

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**SEDE CONCEPCION – REY BALDUINO DE BELGICA**

**PROPUESTA PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO AL  
SISTEMA ELÉCTRICO E INFRAESTRUCTURA DE CARGA  
PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN EMPRESA BITUMIX  
SUR**

Trabajo de Titulación para optar al Título de  
Ingeniero en Mantenimiento Industrial licenciado en  
Ingeniería

Alumno:  
Carlos Patricio Concha Durán

Profesor Guía:  
Sr. Fabrizzio Javier Cariñe Avendaño

2024

## *Dedicatoria*

“A mi familia, que siempre estuvo a mi lado brindándome aliento y fortaleza. Gracias por su apoyo incondicional, mostrando siempre su fe en mí.

A Nicole y nuestros amados hijos, Amelia y Beltrán. Gracias por tu paciencia y comprensión, por soportar mis largas ausencias, por tus palabras de ánimo y por creer en mí. Ustedes son el fundamento para seguir adelante y superar cualquier desafío.

A Amelia y Beltrán que, con tan solo un año de vida, me han enseñado el mayor significado de la motivación y el amor. Cada risa, cada mirada, cada momento junto a ustedes ha sido el recordatorio constante de por qué valía la pena continuar con cada esfuerzo.

Y a quienes ya no están conmigo, pero cuya memoria ilumina mi camino. Estoy seguro de que estarían alegres y orgullosos de este logro, viéndome como el profesional y padre que siempre soñaron que sería.

A todos ustedes, dedico este trabajo con todo mi amor y gratitud.”

## **RESUMEN**

Keywords: ELECTROMOVILIDAD, INFRAESTRUCTURA DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS, IRVE, MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, ISO 50001, ISO 14224, PLAN DE MANTENIMIENTO.

La transición hacia la electromovilidad constituye un elemento clave para la sostenibilidad y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. En este contexto, la empresa chilena Bitumix Sur busca alinearse con las metas del Plan Nacional de Electromovilidad y su objetivo corporativo de reducir en un 40% sus emisiones de carbono para 2030. Este proyecto tiene como objetivo diseñar un plan de mantenimiento para la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos (IRVE) y el sistema eléctrico asociado, con el fin de garantizar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia operativa de esta tecnología.

Se integran los estándares internacionales ISO 14224 e ISO 50001 para abordar la gestión de activos, la optimización del consumo energético y la recopilación de datos de mantenimiento. El análisis incluye la identificación de riesgos y componentes críticos en la infraestructura de recarga, así como la implementación de estrategias de gestión y mantenimiento para reducir las fallas potenciales y optimizar los costos asociados.

Los resultados esperados se obtienen a través de un modelo de gestión de mantenimiento estructurado, escalable y que permita responder a la creciente demanda de recarga eléctrica, manteniendo la continuidad operativa de la flota vehicular eléctrica y cumpliendo con los requisitos normativos establecidos por el RIC N°15 en Chile. Este proyecto también contribuye a la sostenibilidad corporativa mediante la mejora continua y la gestión energética a través de plataformas tecnológicas para el monitoreo en tiempo real del consumo energético.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN PRINCIPAL</b> .....	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
OBJETIVO GENERAL .....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
<b>CAPITULO I: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
1.1    INTRODUCCIÓN AL CAPITULO 1: MARCO TEORICO.....	4
1.2    INTRODUCCIÓN A LA ELECTROMOVILIDAD .....	5
1.2.1    Definiciones en infraestructura de recarga de vehículos eléctricos.....	6
1.2.2    Clasificaciones según la velocidad de carga, la potencia utilizada y el tipo de conexión entre el cargador y el vehículo .....	7
1.2.3    Modos de carga, estos se encuentran definidos por estándares internacionales como la IEC 61851 .....	7
1.2.4    Los conectores utilizados en la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos .....	9
1.3.    NORMATIVAS INTERNACIONALES Y NACIONALES.....	12
1.3.1    Normativas relacionadas con la IRVE .....	13
1.3.2    Normativas relacionadas con el mantenimiento.....	14
1.4.    EL MANTENIMIENTO .....	17
1.4.1    Categorías de mantenimiento .....	17
1.4.2    Metodologías y herramientas aplicadas al mantenimiento.....	21
1.4.3    Modelos de gestión aplicados al mantenimiento .....	26
1.5 <u>CONCLUSIONES DEL CAPITULO</u> .....	28
<b>CAPITULO II : ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b> .....	<b>29</b>
2.1    INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	30
2.2    LA EMPRESA .....	31
2.3    AVANCES EN LA GESTIÓN ENERGÉTICA Y ELECTROMOVILIDAD ....	33
2.4    ESTRUCTURA DE MANTENIMIENTO.....	36
2.5    GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL ÁREA DE MAQUINARIA .....	39
2.5.1    Creación de una OT .....	39

