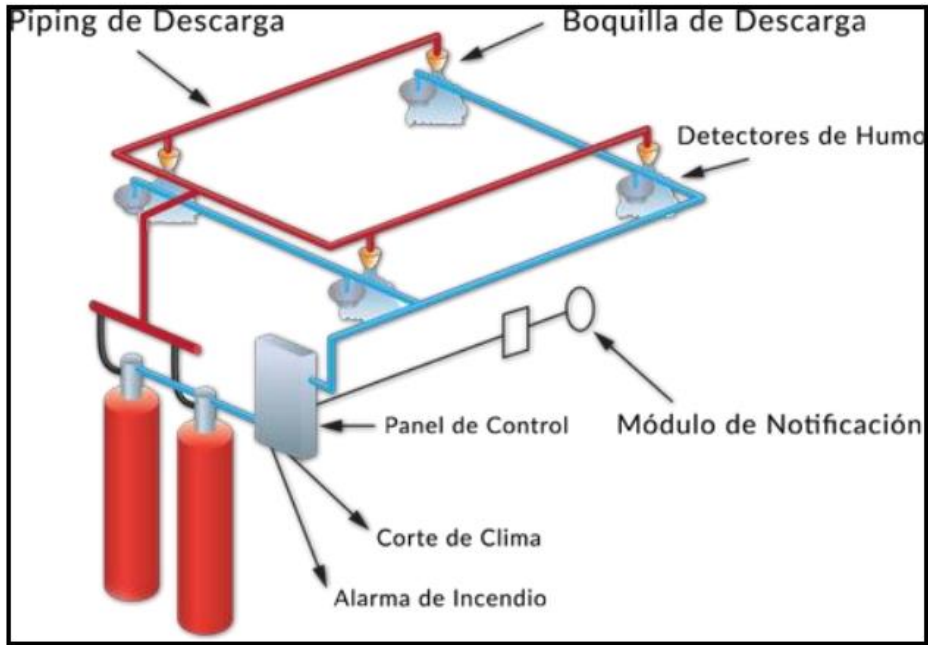


**Figura 38.** Inspección de dispositivos de detección en el motivator #2.

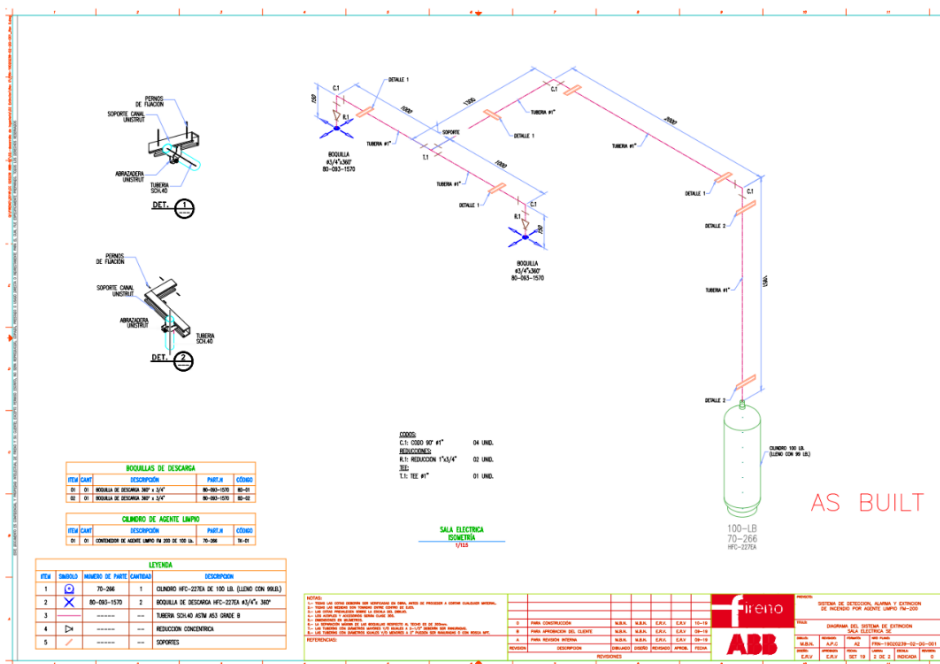
**Fuente:** Elaboración propia.

### **3.1.16 Sistema de extinción por agente limpio:**

El Sistema de Extinción por Agente Limpio FM 200, está compuesto principalmente por el Contenedor del Agente, el cual será ubicado en una posición dentro de la sala, y almacenará el agente en estado líquido, que sofocará el fuego dentro de las salas, otro de los componentes serán las boquillas de distribución, a través de las cuales saldrá el agente en forma gaseosa. Adicionalmente se tendrá una serie de equipos de monitoreo del Cilindro para el control de su estado por el Panel del sistema de Detección y Alarma de incendio.



**Figura 39.** Esquema básico de funcionamiento de descarga.  
**Fuente:** Dossier sistema contra incendio, pág. 17. Biblioteca Las Bambas.



**Figura 40.** Diagrama del sistema de extinción sala eléctrica Subestación Móvil.  
**Fuente:** Biblioteca FIRENO SAC.

### 3.1.15.1 Descripción de montaje.

#### 3.1.15.1.1 Cilindro de almacenamiento.

- El cilindro deberá instalarse de forma que facilite mantenimiento y pruebas.

- Colocar el cilindro de FM-200 en la ubicación designada, debe montarse en posición vertical con la válvula hacia arriba y el indicador hacia fuera.
- Montar el soporte a un muro, columna sólida o plataforma.
- Colocar el cilindro y fijar el soporte para que quede bien asegurado.



**Figura 41.** Esquema básico de sujeción de extintor.

**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 11.

#### 3.1.15.1.2 Boquillas de descarga

- Sitúe la boquilla en el cilindro.
- Retire los tapones de seguridad de la toma de descarga.
- Conecte las mangueras a la boquilla y fíjelas.

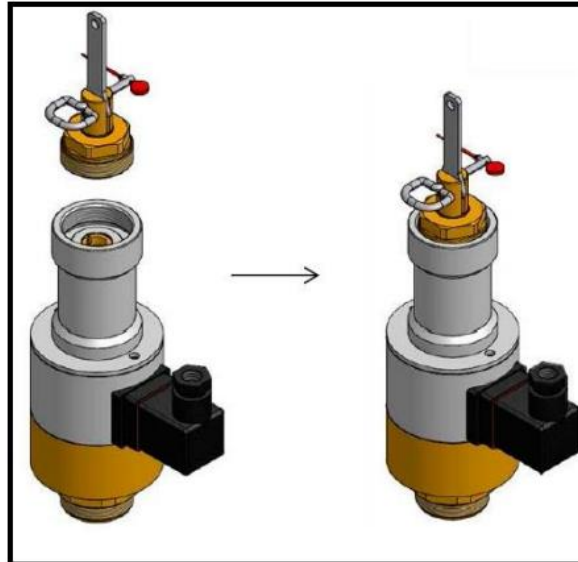


**Figura 42.** Manguera de extensión de boquilla.

**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 11.

### 3.1.15.1.3 Actuador eléctrico

- Conecte el actuador al actuador eléctrico sin usar sellante o teflón.



**Figura 43.** Actuador manual.

**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 11.

### 3.1.15.1.4 Actuador eléctrico

- Comprobar que el actuador NO esté activado.
- Conecte el actuador a la válvula.
- Realizar el conexionado eléctrico respectivo.



**Figura 44.** Actuador manual.

**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 12.

### 3.1.15.1.5 Montaje general



**Figura 45.** Montaje general.

**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 12.

### 3.1.15.2 Descripción de operación

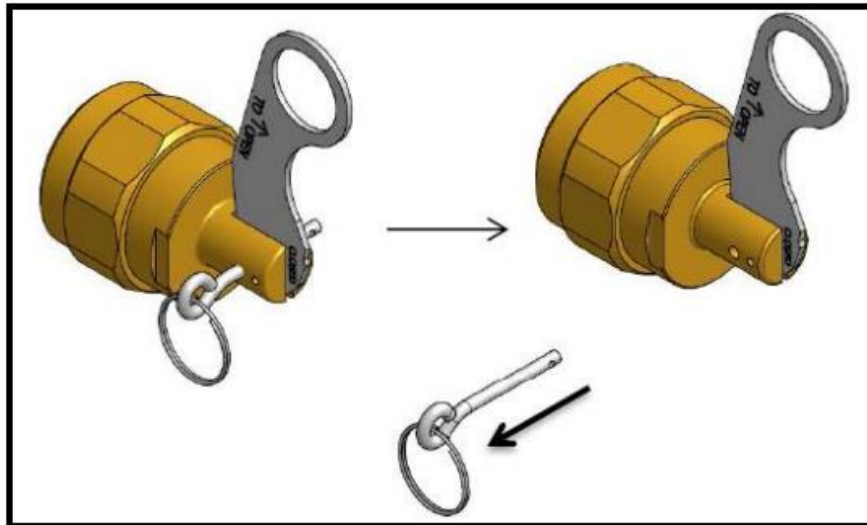
#### 3.1.15.2.1 Recarga de cilindro

- Retirar el tapón de seguridad de la toma de descarga y conecte el adaptador de recarga FM-200.
- Llene el cilindro con la cantidad adecuada de FM-200.
- Cierre la válvula de suministro de agente, pero mantenga la conexión.
- Compruebe la presión del cilindro.
- Desconecte la fuente del agente, retire el adaptador de recarga y colocar un tapón de seguridad en la toma de descarga.

#### 3.1.15.2.2 Activación manual del sistema

- Quitar el pasador de seguridad del actuador manual del cilindro.

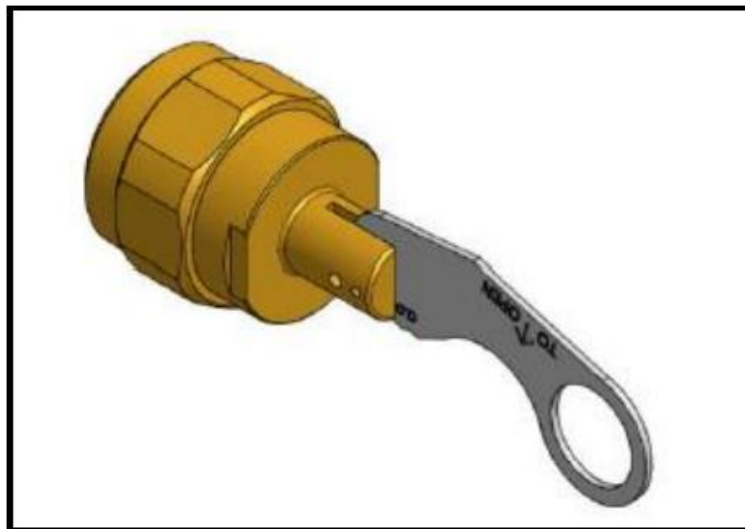




**Figura 46.** Procedimiento de liberación del actuador manual.

**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 13.

- Activar el sistema tirando la palanca. En ese momento se producirá la descarga.

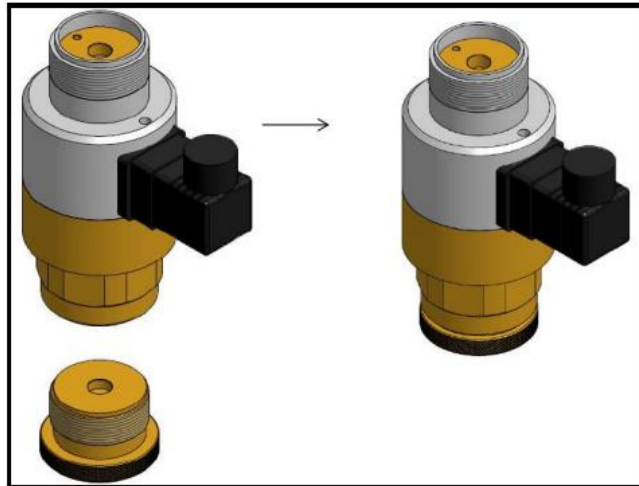


**Figura 47.** Procedimiento de apertura del actuador manual.

**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 13.

### 3.1.15.2.3 Rearme del actuador eléctrico

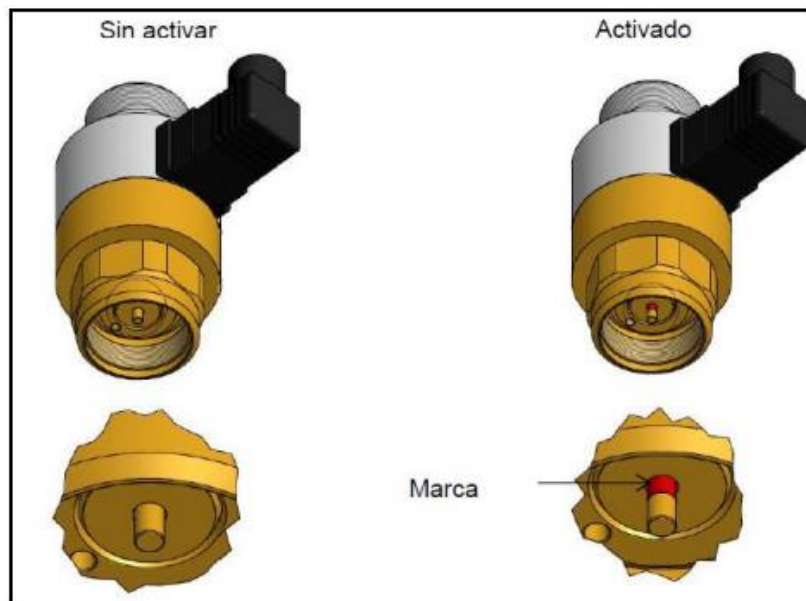
- Rearmar con la herramienta de rearme roscándola a tope, aunque se escuche un clic hay que continuar roscando hasta el final.



**Figura 48.** Armado del actuador eléctrico.

**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 14.

- Después de rearmar, comprobar que el actuador eléctrico ha quedado sin activar, de lo contrario repetir la operación de rearme.



**Figura 49.** Verificación del actuador eléctrico.

**Fuente:** Manual de montaje, operación y mantenimiento - detección y alarma de incendios, pág. 14.

## **CAPÍTULO IV**

### **DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES**

#### **4.1 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

De acuerdo con el requerimiento de la empresa, las actividades asignadas al inicio del contrato se especificaron de acuerdo con los siguientes puntos para el área de asistente de supervisor de proyecto donde se trabajó:

- Cumplir con los objetivos establecidos en el proyecto.
- Monitoreo del servicio del personal.
- Verificar in situ la situación, avances y problemática de los servicios brindados.
- Revisar y analizar la data del servicio.
- Asegurarse que se cumplan las políticas de calidad del cliente y nuestro manual de SGI.
- Difundir las normas y procedimientos del sistema de gestión integrado a todo el personal.
- Supervisar los trabajos en las unidades móviles y control de los avances, problemática y soluciones.
- Verificar que los trabajadores cumplan con el 055-2010-mem y reglamento interno de seguridad y salud (ver.02).
- Verificar el cumplimiento del iperc por parte de los colaboradores a fin de eliminar o minimizar los riesgos.
- Informar a los trabajadores acerca de los peligros en el lugar de trabajo.
- Investigar aquellas situaciones que un trabajador o miembro del comité consideren que son peligrosas.
- Instruir y verificar que los trabajadores conozcan y cumplan con los estándares y usen adecuadamente el equipo de protección personal apropiado para cada tarea.

- Actuar inmediatamente frente a cualquier peligro que sea informado en el lugar de trabajo.
- Facilitar los primeros auxilios y la evaluación del(os) trabajador(es) lesionados(s) o que estén(n) en peligro.
- Verificar que se cumplan con los procedimientos de bloqueo de las maquinarias que se encuentren en mantenimiento.
- Imponer la presencia permanente de un supervisor (ingeniero o técnico en las labores mineras de alto riesgo), de acuerdo con la evaluación de riesgos.
- Paralizar las operaciones o labores en situaciones de alto riesgo, hasta que se haya eliminado o minimizado dichas situaciones riesgosas.

A su vez en el tiempo de trabajo, las asignaciones dadas variaron de acuerdo con la situación que presentaba la empresa, la labor desarrollada en el área de equipos móviles es la que se detalla a continuación

- Cumplir con los objetivos establecidos en el proyecto.
- Verificar in situ la situación, avances y problemática de los servicios en los equipos móviles.
- Monitoreo del servicio del personal en los equipos móviles.
- Revisar y analizar la data del servicio en los equipos móviles.
- Digitalizar el servicio del personal entre otros.
- Coordinar sobre su gestión con su jefe inmediato.
- Asegurarse que se cumplan las políticas de calidad del cliente y nuestro manual de SGC.
- Difundir las normas y procedimientos del sistema de gestión integrado a todo el personal.
- Supervisar los trabajos en las unidades móviles y control de los avances, problemática y soluciones.
- Verificar que los trabajadores cumplan con el 055-2010-mem y reglamento interno de seguridad y salud (ver.02).
- Verificar el cumplimiento del IPERC por parte de los colaboradores a fin de eliminar o minimizar los riesgos.
- Informar a los trabajadores acerca de los peligros en el lugar de trabajo.
- Investigar aquellas situaciones que un trabajador o miembro del comité consideren que son peligrosas.

- Instruir y verificar que los trabajadores conozcan y cumplan con los estándares y usen adecuadamente el equipo de protección personal apropiado para cada tarea.
- Actuar inmediatamente frente a cualquier peligro que sea informado en el lugar de trabajo.
- Facilitar los primeros auxilios y la evaluación del(os) trabajador(es) lesionados(s) o que estén(n) en peligro.
- Verificar que se cumplan con los procedimientos de bloqueo de las maquinarias que se encuentren en mantenimiento.
- Otras funciones que le sean asignadas.
- A su vez evaluando el crecimiento de la empresa, la cual dentro de todas sus operaciones se encontraba en el proceso de crecimiento.

De dichas actividades en el presente informe se ahondará en el mantenimiento de los sistemas contra incendios de los grupos electrógenos móviles, y las subestaciones móviles.

#### **4.1.1 Actividad 1: evaluación de las actividades de mantenimiento**

Dentro del trabajo realizado por el bachiller, aparte de las rutinarias, se llevó a cabo una evaluación del cómo se estaban llevando a cabo las actividades del sistema contra incendio para estos equipos eléctricos.

Se observó que se llevaban registro de las actividades realizadas tal como se muestra a continuación:

**Tabla 4.***Ejemplo Mantenimiento semestral del sistema supresión contra incendio*

Ítem	Sort Field	Priority	Equipment Description	Fecha de intervención
101	SH001	2	Shovel Electric Caterpillar 7495	8/11/2018
103	SH011	2	Shovel Caterpillar 6060FS	26/11/2019
105	SH013	2	Shovel Caterpillar 6060FS	29/11/2019
104	SH012	2	Shovel Caterpillar 6060FS	30/11/2019
30	HT005	2	Haul Truck Komatsu 930E-4SE	7/12/2019
102	SH002	2	Shovel P & H 4100XPC-DC	11/12/2019
67	HT044	2	Haul Truck Komatsu 930E-4SE	17/12/2019
42	HT018	2	Haul Truck Komatsu 930E-4SE	18/12/2019
110	TD011	2	Drill Diesel SANDVIK DR560	23/12/2019
27	HT002	2	Haul Truck Komatsu 930E-4SE	26/12/2019
31	HT006	2	Haul Truck Komatsu 930E-4SE	26/12/2019
55	HT032	2	Haul Truck Komatsu 930E-4SE	27/12/2019
35	HT011	2	Haul Truck Komatsu 930E-4SE	28/12/2019
65	HT042	2	Haul Truck Komatsu 930E-4SE	28/12/2019
28	HT003	2	Haul Truck Komatsu 930E-4SE	29/12/2019
78	HT079	2	Haul Truck Caterpillar 797F	29/12/2019
36	HT012	2	Haul Truck Komatsu 930E-4SE	30/12/2019

**Fuente:** Mantenimiento semestral del sistema supresor de incendio. Biblioteca Fireno SAC.

En el registro mostrado anteriormente, no se aprecia las estaciones móviles ni los motivator, puesto que estos no eran tomados como prioridad para el desarrollo de las actividades de mantenimiento a pesar de su importancia.

Además del registro presentado anteriormente, se encontraron registros más específicos respecto al mantenimiento que habían recibido los equipos como, por ejemplo. la tabla completa se muestra en los anexos.

#### **4.1.2 Actividad 2: búsqueda de la oportunidad de mejora**

Dentro de las asignaciones se encontraron diferentes oportunidades de mejora relacionadas principalmente a factores internos de organización y el propósito del reciente inicio de expansión, se observaron varias oportunidades de mejora dentro de ella se notaron las siguientes:



**Tabla 5.***Tabla de variedad de equipos*

UNIDAD			
ITEM	Nº UNIDAD	TIPO EQUIPO	MODELO
1	RT021	Tractor de rueda	844H
2	HT007	Camión	930E
3	DZ007	Tractor de oruga	D475A
4	HT071	Camión	930E
5	DZ011	Tractor de oruga	D11T
6	LD001	Cargador	L2350
7	GR004	Motoniveladora	24M
8	HT106	Camión	980E
9	TD005	Perforadora	MD6640
10	HT039	Camión	930E
11	DZ004	Tractor de oruga	D475A
12	HT017	Camión	930E
13	HT037	Camión	930E
14	DZ013	Tractor de oruga	D11T
15	LD010	Cargador	962H
16	TD010	Perforadora	PV351 D
17	SH012	Pala Hidráulica	6060S
18	HT017	Camión	930E
19	HT072	Camión	797F
20	RT025	Tractor de rueda	844H
21	GR001	Motoniveladora	24M
22	TD002	Perforadora	MD6640
23	HT071	Camión	797F
24	WT001	Camión Aguatero	HD1500
25	EX003	Excavadora	390FL
26	HT027	Camión	930E
27	CR001	Manipulador De Cable	834H
28	DZ012	Tractor de oruga	D11T
29	RT028	Tractor de rueda	844K
30	HT032	Camión	930E
31	CR010	Manipulador De Cable	834H
32	DZ006	Tractor de oruga	D475A
33	DZ014	Tractor de oruga	D11T
34	SH002	Tractor de oruga	7495
35	HT013	Camión	930E

*Fuente* Elaboración propia.



En la tabla anterior se puede observar una pequeña cantidad de los diferentes tipos de unidades, debido a nuestra especialización se enfocó más en los motivators y en las subestaciones móviles.

#### **4.1.3 Actividad 3: evaluación de herramientas para implementar**

Debido a las diferentes herramientas disponibles para afrontar los diferentes problemas observados, se optó por trabajar en aquellos que tuvieran un impacto directo con las operaciones de los equipos. De dichas herramientas se plantearán ventajas y desventajas para ser trabajadas más adelante.