2.6	ANÁLISIS DE LA FLOTA ACTUAL DE VEHÍCULOS .....	42
2.7	PROYECCIÓN HACIA EL CAMBIO A VEHÍCULOS ELÉCTRICOS .....	43
2.7.1	Análisis de vehículo eléctrico en adquisición .....	43
2.8	ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA. ....	44
2.8.1	Tablero General Eléctrico .....	45
2.8.2	Cableado Eléctrico desde Tablero General hacia los Tableros de la IRVE ..	45
2.8.3	Tablero de IRVE .....	45
2.8.4	Cableado desde Tablero de IRVE hacia los Cargadores.....	46
2.8.5	Cargadores de Vehículos Eléctricos.....	46
2.9	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	47
2.9.1	Análisis de riesgo y criticidad .....	48
2.9.2	Análisis por árbol de fallas (FTA) .....	49
2.9.3	Análisis y categorización de las causas .....	51
2.9.5	Hallazgos del análisis .....	56
2.9.6	Modos de fallas relevantes .....	57
2.10	CONCLUSIONES DEL CAPITULO .....	57
	<b>CAPITULO III RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>58</b>
3.1	INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO 3: RESOLUCION DEL PROBLEMA.....	59
3.1.1	Resumen de hallazgos y resultados del análisis anterior.....	60
3.1.2	Objetivo del capítulo .....	61
3.2	METODOLOGÍA PLANTEADA PARA EL DISEÑO .....	62
3.2.1	Estructura Sistemática propuesta.....	62
3.2.2	Definición de objetivos y estrategias.....	64
3.2.3	Registro y jerarquización de activos.....	64
3.2.4	Identificación de modos de falla.....	64
3.2.5	Diseño del plan de mantenimiento .....	64
3.2.6	Capacitación del personal.....	65
3.2.7	Monitoreo y mejora continua .....	65
3.3	APLICACIÓN DEL MÉTODO PROPUESTO .....	66
3.3.1	Aplicación: Definición de Objetivos y Estrategias.....	66
3.3.2	Aplicación: Registro y Jerarquización de Activos.....	66

3.3.3	Aplicación: Identificación de Modos de Falla.....	74
3.3.4	Aplicación: Diseño del plan de mantenimiento.....	75
3.3.5	Aplicación: Capacitación del personal .....	89
3.3.6	Aplicación: Monitoreo y mejora continua.....	92
3.4	MEJORAS EN LA IRVE Y EL SISTEMA ELECTRICO .....	95
3.4.1	Resultados por mejoras en el sistema eléctrico .....	96
3.5	SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA.....	97
3.6	CONCLUSIONES DEL CAPITULO .....	99
<b>CAPITULO IV PROPUESTA ECONÓMICA .....</b>		<b>100</b>
4.1	INTRODUCCIÓN AL CAPITULO IV: PROPUESTA ECONOMICA .....	101
4.2	COSTOS DE EJECUCIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO .....	102
4.2.1	Costo anual del plan de mantenimiento preventivo/predictivo .....	102
4.3	CAPACITACIONES PARA EL PERSONAL .....	104
4.4	COSTO POR REPUESTOS Y COMPONENTES .....	105
4.5	COSTO DE ADQUISICIÓN DE INSTRUMENTACIÓN.....	106
4.6	DISPOSITIVOS Y SISTEMAS DE GESTIÓN Y MONITOREO.....	106
4.7	ADQUISICIÓN E INSTALACIÓN DE CARGADORES ELÉCTRICOS .....	107
4.8	COSTOS COMPLEMENTARIOS DE INSTALACIÓN DE CARGADORES	108
4.9	BENEFICIOS ECONÓMICO Y AMBIENTALES.....	109
4.9.1	Impacto por uso de VE y reducción de CO2 .....	109
4.9.2	Ahorro en combustible por uso de VE .....	109
4.10	RESULTADO DE PROPUESTA ECONÓMICA.....	111
4.10.1	Costos asociados de implementación .....	111
4.10.2	Depreciación.....	112
4.10.3	Recopilación de ahorros en combustibles .....	113
4.10.4	ROI .....	113
4.10.5	Periodo de retorno .....	114
4.10.6	Costo neto recuperable .....	115
4.10.7	Impacto neto anual.....	115
4.11	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS.....	116
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>117</b>

<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>119</b>
<b>BIBLIOGRÁFIAS Y REFERENCIAS.....</b>	<b>120</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>122</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Modos de carga según la IEC 61851 .....	9
Figura 1-2. Resumen de tipos de conectores, voltaje y corriente permitida .....	11
Figura 1-3. Clasificación y niveles taxonómicos .....	15
Figura 1-4. Categorías del mantenimiento según la ISO – 14224: 2016 .....	18
Figura 1-5. Acciones del mantenimiento preventivo .....	19
Figura 1-6. Evolución de estrategias del mantenimiento .....	20
Figura 1-7. Perfiles comparativos de un sistema de mantenimiento reactivo y proactivo ....	20
Figura 1-8. Representación gráfica de un FTA .....	24
Figura 1-9. Modelo del proceso de gestión de mantenimiento MGM .....	26
Figura 1-10. Asociaciones colaboradoras en la GFMAM .....	27
Figura 1-11. Marco general propuesta por GFMAM .....	28
Figura 2-1. Conmemoración 50 años. Obras de pavimentación en estadio nacional .....	32
Figura 2-2. Planta procesadora de áridos .....	32
Figura 2-3. Plataforma de gestión energética E-Drive .....	34
Figura 2-4. Primer vehículo eléctrico de Bitumix .....	34
Figura 2-5. Camioneta Voltera Rich R6 .....	35
Figura 2-6. Camioneta Riddara RD6 .....	36
Figura 2-7. Estructura organigrama .....	36
Figura 2-8. Estructura general de áreas .....	37
Figura 2-9. Organigrama de maquinaria Bitumix sur 2023 .....	38
Figura 2-10. Diagrama de flujo de una orden de trabajo .....	39
Figura 2-11. Proceso de creación de una OT en Fractal e interacción de roles .....	41
Figura 2-12. Diagrama de bloques del proceso general de recarga eléctrica en los VE .....	44
Figura 2-13. Tablero general eléctrico .....	45
Figura 2-14. Tablero eléctrico taller de maquinarias .....	46
Figura 2-15. Camionetas Voltera y Riddara en proceso de carga .....	46
Figura 2-16. Desarrollo de FTA, evento no deseado.....	50
Figura 3-1. Diagrama de flujo gráfico vertical propuesto .....	63
Figura 3-2. Clasificación taxonómica de equipos del sistema eléctrico en Fractal One ...	73
Figura 3-3. Registro de Cargador Eléctrico 7kW .....	73
Figura 3-4. Dashboard de KPIs semanal utilizado en el área de Maquinarias .....	92

Figura 3-5. Dashboard principal Fracttal One .....	93
Figura 3-6. Propuesta de ubicación para los cargadores nuevos.....	95
Figura 3-7. Dashboard de consumos eléctricos .....	98

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Km recorridos por vehículo .....	42
Tabla 2-2. Cálculo de rendimiento VE Riddara Rd6 .....	43
Tabla 2-3. Clasificación de ocurrencia .....	48
Tabla 2-4. Clasificación de gravedad .....	48
Tabla 2-5. Clasificación de ocurrencia .....	48
Tabla 2-6. NPR componentes proceso recarga de VE .....	49
Tabla 2-8. Categorización del FTA por fallas de hardware (1) .....	52
Tabla 2-9. Categorización del FTA por fallas de hardware (2) .....	53
Tabla 2-10. Categorización del FTA por fallas de distribución eléctrica (1) .....	54
Tabla 2-11. Categorización del FTA por fallas de distribución eléctrica (2) .....	55
Tabla 3-1. Tabla de cálculo del CTR .....	71
Tabla 3-2. Listado de equipos clasificados y codificación .....	72
Tabla 3-3. Agrupación de equipo .....	75
Tabla 3-4. Propuesta inicial mantenimiento a TGE01 .....	77
Tabla 3-5. Propuesta inicial mantenimiento a TDT01 .....	78
Tabla 3-6. Propuesta inicial mantenimiento a CD01 .....	79
Tabla 3-7. Propuesta inicial mantenimiento a CD02 .....	80
Tabla 3-8. Propuesta inicial mantenimiento a CVE01 .....	81
Tabla 3-9. Actividades PMP por frecuencia (1/2) .....	82
Tabla 3-9. Actividades PMP por frecuencia (2/2) .....	83
Tabla 3-10. Actividades PdM por frecuencia .....	84
Tabla 3-11. Planes preventivos para cargadores de vehículos eléctricos .....	85
Tabla 3-12. Planes preventivos para Cableado de distribución .....	85
Tabla 3-13. Planes preventivos para tableros eléctricos .....	86
Tabla 3-14. Planes predictivos para tableros eléctricos .....	86
Tabla 3-15. Planes predictivos para cargadores VE .....	87
Tabla 3-16. Planes predictivos para cableado de distribución .....	87
Tabla 3-17. Herramientas eléctricas para ejecución PMP y PdM .....	87
Tabla 3-18. Plan inicial de capacitaciones .....	91
Tabla 4-1. Cálculo HH requerida PMP .....	102
Tabla 4-2. Cálculo HH requerida PdM .....	102