##### **Plan de mantenimiento**

Se tendrá en cuenta que la base para mejorar el mantenimiento de cualquier equipo, es establecer tareas específicas programadas de acuerdo con un tiempo específico, nos dan como resultado un plan de mantenimiento de donde las principales ventajas que presenta son las siguientes:

- Prolonga la vida útil del equipo, es decir, la vida total que pueda trabajar.
- Reducir los costos de mantenimiento.
- Fortalece la seguridad de aquellos que operan con los equipos o en los equipos.
- Permite un mejor control y planificación.
- Esto le permite evitar eventos inesperados sin esperar una parada.
- Reduce el tiempo de espera.

##### **Indicadores claves de desempeño.**

Los indicadores clave de desempeño o conocidos como KPI's, orientan el trabajo específico a alcanzar una meta concisa, debido a eso, refuerzan todos los planes hechos o en algunos casos les restan importancia. Dentro de por qué es importante el uso de estos se obtiene lo siguiente:

- Proporcionan la información que los gerentes o personas interesadas necesitan para cada paso del proceso.
- Proporcionan una mayor exactitud para tomar elecciones de acuerdo con la información presentada.
- Hacen que el proceso sea más eficiente y eficaz.
- Aumento de velocidad, entendimiento y transparencia en la transferencia de resultados.

- Una visualización "panorámica" de toda la información trabajada y lista para ser interpretada.

## 4.2 ASPECTOS TÉCNICOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL

### 4.2.1 Metodologías

Tendremos en cuenta como meta para la elaboración del plan de mantenimiento del sistema contra incendio, la realización de los siguientes documentos.

- Cronograma de plan de mantenimiento.
- Procedimientos de trabajo o PET.S.
- Elaboración de programas de inspección.

También se tomó en cuenta los requerimientos legales para los estándares que se pueda cumplir con lo demandado por el área final.

### 4.2.2 Técnicas

Para usar los indicadores claves de desempeño se tiene en cuenta que se trabajaron con tres específicos.

- MTTR.
- MTFB.
- Disponibilidad.

En el caso del MTTR

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{Numero de intervenciones}}$$

Donde sí es que no hay ninguna intervención se toma como MTTR = 0 que es el punto al cual se quería llegar.

Para el MTFB

$$MTFBR = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad}}{\text{Numero de paradas}}$$

En este caso sí que no se presenta ninguna parada el tiempo se toma MTFBR= tiempo total disponible para nosotros toma el valor de 360.

Y Finalmente para la disponibilidad se tendrá en cuenta.

$$MTTR = \frac{MTFBR}{MTFBR + MTTR} \times 100 \%$$

### 4.2.3 Instrumentos

Para todo el desarrollo de la actividad profesional, se tomaron en cuenta los siguientes instrumentos, principalmente de medición:

- Radios portátiles.
- Multímetro.
- Pirómetro.
- Equipo “Solo” probador de detectores de humo y temperatura.
- Sopladora de aire.
- Pinza amperimétrica.
- Rotuladora BROTHER.

#### **4.2.4 Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades**

Aquí se considerará primero las herramientas que se usará para todo el desarrollo:

- Brochas.
- Estuche de perilleros.
- Destornillador (Plano y Estrella).
- Alicates de punta.
- Alicates de corte.
- Maletín o morral portaherramientas.
- Llaves dieléctricas.
- Llaves mixtas (boca y corona).
- Juego de dados.
- Llave Francesa.
- Alicates (Universal, presión, corte, punta, etc.).
- Llave Stilson.
- Juegos de llaves Allen, Torx.
- Conos de seguridad.
- Cachacos para delimitar.
- Escaleras, plataformas.
- Tacos del equipo.
- Maleta Ratchet.
- Tijera de oficina.

Por otra parte, se tendrá en cuenta algunos:

- Aerosol WD - 40.
- Trapo Industrial.

- Cinta Aislante Super 33+.
- Cinta Teflón.
- Cable de interconexión.
- Tarjetas de inspección.
- Sticker de Mtto.
- Boquillas de descarga.
- Detectores de T<sup>0</sup>.

### **4.3 EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales.

Para llevar a cabo los resultados se tendrán en cuenta los siguientes pasos:

- Estandarización del plan de mantenimiento.
- Creación de tareas específicas.
- Redacción de las tareas específicas de mantenimiento.

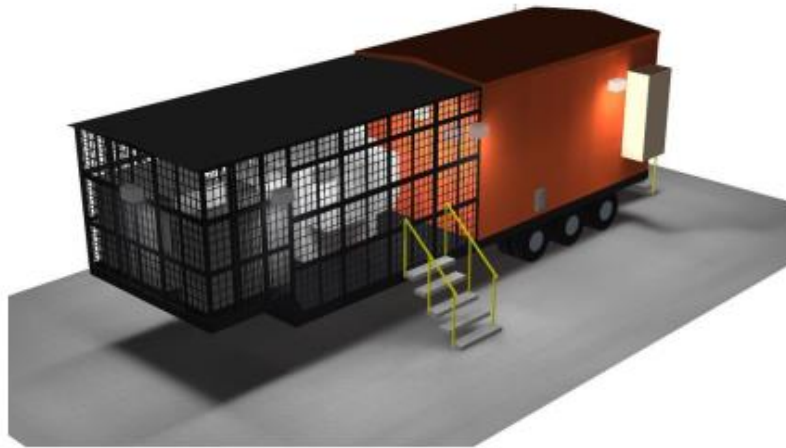
### **4.4 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS TRABAJADOS**

#### **4.4.1 Subestación móvil**

La subestación eléctrica posee las siguientes características Subestación 7.5/10 MVA, 23/7.2 KV.

Especificaciones:

- Ubicación: Compañía Minera Las Bambas – Apurímac, Perú.
- Altitud de operación: 4200 m.s.n.m.
- Máxima temperatura ambiente exterior: 22 °C.
- Mínima temperatura ambiente exterior: - 4 °C.
- Humedad relativa promedio: 67.8%.



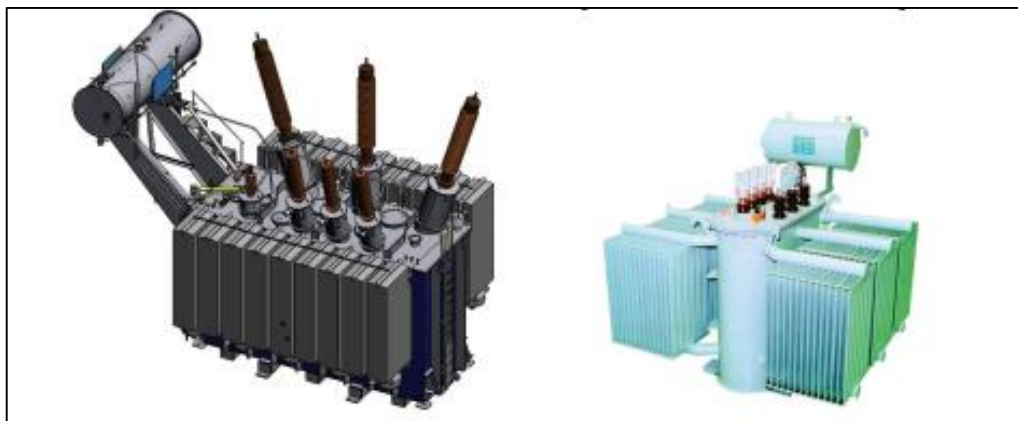
**Figura 51.** Imagen renderizada Subestación móvil.

**Fuente:** Data Book subestación móvil #6 CC: 2019-58028.

#### 4.4.2 Transformador de potencia

Los Transformadores de Potencia WEG están divididos básicamente en tres líneas:

- Transformadores de fuerza, Figura 2. 1, utilizados en pequeñas y medianas subestaciones industriales y en pequeñas centrales generadoras termoeléctricas de emergencia.



**Figura 52.** Transformador de subestaciones.

**Fuente:** Data Book subestación móvil #6 CC: 2019-58028.

El transformador de potencia de la subestación es de 22.9kV/7.2kV 7.5MVA-10MVA, hay que tener en cuenta estos valores, ya que los conductores de entrada y de salida del transformador, serán diseñados para soportar la potencia máxima del transformador considerando una sobrecarga del 15 %. La capacidad del conductor viene dada por:

$$S_{fs} = 1.15 * S_{ONAF} = 11.5MVA$$

-Para el lado primario del transformador:

$$I = \frac{S_{fs}}{\sqrt{3} * V_{PT}} = 289.92 A$$

-Para el lado secundario del transformador:

$$I = \frac{S_{fs}}{\sqrt{3} * V_{ST}} = 922.16 A$$

#### 4.4.3 Cargas

**Tabla 6.**

*Transformador de Potencia 22.9kV/7.2kV 7.5MVA-10MVA*

RESUMEN DE CARGAS							
Descripción	Ø	Tension Nom.	Corriente Nom.	Calibre de conductor	Nº de Ternas	% de Caída de Tension	Max. Corriente de Conductor
TRANSFORMADOR 22.9/7.2 KV	3	22.9 KV	196.61	350 MCM <sup>1</sup>	1	0.01%	450 A

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 7.**

*Switchgear 7200 VAC, 1250A, 3Φ, 60Hz*

RESUMEN DE CARGAS							
Descripción	Ø	Tension Nom.	Corriente Nom.	Calibre de conductor	Nº de Ternas	% de Caída de Tension	Max. Corriente de Conductor
CELDA DE LLEGADA L01	3	7200	800	300 MCM <sup>1</sup>	2	0.04%	1050 A
CARGA ENCHUFE 13KV	3	7200	480 <sup>1</sup>	300 MCM	1	0.05%	525 A
CARGA ENCHUFE 13KV	3	7200	480 <sup>1</sup>	300 MCM	1	0.05%	525 A
TRANSFORMADOR DE SS.AA.	3	7200	4.72	6 AWG <sup>2</sup>	1	0.00%	92 A

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 8.**

*Tablero de Distribución SS.AA, 230 VAC, 3Φ, 60Hz*

RESUMEN DE CARGAS							
Descripción	Ø	Tension Nom.	Corriente Nom.	Calibre de conductor	% de Caída de Tension	Max. Corriente de Conductor	OCPD Size
TABlero SS.AA.	3	230	125.51	3/0 AWG <sup>2</sup>	1.28%	200.00A	150.00A
TOMACORRIENTES INTERNOS	1	230	7.63	14 AWG	1.30%	15.00A	15.00A
ALUMBRADO DE EMERGENCIA	1	230	0.04	14 AWG	0.01%	15.00A	15.00A
TABlero CONTROL DE ILUMINACION	1	230	2.39	14 AWG	0.51%	15.00A	15.00A
ALUMBRADO INTERIOR	1	230	1.27	14 AWG	0.27%	15.00A	15.00A
TAB. DE COMUNICACIONES SUBEST.	1	230	2.84	14 AWG	0.44%	15.00A	15.00A
CARGADOR DE BATERIAS #1	3	230	23	10 AWG	1.34%	30.00A	35.00A
CARGADOR DE BATERIAS #2	3	230	23	10 AWG	1.34%	30.00A	35.00A
HVAC SUBESTACION	3	230	33	8 AWG	1.20%	50.00A	40.00A
PRESURIZADOR SUBESTACION	3	230	9.44	14 AWG	1.27%	15.00A	15.00A
CARGADOR BATERIAS SIST. HIDRAULICO	1	230	35	8 AWG	1.79%	50.00A	40.00A
SS.AA. DE CELDAS GIS	1	230	6.78	14 AWG	1.46%	15.00A	15.00A
CONTROL DE TRANF. DE POTENCIA	1	230	13	12 AWG	1.80%	20.00A	15.00A

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 9.***Tablero de Distribución 125VDC*

RESUMEN DE CARGAS							
Descripción	Ø	Tension Nom.	Corriente Nom.	Calibre de conductor	% de Caída de Tension	Max. Corriente de Conductor	OCPD Size
TABlero DISTRIB. 125VDC	1	125	40	6 AWG	2.90%	63.00A	60.00A
BANCO DE BATERIAS	1	125	13.33	12 AWG	3.28%	20.00A	30.00A
CELDA GIS H01	1	125	8.12	14 AWG	3.18%	15.00A	15.00A
CELDA GIS H02	1	125	8.12	14 AWG	3.18%	15.00A	15.00A
CELDA GIS L01	1	125	8.12	14 AWG	3.18%	15.00A	15.00A
CELDA GIS L02	1	125	8.12	14 AWG	3.18%	15.00A	15.00A
CELDA GIS L03	1	125	8.12	14 AWG	3.18%	15.00A	15.00A
CELDA GIS L04	1	125	8.12	14 AWG	3.18%	15.00A	15.00A
CONTROL TRANSFORMADOR DE POTENCIA	1	125	0.8	14 AWG	0.31%	15.00A	15.00A
TABlero DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS	1	125	4	14 AWG	1.96%	15.00A	15.00A

**Fuente:** Elaboración propia.**Tabla 10.***Tablero de Distribución 24VDC*

RESUMEN DE CARGAS							
Descripción	Ø	Tension Nom.	Corriente Nom.	Calibre de conductor	% de Caída de Tension	Max. Corriente de Conductor	OCPD Size
TABlero DISTRIB. 24VDC	1	24	40	1 AWG	4.09%	130.00A	60.00A
BANCO DE BATERIAS SH	1	24	92.99	3/0 AWG <sup>2</sup>	4.71%	200.00A	120.00A
SISTEMA DE GATAS HIDRAULICAS	1	24	83.33	3/0 AWG <sup>2</sup>	4.24%	65.00A	120.00A

**Fuente:** Elaboración Propia.

Los circuitos derivados, según las tablas, no superan una caída de tensión superior al 5 %, de acuerdo con las normas.

Se utiliza para media tensión, cable con conductor de cobre tipo MV-105, aislamiento tipo EPR o equivalente extra flexible para la alimentación de equipos y circuitos derivados de los tableros de media tensión.

Se utiliza para baja tensión, cable con conductor de cobre clase B, XHHW-2 aislamiento tipo XLPE, 600V, para la alimentación de equipos y circuitos derivados de todos los tableros de baja tensión de la sala.

Esta memoria dimensiona el calibre mínimo requerido para alimentar las cargas indicadas en cada tabla.

Para las simulaciones, se tomó la temperatura ambiente de diseño de 40°C y altitud de operación a 4200 msnm.



#### 4.4.4 Fallas eléctricas

Existen diferentes tipos de fallas que pueden ocurrir en una subestación eléctrica, entre ellas se pueden mencionar.

- **Sobrecarga:** Este tipo de falla puede ser causada por una carga excesiva en los transformadores, cables o equipos eléctricos de la subestación. Si se excede la capacidad de carga de la subestación, puede haber un aumento en la temperatura de los equipos, lo que puede llevar a su deterioro y eventualmente a su falla. Para prevenir este tipo de falla, se pueden instalar dispositivos de protección y monitoreo de carga para asegurar que la subestación no esté operando por encima de su capacidad.
- **Cortocircuito:** Un cortocircuito ocurre cuando hay una conexión directa entre dos conductores o componentes eléctricos que no deberían estar conectados. Esto puede causar una corriente eléctrica muy alta que puede dañar los equipos eléctricos de la subestación, así como los sistemas de protección. Los cortocircuitos pueden ser causados por fallas en los transformadores, cables dañados, interruptores defectuosos, entre otros. Para prevenir este tipo de falla, se utilizan sistemas de protección y dispositivos de desconexión rápida que detectan y aíslan rápidamente el cortocircuito.
- **Fallo de aislamiento:** Un fallo de aislamiento ocurre cuando el material que protege los conductores eléctricos de la subestación falla, permitiendo que la electricidad se escape de los conductores. Esto puede causar un cortocircuito o incluso una descarga eléctrica peligrosa. Las causas de este tipo de falla pueden ser diversas, como por ejemplo la humedad, la corrosión o el envejecimiento del material aislante. Para prevenir este tipo de falla, es importante realizar inspecciones regulares de los equipos de la subestación y reemplazar los materiales de aislamiento que estén en mal estado.
- **Fallas en los transformadores:** Los transformadores son componentes críticos de las subestaciones eléctricas y pueden fallar por diversas razones, como por ejemplo sobrecarga, cortocircuito, problemas de refrigeración, envejecimiento o fallos en los sistemas de protección. Los transformadores tienen un papel fundamental en la regulación del voltaje y la distribución de la energía eléctrica, por lo que una falla en ellos, puede causar una interrupción del suministro eléctrico o incluso daños a otros equipos de la subestación. Para prevenir este tipo de falla, es importante realizar inspecciones y mantenimientos regulares a los transformadores y reemplazarlos cuando sea necesario.

- Interrupción del suministro eléctrico: Este tipo de falla puede ser causada por diversas razones, como por ejemplo una falla en la red de transmisión o distribución, una interrupción en el suministro de energía a la subestación o fallos en los equipos de la subestación. Las interrupciones del suministro eléctrico pueden ser muy costosas para las empresas y los usuarios, por lo que es importante contar con sistemas de protección y mantenimiento adecuados para prevenir y solucionar este tipo de fallas.

Es importante mencionar que existen otras fallas que pueden ocurrir en una subestación eléctrica.

#### **4.4.4.1 Frecuencia**

La frecuencia con la que ocurren las fallas en las subestaciones eléctricas, depende de muchos factores, como la edad y el estado de los equipos, la calidad del mantenimiento, el entorno en el que se encuentran las subestaciones, entre otros.

En general, las subestaciones eléctricas están diseñadas para ser seguras y confiables, y se espera que funcionen correctamente durante muchos años. Sin embargo, pueden ocurrir fallas debido a varios factores, como el envejecimiento de los equipos, la falta de mantenimiento, los errores humanos, las condiciones climáticas adversas, los actos de vandalismo, entre otros.

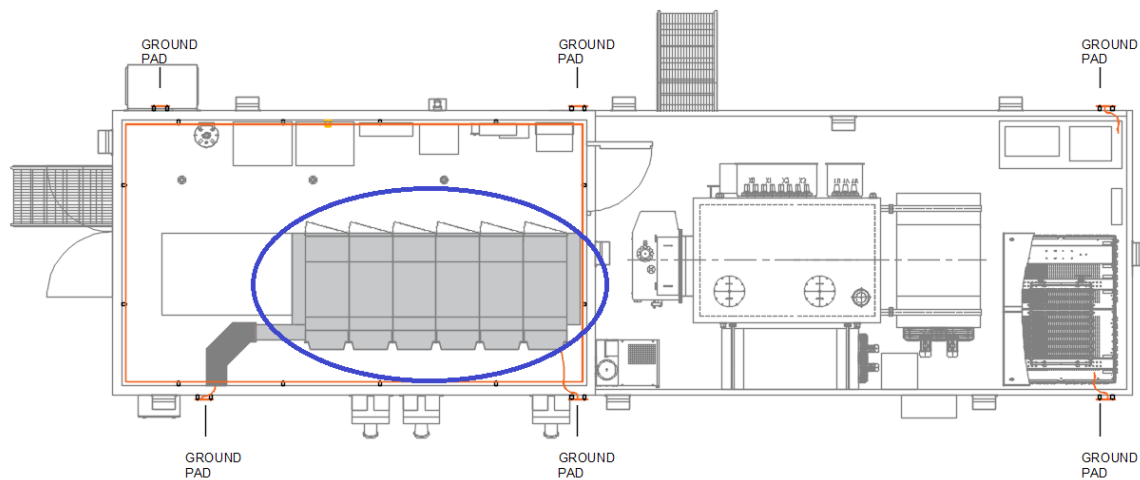
La mayoría de las empresas eléctricas realizan inspecciones y mantenimientos preventivos regularmente, para detectar y corregir posibles problemas antes de que ocurran fallas. A pesar de estas medidas de prevención, aún pueden ocurrir fallas inesperadas, por lo que las empresas eléctricas suelen tener planes de contingencia para manejar situaciones de emergencia y minimizar el tiempo de interrupción del servicio eléctrico.

En resumen, aunque la frecuencia de las fallas en las subestaciones eléctricas varía según muchos factores, es importante que las empresas eléctricas realicen inspecciones y mantenimientos preventivos regulares, para minimizar el riesgo de fallas y mantener un suministro eléctrico confiable para sus clientes.

#### **4.4.4.2 Fallas que derivan en posibles incendios**

Las subestaciones eléctricas tienen el potencial de sufrir fallas que pueden derivar en un incendio. Algunas de las fallas más comunes que pueden provocar un incendio en una subestación eléctrica incluyen:

- Sobrecalentamiento: Las sobrecargas eléctricas pueden provocar el sobrecalentamiento de los equipos, lo que puede desencadenar un incendio.
- Fallos en los transformadores: Los transformadores son componentes clave en las subestaciones eléctricas, y los fallos en los mismos como cortocircuitos, pueden provocar incendios.
- Problemas en los interruptores: Los interruptores de las subestaciones eléctricas se utilizan para controlar y proteger los circuitos eléctricos. Si un interruptor falla, puede provocar una descarga eléctrica que podría generar un incendio.
- Problemas en los conductores: Los conductores eléctricos pueden fallar por diversas razones, como la corrosión, el desgaste y la fatiga del material. Si un conductor falla y provoca un arco eléctrico, puede generar un incendio.
- Problemas en el sistema de refrigeración: Muchos equipos de las subestaciones eléctricas, como los transformadores, requieren sistemas de refrigeración para evitar el sobrecalentamiento. Si el sistema de refrigeración falla, el equipo puede sobrecalentarse y provocar un incendio.



**Figura 53.** Zonas Propensas a ocasionar incendios.  
**Fuente:** Elaboración propia.

En general, las fallas eléctricas pueden ser peligrosas y pueden desencadenar incendios en las subestaciones eléctricas. Es importante que las empresas eléctricas implementen medidas de seguridad y mantenimiento adecuadas para prevenir y detectar posibles problemas antes de que se conviertan en incendios.

**Tabla 11.***Fallas comunes y su riesgo de incendio*

Fallas comunes	Riesgo de incendio
<b>Sobrecalentamiento de equipos</b>	Alto
<b>Fallos en los transformadores</b>	Alto
<b>Problemas en los interruptores</b>	Alto
<b>Problemas en los conductores eléctricos</b>	Alto
<b>Problemas en el sistema de refrigeración</b>	Alto

*Fuente:* Elaboración Propia.

#### 4.4.4.3 Fallas en el aceite del transformador

Las fallas en el aceite de un transformador eléctrico pueden indicar problemas en el funcionamiento del transformador. El aceite de los transformadores eléctricos se utiliza para enfriar y aislamiento eléctrico, por lo que cualquier falla en el aceite puede tener consecuencias graves en el funcionamiento del transformador. Algunas de las fallas más comunes en el aceite de los transformadores eléctricos incluyen:

**Tabla 12.***Fallas comunes en el aceite de un transformador y sus consecuencias*

Fallas comunes en el aceite	Consecuencias
<b>Contaminación</b>	Reducción de la capacidad de disipación del calor, disminución de la resistencia dieléctrica y aceleración del envejecimiento del aislamiento.
<b>Oxidación</b>	Reducción de la vida útil del aceite, disminución de la resistencia dieléctrica y producción de compuestos corrosivos que pueden dañar los componentes del transformador.
<b>Pérdida de propiedades dieléctricas</b>	Descarga eléctrica que puede dañar el transformador y generar un incendio.
<b>Presencia de gases</b>	Problemas en la función del aislamiento y aumento de la presión en el interior del transformador.

*Fuente:* Elaboración Propia.

En resumen, las fallas en el aceite de un transformador eléctrico, pueden ser un indicativo de problemas graves en su funcionamiento. Por ello, es importante que los transformadores eléctricos sean sometidos a un mantenimiento regular, y que el aceite sea inspeccionado y probado periódicamente para detectar y corregir cualquier problema antes de que se convierta en una falla costosa y peligrosa.

#### 4.4.4.4 Predicción de fallas

La predicción de fallas eléctricas en una subestación móvil puede ser un desafío, ya que estas instalaciones están diseñadas para ser transportadas y operadas en diversos lugares, lo que significa que están expuestas a diferentes condiciones ambientales y de operación.

Sin embargo, existen algunas técnicas y herramientas que se pueden utilizar para predecir y evitar posibles fallas eléctricas en una subestación móvil.

A continuación, se presenta un cuadro con las técnicas y herramientas que se pueden utilizar para predecir y evitar fallas eléctricas en una subestación móvil:

**Tabla 13.**

*Técnicas y herramientas para prevenir fallas en una subestación móvil.*

Técnicas y herramientas para prevenir fallas	Descripción
<b>Monitoreo continuo</b>	La medición constante de variables eléctricas y mecánicas como la corriente, el voltaje, la temperatura y la vibración para detectar cambios en las condiciones de operación que puedan indicar una posible falla.
<b>Análisis de datos</b>	La recopilación y análisis de datos históricos y en tiempo real para identificar patrones de fallas y mejorar la eficacia de las técnicas de prevención.
<b>Mantenimiento preventivo</b>	La realización regular de mantenimiento preventivo, incluyendo la inspección, limpieza y lubricación de componentes, para prevenir fallas antes de que ocurran.
<b>Sistemas de protección</b>	La implementación de sistemas de protección, como interruptores de circuito y fusibles, para prevenir daños en la subestación móvil en caso de falla eléctrica.

*Fuente:* Elaboración Propia.

Es importante tener en cuenta que estas técnicas y herramientas son solo algunos ejemplos de las posibles medidas preventivas que se pueden tomar, para predecir y evitar fallas eléctricas en una subestación móvil. La combinación de estas técnicas y herramientas con un mantenimiento adecuado y la atención a las condiciones ambientales y de operación, puede ayudar a garantizar el rendimiento seguro y confiable de la subestación móvil.

#### 4.4.5 Tipos de Ignición en el Motivator

En una subestación eléctrica móvil, algunos de los tipos de ignición que se pueden dar son:

**Tabla 14.**

*Tipos de ignición, causa, riesgo en una subestación eléctrica móvil*

Tipo de ignición	Causa	Riesgos
<b>Ignición por chispa</b>	Cortocircuitos, fallos de aislamiento, descargas eléctricas	Generación de chispas eléctricas y riesgo de incendio
<b>Ignición por sobrecalentamiento</b>	Mal funcionamiento de ventiladores, problemas en el sistema de enfriamiento, carga eléctrica excesiva	Altas temperaturas y riesgo de incendio
<b>Ignición por fallo en transformadores</b>	Sobrecarga, cortocircuitos, problemas de aislamiento	Altas temperaturas y riesgo de incendio
<b>Ignición por arco eléctrico</b>	Descarga eléctrica en un gas conductor, como el aire	Alta temperatura y riesgo de incendio en cualquier equipo eléctrico

**Fuente:** Elaboración propia.

Es importante tener en cuenta que, cada subestación eléctrica móvil puede presentar sus propias condiciones y riesgos específicos, y se deben tomar medidas preventivas adecuadas para evitar cualquier tipo de ignición y asegurar un funcionamiento seguro y confiable de la subestación eléctrica.

#### **4.4.5.1 Tipo de Humo**

En el incendio de una subestación eléctrica móvil, los tipos de humo que se pueden dar dependerán del tipo de materiales que estén ardiendo y de la fuente del fuego. Algunos de los tipos de humo que se pueden dar en el incendio de una subestación eléctrica móvil son:

- Humo negro: Este tipo de humo se produce cuando los materiales orgánicos presentes en la subestación, como el papel o el plástico, arden en el incendio.
- Humo gris: El humo gris se produce cuando se queman materiales sintéticos, como cables eléctricos, interruptores y otros componentes de la subestación eléctrica móvil.
- Humo azul: Este tipo de humo puede generarse cuando se queman materiales que contienen metales pesados, como los transformadores.

Es importante tener en cuenta que el humo generado durante un incendio de subestación eléctrica móvil puede ser peligroso debido a la presencia de sustancias químicas tóxicas, como los gases emitidos por los materiales plásticos o los humos de los transformadores. Es fundamental tomar medidas de precaución adecuadas para minimizar los riesgos de inhalación de humo y exposición a sustancias tóxicas.

#### **4.4.5.2 Tipo de Flama**

En el incendio de una subestación eléctrica móvil, los tipos de flama que se pueden dar dependerán del tipo de materiales que estén ardiendo y de la fuente del fuego. Algunos de los tipos de flama que se pueden dar en el incendio de una subestación eléctrica móvil son:

- Flama amarilla: Puede producirse cuando se quema el aislamiento de los cables eléctricos o materiales plásticos que se utilizan en la subestación.
- Flama azul: Puede producirse cuando se queman los materiales sintéticos, como los plásticos y otros componentes de la subestación eléctrica móvil.
- Flama blanca: Puede producirse cuando se queman los aceites dieléctricos o los fluidos refrigerantes utilizados en los transformadores.

Es importante tener en cuenta que cualquier tipo de flama en un incendio de subestación eléctrica móvil, puede ser peligrosa debido a la presencia de electricidad y sustancias químicas tóxicas. Es fundamental tomar medidas de precaución adecuadas para minimizar los riesgos de propagación del fuego y exposición a sustancias tóxicas.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

#### **5.1 RESULTADOS FINALES DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS**

##### **5.1.1 Evaluación de la importancia del consumo eléctrico**

Es importante saber que los Motivators que alimentan las palas eléctricas, son de vital importancia para su funcionamiento; su capacidad móvil es debido al movimiento que realizará la pala a través de su trabajo, en a unidad minera se trabajan con las palas de Komatsu.

El consumo eléctrico de una pala minera depende de varios factores, como el tamaño de la pala, la capacidad de la batería, la eficiencia energética y la carga de trabajo.

En general, las palas mineras eléctricas modernas, tienen una capacidad de batería que puede variar entre 200 kWh a más de 1000 kWh, lo que les permite trabajar durante varias horas antes de necesitar una recarga.

El consumo eléctrico específico de una pala minera, puede variar significativamente en función de la capacidad de la batería y la eficiencia energética del modelo específico. Sin embargo, algunos fabricantes de palas mineras eléctricas, informan que sus modelos tienen un consumo eléctrico promedio de alrededor de 0.4 kWh por tonelada de material movido.

Es importante tener en cuenta que el consumo eléctrico de una pala minera también puede verse afectado por factores externos, como la topografía del sitio de trabajo y las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad.

La minera Las Bambas, utiliza principalmente palas eléctricas de cable de la marca Komatsu para llevar a cabo sus operaciones mineras. En particular, la compañía utiliza el modelo PC8000-6, que es una pala de gran capacidad diseñada para trabajos mineros de alta producción.

La pala eléctrica de cable Komatsu PC8000-6, tiene una capacidad nominal de carga de 42 toneladas métricas y está diseñada para operar en minas a cielo abierto. Está

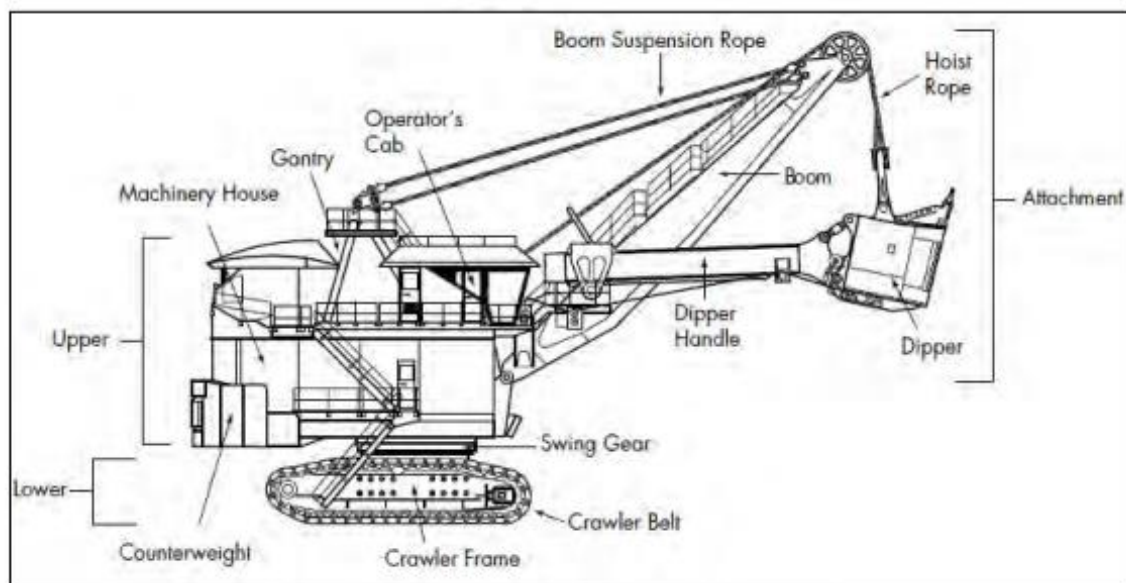


equipada con un motor eléctrico de alta potencia que se alimenta mediante un cable de acero y puede ser controlada por un operador desde una cabina de mando.

Además de su capacidad de carga, la pala eléctrica de cable Komatsu PC8000-6 tiene características avanzadas de seguridad y eficiencia, incluyendo sistemas de monitoreo y control remoto, sistemas de frenado y sistemas de gestión de energía. Todo esto contribuye a garantizar una operación segura y eficiente en las operaciones mineras de Las Bambas.

Las palas están equipadas con seis motores, los cuales son los más importantes un motor Hoist que se utiliza para subir y bajar el balde; un motor Crawler, que se usa para los movimientos empuje y recoge; dos motores Swing, que son para realizar el giro de la parte superior de la máquina, y finalmente dos motores de propulsión, cada uno se utiliza para trasladar la pala de un sitio a otro.

Se observa en la siguiente imagen la ubicación principal de los motores de la pala.



**Figura 54.** Partes de una pala Eléctrica.

**Fuente:** Komatsu Mining Inc.

A continuación, se muestra un resumen de los consumos máximo que se podrían presentar en una pala Eléctrica.

**Tabla 15.***Consumo Máximo Eléctrico por Sub Estación*

Unidad	Sub Unidad	Cantidad	Hp	KW	Total en KW
	Hoist	1	2 600	1 938.82	1 938.82
Pala minera	Crowd	1	700	521.99	521.99
	Swing	2	500	372.85	745.7
	Crowd	2	700	521.99	1 043.98
Perforadora	Perforadoras	2	1 200	894.84	1 789.68
				Total	6 040.17

**Fuente:** Elaboración Propia.

Como dato importante, se debe tomar en cuenta que la producción por solo una pala por hora puede fácilmente, alcanzar las 6 000 toneladas, Según el informe anual de 2020 de MMG Limited el costo de tonelada en la mina Las Bambas en 2020, habría sido de alrededor de 3 217 dólares estadounidenses por tonelada, lo que implicaría que, si la pala se detiene por una, hora el costo sería de aproximadamente 19 000 dólares.

### 5.1.2 Establecimiento de las bases para el plan de mantenimiento

Para empezar a establecer los estándares en el que se basan los planes de mantenimiento, se tomaron tres bases fundamentales.

- Recomendación del fabricante.
- Normativa legal.
- Normas NFPA.

A continuación, se muestra una recopilación de la parte legal que incluye.

**Tabla 16.**

*Matriz de identificación de requisitos legales*

<b>MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE REQUISITOS LEGALES</b>						
<b>FECHA DE ACTUALIZACIÓN</b>		<b>24/02/2021</b>				
<b>Nº</b>	<b>Referencial (R)/ Obligatorio (O)</b>	<b>TIPO DE NORMA</b>	<b>Nº DE NORMA LEGAL</b>	<b>NOMBRE Y Nº DEL REQUISITO LEGAL Y OTROS REQUISITOS</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>AMBITO DE APLICACIÓN</b>
55	O	Decreto Supremo	D.S 047-2001-MTC	Establecen Límites Máximos Permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial.	Medio Ambiente	SGA
56	O	Resolución Directoral	R.D.Nº 048-2017-INACAL/DN	Aprueban Normas Técnicas Peruanas versión 2017 referentes a Extintores Portátiles y otros	Calidad	SGC
57	O	Norma Técnica Peruana	NTP 350.062-1:2017	Extintores portátiles: Métodos de ensayos para calificar la capacidad o potencial de extinción. Parte 1: Fuegos Clase A. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 350.062-1:2012	Calidad / Seguridad	SGC / SGSST
58	O	Norma Técnica Peruana	NTP 350.062-2:2017	Extintores portátiles: Métodos de ensayos para calificar la capacidad o potencial de extinción. Parte 2: Fuegos Clase B. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 350.062-2:2012	Calidad / Seguridad	SGC / SGSST
59	O	Norma Técnica Peruana	NTP 350.062-3:2017	Extintores portátiles: Métodos de ensayos de conductividad eléctrica. Parte 3: Fuegos Clase C. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 350.062-3:2012	Calidad / Seguridad	SGC / SGSST
60	O	Norma Técnica Peruana	NTP 350.062-4:2017	Extintores portátiles: Métodos de ensayos de capacidad o potencial de extinción. Parte 4: Fuegos Clase D. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 350.062-4:2012	Calidad / Seguridad	SGC / SGSST
61	O	Norma Técnica Peruana	NTP 350.062-5:2017	Extintores portátiles: Métodos de ensayos para calificar la capacidad o potencial de extinción de fuegos en grasas y aceites de cocina. Parte 5: Fuegos Clase K. 1ª Edición	Calidad / Seguridad	SGC / SGSST
62	O	Norma Técnica Peruana	NTP 833.030:2017	Extintores portátiles: Servicio de inspección, mantenimiento, recarga y prueba hidrostática. Rotulado. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 833.030:2012	Calidad / Seguridad	SGC / SGSST
63	O	Norma Técnica Peruana	NTP 833.026-1:2017	Extintores portátiles: Servicio de mantenimiento y recarga. Parte 1: Requisitos de equipamiento. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 833.026-1:2012	Calidad / Seguridad	SGC / SGSST
64	O	Norma Técnica Peruana	NTP 350.021:2017	Clasificación de los fuegos y su representación gráfica. 4ª Edición Reemplaza a la NTP 350.021:2012	Seguridad	SGSST
65	O	Norma Técnica Peruana	NTP 350.026:2017	Extintores portátiles manuales de polvo químico seco. Requisitos. 2ª Edición Reemplaza a la NTP 350.026:2007	Calidad / Seguridad	SGC / SGSST
66	O	Norma Técnica Peruana	NTP 350.037:2017	Extintores portátiles sobre ruedas de polvo químico seco. Requisitos. 2ª Edición Reemplaza a la NTP 350.037:2007	Calidad / Seguridad	SGC / SGSST
67	O	NFPA	NFPA 10 2018	Norma para extintores portátiles de incendios	Calidad / Seguridad	SGC / SGSST

**Fuente:** Matriz de identificación de requisitos legales. Biblioteca Fireno SAC.

### **5.1.3 Estandarización de plan de mantenimiento**

Uno de los resultados más resaltantes dentro de las actividades profesionales realizadas, fue la estandarización de los planes de mantenimiento. Este resultado es importante debido a su relevancia en el marco de la implementación de los KPI para el mantenimiento de los sistemas contra incendio, pues sin un plan de mantenimiento estandarizado, es imposible implementar mejoras a partir de un análisis objetivo del estado actual, así como proyectar objetivos a corto, mediano y largo plazo.

De primera mano se logró realizar un historial de fallas, el cual sirvió como partida para el desarrollo de los planes de mantenimiento, los cuales incluyen tareas específicas, tiempo de intervención, recomendaciones, frecuencia y periodicidad, se tomaron en cuenta las recomendaciones de los fabricantes de los diferentes dispositivos involucrados en el diseño de los sistemas contra incendio; También se tomó en cuenta las condiciones de operación, criticidad de los equipos eléctricos dentro del contexto de la operación minera, para ello se determinó las características especiales de dichos equipos sujetos a evaluación.

Otra tarea implícita en la estandarización de los planes de mantenimiento, fue la identificación y desarrollo del catálogo equipos, piezas y materiales involucrados en el sistema de detección, alarma y extinción contra incendios, de tal manera que, llegado el momento de su reemplazo según el plan de mantenimiento desarrollado, este pueda estar disponible en el almacén.

### **5.1.4 Creación de tareas específicas**

Se evaluó los desempeños anteriores, los protocolos y los resultados alcanzados hasta entonces, también se identificó tareas faltantes para establecer las prácticas y crear tareas específicas que garanticen el correcto desarrollo de los mantenimientos.

**Tabla 17.**

*Lista de tareas de inspección visual del sistema de detección y extinción automática MOTIVATOR 3516C-HD*

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE REQUISITOS LEGALES						
FECHA DE ACTUALIZACIÓN		24/02/2021				
Nº	Referencial (R)/ Obligatorio (O)	TIPO DE NORMA	Nº DE NORMA LEGAL	NOMBRE Y Nº DEL REQUISITO LEGAL Y OTROS REQUISITOS	COMPONENTE	AMBITO DE APLICACIÓN
55	O	Decreto Supremo	D.S 047-2001-MTC	Establecen Límites Máximos Permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial.	Medio Ambiente	SGA
56	O	Resolución Directoral	R.D.Nº 048-2017-INACAL/DN	Aprueban Normas Técnicas Peruanas versión 2017 referentes a Extintores Portátiles y otros	Calidad	SGC
57	O	Norma Técnica Peruana	NTP 350.062-1:2017	Extintores portátiles: Métodos de ensayos para calificar la capacidad o potencial de extinción. Parte 1: Fuegos Clase A. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 350.062-1:2012	Calidad / Seguridad	SGC / SGSST
58	O	Norma Técnica Peruana	NTP 350.062-2:2017	Extintores portátiles: Métodos de ensayos para calificar la capacidad o potencial de extinción. Parte 2: Fuegos Clase B. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 350.062-2:2012	Calidad / Seguridad	SGC / SGSST
59	O	Norma Técnica Peruana	NTP 350.062-3:2017	Extintores portátiles: Métodos de ensayos de conductividad eléctrica. Parte 3: Fuegos Clase C. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 350.062-3:2012	Calidad / Seguridad	SGC / SGSST
60	O	Norma Técnica Peruana	NTP 350.062-4:2017	Extintores portátiles: Métodos de ensayos de capacidad o potencial de extinción. Parte 4: Fuegos Clase D. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 350.062-4:2012	Calidad / Seguridad	SGC / SGSST
61	O	Norma Técnica Peruana	NTP 350.062-5:2017	Extintores portátiles: Métodos de ensayos para calificar la capacidad o potencial de extinción de fuegos en grasas y aceites de cocina. Parte 5: Fuegos Clase K. 1ª Edición	Calidad / Seguridad	SGC / SGSST
62	O	Norma Técnica Peruana	NTP 833.030:2017	Extintores portátiles: Servicio de inspección, mantenimiento, recarga y prueba hidrostática. Rotulado. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 833.030:2012	Calidad / Seguridad	SGC / SGSST
63	O	Norma Técnica Peruana	NTP 833.026-1:2017	Extintores portátiles: Servicio de mantenimiento y recarga. Parte 1: Requisitos de equipamiento. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 833.026-1:2012	Calidad / Seguridad	SGC / SGSST
64	O	Norma Técnica Peruana	NTP 350.021:2017	Clasificación de los fuegos y su representación gráfica. 4ª Edición Reemplaza a la NTP 350.021:2012	Seguridad	SGSST
65	O	Norma Técnica Peruana	NTP 350.026:2017	Extintores portátiles manuales de polvo químico seco. Requisitos. 2ª Edición Reemplaza a la NTP 350.026:2007	Calidad / Seguridad	SGC / SGSST
66	O	Norma Técnica Peruana	NTP 350.037:2017	Extintores portátiles sobre ruedas de polvo químico seco. Requisitos. 2ª Edición Reemplaza a la NTP 350.037:2007	Calidad / Seguridad	SGC / SGSST
67	O	NFPA	NFPA 10 2018	Norma para extintores portátiles de incendios	Calidad / Seguridad	SGC / SGSST

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 18.**

*Frecuencia de pruebas del sistema de detección, alarma y extinción contra incendios del MOTIVATOR 3516C-HD*