Tabla 4-3. Cálculo valor hora electromecánico .....	103
Tabla 4-4. Costos de cursos y capacitaciones .....	104
Tabla 4-5. Costos de repuestos para stock disponible .....	106
Tabla 4-6. Costos de instrumentos a comprar .....	106
Tabla 4-7. Costos de sistemas de gestión y monitoreo .....	107
Tabla 4-8. Costos de adquisición e instalación cargadores eléctricos .....	107
Tabla 4-9. Costos de OCCC y eléctricas .....	108
Tabla 4-10. Ahorro en combustible por uso Riddara Rd6 .....	110
Tabla 4-11. Ahorro en combustible por uso ZNA Voltera .....	110
Tabla 4-12. Resumen de costos de implementación propuestas .....	111
Tabla 4-13. Depreciación de IRVE .....	112
Tabla 4-14. Ahorro total de combustible al año .....	113
Tabla 4-15. Retorno de inversión .....	113
Tabla 4-16. Periodo de retorno .....	114
Tabla 4-17. Costo neto recuperable .....	115
Tabla 4-18. Impacto neto anual .....	115

## SIGLA Y SIMBOLOGÍA

### A. SIGLAS

ACR	:	Análisis causa raíz
AMEF	:	Análisis de modos y efectos de fallas
CCS	:	Sistema de carga combinada
CDI	:	Centro de desarrollo e investigación
CMMS	:	Sistema de gestión de mantenimiento computarizado
CNR	:	Costo neto recuperable
CTR	:	Criticidad total por riesgo
ERNC	:	Energías Renovables No Convencionales
FTA	:	Árbol lógico de fallas
GFMAM	:	Foro global en mantenimiento y gestión de activos
HH	:	Hora hombre
IEC	:	Comisión electrotécnica internacional
INA	:	Impacto neto anual
IRVE	:	Infraestructura de recarga de vehículos eléctricos
ISO	:	International organization for standardization
KPI	:	Indicador clave de desempeño
LFP	:	Fosfato de hierro y litio
MGM	:	Modelo de gestión de mantenimiento
NEDC	:	New european driving cycle
NPR	:	Numero de prioridad de riesgo
OT	:	Orden de trabajo
OTEC	:	Organismo técnico de capacitación
PdM	:	Plan de mantenimiento predictivo
PMP	:	Plan de mantenimiento preventivo
RBM	:	Mantenimiento basado en riesgo
RCM	:	Mantenimiento centrado en confiabilidad
RIC	:	Reglamento de seguridad de las instalaciones de consumo de energía eléctrica
ROI	:	Retorno de inversión
SAVE	:	Sistema de alimentación específico de vehículo eléctrico
SEC	:	Superintendencia de electricidad y combustibles

TE-6 : Inscripción de sistemas de energización de infraestructura para recarga de vehículos eléctricos

UTFSM : Universidad técnico Federico Santa Maria

VCI : Vehículo a combustión interna

VE : Vehículo eléctrico

## B. SIMBOLOGIA

A	:	Amperes
AC	:	Corriente alterna
CO <sub>2</sub>	:	Dióxido de carbono
DC	:	Corriente continua
II	:	Dos
H	:	Hora
Hz	:	Hertz
kA	:	kilo ampere
Km	:	kilometro
kW	:	Kilo watt
kWh	:	kilo watt hora
l	:	Litros
mA	:	Mili ampere
MW	:	Mega watt
N°	:	Número
Tcal	:	Tera calorías
V	:	volts
VAC	:	Voltaje en corriente alterna
XIX	:	diecinueve
\$	:	Pesos
%	:	Porcentaje

## **INTRODUCCIÓN PRINCIPAL**

En el contexto global actual, la sostenibilidad y la transición hacia fuentes de energía más limpias se han convertido en pilares fundamentales para enfrentar los desafíos del cambio climático y el agotamiento de los recursos naturales. Dentro de este marco, la electromovilidad se posiciona como una solución clave para transformar la forma en que se gestiona el transporte, reduciendo significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero y optimizando el uso de la energía.