FRECUENCIA DE PRUEBAS DEL SISTEMA							
EQUIPO	ACTIVIDAD	COMPONENTE	FRECUENCIA				
			SEMANAL	1M	3M	6M	12M
SUMINISTRO MOTIVATOR	Pruebas de señal de falla, a la apertura del suministro de energía principal.	PANEL DE CONTROL					X
	Pruebas de señal de falla, a la apertura del suministro de energía secundaria						X
	Pruebas de señal de falla, a la apertura del circuito de falla a tierra						X
	Verificar la correcta recepción de las señales de alarma, de supervisión y de falla						X
	Verificar la recepción de la señal de supervisión	SEÑAL DE FALLA DEL PANEL DE CONTROL DE ALARMA DE INCENDIOS	X				X
	Verificar la recepción de la señal de falla al desactivar el interruptor de desconexión/mantenimiento						X
	Desactivar el suministro de energía AC, y verificar la recepción de la señal de falla		X				X
	Pruebas de Voltaje de carga	BATERÍAS					X
	Pruebas del cargador						X
	Pruebas de descarga (30min)						X
	Activación o simulación de los equipos de alarma y supervisión	EQUIPO INTERFAZ					X
	Verificar la respuesta de alarma en el panel de control	DETECTOR DE HUMO Y CALOR					X
	Verificar que se produzca la secuencia						X
	Verificar el estado del led indicador y la señal de alarma en el panel de control.	ESTACIONES MANUALES DE ALARMA					X
	Verificar el estado normal del led indicador						X
	verificar la recepción de la señal obtenida cuando la presión requerida aumente o disminuye en un máximo de 10psi con respecto al nivel de presión requerido	INTERRUPTOR DE ALTA O BAJA PRESION					X
	Desconectar el dispositivo de control del circuito de liberación de solenoide, y verificar la recepción de la señal de supervisión en el panel de control	INTERRUPTOR DE DESCONEXION					X
	Debe ser operado de manera mecánica o eléctrica y la recepción de la señal por parte del panel de control de alarmas debe ser verificada	ACTUADOR DE IMPULSO DIRECTO					X
	Activación de un dispositivo de iniciación y seguir la secuencia lógica de programación						X
	Retirar el pin del actuador y accionar la	BOQUILLAS DE DESCARGA					X
	Verificar la operatividad de las boquillas de descarga						X
	Activarán los dispositivos de iniciación (detectores y estaciones manuales) siguiendo la lógica de programación, y se verificará la activación de cada sirena con luz estroboscópica		APARATOS DE NOTIFICACION				
	Medir los niveles de presión sonoros de cada sirena, para verificar que cumplan con la notificación de alarma, según los requerimiento mínimos de la NFPA 72-Capitulo 18						X
	Verificar que la notificación audible sea distinguible y comprensible, cuando se						X
	Activación de dos dispositivos de iniciación automáticos o un dispositivo de iniciación manual, siguiendo la secuencia lógica de programación. Vverificará la recepción de la señal de control en el panel	CONTROL DE ACTIVACION DE HVAC /DAMPER					X
	Pobrar con un voltímetro/ohmímetro todos los conductores eléctricos del circuito SLC, NAC y	CONDUCTORES ELECTRICOS					X
	Verificar que los voltajes perdidos máximos permitidos no deben exceder de 1% voltios en AC						X
	Probar que todos los conductores para verificar que su aislamiento a tierra este en conformidad con las especificaciones técnicas del fabricante						X
	Pruebas de resistencia del circuito iniciador						X

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 19.**

*Lista de equipos en el sistema de detección y alarma que conforman el sistema de Detección y Alarma de Incendio*

Item	Descripción	Marca	N Parte	Unidad	Cant. Ing
<b>1,00,00</b>	<b>SISTEMA DE DETECCIÓN</b>				
<b>1,01,00</b>	<b>Paneles y fuentes</b>				
1,01,01	4007ES Hybrid FACP, 240V, Red	Simplex	4007-9101	un.	1.00
1,01,02	Dual RS232	Simplex	4007-9812	un.	1.00
1,01,03	Nac Extender	Simplex	4009-9301	un.	1.00
1,01,04	12V 12.7AH 5.95"LX3.86"DX3.7"H	Simplex	NP12-12	un.	4.00
<b>1,02,00</b>	<b>Detectores</b>				
1,02,01	Detector doble tecnología	Simplex	4098-9754	un.	5.00
1,02,02	SSD Sensor Base	Simplex	4098-9792	un.	5.00
1,02,03	Detector de monóxido	MACURCO	EX-CO-250P-O-M	un.	1.00
<b>1,03,00</b>	<b>Modulos de monitoreo y sirena</b>				
1,03,01	IAM Supervised IdNet	Simplex	4090-9001	un.	3.00
1,03,02	Bracket, IAM	Simplex	4090-9810	un.	3.00
1,03,03	IAM Relay IdNet	Simplex	4090-9002	un.	6.00
1,03,04	Panel de Módulos de 380x600x210	Rittal	AE 1038.500	un.	1.00
1,03,05	Sirena con luz estroboscópica Weatherproof	Simplex	4096-9131	un.	6.00
1,03,06	Wall Mount Weatherproof Boxes	Simplex	49WPBB-AVVOWR	un.	6.00
<b>1,04,00</b>	<b>Accesorios Sistema Agente Limpio - Detección</b>				
1,04,01	IAM Supervised IdNet	Simplex	4090-9001	un.	6.00
1,04,02	Bracket, IAM	Simplex	4090-9810	un.	6.00
1,04,03	2 Amperes Coil Supervisory Module	Simplex	2081-9046	un.	2.00
1,04,04	Suppression Release Peripheral with Enclourse	Simplex	4090-9006	un.	2.00
1,04,05	Maintenance Switches with Disconnect Indicator Lamp	Simplex	2080-9060	un.	2.00
1,04,06	Addressable Dual Action Push/Pull Station / Led / No Logo	Simplex	4099-9015	un.	2.00
1,04,07	Stopper II with Horn and Spacer, Red	STI	STI-1130	un.	2.00
1,04,08	Release Kit Label	Simplex	4099-9802	un.	2.00
1,04,09	Abort Switch / Surface	Simplex	2080-9057	un.	2.00
1,04,10	IAM Supervised IdNet	Simplex	4090-9001	un.	2.00
1,04,11	Bracket, IAM	Simplex	4090-9810	un.	2.00
1,04,12	Cover, IAM, SG, Surface	Simplex	4090-9807	un.	2.00

**Fuente:** Elaboración propia.

Esta tabla se elaboró al igual que las anteriores para el proyecto “Motivator Las Bambas – Sistema Contra Incendios”, ubicada en la mina LAS BAMBAS.



**Tabla 20.**

*Lista de materiales en el sistema de detección y alarma que conforman el sistema de Detección y Alarma de Incendio.*

Item	Descripción	Marca	N Parte	Unidad	Cant
<b>1.00.00</b>	<b>SISTEMA DE DETECCIÓN</b>				
<b>1.01.00</b>	<b>Materiales</b>				
1.01.01	TUBO CONDUIT 3/4" Ø IMC	-----	-----	m.	60.00
1.01.02	TUBO CONDUIT FLEXIBLE 3/4" Ø CON FORRO DE PVC	-----	-----	m.	15.00
1.01.03	CONECTOR CONDUIT LIQUID TIGHT RECTO DE 3/4"	-----	-----	Pza.	82.00
1.01.04	UNION DE 3/4" Ø PARA TUB. IMC	-----	-----	Pza.	6.00
1.01.05	CAJA CONDULET TIPO C 3/4" (c/tapa y empaq.)	-----	-----	Pza.	2.00
1.01.06	CAJA CONDULET TIPO LB 3/4" (c/tapa y empaq.)	-----	-----	Pza.	2.00
1.01.07	CAJA CONDULET TIPO LL 3/4" (c/tapa y empaq.)	-----	-----	Pza.	10.00
1.01.08	CAJA CONDULET TIPO LR 3/4" (c/tapa y empaq.)	-----	-----	Pza.	15.00
1.01.09	CAJA CONDULET TIPO T 3/4" (c/tapa y empaq.)	-----	-----	Pza.	17.00
1.01.10	CAJA SIMPLE GANG 3-3/4 X 2" DEEP	-----	-----	Pza.	6.00
1.01.11	CAJA DOBLE GANG 4-3/4 X 2" DEEP	-----	-----	Pza.	14.00
1.01.12	CAJA DOBLE GANG 6-3/4 X 2" DEEP	-----	-----	Pza.	2.00
1.01.13	TAPA CIEGA CAJA DOBLE GANG	-----	-----	Pza.	16.00
1.01.14	CAJA CIRCULAR WEATHERPROOF - 5 X 3/4"	-----	-----	Pza.	5.00
1.01.15	TAPA CAJA CIRCULAR WEATHERPROOF	-----	-----	Pza.	5.00
1.01.16	Cable 2 cond. 16 AWG. Sólido tipo FPLP Unshielded	-----	-----	m.	74.00
1.01.17	Cable 2 cond. 14 AWG. Sólido tipo FPLP Unshielded	-----	-----	m.	98.00
1.01.18	CABLE THHN 12 AWG 600VCA. AISLAMIENTO PVC Blanco	-----	-----	m.	22.00
1.01.19	CABLE THHN 12 AWG 600VCA. AISLAMIENTO PVC Negro	-----	-----	m.	22.00
1.01.20	CABLE THHN 12 AWG 600VCA. AISLAMIENTO PVC Rojo	-----	-----	m.	22.00
1.01.21	CABLE THHN 14 AWG 600VCA. AISLAMIENTO PVC Negro	-----	-----	m.	21.00
1.01.22	CABLE THHN 14 AWG 600VCA. AISLAMIENTO PVC Rojo	-----	-----	m.	21.00
1.01.23	CONTRATUERCA P/TUBO CONDUIT 3/4"	-----	-----	Pza.	9.00
1.01.24	TUERCA BUSHING 3/4"	-----	-----	Pza.	9.00
1.01.25	PERNO HEXAGONAL CON RANURA GRADO 8 DE 1/4" X 1"	-----	-----	Pza.	53.00
1.01.26	PERNO HEXAGONAL CON RANURA GRADO 8 DE 3/8" X 1"	-----	-----	Pza.	14.00
1.01.27	PERNO AUTOPERFORANTE DE 1/4" X 1"	-----	-----	Pza.	266.00
1.01.28	ARANDELA DE PRESION DE 1/4"	-----	-----	Pza.	55.00
1.01.29	ARANDELA DE PRESION DE 3/8"	-----	-----	Pza.	14.00
1.01.30	ARANDELA PLANA DE 1/4" METALICA	-----	-----	Pza.	53.00
1.01.31	ARANDELA PLANA DE 3/8" METALICA	-----	-----	Pza.	14.00
1.01.35	ABRAZADERA PARA CANAL METALICO DE 3/4"	-----	-----	Pza.	114.00
1.01.36	CANAL METALICO 41 x 41mm - Liso	-----	-----	m.	16.00
1.01.37	TUERCA CON RESORTE LARGO DE 1/4"	-----	-----	Pza.	9.00
1.01.38	TUERCA CON RESORTE LARGO DE 3/8"	-----	-----	Pza.	14.00
1.01.39	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 2 X 16A	-----	-----	Pza.	2.00

**Fuente:** Elaboración propia.



**Tabla 21.**

*Lista de Equipos que conforman el Sistema de Extinción por Agente Limpio FM-200*

<b>1,00,00</b>	<b>SISTEMA AGENTE LIMPIO FM-200 (Celdas de Tensión)</b>				
<b>1,01,00</b>	<b>Cilindro FM200 (Celda de Tensión), incluye;</b>				
1,01,01	Tank, 16 L- Specify Fill: 18 - 35 lb	Ansul	442873	un.	1.00
1,01,02	Solenoid, Electric, Removable, 24 vold (0.2 amp)	Ansul	570537	un.	1.00
1,01,03	FM-200 Agent for Container Fill (Price per Pound)	Ansul	570036	kg.	11.00
<b>1,02,00</b>	<b>Swirch de baja presion Tanque;</b>				
1,02,01	Cylinder Low Pressure Switch	Ansul	570585	un.	1.00
<b>1,03,00</b>	<b>Switch de descarga Tanque;</b>				
1,03,01	Discharge Pressure Switch	Ansul	437900	un.	1.00
<b>1,04,00</b>	<b>Boquillas de descarga, incluye;</b>				
1,04,01	Nozzle, Brass, Drilled (3.6 mm) - 360 Degree (8 Port)- Nozzle Área 81.43 mm2	Ansul	442911	un.	1.00
<b>1,05,00</b>	<b>Información, incluye;</b>				
1,05,01	Señales de descarga, aborto, alarma, instrucciones	Ansul	-----	un.	1.00
<b>1,06,00</b>	<b>Otros necesarios para el sistema de supresión;</b>				
1,06,01	Tank Bracket Assembly (Fits 8 to 32 lb. Tanks)	Ansul	570085	un.	2.00
1,06,02	Single-Tank Swivel Adaptor, 1 in.	Ansul	570557	un.	1.00
1,06,03	Actuator Placement Indicator Switch	Ansul	441871	un.	1.00
1,06,04	Local Manual Actuator	Ansul	570549	un.	1.00
1,06,05	Actuation Hose, 32 in. (812 mm), 1/4 in. NPT x 7/16-20 in.	Ansul	415142	un.	1.00
1,06,06	Flexible Discharge Hose, 1 in.	Ansul	570539	un.	1.00
1,06,07	Male Straight Connector, 7/16 - 20 x 1/4 in. NPT	Ansul	32338	un.	2.00
1,06,08	Male Elbow, 7/16-20 x 1/4 in. NPT	Ansul	31810	un.	2.00
1,06,09	Válvula de alivio de seguridad	Ansul	15677	un.	1.00
<b>2,00,00</b>	<b>SISTEMA AGENTE LIMPIO FM-200 (Generador Eléctrico)</b>				
<b>2,01,00</b>	<b>Cilindro FM200 (Generador Eléctrico), incluye;</b>				
2,01,01	Tank, 52 L- Specify Fill: 58 - 114 lb	Ansul	442875	un.	1.00
2,01,02	Solenoid, Electric, Removable, 24 vold (0.2 amp)	Ansul	570537	un.	1.00
2,01,03	FM-200 Agent for Container Fill (Price per Pound)	Ansul	570036	kg.	36.00
<b>2,02,00</b>	<b>Swirch de baja presion Tanque;</b>				
2,02,01	Cylinder Low Pressure Switch	Ansul	570585	un.	1.00
<b>2,03,00</b>	<b>Switch de descarga Tanque;</b>				
2,03,01	Discharge Pressure Switch	Ansul	437900	un.	1.00
<b>2,04,00</b>	<b>Boquillas de descarga, incluye;</b>				
2,04,01	Nozzle, Brass, Drilled (5.1mm.) - 180 Degree (7 Port)- Nozzle Área 143.00 mm2	Ansul	442912	un.	1.00
2,04,01	Nozzle, Brass, Drilled (5.6 mm.) -360 Degree (8 Port)- Nozzle Área 197.04 mm2	Ansul	442912	un.	1.00
<b>2,05,00</b>	<b>Información, incluye;</b>				
2,05,01	Señales de descarga, aborto, alarma, instrucciones	Ansul	-----	un.	1.00

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 22.**

*Lista de Materiales que conforman el Sistema de Extinción por Agente Limpio FM-200*

Item	Descripción	Marca	N Parte	Unidad	Cantidad
<b>1,00,00</b>	<b>SALA DE CELDAS ELÉCTRICAS</b>				
<b>1.01.00</b>	<b>Materiales</b>				
1.01.01	TUBERIA SCH 40 15mm (1/2")	-----	-----	mts	7.5
1.01.02	CODO CLASE 300 SCH 40 ROSCADO - 90° - 15mm (1/2")	-----	-----	Pza	3
1.01.03	REDUCCION CONCENTRICA ROSCADA CLASE 300 25mm a 15mm (1" a 1/2")	-----	-----	Pza	1
1.01.04	CANAL UNISTRUT LISO (1 5/8")	-----	-----	mts	1.6
1.01.05	ABRAZADERA UNISTRUT 15mm (1/2")	-----	-----	Pza	6
1.01.06	ARANDELA PLANA (1/4")	-----	-----	Pza	28
1.01.07	ARANDELA DE PRESION (1/4")	-----	-----	Pza	28
1.01.08	PERNO HEXAGONAL (1/4" x 1")	-----	-----	Pza	28
1.01.09	TACO DE EXPANSION (1/4")	-----	-----	Pza	28
1.01.10	ANGULO ESTRUCTURAL ASTM A-36 3.5" x 3.5" x 3/8"	-----	-----	mts	0.5
1.01.11	SOLERA ESTRUCTURAL ASTM A-36 3.5" x 3.5" x 3/8"	-----	-----	mts	0.25
<b>2,00,00</b>	<b>SALA DE GRUPO ELECTRÓGENO</b>				
<b>2.01.00</b>	<b>Materiales</b>				
2.01.02	TUBERIA SCH 40 20mm (3/4")	-----	-----	mts	26.6
2.01.03	CODO CLASE 300 SCH 40 ROSCADO - 90° - 20mm (3/4")	-----	-----	Pza	5
2.01.05	TEE CLASE 300 SCH 40 ROSCADA - 20mm (3/4")	-----	-----	Pza	2
2.01.06	REDUCCION CONCENTRICA ROSCADA CLASE 300 50mm a 20mm (2" a 3/4")	-----	-----	Pza	1
2.01.07	TAPON ROSCADO CLASE 300 20mm (3/4")	-----	-----	Pza	1
2.01.08	CANAL UNISTRUT LISO (1 5/8")	-----	-----	mts	6
2.01.09	ABRAZADERA UNISTRUT 20 mm (3/4")	-----	-----	Pza	10
2.01.11	ARANDELA PLANA (1/4")	-----	-----	Pza	71
2.01.12	ARANDELA DE PRESION (1/4")	-----	-----	Pza	71
2.01.13	PERNO HEXAGONAL (1/4" x 1")	-----	-----	Pza	71
2.01.14	TACO DE EXPANSION (1/4")	-----	-----	Pza	71
2.01.15	ANGULO ESTRUCTURAL ASTM A-36 1.5" x 1.5" x 3/8"	-----	-----	mts	0.66
2.01.16	SOLERA ESTRUCTURAL ASTM A-36 1.5" x 1.5" x 3/8"	-----	-----	mts	0.33

**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.1.5 Implementación de KPI's

El resultado más sobresaliente sin duda, fue la implementación de los KPI para los mantenimientos de los sistemas contra incendio, en especial para los sistemas de detección, alarma, y supresión instalados en las subestaciones móviles y los grupos electrógenos móviles (motivator), pues estos son de especial interés en el desarrollo profesional dentro del campo de la ingeniería eléctrica. Fue necesario aplicar los conocimientos adquiridos en la universidad, tanto los principios físicos como los principios

aplicativos, pues dichos conocimientos nos brindan el criterio adecuado al momento de trabajar con los equipos antes mencionados y aplicar las normas necesarias.

Se implementaron de manera efectiva y exitosa los siguientes KPI.

- Tiempo medio de reparación (MTTR).
- Tiempo medio entre fallas MTFB.
- Disponibilidad.

Como se verá en la siguiente tabla, cabe recalcar que el resultado numérico que se ven en las siguientes tablas va dado por las fórmulas ya presentadas, las cuales utilizan específicamente los datos mostrados en las mismas tablas. Estos datos parten de mediciones directas, tales como tiempo de mantenimiento y número de paradas

**Tabla 23.**

*KPI del primer mes de evaluación de la flota de subestaciones móviles.*

FLOTA SUBS ESTACIONES MOVILES JULIO														
	# EQUIPO	EQUIPO	MODELO	SISTEMA SUPRESOR	PANEL/MONITOR	Tiempo de mantenimiento	Nro de intervenciones	Tiempo total disponible	Tiempo de inactividad	Nro de paradas	MTTR	MTTFB	Disponibilidad	
1	TD002	SE 001 FIKE CHEETACH XI 50	250XP-ST	PQS	AFEX	60	6	360	300	6	10.00	50.00	83.33%	
2	TD002	SE 002 FIKE CHEETACH XI 50	250XP-ST	PQS	AFEX	30	7	360	330	7	4.29	47.14	91.67%	
3	TD003	SE 003 FIKE CHEETACH XI 50	320XP-ST	FM200	FIKE	70	4	360	290	4	17.50	72.50	80.56%	
4	TD004	SE 004 FIKE CHEETACH XI 50	320XP-ST	FM200	FIKE	72	2	360	288	2	36.00	144.00	80.00%	
5	TD008	SE 005 FIKE CHEETACH XI	320XP-ST	FM200	FIKE	180	1	360	180	1	180.00	180.00	50.00%	
6	TD005	SE 006 SIEMENS CERVERUS PRO	MD6640	FM200	FIKE	48	12	360	312	12	4.00	26.00	86.67%	
7	TD006	MO 001 CHEETACH XI	MD6640	FM200	FIKE	96	6	360	264	6	16.00	44.00	73.33%	
8	TD007	MO 002 SIMPLEX 4007	MD6640	FM200	FIKE	108	4	360	252	4	27.00	63.00	70.00%	
											<b>Promedio</b>	<b>36.85</b>	<b>78.33</b>	68.01%

**Fuente:** Elaboración propia.

En esta Tabla se puede observar para la recopilación para el primer mes, donde se observa los KPI calculados. Se tiene en cuenta que el valor de MTTR promedio es de 36.85 y el de MTFB es de 78.33. el más resaltante para el primer mes es el de la disponibilidad, que en este caso tan solo alcanza el 68 %.

**Tabla 24.**

*KPI del primer mes de evaluación de la flota de motivators móviles.*

FLOTAMOTIVATOR MOVILES JULIO													
	# EQUIPO	EQUIPO	MODELO	SISTEMA SUPRESOR	PANEL/MONITOR	Tiempo de mantenimiento	Nro de intervenciones	Tiempo total disponible	Tiempo de inactividad	Nro de paradas	MTTR	MTTFB	Disponibilidad
1	TD002	Motivator 1	250XP-ST	PQS	AFEX	90	18	360	270	18	5.00	15.00	75.00%
2	TD002	Motivator 1	250XP-ST	PQS	AFEX	60	10	360	300	10	6.00	30.00	83.33%
3	TD003	Motivator 1	320XP-ST	FM200	FIKE	80	4	360	280	4	20.00	70.00	77.78%
4	TD004	Motivator 1	320XP-ST	FM200	FIKE	96	3	360	264	3	32.00	88.00	73.33%
5	TD008	Motivator 1	320XP-ST	FM200	FIKE	65	3	360	295	3	21.67	98.33	81.94%
6	TD005	Motivator 1	MD6640	FM200	FIKE	50	5	360	310	5	10.00	62.00	86.11%
										<b>Promedio</b>	<b>15.78</b>	<b>60.56</b>	<b>79.33%</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

En el caso de los motivator, se observa una diferencia donde el MTTR es de aproximadamente 16 horas, el MTFB es de 60, y la disponibilidad si se muestra mayor en este caso cercana al 80 %.

### 5.1.6 Análisis costo beneficio de la implementación

El análisis coste-beneficio, es una metodología para evaluar de forma exhaustiva los costes y beneficios de un proyecto, con el objetivo de determinar si el proyecto es deseable desde el punto de vista del bienestar social y, si lo es, en qué medida. Para ello, los costes y beneficios deben ser cuantificados y expresados en unidades monetarias, con el fin de poder calcular los beneficios netos del proyecto para la sociedad en su conjunto. Para este análisis, se ha considerado la tasa de descuento del 6 % de acuerdo con la BCRP correspondiente al 2018 (memoria 2018, pag. 172), año del desarrollo del proyecto e implementación de los indicadores de rendimiento clave. A continuación, los resultados del análisis

<b>PROYECTO</b>	<b>Implementación de KPI para el mantenimiento del sistema contra incendio de las subestaciones Móviles y Motivators. Unidad minera Las Bambas</b>
Moneda	Soles
Inversión	122 880
Tasa de descuento	6 %
Periodos	24

<b>Periodo</b>	<b>Inversión (pen)</b>	<b>Ingresos (pen)</b>	<b>Egresos (pen)</b>
0	122,880		
1		276 520	113 806
2		276 520	113 806
3		276 520	113 806
4		276 520	113 806
5		276 520	113 806
6		276 520	113 806
7		276 520	113 806
8		276 520	113 806
9		276 520	113 806
10		276 520	113 806
11		276 520	113 806
12		276 520	113 806
13		276 520	98 806
14		276 520	98 806

15		276 520	98 806
16		276 520	98 806
17		276 520	98 806
18		276 520	98 806
19		276 520	98 806
20		276 520	98 806
21		276 520	98 806
22		276 520	98 806
23		276 520	98 806
24		276 520	98 806
VAN ingresos	S/. 3 470 424.86		
VAN egresos	S/. 1 365 810.42		
VAN eg+inv	S/. 1 488 690.42		
COT-Ben	2.33		

**Fuente:** Elaboración propia.

Los ingresos permanecen constantes durante los periodos debido al contrato que existe entre Minera Las Bambas S.A. y el proveedor del servicio, mientras que los egresos disminuyen producto de la implementación debido a que las operaciones son más eficientes. Finalmente, el resultado nos da un balance positivo luego del análisis de costo beneficio.

## 5.2 LOGROS ALCANZADOS

### 5.2.1 Evaluación de los KPI

Aquí se presenta el cuadro resumen de los datos recopilados a través del último año para los motivators.

**Tabla 25.**

*Histórico de los KPI en los Motivators por mes en el primer año.*

Historico Motivators			
	MTTR	MTFB	Disponibilidad
Julio	15.7	60.56	79.41%
Agosto	21.4	65.23	75.30%
Setiembre	25.4	120.12	82.55%
Octubre	41.3	160.37	79.52%
Noviembre	24.6	180.36	88.00%
Diciembre	17.5	210.69	92.33%
Enero	17.4	290.48	94.35%
Febrero	18.2	320.7	94.63%
Marzo	15.4	351.4	95.80%
Abril	0	360	100.00%
Mayo	4.2	360	98.85%
Junio	0	360	100.00%

**Fuente:** Elaboración propia.

Se puede apreciar la diferencia en los últimos meses y también momentos específicos donde hubo un cambio notable como por ejemplo el mes de octubre, pero si se puede resaltar que los procedimientos aplicados cumplieron una función verdaderamente importante.



**Tabla 26.**

*Histórico de los KPI en los Motivators por mes en el primer año.*

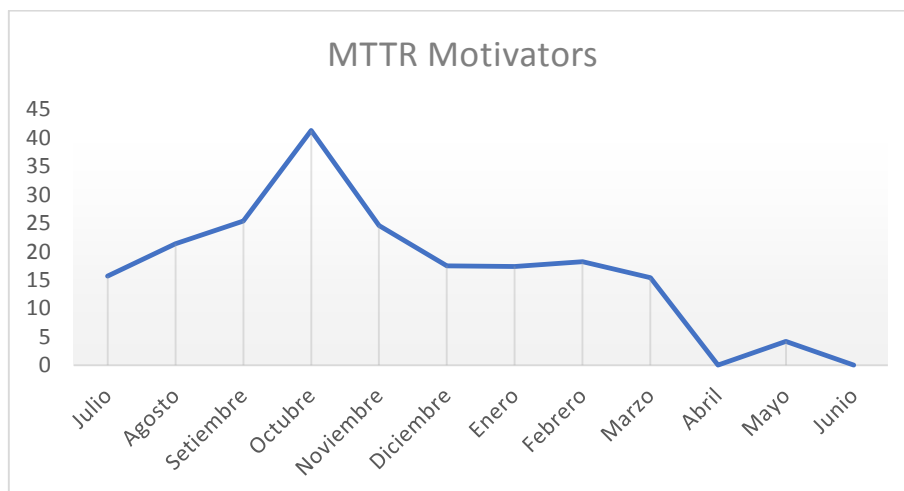
Historico subestaciones electricas			
	MTTR	MTFB	Disponibilidad
Julio	36.85	78.33	68.01%
Agosto	38.52	75.19	66.12%
Setiembre	36.4	95.68	72.44%
Octubre	44.6	150.35	77.12%
Noviembre	27.3	196.54	87.80%
Diciembre	19.8	205.96	91.23%
Enero	20.3	290.48	93.47%
Febrero	17.9	278.65	93.96%
Marzo	15.6	290.45	94.90%
Abril	6.8	305.61	97.82%
Mayo	0	312.96	100.00%
Junio	0	360	100.00%

**Fuente:** Elaboración propia.

En el caso de las subestaciones la implementación tuvo un avance más constante.

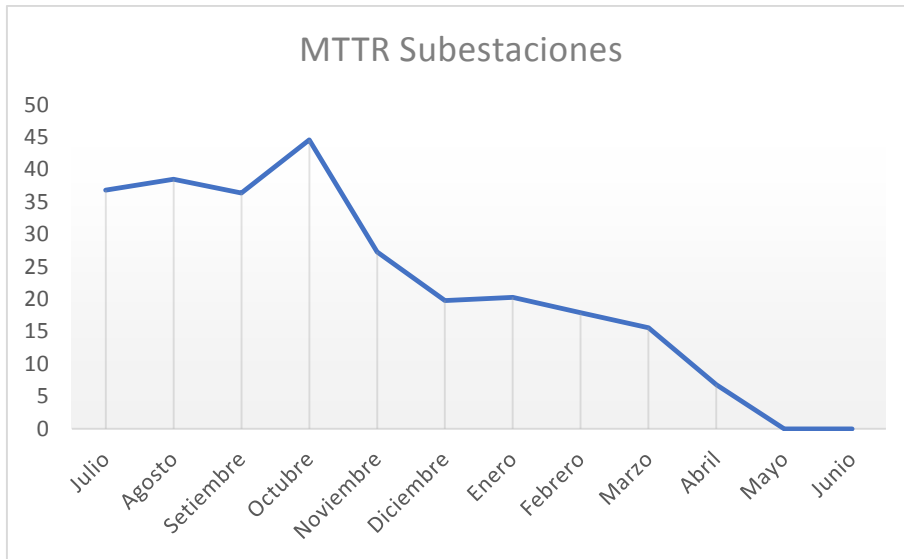
### 5.2.2 Evaluación del KP1 antes y después

En el caso del MTTR se evaluará las gráficas para ambos casos, teniendo en cuenta como es que varía la curva en función del tiempo.



**Figura 55.** MTTR de los Motivators en función del tiempo.

**Fuente:** Elaboración propia.

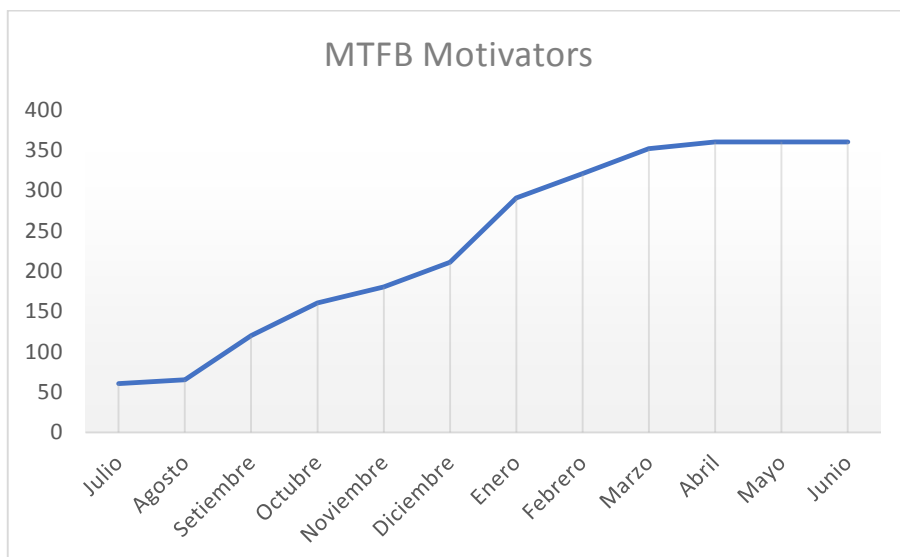


**Figura 56.** MTTR de las subestaciones en función del tiempo.  
**Fuente:** Elaboración propia.

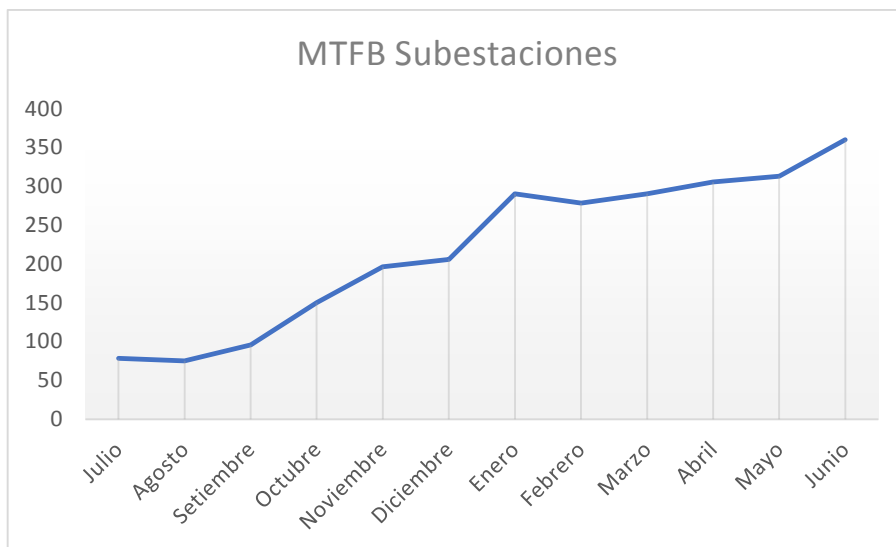
Se observa como en ambos casos se nota una mejora considerable, se debe tener en cuenta que un MTTR que tiende a ser 0 es el ideal como meta.

### 5.2.3 Evaluación del KP2 antes y después

En las siguientes gráficas se mostrará el avance de acuerdo con el indicador clave de MTFB.



**Figura 57.** MTFB de los motivators en función del tiempo.  
**Fuente:** Elaboración propia.

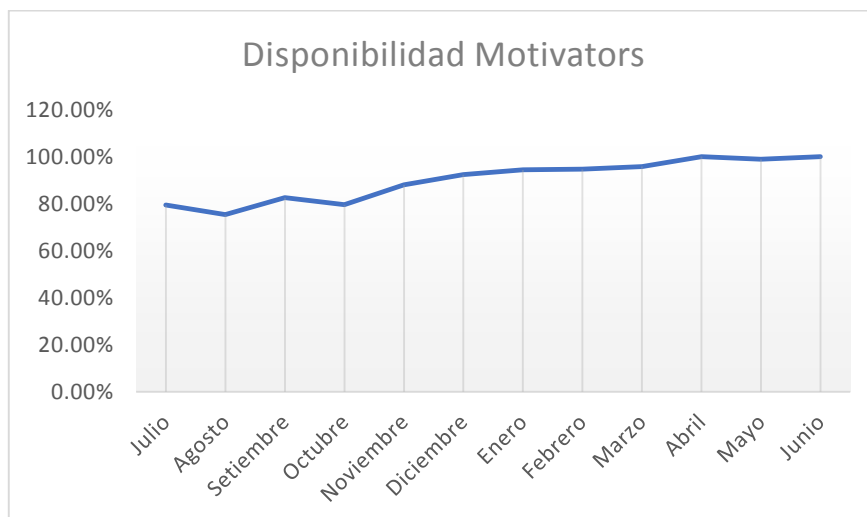


**Figura 58.** MTFB de las subestaciones en función del tiempo.  
**Fuente:** Elaboración propia.

Se puede observar en este caso como en el anterior, una mejora considerable.

#### 5.2.4 Evaluación del KP3 antes y después

La disponibilidad, siendo uno de los pilares más importantes para verificar el avance de las mejoras propuestas, como se verán en las siguientes gráficas, se observa que el avance es tal como se esperaba para ciertos meses propuestos.



**Figura 59.** Disponibilidad de los motivators.  
**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 60.** Disponibilidad de las subestaciones.  
**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.3 DIFICULTADES ENCONTRADAS

Al momento del inicio de mis actividades profesionales en la empresa FIRENO SAC. dentro de la unidad minera Las Bambas, no se contaba con información precisa respecto a indicadores de rendimiento de los sistemas y equipos instalados en dicho proyecto minero. Al contar con gran cantidad de equipos, se requirió de arduo trabajo en la identificación de puntos de mejora.

En el proyecto se tenía un problema recurrente, pues por factores climáticos y por disposiciones del área de operaciones mina, muchas veces no se contaba con la disponibilidad de los equipos para su respectiva intervención, ya sea para sus mantenimientos preventivos y/o correctivos. Otra dificultad encontrada, fue que el personal involucrado en las intervenciones, no contaba con la capacitación adecuada debido a la alta rotación de personal y el ingreso de nuevos colaboradores.

No se contaba con una lista de repuestos críticos necesarios para asegurar la operatividad de los equipos y simplificar las tareas de mantenimiento en los tiempos programados.

### 5.4 PLANTEAMIENTO DE MEJORAS

Respecto al personal no capacitado asignado a los mantenimientos de los sistemas instalados en las subestaciones móviles y en los grupos electrógenos móviles, se planteó capacitaciones trimestrales junto con el diseño e implementación de formatos y protocolos para dichas capacitaciones.

Con la implementación de KPI para los mantenimientos, se planteó de manera conjunta la catalogación de repuestos, equipos y materiales críticos involucrados en los

mantenimientos, de esta manera se propusieron mejorar de manera específica el mejoramiento de las horas hombre en el plan trabajo para la intervención, según lo recomienda la NFPA y la aseguradora FM global. También se planteó el levantamiento de información de los sistemas instalados según los modelos y las marcas de los equipos.

Se planteó la mejora de la disponibilidad de los equipos para sus respectivas intervenciones implantando tareas específicas, junto con la frecuencia que aseguren un buen desempeño, así como la operatividad y confiabilidad al momento de atender una emergencia según se requiera.

## **5.5 ANÁLISIS**

La preparación del profesional en el campo de la ingeniería eléctrica durante los años de estudio, fue sin duda fundamental en el desarrollo de las mejoras necesarias que el sistema contra incendio de las estaciones móviles y los grupos de generación (motivators) requería, esto permitió que tengan un mejor performance y eficiencia, estas mejoras en general aumentaron la confiabilidad del servicio prestado por la empresa Fireno SAC. a una de las operaciones mineras más importantes del país.

En el desarrollo de las actividades profesionales se aplicaron conocimientos que de manera retroactiva se complementaron y retroalimentaron con la experiencia adquirida, estos conocimientos permitieron participar en el diseño, implementación, análisis, supervisión y operación de sistemas de generación, sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica.

La implementación de KPI para el mantenimiento del sistema contra incendios de detección y supresión de las sub estaciones móviles y grupos electrógenos móviles en la unidad minera las bombas, fueron importantes desde múltiples puntos de vista. Permitted tener mejores indicadores de disponibilidad y confiabilidad, además que los datos brindados permitieron mejorar la toma de decisiones y crearon una cultura basada en información objetiva. Antes de dicha implementación, no se daba la debida importancia al mantenimiento de los sistemas contra incendio que protegían activos importantes de la empresa minera tales como son los sistemas de respaldo eléctrico (motivators) y los sistemas de distribución (subestaciones móviles), esto daba como resultado que se tuviera múltiples paradas inesperadas y no programadas, comprometiendo la seguridad de la operación, la seguridad del personal, la confiabilidad, la reputación y prestigio de la empresa proveedora del servicio, la cual se ha esforzado por posicionarse dentro del mercado como una de las empresas más importantes del rubro.

FIRENO SAC. busca asegurar una operación continua reduciendo los riesgos de daños a la integridad del personal que la conforma y sus bienes. Entre sus clientes más importantes se encuentran, Las Bambas, Antamina, Cerro Verde, Antamina, Barrick, Hudbay, Cosapi, ABB, Ferreyros CAT, Ausenco, Zamin, Vale, Komatsu Mitsui, entre otros. Tomando en cuenta la magnitud de las empresas a las cuales se presta servicio, es primordial mantener un alto estándar de calidad, y dentro de ese contexto, la implementación de los KPI materia del presente trabajo, permite no solo tener resultados en la unidad minera Las Bambas sino, que su aplicación se extiende a la mejora de los resultados en todas las operaciones en las cuales la empresa Fireno Sac está involucrada. Esto, a su vez, da mayor valor al trabajo y participación del profesional durante todo el proceso que se requirió en la implementación mencionada, siendo de valor fundamental sus conocimientos en el campo de la ingeniería eléctrica.

## **5.6 APORTE DEL BACHILLER EN LA EMPRESA Y/O INSTITUCIÓN**

### **5.6.1 En el aspecto cognoscitivo**

De acuerdo con lo aprendido durante el tiempo de formación profesional.

- Sistema de suministro y utilización I. dictado por la ingeniera Ronald Alex Gaona Gallego.
- Sistema de transmisión y distribución. dictado por el Ingeniero Willian Vladimir Mullisaca Atamari.
- Instalaciones eléctricas. dictado por el Ingeniero Hugo Barreda De La Cruz.

### **5.6.2 En el aspecto procedimental**

En el aspecto procedimental se logró implementar de manera exitosa los KPI tales como la disponibilidad, el tiempo medio entre fallas, tiempo medio de reparación para el mantenimiento de los sistemas de detección, alarma, y extinción contra incendios de las sub estaciones móviles y los grupos electrógenos móviles en la empresa minera Las Bambas.

### **5.6.3 En el aspecto actitudinal**

Mi persona aportó las siguientes habilidades blandas y valores adquiridos durante el tiempo en la Universidad Continental, la cuales aportaron en gran medida a la experiencia en el área de la ingeniería eléctrica:

- Proactividad.
- Liderazgo.

- Responsabilidad.
- Honradez.
- Puntualidad.

## **CONCLUSIONES**

La implementación de los KPI para el sistema contraincendios resulto ser efectiva en las subestaciones móviles y grupos electrógenos móviles en la unidad minera las bambas

Se logró identificar y evaluar el estado inicial medio y final en el periodo de tiempo mostrado, con lo cual se apreció la evolución y mejora de la disponibilidad de los equipos.

Se determinó las características especiales de las subestaciones y grupos electrógenos para así poder establecer los lineamientos básicos para diseñar un plan de mantenimiento para los sistemas contraincendios de los equipos trabajados.

Se estableció indicadores que mostraron aspectos claves para poder trazar metas claves y llegar cumplir objetivos basados en el tiempo que se mantienen en reparación los equipos y el tiempo que tienen entre fallas.

Se logró evaluar el impacto de la aplicación de dichos indicadores clave.

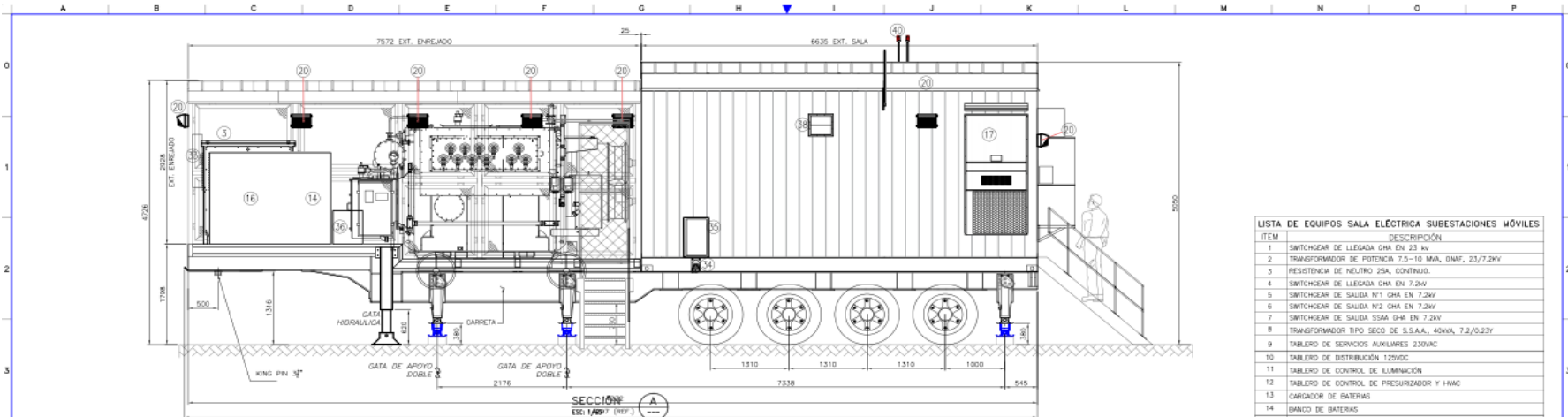


## BIBLIOGRAFÍA

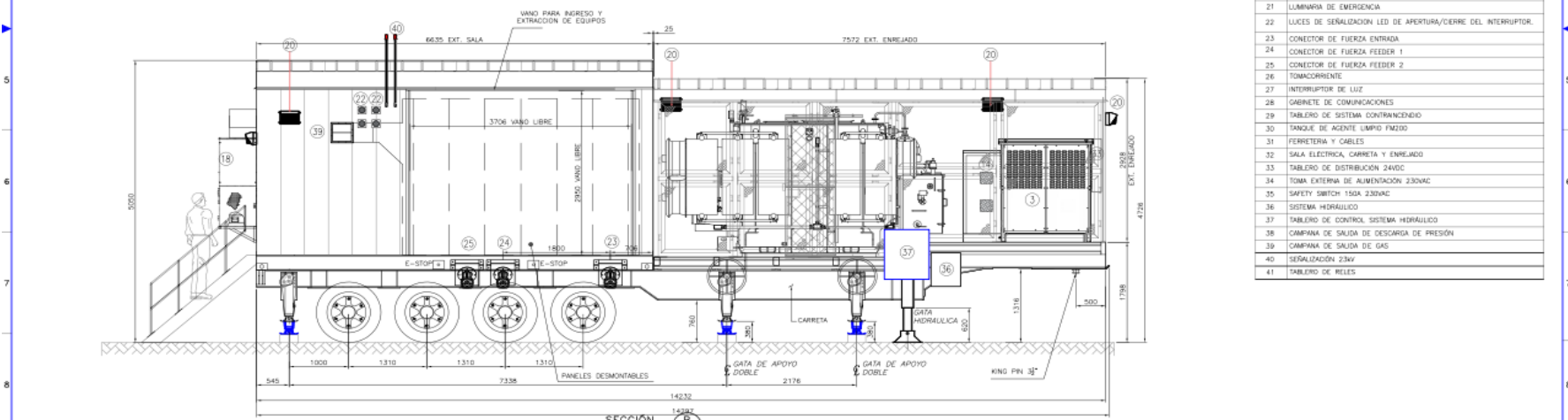
- ACERO, M. Desarrollo e implementación de un sistema de detección temprana de humo por aspiración VESDA en salas eléctricas de planta concentradora de Sociedad Minera Cerro Verde SAA. Tesis (Título de Ingeniero Electrónico). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2019. 69 pp. Disponible en: <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/5c575d29-2f05-4695-94df-8381a22c1b1d>
- AGUILAR, J. Diseño, instalación y montaje de una subestación móvil para el mantenimiento y soporte de contingencias de la Empresa Eléctrica Ambato SA. regional Centro Norte. Tesis (Título de Ingeniero Electrónico). Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2007. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/857/1/CD-1263.pdf>
- ARATA, A. Ingeniería y gestión de la confiabilidad operacional en plantas industriales. Aplicación de la Plataforma R-MES. Santiago: Ril editores. 2009. ISBN: 978-956-284-658-5
- BAMONDE, A. Diseño de una subestación eléctrica móvil 110/13, 8 kV 15 MVA. Tesis (Maestría en Ingeniería Industrial). Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, 2013. Disponible en: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/18107?show=full>
- COGOLLO, J. Estructuración de un documento técnico para la especificación de la hoja de vida de un indicador: un enfoque orientado al control organizacional. Tesis (Magister en Ingeniería Administrativa). Medellín: Universidad de Colombia, 2016. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/56684>
- CUBAS, M. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electromecánicos del consorcio del Metropolitano por parte de la empresa Alvac SA sucursal del Perú. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Lima: Universidad Tecnológica del Perú, 2017. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/1575>
- FIGUEROA, S. & LÓPEZ, O. Elaboración de base de datos de diagrama unifilar de la subestación de PEMEX refinación dentro de la planta, 2013
- GARCÍA, C. Propuesta de un programa de lubricación industrial para aumentar la disponibilidad de los motores y bombas del área de elaboración de la empresa Agropucalá SAA. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Electricista). Lambayeque: Universidad Pedro Ruiz Gallo, 2022. Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/10237>