Bitumix Sur, una empresa chilena que forma parte del prestigioso grupo Vinci Construction, no es ajena a estos desafíos y oportunidades. Con una sólida trayectoria en la producción de mezclas asfálticas y áridos, y un compromiso claro con la excelencia operativa, la empresa ha dado pasos concretos hacia la incorporación de vehículos eléctricos (VE) en su flota. Este esfuerzo se enmarca en su estrategia para alinearse con las metas del Plan Nacional de Electromovilidad y su propio objetivo de reducir las emisiones de carbono en un 40% para el año 2030.

Sin embargo, la transición hacia una flota eléctrica no está exenta de desafíos. Entre los más relevantes se encuentra la gestión de la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos (IRVE), la cual debe garantizar disponibilidad, confiabilidad, seguridad y suficiente potencia para sostener las operaciones diarias de la empresa. Además, la ausencia de un plan de mantenimiento específico para este tipo de sistemas representa un riesgo operativo que podría comprometer la continuidad de las operaciones y generar costos adicionales.

Este proyecto tiene como objetivo principal diseñar un plan de mantenimiento para la IRVE y el sistema eléctrico que la sostiene en la empresa Bitumix Sur, integrando estándares internacionales como la ISO 14224 e ISO 50001 para garantizar la confiabilidad operativa, la eficiencia energética y el cumplimiento de las necesidades de potencia del sistema de carga. Además, se buscará evaluar el impacto de la transición hacia vehículos eléctricos en las operaciones, estableciendo criterios para una infraestructura de carga óptima que asegure su sostenibilidad a largo plazo.

En el desarrollo del proyecto, se seguirá un enfoque estructurado basado en 6 pasos desarrollado a través de modelos de gestión de mantenimiento, comenzando con la recopilación y análisis de información clave sobre los procesos actuales, la flota en transición y los requerimientos técnicos de la IRVE. Este enfoque asegura que cada etapa del plan esté fundamentada en datos concretos y permita abordar de manera integral los desafíos técnicos, operativos y económicos que plantea la implementación de esta tecnología.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Proponer un plan de mantenimiento y realizar optimización para la infraestructura de carga de vehículos eléctricos en la empresa Bitumix Sur, que asegure la disponibilidad, confiabilidad y suficiente potencia del sistema de carga, permitiendo la continuidad operativa de la futura flota eléctrica y evitando problemas asociados al mantenimiento, al sistema eléctrico y a la capacidad de carga necesaria para responder a las necesidades del área de mantenimiento y servicios.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recopilar y analizar información sobre los procesos de mantenimiento, flota vehicular de Bitumix Sur que se encuentra en proceso de migración a eléctrica y sobre los requerimientos técnicos de la infraestructura de carga.
- Evaluar el impacto de la transición a vehículos eléctricos en las operaciones y establecer los criterios para una infraestructura de carga óptima.
- Proponer estrategias de mantenimiento y gestión aplicadas a la infraestructura de carga de vehículos.
- Analizar los costos y beneficios de la implementación del plan de mantenimiento y su impacto en la sostenibilidad de la empresa.

**CAPITULO I: MARCO TEÓRICO**

## **1.1 INTRODUCCIÓN AL CAPITULO 1: MARCO TEORICO**

Este capítulo introduce el marco conceptual y contextual del proyecto, proporcionando las bases teóricas y técnicas necesarias para abordar los objetivos. Se explorarán los antecedentes de la electromovilidad, el rol de la empresa Bitumix Sur en la transición hacia una flota eléctrica y los desafíos asociados a la gestión de la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos (IRVE).

Además, se describen las metodologías y normas clave, como la ISO 14224 e ISO 50001, que guían el desarrollo del plan de mantenimiento propuesto. Este enfoque permite establecer una conexión directa con los objetivos planteados, destacando la importancia de garantizar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia energética de la IRVE.

De esta manera, el capítulo ofrece un punto de inicio para los análisis y propuestas posteriores, asegurando que el lector comprenda el contexto y la relevancia del proyecto dentro de los desafíos globales de sostenibilidad y transición energética.

## 1.2 INTRODUCCIÓN A LA ELECTROMOVILIDAD

La electromovilidad se refiere al uso de tecnologías y energías para propulsar vehículos por medio de uno o más motores eléctricos.

En la actualidad existen diversos tipos de vehículos eléctricos (VE) y con esto diferentes tipos tecnologías de almacenamiento de energía para lograr propulsar los motores eléctricos, como las baterías eléctricas y pilas de hidrogeno. También existen los sistemas híbridos que combinan el uso de motores eléctricos y a combustión interna.

El origen del vehículo eléctrico proviene desde el siglo XIX, pero tras el impacto producido por fuentes contaminantes, como los combustibles fósiles, se han generado esfuerzos a nivel mundial para reducir y mitigar los efectos del cambio climático. Razón por la cual es que esta tecnología ha ido en ascenso en los últimos años.

Los vehículos eléctricos se clasifican en distintas categorías según su tipo de tecnología. Los vehículos totalmente eléctricos funcionan exclusivamente con energía almacenada en baterías recargables. Por otro lado, los vehículos híbridos enchufables combinan un motor eléctrico y un motor a combustión interna, permitiendo recargar la batería externamente. Otra categoría importante son los vehículos eléctricos con pila de hidrógeno, que generan electricidad a partir de hidrógeno y tienen como único residuo el vapor de agua.

La diversidad tecnológica ha permitido la expansión de la electromovilidad, no solamente en automóviles, sino también en otros medios de transporte como buses, trenes, maquinaria pesada e incluso motocicletas y bicicletas.

Los equipos y componentes que permiten la carga de las baterías son fundamentales en el contexto de la electromovilidad y se denominan infraestructura de carga, ya que es todo tipo de elemento que permite la conexión a la red eléctrica para la carga y gestión de esta en los VE.

En la infraestructura de carga, incluye los distintos tipos de cargadores, los tableros de conexión, los cables y adaptadores que permiten la interacción entre el cargador y el vehículo.

Los cargadores se clasifican según su tipo de carga y conexión. Existiendo diversos tipos de equipos para distintos entornos y usos. La necesidad de estandarizar los sistemas de carga ha llevado a adoptar medidas que aseguran la compatibilidad entre distintas marcas de vehículos y cargadores, facilitando su expansión global.

Las políticas públicas a nivel mundial han fomentado el desarrollo y los avances de las nuevas tecnologías. Países como Noruega y China lideran la actual transición hacia la electromovilidad.

En el caso de Chile, se encuentra en un periodo de transición y adopción de medidas para el uso de VE, el plan nacional de electromovilidad, el que es liderado por el Ministerio de Energía, posee metas muy claras y definidas, las que buscan que para el año 2040 el 100% del transporte público sea eléctrico, además de eliminar gradualmente la venta de vehículos de combustión interna. Razón por la cual muchas empresas están tomando medidas para el desarrollo, implementación y adopción de esta tecnología, dejando atrás el uso de vehículos a combustión interna.

Esto convierte al país en un referente de la transición energética en América Latina, de esta forma anticipándose en una transición global hacia tecnologías más sostenibles, ya que el desarrollo de la electromovilidad no solo busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, sino también optimizar el uso de recursos energéticos mediante la integración de tecnologías avanzadas.

En el aspecto industrial, la infraestructura de carga es fundamental para asegurar y ofrecer una continuidad operativa de las flotas de vehículos eléctricos. La gestión de las flotas busca optimizar los recursos, reducir costos operativos y obtener una eficiencia operativa en el uso de los vehículos.

### 1.2.1 Definiciones en infraestructura de recarga de vehículos eléctricos

La recarga eléctrica en los vehículos eléctricos es la restitución de carga a través de la energía a las baterías por medio del uso de la red eléctrica, es por esto, que los vehículos requieren una fuente que proporcione la demanda eléctrica necesaria para que puedan funcionar.

Se denomina infraestructura de recarga de vehículos eléctricos (IRVE) a todo el conjunto de dispositivos y equipos, que se encuentren destinados a la recarga de VE. Esto incluye sistemas de alimentación específico de vehículos eléctricos, canalizaciones eléctricas, tableros eléctricos entre otros.

El cargador eléctrico de un vehículo es la interfaz de conexión entre este y el suministro eléctrico de la red. Este dispositivo es el que permite la recarga de las baterías en los VE.

Sistema de alimentación específico de vehículo eléctrico (SAVE), corresponde al conjunto de equipos instalados, incluyendo sistema de protecciones, cable de conexión y la base toma corriente y sistema de comunicación entre el vehículo eléctrico y la instalación fija de carga.

### 1.2.2 Clasificaciones según la velocidad de carga, la potencia utilizada y el tipo de conexión entre el cargador y el vehículo

La recarga de los vehículos eléctricos se clasifica de las siguientes maneras.

#### A. Las cargas lentas:

Suelen realizarse en los domicilios y/o estaciones de carga de baja potencia, con tiempos de recarga que pueden variar entre 6 y 12 horas generalmente, dependiendo de la capacidad de la batería del vehículo y la potencia disponible, en un rango de hasta 3,7 kW en corriente alterna (AC).

#### B. Las cargas semi rápidas:

Por otro lado, requieren menos tiempo, entre 1 y 4 horas, con potencias de hasta 22 kW.