- Godoy, M. Propuesta de Indicadores Claves de Desempeño que Permitan Controlar la Calidad del Servicio que Entrega el Área de Vehículos Livianos, al Interior de una Empresa de La Gran Minería del Cobre. Tesis (Título de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y Título de Ingeniero Civil Industrial). Valparaíso: Universidad de Valparaíso, 2016. Disponible en: <https://repositoriobibliotecas.uv.cl/handle/uvsc1/475>
- GONZALES, F. Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión. Madrid: FC editorial. 2004. ISBN: 84-96169-36-7
- MARR, B. Key Performance Indicators (KPI): The 75 measures every manager needs to know. Pearson UK: Financial Times Press, 2012. ISBN : 978-0273750116
- MINISTERIO de Energía y Minas. Código Nacional de Electricidad: Utilización, 2006
- MONTALVO, A., et al. Mantenimiento centrado en confiabilidad en motocompresores. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo, 2018. 9(1), 1-7. Disponible en: [https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs\\_viceinves/index.php/RA/article/view/3212/1729](https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RA/article/view/3212/1729)
- MOUBRAY, J. Reliability-centered maintenance. New York: Industrial Press Inc. 2001
- NFPA 72. código nacional de alarmas de incendio: Sistema En Protección Contra Incendios, 2007
- NFPA 75. Standard for the Protection of Information Technology Equipment, 2009
- NFPA 76. Standard for the Fire Protection of Telecommunications Facilities, 2020
- PAPUICO, W. Plan de mantenimiento para mejorar el índice de disponibilidad de las instalaciones electromecánicas en los sistemas auxiliares del taller de camiones en la empresa minera Las Bambas, provincia Cotabambas en el año 2019. Trabajo de Suficiencia Profesional (Título de Ingeniero Eléctrico). Huancayo: Universidad Continental, 2020. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8221>
- PISTARELLI, A. Manual De Mantenimiento: Ingeniería, Gestión y Organización. Buenos Aires: Talleres Gráficos R y C, 2010. ISBN 978- 987-05-8420-9.

## **ANEXOS**



ITEM	DESCRIPCIÓN
1	SWITCHEAR DE LLEGADA OHA EN 23 kv
2	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 7.5-10 MVA, DNF, 23/7.2KV
3	RESISTENCIA DE NEUTRO 25A CONTINUA
4	SWITCHEAR DE LLEGADA OHA EN 7.2kv
5	SWITCHEAR DE SALIDA N°1 OHA EN 7.2kv
6	SWITCHEAR DE SALIDA N°2 OHA EN 7.2kv
7	SWITCHEAR DE SALIDA S5A OHA EN 7.2kv
8	TRANSFORMADOR TIPO SECC DE S.S.A.A., 40kVA, 7.2/0.23V
9	TABLERO DE SERVICIOS AUXILIARES 230VAC
10	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 120VAC
11	TABLERO DE CONTROL DE ILUMINACIÓN
12	TABLERO DE CONTROL DE PRESURIZADOR Y HVAC
13	CARGADOR DE BATERIAS
14	BANCO DE BATERIAS
15	CARGADOR DE BATERIAS GATAS HIDRAULICAS
16	BANCO DE BATERIAS DATAS HIDRAULICAS
17	AIRE ACONDICIONADO HVAC
18	PRESURIZADOR
19	LUMINARIA INTERIOR
20	LUMINARIA EXTERIOR
21	LUMINARIA DE EMERGENCIA
22	LUCE DE SEÑALIZACIÓN LED DE APERTURA/CIERRE DEL INTERRUPTOR.
23	CONECTOR DE FUERZA ENTRADA
24	CONECTOR DE FUERZA FEEDER 1
25	CONECTOR DE FUERZA FEEDER 2
26	TOMACORRIENTE
27	INTERRUPTOR DE LUZ
28	GABINETE DE COMUNICACIONES
29	TABLERO DE SISTEMA CONTRAFULMINO
30	TANQUE DE AGENTE LIMPIO FNDIG
31	FERRERIA Y CABLES
32	SALA ELECTRICA, CARRERA Y ENREJADO
33	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 240VDC
34	TOMA EXTERNA DE ALIMENTACIÓN 230VAC
35	SAFETY SWITCH 150A 230VAC
36	SISTEMA HIDRAULICO
37	TABLERO DE CONTROL SISTEMA HIDRAULICO
38	CAMPANA DE SALIDA DE DESCARGA DE PRESION
39	CAMPANA DE SALIDA DE GAS
40	SEÑALIZACIÓN 23kv
41	TABLERO DE RELES

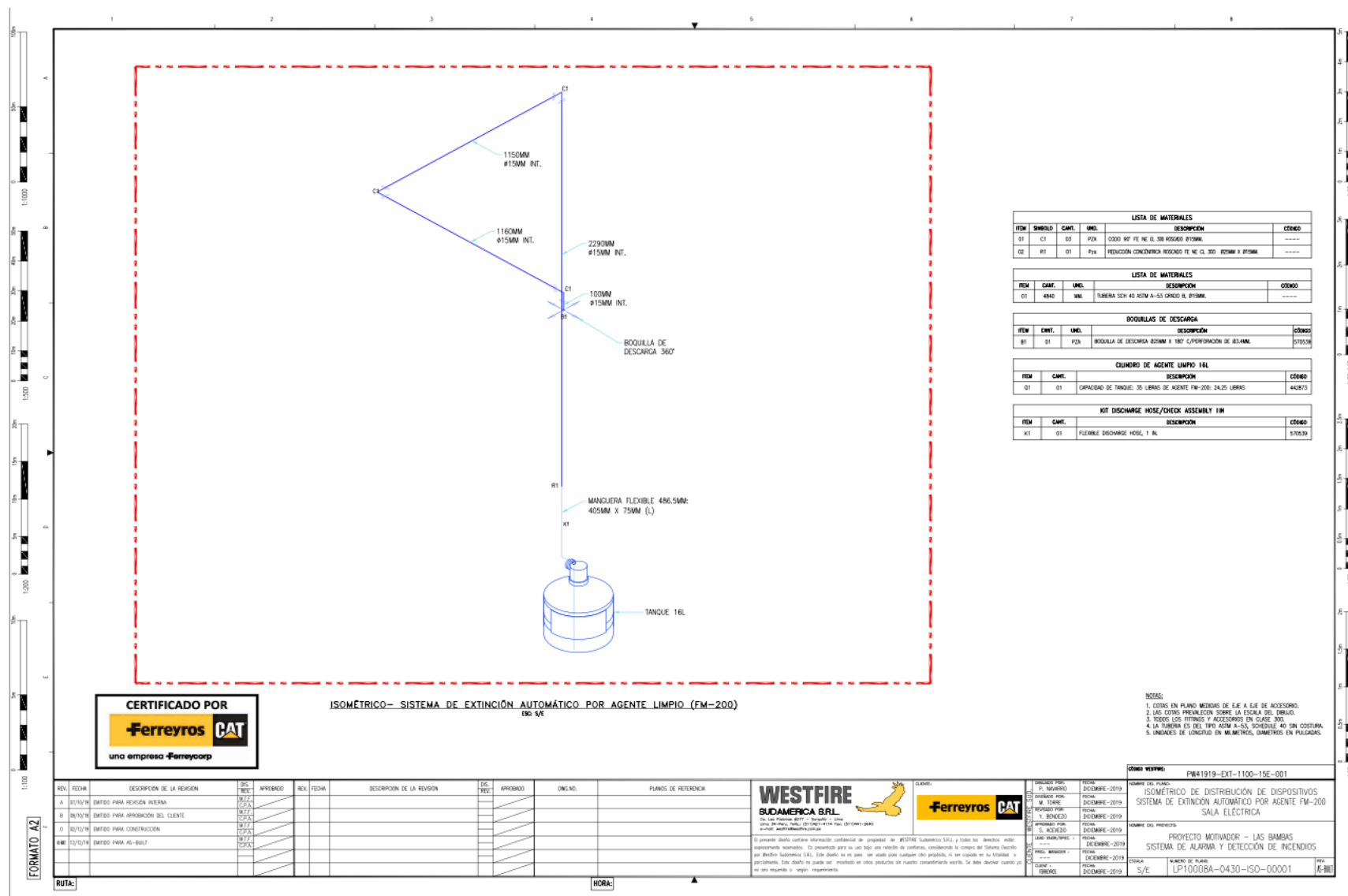


<b>NOTAS:</b> DIMENSIONES EN MILIMETROS.		<b>REVISIONES:</b> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>19/08/20</td><td>EMITIDO COMO CONSTRUIBDO</td><td>C.M.E./J.S.G./C.G.C./C.G.S.</td></tr> <tr><td>D</td><td>19/11/19</td><td>EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN</td><td>D.R.R./J.S.G./C.G.C./C.G.S.</td></tr> <tr><td>D</td><td>28/10/19</td><td>EMITIDO PARA APROBACIÓN</td><td>D.R.R./J.S.G./C.G.C./C.G.S.</td></tr> <tr><td>C</td><td>13/09/19</td><td>EMITIDO PARA APROBACIÓN</td><td>D.R.R./J.S.G./C.G.C./C.G.S.</td></tr> <tr><td>B</td><td>02/08/19</td><td>EMITIDO PARA APROBACIÓN</td><td>D.R.R./J.S.G./C.G.C./C.G.S.</td></tr> <tr><td>A</td><td>09/07/19</td><td>EMITIDO PARA APROBACIÓN</td><td>D.R.R./J.S.G./C.G.C./C.G.S.</td></tr> </table>		1	19/08/20	EMITIDO COMO CONSTRUIBDO	C.M.E./J.S.G./C.G.C./C.G.S.	D	19/11/19	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	D.R.R./J.S.G./C.G.C./C.G.S.	D	28/10/19	EMITIDO PARA APROBACIÓN	D.R.R./J.S.G./C.G.C./C.G.S.	C	13/09/19	EMITIDO PARA APROBACIÓN	D.R.R./J.S.G./C.G.C./C.G.S.	B	02/08/19	EMITIDO PARA APROBACIÓN	D.R.R./J.S.G./C.G.C./C.G.S.	A	09/07/19	EMITIDO PARA APROBACIÓN	D.R.R./J.S.G./C.G.C./C.G.S.	<p>GNEX          Av. Potosí N° 311 s/n. 301          Urb. Centro Comercial Metropolitano, Santiago de Surco          Lima          Página Web: www.gnexperu.com          Email: ventas@gnexperu.com</p>		Cliente: Proyecto: <b>SUBSTACIÓN MÓVIL N°6</b> <b>7.5/10MVA, 23/7.2KV</b> <b>VISTA EXTERIOR - FRONTAL Y POSTERIOR</b>	
1	19/08/20	EMITIDO COMO CONSTRUIBDO	C.M.E./J.S.G./C.G.C./C.G.S.																												
D	19/11/19	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	D.R.R./J.S.G./C.G.C./C.G.S.																												
D	28/10/19	EMITIDO PARA APROBACIÓN	D.R.R./J.S.G./C.G.C./C.G.S.																												
C	13/09/19	EMITIDO PARA APROBACIÓN	D.R.R./J.S.G./C.G.C./C.G.S.																												
B	02/08/19	EMITIDO PARA APROBACIÓN	D.R.R./J.S.G./C.G.C./C.G.S.																												
A	09/07/19	EMITIDO PARA APROBACIÓN	D.R.R./J.S.G./C.G.C./C.G.S.																												
<b>ADVERTENCIA:</b> ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE GNEX SU REPRODUCCIÓN, DIFUSIÓN, COMERCIALIZACIÓN O USO DE CUALQUIER TIPO SIN UNA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL INGENIERO ESTA PENALIZADA POR LA LEY		DIB. REV. REV. AFR. REV. N° DE PLANO DESCRIPCIÓN 2019-58028 19/08/2020		Escala: S/E Número de planos: GNEX-2019-58028-PM-001 N° Hoja: 3/5 Hoja: 1																											

PROYECTO: MMG - LAS BAMBAS																
Unidad				Sistema Instalado	Servicio											
Ítem	N° Unidad	Tipo Equipo	Modelo		Marca	Ingreso					Salida					Comentarios
				Trabajo Realizado		Lugar de ejecución	Turno	Mfecha	Hora	Encargado	Turno	Fecha	Hora	Insp. de extintor	Pendientes	
1	HT045	Camión	930E	AFEX	Mantenimiento Semestral del SCI	Truck Shop	Día	11-Ene	8:00 AM	Edel Villalba	Día	11-Ene	12:00 PM	SI	NO	Se realizó el Mantenimiento semestral del S.C.I. AFEX con pruebas funcionales de recorrido de vástago, con cambio de componentes: oring de 1/4, precintos de seguridad, disco de ruptura, stickers de mantto, stickers de instrucción, tarjeta de inspección, etc. Se hizo pesajes de botellas N2 de 10 oz, 01oz, sacando los datos de las mismas. se hizo mantenimiento a los extintores portátiles actualizando tarjeta de inspección y sticker de mantenimiento. Sistema Afex operativo.
2	HT041	Camión	930E	AFEX	Mantenimiento Semestral del SCI	Truck Shop	Día	11-Ene	12:45 PM	Edel Villalba	Día	11-Ene	4:45 PM	SI	NO	Se realizó el Mantenimiento semestral del S.C.I. AFEX con pruebas funcionales de recorrido de vástago, con cambio de componentes: oring de 1/4, precintos de seguridad, disco de ruptura, stickers de mantto, stickers de instrucción, tarjeta de inspección, etc. Se hizo pesajes de botellas N2 de 10 oz, 01oz, sacando los datos de las mismas. se hizo mantenimiento a los extintores portátiles actualizando tarjeta de inspección y sticker de mantenimiento. Sistema Afex operativo.
3	HT019	Camión	930E	AFEX	Mantenimiento Semestral del SCI	Truck Shop	Día	11-Ene	5:00 PM	Alvaro Ccala	Noche	11-Ene	9:00 PM	SI	NO	Se realizó el Mantenimiento semestral del S.C.I. AFEX con pruebas funcionales de recorrido de vástago, con cambio de

																componentes: oring de1/4, precintos de seguridad, disco de ruptura, stickers de mantto, stickers de instrucción, tarjeta de inspección, etc. Se hizo pesajes de botellas N2 de 10 oz, 01oz, sacando los datos de las mismas. se hizo mantenimiento a los extintores portátiles actualizando tarjeta de inspección y sticker de mantenimiento. Sistema Afex operativo.
4	HT021	Camión	930E	AFEX	Mantenimiento Semestral del SCI	Truck Shop	Día	12-Ene	8:00 AM	Edel Villalba	Día	12-Ene	1:00 PM	SI	NO	Se realizó el Mantenimiento semestral del S.C.I. AFEX con pruebas funcionales de recorrido de vástago, con cambio de componentes: oring de1/4, precintos de seguridad, disco de ruptura, stickers de mantto, stickers de instrucción, tarjeta de inspección, etc. Se hizo pesajes de botellas N2 de 10 oz, 01oz, sacando los datos de las mismas. se hizo mantenimiento a los extintores portátiles actualizando tarjeta de inspección y sticker de mantenimiento. Sistema Afex operativo.





LISTA DE MATERIALES					
ITEM	SHOULD	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CODEO
01	C1	03	PDR	COUDO 90° FE NE CL 308 ROSADO Ø15MM.	----
02	R1	01	Pza	REDUCCION CONCENTRICA ROSADO FE NE CL 300 Ø25MM X Ø15MM.	----

LISTA DE MATERIALES				
ITEM	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CODEO
01	4860	MM	TUBERIA SCH 40 ASTM A-53 GRADE B, Ø15MM.	02060

BOQUILLAS DE DESCARGA				
ITEM	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CODEO
B1	01	PZA	BOQUILLA DE DESCARGA Ø25MM X 180° C/PERFORACION DE Ø34MM.	070358

CUADRO DE AGENTE LIMPIO 16L				
ITEM	CANT.	DESCRIPCION	CODEO	
Q1	01	CAPACIDAD DE TANQUE: 35 LIBRAS DE AGENTE FM-200: 24.25 LIBRAS	442873	

KIT DISCHARGE HOSE/CHECK ASSEMBLY 16L				
ITEM	CANT.	DESCRIPCION	CODEO	
K1	01	FLEXIBLE DISCHARGE HOSE, 1 1/2"	576529	



ISOMETRICO- SISTEMA DE EXTINCION AUTOMATICO POR AGENTE LIMPIO (FM-200)  
ISO 5/2

- NOTAS:
1. COTAS EN PLANO MEDIDAS DE EJE A EJE DE ACCESORIO.
  2. LAS COTAS PREVALEN EN SOBRE LA ESCALA DEL DIBUJO.
  3. TODOS LOS FITTINGS Y ACCESORIOS EN CUADRO 203.
  4. LA TUBERIA ES DEL TIPO ASTM A-53, SCHEDULE 40 SIN COSTURA.
  5. UNIDADES DE LONGITUD EN MILIMETROS, DIAMETROS EN PULGADAS.

REV.	FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISION	ELAB.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISION	ELAB.	APROBADO	OTRO	PLANOS DE REFERENCIA
A	03/10/19	DISEÑO PARA REVISION INTERNA	M.F.F.	[Firma]							
B	06/10/19	DISEÑO PARA APROBACION DEL CLIENTE	M.F.F.	[Firma]							
C	02/12/19	DISEÑO PARA CONSTRUCCION	M.F.F.	[Firma]							
D	12/12/19	DISEÑO PARA AS-BUILT	M.F.F.	[Firma]							

**WESTFIRE SUDAMERICA S.R.L.**  
 Calle 24 de Mayo, 2465, (011) 471-4714 Fax: (011) 471-0843  
 correo: westfire@westfire.com.ar

**Ferreyros CAT**

El presente dibujo contiene información confidencial de propiedad de WESTFIRE SUDAMERICA S.R.L. y todos los derechos están expresamente reservados. Es prohibido para su uso bajo una licencia de confidencialidad, considerando la compra del Sistema Detección por Bombas SUDAMERICA S.R.L. Este dibujo no es para ser usado para cualquier otro propósito, ni ser copiado en su totalidad o parcialmente. Este dibujo no puede ser modificado ni usado en otros productos de nuestro departamento técnico. Se debe devolver cuando ya no sea requerido o según requerimiento.

DISEÑO WESTFIRE		PW41919-EXT-1100-15E-001	
ELABORADO POR:	P. MARRO	FECHA:	DECEMBRE-2019
REVISADO POR:	M. TORRE	FECHA:	DECEMBRE-2019
PROYECTADO POR:	Y. BENECIO	FECHA:	DECEMBRE-2019
APROBADO POR:	S. RODRIGO	FECHA:	DECEMBRE-2019
UNO INGENIERO:	[Firma]	FECHA:	DECEMBRE-2019
OTRO INGENIERO:	[Firma]	FECHA:	DECEMBRE-2019
OTRO INGENIERO:	[Firma]	FECHA:	DECEMBRE-2019
OTRO INGENIERO:	[Firma]	FECHA:	DECEMBRE-2019

NUMERO DEL PLANO: ISOMETRICO DE DISTRIBUCION DE DISPOSITIVOS SISTEMA DE EXTINCION AUTOMATICO POR AGENTE FM-200 SALA ELECTRICA

NUMERO DEL PROYECTO: PROYECTO MOTIVADOR - LAS BOMBAS SISTEMA DE ALARMA Y DETECCION DE INCENDIOS

ESCALA: NÚMERO DE PLANO: LP10008A-0430-ISO-00001

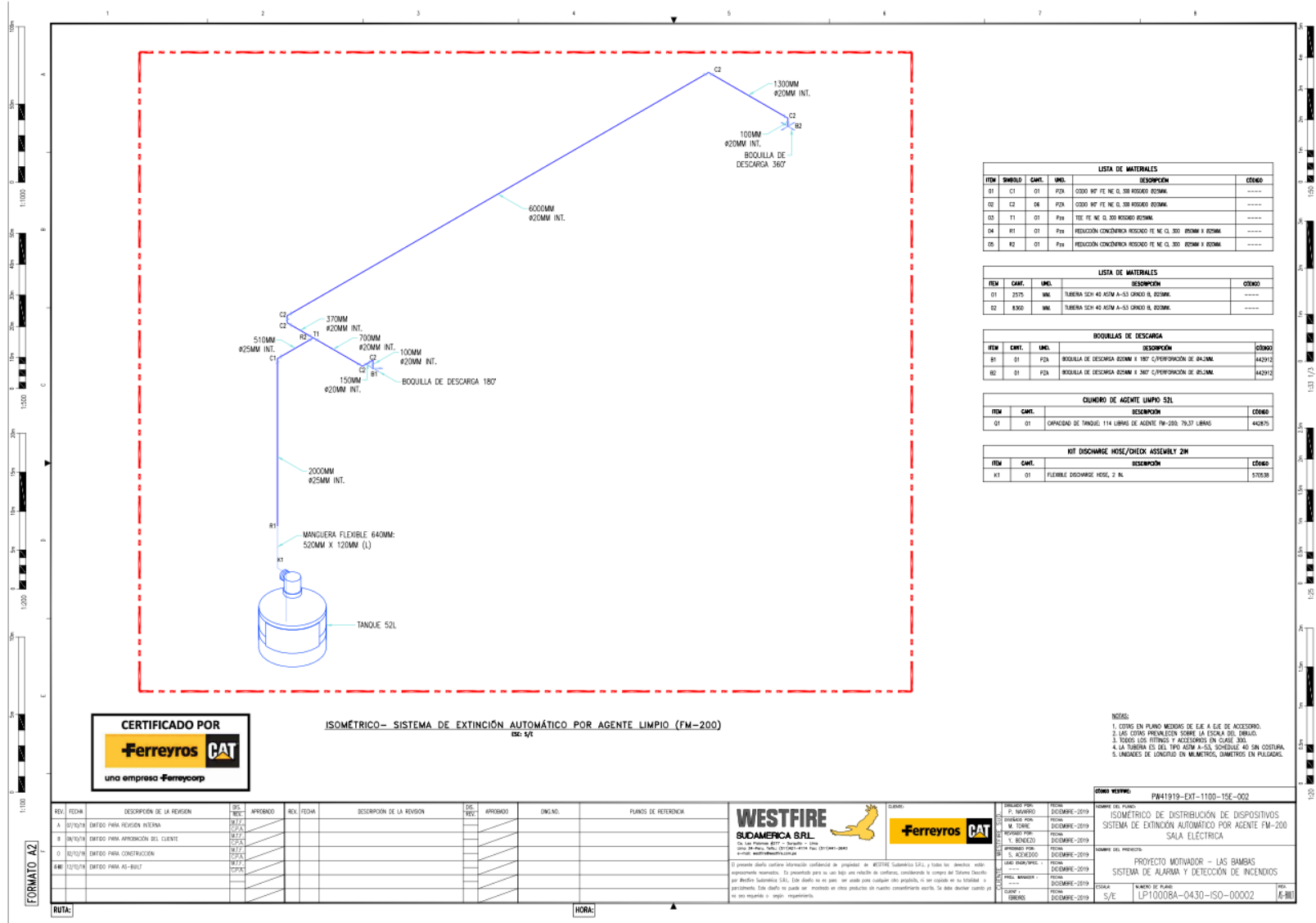
FECHA: 5/2

FORMATO A2

RUTA:

HORA:





LISTA DE MATERIALES				
ITEM	CANT.	UMD.	DESCRIPCION	CONDICION
01	C1	01	COUDO 90° FE NE Ø. 300 ROSAS ROSAL	----
02	C2	06	COUDO 90° FE NE Ø. 300 ROSAS ROSAL	----
03	T1	01	TEE FE NE Ø. 300 ROSAS ROSAL	----
04	R1	01	REDUCCION CONCENTRICA ROSADO FE NE Ø. 300 ROSAS ROSAL	----
05	R2	01	REDUCCION CONCENTRICA ROSADO FE NE Ø. 300 ROSAS ROSAL	----

LISTA DE MATERIALES				
ITEM	CANT.	UMD.	DESCRIPCION	CONDICION
01	2575	MM.	TUBERIA SCH 40 ASTM A-53 GRADO D, Ø20MM.	----
02	8300	MM.	TUBERIA SCH 40 ASTM A-53 GRADO D, Ø30MM.	----

BOQUILLAS DE DESCARGA				
ITEM	CANT.	UMD.	DESCRIPCION	CONDICION
B1	01	PZA	BOQUILLA DE DESCARGA Ø20MM x 1807 C/VERIFICACION DE Ø4.1MM.	142912
B2	01	PZA	BOQUILLA DE DESCARGA Ø20MM x 367 C/VERIFICACION DE Ø3.1MM.	142912

CANTIDAD DE AGENTE LIMPIO 52L				
ITEM	CANT.	DESCRIPCION	CONDICION	
01	01	OPACIDAD DE TANQUE: 114 LIBRAS DE AGENTE FM-200, 79.37 LIBRAS	442875	

KIT DISCHARGE HOSE/CHECK ASSEMBLY 2M				
ITEM	CANT.	DESCRIPCION	CONDICION	
K1	01	FLEXIBLE DISCHARGE HOSE, 2 M.	570538	



ISOMETRICO- SISTEMA DE EXTINCION AUTOMATICO POR AGENTE LIMPIO (FM-200)  
ESQ. 5/A

- NOTAS:
1. COPOS EN PLANO MEDIDAS DE EJE A EJE DE ACCESORIO.
  2. LAS COTAS PREVALECN SOBRE LA ESCALA DEL DIBUJO.
  3. TODOS LOS FITINGS Y ACCESORIOS EN CLASE 300.
  4. LA TUBERIA ES DEL TIPO ASTM A-53, SCHEDULE 40 SIN COSTURA.
  5. UNIDADES DE LONGITUD EN MILIMETROS, DIAMETROS EN PULGADAS.

REV.	FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISION	DIA. REC.	APROBADO	REL.	FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISION	DIA. REV.	APROBADO	DIAGRAMA	PLANOS DE REFERENCIA
A	01/10/19	DIBUJO PARA REVISION INTERNA	01/10/19								
B	08/10/19	DIBUJO PARA APROBACION DEL CLIENTE	08/10/19								
C	02/11/19	DIBUJO PARA CONSTRUCCION	02/11/19								
446	12/10/19	DIBUJO PARA AS-BUILT	12/10/19								

**WESTFIRE SUDAMERICA SRL**  
 Calle Las Mercedes 877 - Tel Aviv - Israel  
 Calle 28 de Abril, 4450 - Ciudad del Este - Paraguay  
 Calle 18 de Agosto 1000 - Montevideo - Uruguay

**Ferreyros CAT**

El presente diseño contiene información confidencial de propiedad de WESTFIRE Sudamérica S.R.L. y todos los derechos están expresamente reservados. Es prohibido para su uso bajo pena de sanciones, incluyendo la compra al Sistema Operativo por Westfire Sudamérica S.R.L. Este diseño no es parte que pueda ser copiado, distribuido, ni ser usado en la totalidad o parcialmente. Este diseño no puede ser modificado ni otros productos sin nuestro consentimiento escrito. Se debe declarar cuando se sea necesario o según requerimiento.


FORMA VENTURA:	PM41919-EXT-1100-15E-002
ELABORADO POR:	P. MARRO DICIEMBRE-2019
REVISADO POR:	M. TORRE DICIEMBRE-2019
APROBADO POR:	Y. BENEZUELO DICIEMBRE-2019
LAZO ENVIADO POR:	S. RODRIGUEZ DICIEMBRE-2019
PAZ. MANDESA:	DICIEMBRE-2019
CLIENTE:	FORMA VENTURA DICIEMBRE-2019
EMISOR:	DICIEMBRE-2019
ESCALA:	NÚMERO DE PLANOS S/E
PROYECTO:	LPT0006A-04.30-ISO-00002
FECHA:	16/11/19

FORMATO A2

RUTA:

HORA:

**ANEXO 12: FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS**

	<b>Pruebas y recarga del sistema contra incendio "SUPRESION" 1C (Correctivo)</b>		<b>Minera Las Bambas</b>
	<b>Área: Operaciones Mina/ Truck Shop</b>	<b>Versión: 00</b>	
	<b>Código: PETS-FIR-MLB-PI-023</b>	<b>Página 1 of 8</b>	

**1. PERSONAL**

PUESTO DE TRABAJO	CANTIDAD
1.1 TÉCNICO DE MANTENIMIENTO (LÍDER)	01
1.2 TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	02
1.3 SUPERVISOR DE OPERACIONES	01

**2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL**


- 2.1. Casco de seguridad.
- 2.2. Barbiquejo con mentonera.
- 2.3. Lentes de Seguridad claros u oscuros.
- 2.4. Protector Auditivo.
- 2.5. Guantes Hyflex.
- 2.6. Chaleco de seguridad.
- 2.7. Bloqueador solar 50 FPS.
- 2.8. Zapatos de seguridad dieléctricos.
- 2.9. Overol mecánico.
- 2.10. Brazaletes antiestático.
- 2.11. Arnés de cuerpo entero.
- 2.12. Líneas de vida.
- 2.13. Block retráctil.
- 2.14. Traje descartable.
- 2.15. Mascarilla quirúrgica o respirador ½ cara con filtros para material particulado.
- 2.16. Alcohol en gel.
- 2.17. Guantes de nitrilo.

**3. EQUIPOS / HERRAMIENTAS / MATERIALES**

EQUIPOS	HERRAMIENTAS	MATERIALES
Radio de comunicación	Brochas	Cintillo de amarre
Multímetro o pinza amperimétrica	Estuche de perilleros	Trapo industrial

**IMPORTANTE:** Se deja expresa constancia que el uso del FORMATO PARA ELABORACION DEL PETS de Minera Las Bambas, por parte de la empresa contratista, es autorizada por Minera Las Bambas S.A. como una exigencia establecida en el artículo 27 del Decreto Supremo 024-2016-EM; Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería; quién en su calidad del Titular Minero es responsable de garantizar la seguridad y salud de todos los trabajadores dentro de la operación minera, lo que de ninguna forma implica una desnaturalización de la relación contractual establecida entre Minera Las Bambas S.A. y su contratista.

## ANEXO 12: FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS

	<b>Pruebas y recarga del sistema contra incendio "SUPRESION" 1C (Correctivo)</b>		<b>Minera Las Bambas</b>
	<b>Área: Operaciones Mina/ Truck Shop</b>	<b>Versión: 00</b>	
	<b>Código: PETS-FIR-MLB-PI-023</b>	<b>Página 2 of 8</b>	


EQUIPOS	HERRAMIENTAS	MATERIALES
Escalera portátil	Destornillador (Plano y Estrella)	Protector de cable
Plataforma portátil	Alicate de punta	Cinta aislante super 33
	Alicate de corte	Aerosol WD-40
	Juego de llaves allen, torx	Pernos varios
	Maletín o morral portaherramientas	Abrazaderas
	Alicate de presión	Cable de interconexión
		Tarjetas de inspección
		Sticker de Mtto.
		Boquillas de descarga
		Detectores de T°

#### 4. PROCEDIMIENTO

##### 4.1. PREVENCIÓN A CONTAGIOS COVID-19:

- ✓ Considerar en el IPERC Continuo el riesgo de contagio por COVID-19.
- ✓ Utilizar protección respiratoria en todo momento.
- ✓ Si presenta algún síntoma de COVID-19 (dolor de garganta, fiebre, tos, etc.), detenga el trabajo y comunique de inmediato a su supervisor.
- ✓ Durante la ejecución del trabajo evite tocarse la cara (nariz, boca, ojos).
- ✓ Mantenga el distanciamiento social de 1 m. en todo momento al desarrollar su trabajo.
- ✓ El personal deberá contar con el control de temperatura respectivo realizado al inicio y al final de la jornada laboral. Los trabajadores con temperatura mayor a 38°C, no podrán realizar trabajos. Deberán ser trasladados de forma inmediata al tópico Anta Wasi para su evaluación.
- ✓ El uso de vehículos de transporte de personal (camionetas) deberá hacerse solamente con personal FIRENO SAC, manteniendo el orden, limpieza y desinfección durante su uso.
- ✓ En caso se tenga que desechar EPP biocontaminado como mascarilla quirúrgica y guantes de nitrilo, estos se deben desechar en el tacho rojo de residuos biocontaminados.

**IMPORTANTE:** Se deja expresa constancia que el uso del FORMATO PARA ELABORACION DEL PETS de Minera Las Bambas, por parte de la empresa contratista, es autorizada por Minera Las Bambas S.A. como una exigencia establecida en el artículo 27 del Decreto Supremo 024-2016-EM; Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería; quién en su calidad del Titular Minero es responsable de garantizar la seguridad y salud de todos los trabajadores dentro de la operación minera, lo que de ninguna forma implica una desnaturalización de la relación contractual establecida entre Minera Las Bambas S.A. y su contratista.


ANEXO 12: FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS			
	<b>Pruebas y recarga del sistema contra incendio "SUPRESION" 1C (Correctivo)</b>		<b>Minera Las Bambas</b>
	<b>Área: Operaciones Mina/ Truck Shop</b>	<b>Versión: 00</b>	
	<b>Código: PETS-FIR-MLB-PI-023</b>	<b>Página 4 of 8</b>	

- ✓ El personal debe tener cuidado y no exponerse a la línea de fuego.
- ✓ Lea las hojas de seguridad HDS de los productos químicos a usar.
- ✓ Desinfectar el archivador con hojas HDS antes de su manipulación.
- ✓ En todo momento se debe mantener el área libre de herramientas y componentes, con la finalidad de evitar las caídas, tropiezos y torceduras.
- ✓ Todo el equipo de trabajo debe asegurar que los controles críticos indicados sean cumplidos y mantenidos permanentemente durante todo el tiempo de ejecución de la tarea, verificando en todo momento su cumplimiento. Se debe de corregir situaciones que vayan en contra de lo establecido, reportando la recurrencia para detener el trabajo de ser necesario y reevaluar la eficacia de los controles.
- ✓ Se deberá aplicar los 3 puntos de apoyo durante el uso de escaleras fijas y portátiles.
- ✓ El personal deberá contar con los cursos obligatorios "MATPEL, TAREAS SEGURAS Y TORMENTAS ELECTRICAS".
- ✓ El titular de la autorización y los miembros de grupo de trabajo deberán contar con su tarjeta unificada en físico, de tal manera de evidenciar la vigencia de sus cursos para los cuales aplican a la actividad a realizar.
- ✓ El personal deberá conocer sus responsabilidades como trabajador.
- ✓ El personal deberá conocer las "Reglas cardinales, OBROS, BAPED, ACC de la seguridad y las 3Q de Las Bambas".
- ✓ El personal deberá aplicar el "PARE y PIENSE" en todo momento y estará empoderado a "Levantar la mano" ante una actividad que pudiese comprometer su integridad física y la de sus compañeros.
- ✓ El personal deberá realizar su "REPORTE DE PELIGROS" diario, identificando los actos, condiciones subestándares y su respectivo plan de acción.
- ✓ El personal deberá segregar correctamente los residuos generados durante la actividad.
- ✓ Todo el grupo de trabajo deberá asegurar su participación en la charla de preinicio.

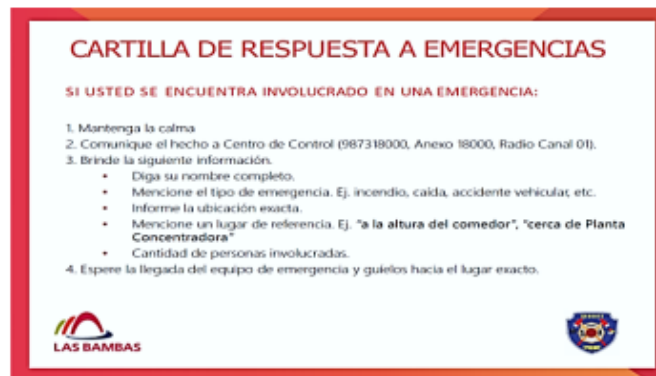
#### 4.3. GENERACION DE PERMISOS:

- ✓ El Supervisor de operaciones, junto al equipo de trabajo, completan los formatos a aplicar (IPERC CONTINUO, APT, PTAR, TRABAJO EN ALTURA, CHECK LIST DE EQUIPOS DE PROTECCION CONTRA CAIDAS, CHECK LIST DE ESCALERAS), luego designa al "titular de la autorización" para la obtención del permiso.

**IMPORTANTE:** Se deja expresa constancia que el uso del FORMATO PARA ELABORACION DEL PETS de Minera Las Bambas, por parte de la empresa contratista, es autorizada por Minera Las Bambas S.A. como una exigencia establecida en el artículo 27 del Decreto Supremo 024-2016-EM; Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería; quién en su calidad del Titular Minero es responsable de garantizar la seguridad y salud de todos los trabajadores dentro de la operación minera, lo que de ninguna forma implica una desnaturalización de la relación contractual establecida entre Minera Las Bambas S.A. y su contratista.

ANEXO 12: FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS			
	<b>Pruebas y recarga del sistema contra incendio "SUPRESION" 1C (Correctivo)</b>		<b>Minera Las Bambas</b>
	<b>Área: Operaciones Mina/ Truck Shop</b>	<b>Versión: 00</b>	
	<b>Código: PETS-FIR-MLB-PI-023</b>	<b>Página 3 of 8</b>	

- ✓ Ante cualquier emergencia se debe de activar el protocolo de emergencia de Minera Las Bambas.




#### 4.2. CONSIDERAR LOS SIGUIENTES ASPECTOS:

- ✓ Realizar la Identificación de peligros, evaluación y control de riesgos (IPERC Continuo) llenando el formato correspondiente.
- ✓ Inspeccione las herramientas o equipos antes de usarlas, éstas deben de estar identificadas con la inspección del trimestral y deben usarse para lo cual fueron diseñadas. (Por ejemplo, no use una llave mixta para golpear). No utilice herramientas de fabricación local (hechizas) sin que estén debidamente aprobados.
- ✓ Procure mantener una posición cómoda que le permita accionar las herramientas de manera adecuada y evitar alguna lesión o enfermedad ocupacional.
- ✓ Usar EPP específico de acuerdo a la necesidad, estudios de monitoreo de salud o indicación médica. Por ejemplo, protección auditiva.

**IMPORTANTE:** Se deja expresa constancia que el uso del FORMATO PARA ELABORACION DEL PETS de Minera Las Bambas, por parte de la empresa contratista, es autorizada por Minera Las Bambas S.A. como una exigencia establecida en el artículo 27 del Decreto Supremo 024-2016-EM; Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería; quién en su calidad del Titular Minero es responsable de garantizar la seguridad y salud de todos los trabajadores dentro de la operación minera, lo que de ninguna forma implica una desnaturalización de la relación contractual establecida entre Minera Las Bambas S.A. y su contratista.

## ANEXO 12: FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS

	<b>Pruebas y recarga del sistema contra incendio "SUPRESION" 1C (Correctivo)</b>		<b>Minera Las Bambas</b>
	<b>Área: Operaciones Mina/ Truck Shop</b>	<b>Versión: 00</b>	
	<b>Código: PETS-FIR-MLB-PI-023</b>	<b>Página 7 of 8</b>	

- ✓ Retirar botellas de nitrógeno de 1 oz (cabina y remoto).
- ✓ Identificar botella activada y reemplazarla.
- ✓ Retirar y cambiar actuador eléctrico (iniciador y arnés) si la descarga fue automática.
- ✓ Dejar desconectado el arnés.
- ✓ Desconexión del monitor.
- ✓ Revisión del cable troncal y sensores térmicos para identificar cuál sensor fue activado, cable troncal quemado o posible activación por daño de estas (proceder al cambio de cable o sensor de ser necesario).
- ✓ Retirar la unión del contenedor de PQS y soplar con aire hacia la manguera de salida de extinción, cambiar el disco de ruptura y oring de salida de extinción.
- ✓ Retirar los contenedores de PQS descargados soltando las abrazaderas.
- ✓ Llenar con agente líquido tanques de LVS en caso se requiera.
- ✓ Montar los nuevos contenedores de PQS ya cargados y conectar sus mangueras de salida de extinción.
- ✓ Desinstalar las botellas de nitrógeno de 10 oz /15oz descargadas.
- ✓ Inspeccionar los vástagos de todos los actuadores para detectar deformaciones, daños o cualquier otra anomalía (cambiarlos de ser necesario).
- ✓ Instalar las nuevas botellas de nitrógeno de 10 oz/15 oz selladas.
- ✓ Realizar las pruebas al monitor y verifique su operatividad por intermedio de los pulsadores.
- ✓ Reinstalar las botellas de nitrógeno de cabina y remoto de 1 oz.
- ✓ Conectar el arnés del actuador eléctrico.

#### 4.5.6 Inspección de señalización de los componentes del Sistema Contra Incendio:

- ✓ Verificar el estado físico de las señalizaciones "TAG, dirección, alarma contra incendio, avisador sonoro, atención riesgo eléctrico, etc."

#### 5. RESTRICCIONES

- ✓ No realizar la tarea si no se completó el IPERC Continuo, APT y/o cualquier otra documentación que se requiera.
- ✓ No realizar la tarea cuando no se cuenta con los recursos necesarios.
- ✓ No realizar la tarea cuando no se cuenta con el personal suficiente para las acciones correspondientes o cuando el personal no cuenta con las acreditaciones requeridas vigentes.

---

**IMPORTANTE:** Se deja expresa constancia que el uso del FORMATO PARA ELABORACION DEL PETS de Minera Las Bambas, por parte de la empresa contratista, es autorizada por Minera Las Bambas S.A. como una exigencia establecida en el artículo 27 del Decreto Supremo 024-2016-EM; Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería; quién en su calidad del Titular Minero es responsable de garantizar la seguridad y salud de todos los trabajadores dentro de la operación minera, lo que de ninguna forma implica una desnaturalización de la relación contractual establecida entre Minera Las Bambas S.A. y su contratista.



# ESPECIFICACIONES



## MOTOR DIÉSEL

Motor Tier 2:  
 Modelo ..... 2 x Komatsu SDA16V160E-2  
 Tipo ..... de 4 tiempos, con refrigeración por agua, inyección directa  
 Succión ..... mediante turbocompresor y refrigeración posterior  
 Número de cilindros ..... 16  
 Potencia nominal ..... 2 x 1500 kW (2010 HP) a 1800 rpm (SAE 1995/J1349)  
 Regulador ..... electrónico, para todas las velocidades  
 El sistema integrado de filtrado de aceite de motor combina los sistemas estabilizadores de aceite, Reserve y Centinel con los filtros de aceite Eliminator extiende a 4.000 horas el intervalo para el cambio de aceite basado en el análisis de aceite. Los radiadores de alta capacidad Mesabi son enfriados mediante ventiladores accionados hidráulicamente para una mejor eficiencia de enfriamiento.