#### C. Las cargas rápidas:

Permiten recargar entre el 20% y el 80% de la batería en un tiempo aproximado de 30 minutos a 1 hora, alcanzando potencias de hasta 350 kW en corriente continua (DC).

### 1.2.3 Modos de carga, estos se encuentran definidos por estándares internacionales como la IEC 61851

Se clasifican en cuatro modos. [Ver Figura 1-1]

#### A. Modo 1

Es el método más básico de recarga, utilizando una conexión directa entre el vehículo y la red eléctrica a través de un enchufe estándar. Este modo se limita a corrientes bajas y no incluye sistemas de comunicación o protección avanzada, lo que lo hace menos seguro y recomendado únicamente para vehículos pequeños como motocicletas o bicicletas y de hasta 10A, según se estipula en el RIC N°15.

En este modo no está permitida carga de vehículos eléctricos, debido a los riesgos de seguridad, sobrecalentamientos y falta de un sistema de protección adecuado.

## B. Modo 2

Similar al modo 1, pero incluye un dispositivo de control y protección incorporado en el cable de carga, lo que permite utilizar corriente alterna en una toma de tipo doméstica. Este sistema permite un mayor nivel de seguridad frente a sobrecargas o fallos eléctricos. Es muy común en instalaciones domésticas. Posee un suministro máximo de 16A.

Brinda control sobre la velocidad de carga y la capacidad de activar o desactivar el proceso de recarga eléctrica.

Su tiempo de recarga varía entre las 6 a 8 horas en la mayoría de los casos.

## C. Modo 3

Diseñado específicamente para estaciones de recarga, este modo emplea un cargador dedicado y comunicación directa entre el vehículo y el sistema de carga para gestionar parámetros como la potencia suministrada y el estado de la batería. Puede ofrecer una recarga eléctrica semi rápida o rápida, las cuales pueden ser en sistemas monofásicos o trifásicos de corriente alterna.

Es el modo más utilizado en estaciones de carga públicas y privadas, con una potencia que varía desde 3.7 kW en monofásico hasta 43 kW en trifásico.

El tiempo de recarga en este modo varía entre 3 a 4 horas en monofásica y hasta unos 30 minutos en trifásica.

La toma de corriente es exclusiva y corresponde a un SAVE o Wall box, los cuales llegan hasta corrientes de 32A.

## D. Modo 4

Es el método empleado para la carga rápida en corriente continua (DC). En este modo, el convertidor de energía está integrado en la estación de carga en lugar del vehículo, lo que permite una transferencia de energía mucho más rápida y eficiente en tiempos promedios de 30 minutos donde se recarga el 80% de la capacidad de las baterías.

Este modo de carga puede llegar hasta corrientes de los 400A y una potencia máxima de 240kW.

Este modo es fundamental para estaciones de carga en autopistas o puntos que tengan un alto tráfico de vehículos.

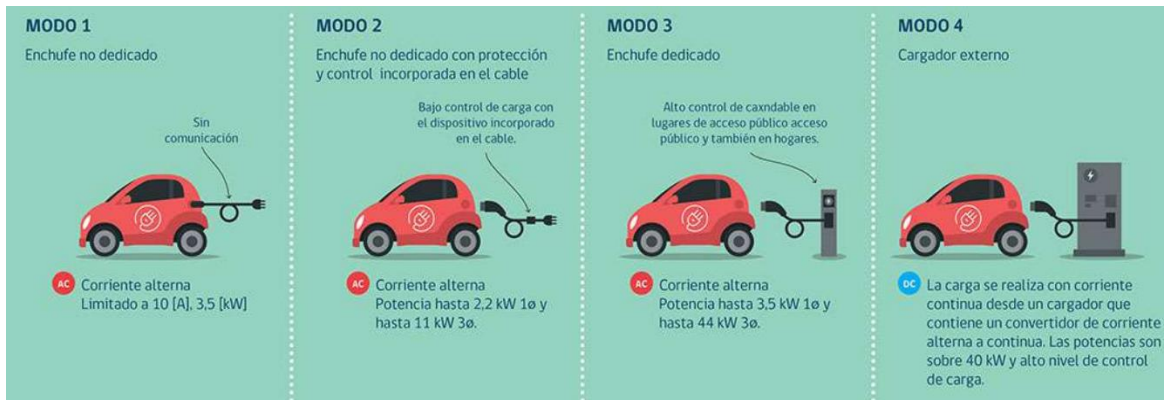


Figura 1-1. Modos de carga según la IEC 61851.