## SISTEMA ELÉCTRICO (versión diésel)

Sistema ..... 24 V  
 Baterías (en serie/paralelo) ..... 8 x 12 V  
 Alternador ..... 2 x 100 A  
 Focos de trabajo estándar ..... 14 focos xenón  
 Luces de servicio estándar ..... en toda la plataforma



## MOTOR ELÉCTRICO

Tipo ..... 2 x motores de inducción de jaula de ardilla  
 Potencia de salida ..... 2 x 1450 kW  
 Voltaje ..... 6.000 – 7.200 V\*  
 Intensidad de corriente (aproximada) ..... 2 x 155 A – 2 x 128 A  
 Frecuencia estándar ..... 60 Hz a 1800 rpm  
 Frecuencia opcional ..... 50 Hz a 1500 rpm  
 \*Otros voltajes disponibles según requerimiento



## SISTEMA ELÉCTRICO (versión eléctrica)

Sistema ..... 24 V  
 Baterías (en serie/paralelo) ..... 4 x 12 V  
 Focos de trabajo estándar ..... 14 focos xenón  
 Luces de servicio estándar ..... en toda la plataforma



## TREN DE RODADO

Ajuste de orugas ..... tipo automático hidráulico  
 Número de zapatas ..... 48 a cada lado  
 Número de rodillos superiores ..... 3 a cada lado  
 Número de rodillos inferiores ..... 8 a cada lado



## SISTEMAS DE DESPLAZAMIENTO Y FRENADO

Control de desplazamiento ..... 2 pedales  
 Pendiente máxima ..... hasta el 50 %  
 Velocidad de desplazamiento (máxima) ..... 2,4 km/h  
 Freno de servicio ..... freno hidráulico  
 Freno de estacionamiento ..... húmedo, multidisco



## SISTEMA DE GIRO

Motores hidráulicos y cajas de giro ..... 3  
 Freno de giro, servicio ..... freno hidráulico  
 Freno de giro, estacionamiento ..... húmedo, multidisco  
 Dientes de corona de giro ..... externos  
 Velocidad de giro (máxima) ..... 2,7 rpm



## SISTEMA HIDRÁULICO

El tren de potencia consiste en dos motores principales. Cada uno con caja de transmisión, la cual acciona cuatro bombas iguales que succionan aceite hidráulico de un estanque no presurizado. El circuito hidráulico abierto proporciona máxima eficiencia de refrigeración y filtrado.

Flujo nominal (salida total) ..... 8.280 l/min  
 Ajuste de válvula de alivio ..... 310 bar  
 Tasa de flujo de giro ..... 2.070 l/min  
 Filtros en línea de alta presión ..... 200 micras uno por bomba, ubicados junto a los bloques de válvulas  
 Filtros de flujo completo en línea de retorno (7 elementos) 10 micras en la parte superior del estanque hidráulico  
 Filtros de aceite en línea de drenaje ..... 3 micras  
 El sistema de cuatro circuitos consta de un regulador limitador de carga con suministro total de aceite para los circuitos de trabajo e incorpora un control de corte de presión. El piloto hidráulico prioriza el flujo hidráulico dando una respuesta hidráulica suave, un sistema hidráulico simple y un reducido número de componentes.  
 Es sistema hidráulico incluye enfriadores aire-aceite verticales, abatibles de gran tamaño con ventiladores accionados hidráulicamente para la regulación de temperatura.



## LUBRICACIÓN AUTOMÁTICA CENTRALIZADA

Tres sistemas automáticos de lubricación Lincoln de una sola línea y accionados hidráulicamente son proporcionados como estándar, complementados con control de tiempo y volumen variable. Dos circuitos de lubricación central y un circuito abierto de engrase son alimentados por un conjunto idéntico de bombas instaladas en contenedores rellenables con una capacidad de 3 x 300lt. El rellenado de los contenedores es a través de los conectores Wiggins presentes en el brazo de servicio.



## CAPACIDADES DE SERVICIO

Estanque de aceite hidráulico ..... 8.350 litros  
 Sistema hidráulico ..... 11.500 litros  
 Combustible ..... 13.900 litros  
 Refrigerante de motor ..... 2 x 475 litros  
 Aceite de motor ..... 2 x 290 litros  
 Estanque de aceite de reserva de motor ..... 2 x 1.056 litros

**CABINA DEL OPERADOR**

La espaciosa y confortable cabina se encuentra montada sobre 18 amortiguadores viscosos y cuenta con aislamiento acústico. La cabina dispone de climatización automática y está presurizada. El asiento del conductor dispone de suspensión neumática, calefacción eléctrica, cinturón de seguridad de dos puntos y ofrece múltiples ajustes. El asiento del instructor también está equipado con un cinturón de seguridad de dos puntos. Las palancas de mando (joystick) de fácil accionamiento son electrohidráulicos. Los pedales controlan la tapa de balde, orugas y freno de giro. Instrumentación completa, KOMTRAX Plus y radio AM/FM con lector de CD's con reproductor MP3.

El limpiaparabrisas dispone de dos velocidades y modo de funcionamiento intermitente. Las comodidades incluyen un refrigerador y compartimentos de almacenaje. Los espejos, con accionamiento eléctrico y calefacción, pueden ajustarse desde el interior. Parasoles externos en la ventana lateral de la cabina y persianas internas en todas las ventanas son estándar. La ventana derecha es una salida de emergencia. Todas las ventanas están matizadas con filtro ultravioleta verde. Una pasarela está montada delante de la cabina.

- Las principales normas en que se basa el diseño de la cabina son:
- ISO 3449 Estructura de protección contra la caída de objetos (FOPS)
  - ISO 6396 El nivel de ruido en la cabina del operario es de 78 dB(A)
  - ISO 2631-1 Vibraciones de cuerpo entero y choques inferiores a 0,5 m/s<sup>2</sup>
  - ISO 5349-1 Vibración de palanca de mando manual inferior a 2,5 m/s<sup>2</sup>
  - ISO 10263-4 Calefacción y aire acondicionado segundo calefactor o aire acondicionado opcional

**SISTEMA DE MONITOREO KOMTRAX Plus**

KOMTRAX Plus ha sido diseñado para el equipamiento minero de Komatsu con el objetivo de ofrecer información en tiempo real sobre el estado operativo de las máquinas vía pantalla a color. La unidad de almacenamiento digital integrada ofrece un historial completo de sucesos y datos relativos a tendencias que pueden descargarse a un ordenador portátil. Opcionalmente, es posible añadir una conexión W-LAN o transmisión por satélite Orbcmm (compruebe si está disponible en su región).

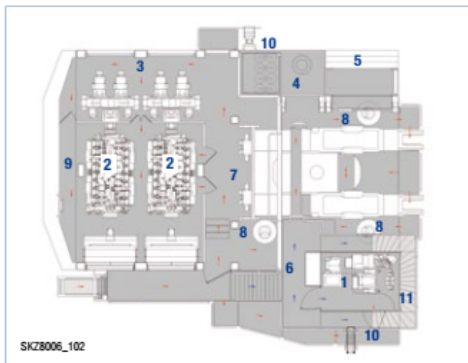
**PESOS DE OPERACIÓN (APROXIMADOS)**

**Excavadora PC 8000:**  
Peso de operación, incluido pluma de 11.500 mm, brazo de 5.500 mm, balde de 42 m<sup>3</sup>, operador, lubricante, refrigerante, estanque de combustible lleno y equipamiento estándar.

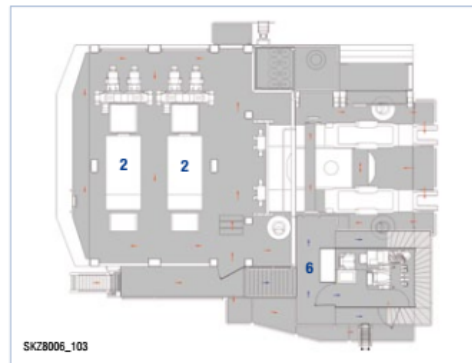
Ancho de zapata	Peso de operación	Presión sobre el suelo
1.500 mm	763 t	27,9 N/cm <sup>2</sup>
1.900 mm	777 t	22,4 N/cm <sup>2</sup>

**Pala frontal PC 8000:**  
Peso de operación, incluido pluma de 8.150 mm, brazo de 5.750 mm, cuchara de 42 m<sup>3</sup>, operador, lubricante, refrigerante, estanque de combustible lleno y equipamiento estándar.

Ancho de zapata	Peso de operación	Presión sobre el suelo
1.500 mm	752 t	27,5 N/cm <sup>2</sup>
1.900 mm	767 t	22,1 N/cm <sup>2</sup>




- Motor diésel**
- 1 Cabina
  - 2 Motores diésel
  - 3 Bombas hidráulicas
  - 4 Estanque hidráulico
  - 5 Enfriadores hidráulicos
  - 6 Estanque de combustible
  - 7 Bloques de válvulas
  - 8 Motores de giro
  - 9 Contrapeso
  - 10 Salida secundaria
  - 11 Pasarela de cabina con visibilidad



- Variante de versión con accionamiento eléctrico**
- 2 Motores eléctricos
  - 6 Gabinete eléctrico de alta tensión

- Pasarelas**
- ← Nivel inferior
  - ← Nivel superior



 una empresa Ferreyrocorp	LAS BAMBAS	Revisión : B
	PROYECTO: "LP10008A - Movil Substation and Power Generator "	Emisión : 29/01/20
	4400290143 – SUMINISTRO MOTIVATOR #2	Página 3 de 3

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento ha sido desarrollado por WESTFIRE SUDAMERICA S.R.L. y contiene la Lista de Equipos Críticos que conforman el sistema de Detección y Alarma de Incendio para el proyecto "Motivator Las Bambas – Sistema Contra Incendios", ubicada en la mina LAS BAMBAS.

## 2. LISTA DE EQUIPOS Y MATERIALES

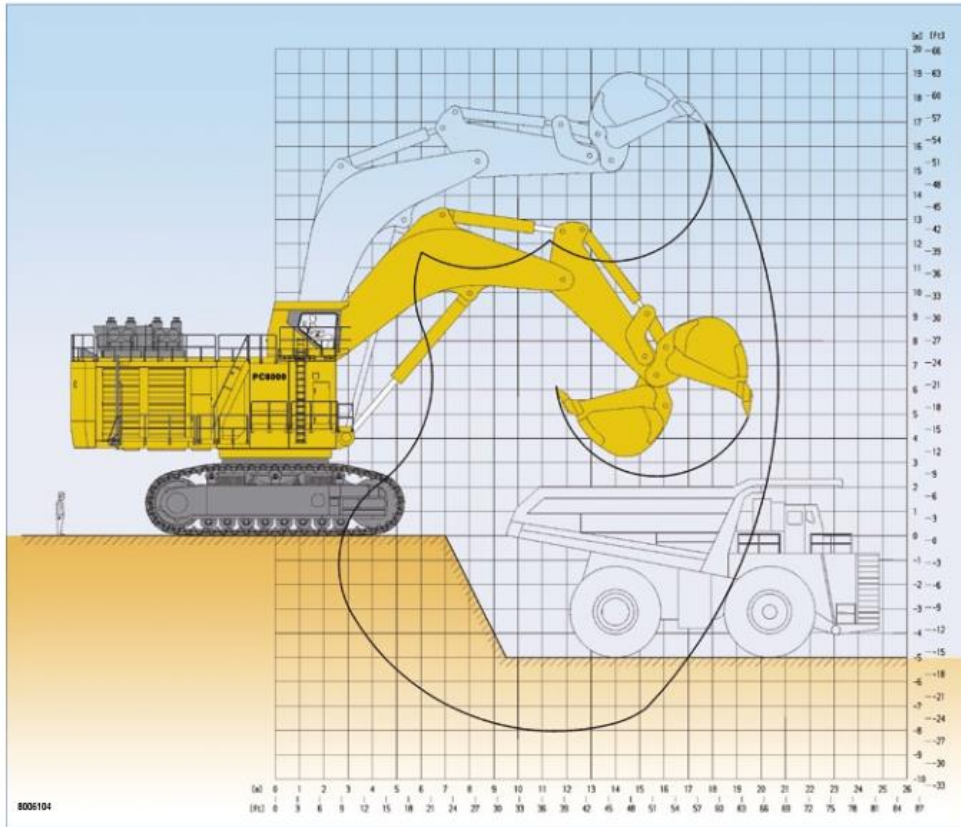
### 2.1. LISTA DE EQUIPOS

Item	Descripción	Marca	N Parte	Unidad	Cont.
<b>1,00,00</b>	<b>SISTEMA DE DETECCIÓN</b>				
<b>1,01,00</b>	<b>Paneles y fuentes</b>				
1,01,01	4007ES Hybrid FACP, 240V, Red	Simplex	4007-9101	un.	1.00
1,01,02	Dual RS232	Simplex	4007-9812	un.	1.00
1,01,03	Nac Extender	Simplex	4009-9301	un.	1.00
1,01,04	12V 12.7AH 5.95"LX3.86"DX3.7"H	Simplex	NP12-12	un.	4.00
<b>1,02,00</b>	<b>Detectores</b>				
1,02,01	Detector doble tecnologia	Simplex	4098-9754	un.	3.00
1,02,02	SSD Sensor Base	Simplex	4098-9792	un.	3.00
1,02,03	Detector de monóxido	MACURCO	EX-CO-250P-O-M	un.	1.00
<b>1,03,00</b>	<b>Modulos de monitoreo y sirena</b>				
1,03,01	IAM Supervised IdNet	Simplex	4090-9001	un.	1.00
1,03,02	IAM Relay IdNet	Simplex	4090-9002	un.	6.00
1,03,03	Sirena con luz estroboscópica Weatherproof	Simplex	4096-9131	un.	3.00
1,03,04	Wall Mount Weatherproof Boxes	Simplex	49WPBB-AVVOWR	un.	3.00
<b>1,04,00</b>	<b>Accesorios Sistema Agente Limpio - Detección</b>				
1,04,01	IAM Supervised IdNet	Simplex	4090-9001	un.	3.00
1,04,02	2 Amperes Coil Supervisory Module	Simplex	2081-9046	un.	2.00
1,04,03	Suppression Release Peripheral with Enclosure	Simplex	4090-9006	un.	1.00
1,04,04	Maintenance Switches with Disconnect Indicator Lamp	Simplex	2080-9060	un.	1.00
1,04,05	Addressable Dual Action Push/Pull Station / Led / No Logo	Simplex	4099-9015	un.	1.00
1,04,06	Abort Switch / Surface	Simplex	2080-9057	un.	1.00
<b>2,00,00</b>	<b>SISTEMA AGENTE LIMPIO FM-200 (Celdas de Tensión)</b>				
<b>2,01,00</b>	<b>Cilindro FM200 (Celda de Tensión), incluye;</b>				
2,01,01	Tank, 16 L- Specify Fill: 18 - 35 lb	Ansul	442873	un.	1.00
2,01,02	Solenoid, Electric, Removable, 24 vold (0.2 amp)	Ansul	570537	un.	1.00
2,01,03	FM-200 Agent for Container Fill (Price per Pound)	Ansul	570036	kg.	11.00
<b>3,00,00</b>	<b>SISTEMA AGENTE LIMPIO FM-200 (Generador Eléctrico)</b>				
<b>3,01,00</b>	<b>Cilindro FM200 (Generador Eléctrico), incluye;</b>				
3,01,01	Tank, 52 L- Specify Fill: 58 - 114 lb	Ansul	442875	un.	1.00
3,01,02	Solenoid, Electric, Removable, 24 vold (0.2 amp)	Ansul	570537	un.	1.00
3,01,03	FM-200 Agent for Container Fill (Price per Pound)	Ansul	570036	kg.	36.00

**PC8000 PALA HIDRÁULICA**

# CARACTERÍSTICAS DE PRODUCTIVIDAD

**EQUIPO DE TRABAJO TIPO EXCAVADORA**



Largo de pluma	11.500 mm	37'9"	Altura máxima de excavación	16.900 mm	55'5"
Largo de brazo	5.500 mm	27'7"	Altura máxima de descarga	11.200 mm	36'9"
Fuerza de arranque (SAE)	2.000 kN	449,500 lb	Profundidad máx. de excavación	8.000 mm	26'3"
Fuerza de desgarre (SAE)	1.800 kN	404,600 lb	Alcance máx. de excavación	20.700 mm	67'11"
			Alcance máx. de excavación al nivel del suelo	19.600 mm	64'4"

Capacidad de balde (Colmado 1:1) SAE		Ancho		Dientes	Paquete elementos de desgaste (WP)	Peso		Densidad máx. de material (Suelto)	
m <sup>3</sup>	cuyd	mm	pies/pulgadas	cantidad	*)	t	lb	t/m <sup>3</sup>	lb/cuyd
42,0	55,0	4.575	15'	6	2	48,0	105,840	1,8	3,000

\*) WP 1 Ligeramente abrasivo WP 2 Medianamente abrasivo WP 3 Altamente abrasivo Baldes alternativos según requerimiento a pedido



## EQUIPAMIENTO ESTÁNDAR

### PALA HIDRÁULICA PARA MINERÍA

#### EQUIPO DE TRABAJO TIPO PALA FRONTAL

- Pluma de 8,15 m
  - Brazo de 5,75 m
  - Juego de cilindros
  - Balde de 42 m³ (SAE 2:1)
- Incluido elementos de desgaste estándar (WP2) con sistema GET sin uso de martillo para el desmontaje

#### O

#### EQUIPO DE TRABAJO TIPO EXCAVADORA

- Pluma de 11,5 m
  - Brazo de 5,5 m
  - Juego de cilindros
  - Balde de 42 m³ (SAE 1:1)
- Incluido elementos de desgaste estándar (WP2) con sistema GET sin uso de martillo para el desmontaje

#### CARRO INFERIOR

- Resistente y especial para trabajos pesados
- Carrocería central (carbody)
- 2 bastidores
- 8 rodillos inferiores y 3 rodillos superiores a cada lado
- Zapatas de fundición de 1500 mm
- Ajuste hidráulico de orugas y freno de estacionamiento

#### SUPERESTRUCTURA

- Armazón principal, montada sobre una corona de giro de dentado exterior, soporta la sala de máquinas
- 2 x motores diésel Komatsu SDA16V160E-2, certificación TIER 2
- Depósitos de aceite y combustible
- Componentes hidráulicos
- Contrapeso

#### ILUMINACIÓN

- 14 focos de trabajo xenón de alta potencia
- Luces de servicio a lo largo de la plataforma

#### CABINA DEL OPERADOR

- Cabina cerrada de acero montada sobre amortiguadores viscosos
- Estructura de protección contra caídas de objetos conforme a ISO 3449
- Unidad de aire acondicionado Sūtrak
- Asiento del operador con suspensión completa y cinturón
- Asiento de instructor con cinturón
- Controles ergonómicos
- KOMTRAX Plus (sistema de monitoreo)
- Las palancas de mando (joysticks) son electrohidráulicas
- 1 limpiaparabrisas de gran tamaño
- Radio AM-FM con lector de CD's con reproductor MP3
- Parasoles internos y externos

- Todas las ventanas están matizadas con filtro UV de color verde
- Pasarela delante de la cabina

#### LUBRICACIÓN

- Lubricación central LINCOLN para máquina base y equipo de trabajo
- Lubricación central LINCOLN para balde y conjunto brazo-balde
- Sistema automático de lubricación mediante piñones LINCOLN para la corona de giro
- Brazo de servicio WIGGINS con conectores para el relleno de combustible, aceite de motor y refrigerante, aceite hidráulico y grasa, así como vaciado de refrigerante, aceites hidráulicos y de motor

#### ACCESORIOS INCLUIDOS

- Alarma acústica de desplazamiento
- Escalera de acceso desde el nivel del suelo con accionamiento hidráulico
- Bocina neumática eléctrica
- Cubierta de turbocompresor de motor y tubos de escape
- Sistema de control de aceite de motor (sistemas Centinel, Reserve y Eliminator)
- Bomba de servicio de transferencia de aceite
- Pasarelas y escaleras con placas antideslizantes
- Pasamanos y escalones en la pluma
- Puntos de amarre en la pluma



## EQUIPAMIENTO OPCIONAL

#### EQUIPO DE TRABAJO/BALDE

- Protección deslizante para cilindro de pluma
- Protección deslizante para cilindro de brazo
- Protección deslizante para cilindro de balde (excavadora)

#### CARRO INFERIOR

- Zapatas de 1.900 mm

#### EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO

- Motores eléctricos para diferentes voltajes
- Enrollacable sin cable

#### CLIMA FRÍO

- Paquete para clima frío hasta los -40° C (motor diésel y eléctrico)
- Paquete para clima ártico hasta los -50° C (motor diésel y eléctrico)
- Tratamiento de temperatura KIM Hotstart para temperaturas ambiente de hasta -50° C (motor diésel y eléctrico), fuente de alimentación externa no incluida

#### ACEITE HIDRÁULICO ESPECÍFICO

- Aceite hidráulico biodegradable

#### VARIOS

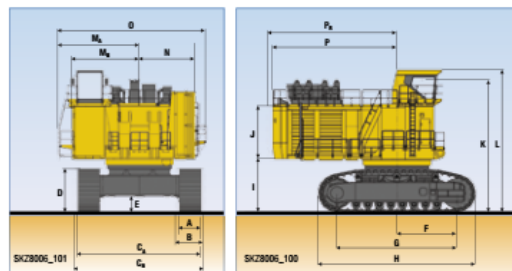
- Sistema de extinción de incendios
- Sistema de cámaras conforme a ISO5006
- Parabrisas resistente a impactos de 19 mm de espesor
- Iluminación adicional
- Aire acondicionado adicional para cabina
- Calefactor adicional para cabina
- Grúa de mantenimiento
- Pintura especial



## DIMENSIONES

#### MÁQUINA BASE CON CONTRAPESO

A	1500 mm	4'11"	I	3615 mm	11'10"
B	1900 mm	6'3"	J	3560 mm	11'8"
C <sub>A</sub>	8330 mm	27'4"	K	8950 mm	29'4"
C <sub>B</sub>	8730 mm	28'8"	L	9655 mm	31'8"
D	3055 mm	10'0"	M <sub>A</sub>	5480 mm	17'12"
E	1095 mm	3'7"	M <sub>B</sub>	4550 mm	14'11"
F	4050 mm	13'3"	N	3750 mm	12'4"
G	8100 mm	26'7"	O	10010 mm	32'10"
H	10735 mm	35'2"	P	8410 mm	27'7"
			P <sub>R</sub>	8710 mm	28'7"



QESS0087 02

© 2013 Komatsu, impreso en Alemania

# KOMATSU®

KOMATSU MINING GERMANY GMBH  
 BUSCHERHOFSTRASSE 10  
 D-40599 DÜSSELDORF  
 PHONE +49 (0) 211/71 09 - 0  
 FAX +49 (0) 211/71 5822

www.komatsu-mining.de

Los materiales y especificaciones están sujetos a cambios sin previo aviso.  
 Komatsu es una marca registrada de Komatsu Ltd. Japan



Arequipa, 23 de febrero de 2023

Señor(es):

A quien corresponda

De nuestra consideración:

Yo, Edgar Vizcarra Pinedo, identificado con DNI 10631199, Ingeniero de minas de la Gerencia de Protección Interna de Minera las Bambas S.A., por la presente autorizo al Sr. Rossell Ernesto Otazu Huarahuara con DNI 47124901, el uso de la información, planos, y documentos técnicos de los sistemas contra incendio instalados en las subestaciones móviles y motivators, para el desarrollo de su informe de suficiencia profesional para optar el título de Ingeniero electricista.

Se emite este documento para los fines que el Sr. Rossell Ernesto Otazu Huarahuara considere necesarios.

Sin otro particular, me despido

Atentamente

Ing. Edgar Vizcarra Pinedo