Fuente: <https://energia.gob.cl/electromovilidad/>

#### 1.2.4 Los conectores utilizados en la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos

Son componentes que se utilizan para garantizar la transferencia de energía desde el sistema de alimentación hacia los vehículos eléctricos. Según el RIC N°15, estos conectores no solo deben cumplir con estándares internacionales como la IEC 62196, sino que también deben estar diseñados para facilitar la interoperabilidad entre diferentes modelos de vehículos y estaciones de carga. Cada tipo de conector está asociado a un modo de carga específico, adaptándose a las características de potencia, tipo de corriente y funciones de comunicación requeridas para cada caso. Además, la normativa establece que los conectores deben incorporar sistemas de seguridad como control piloto y funciones de proximidad, los cuales son fundamentales para prevenir sobrecargas y garantizar la correcta conexión con el vehículo. La elección del conector adecuado es un factor importante en el diseño de la IRVE, considerando las necesidades de los usuarios y las características de la instalación.

Se clasifican los tipos de conectores e indica el tipo de voltaje y corriente máxima que permiten. [Ver Figura 1-2]

##### A. Conector tipo Schuko

Este conector se utiliza en los modos de carga 1 y 2 en corrientes monofásicas con voltaje no mayor a 250v. Puede transferir una corriente máxima de 16A y con una potencia de hasta 2,3kW. También se conoce como conector tipo F.

B. Conector SAE J1772

Este conector se denomina tipo 1 según el RIC N°15. Es un conector con cable que proviene de un SAE o cable para modo de carga 3 es capaz de suministrar energía eléctrica de 220VAC y una corriente máxima de 32A y una potencia de 7,4kW. Tiene cinco bornes, que corresponden a dos para corriente eléctrica, uno de tierra y dos para detección de proximidad y control.

C. Conector Mennekes

Este conector se denomina tipo 2 según el RIC N°15. Es capaz de soportar hasta 43 kW de potencia y 63A de corriente, siendo posible utilizar una fuente monofásica o trifásica de energía. Lo que lo hace adecuado para la recarga rápida de vehículos eléctricos. Este conector posee siete bornes, que corresponden cuatro para corriente eléctrica, uno para tierra y dos para comunicaciones de funciones de control piloto y proximidad.

D. Conector GB/T AC

Este conector suministra energía eléctrica en AC, en 220v o 380v y una corriente máxima de 16A y 63A respectivamente.

E. Conector Chademo

Este conector se denomina configuración AA según el RIC N°15. Permite una conexión a DC de hasta 1000v con la capacidad de admitir corrientes hasta 200A y alcanza los 50kW para cargas ultrarrápidas, disminuyendo gradualmente la intensidad a medida que se completa la carga. Dispone de diez bornes, de los cuales dos son para la toma de tierra, cuatro para comunicación con la red y otros cuatro para la corriente.

F. Conector GB/T DC




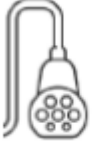



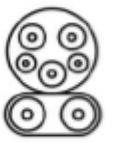
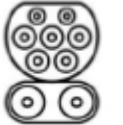
Este conector se denomina configuración BB según el RIC N°15. Permite conexiones en DC de hasta 950v y corriente máxima de 250A.

G. Conector CCS tipo 1

Este conector se denomina configuración EE según el RIC N°15. Permite conexiones en DC de hasta 1000v y corriente máxima de 400A.

## H. Conector CCS tipo 2

Este conector se denomina configuración FF según el RIC N°5. Permite conexiones en DC de hasta 1000v y corriente máxima de 400A.

	Tipo de Conector	Tensión Máxima	Corriente Máxima	Tipo de Corriente	Nombre Conector en TEG
a)	Tipo 1 	220 V	32A	Corriente Alterna (CA)	AC - Tipo 1
b)	Tipo 2 	220V / 380V	63A	Corriente Alterna (CA)	AC - Tipo 2
c)	Tipo 2 Sin Cable 	220V / 380V	63A	Corriente Alterna (CA)	AC - Tipo 2
d)	Tipo 2 hacia SAVE 	220V / 380V	63A	Corriente Alterna (CA)	-
e)	GB/T AC 	220V / 380V	63A	Corriente Alterna (CA)	GB/T AC
f)	Configuración AA 	1000 V	400 A	Corriente Continua (CC)	CHAdEMO
g)	Configuración BB 	950 V	250 A	Corriente Continua (CC)	GB/T DC
h)	Configuración EE 	1000V	400A	Corriente Continua (CC)*	CCS Tipo 1
i)	Configuración FF 	1000V	400A	Corriente Continua (CC)*	CCS Tipo 2

\*Tipo de Corriente más usada.

Figura 1-2. Resumen de tipos de conectores, voltaje y corriente permitida

Fuente: RIC N°15 pagina 15.

La infraestructura de recarga de vehículos eléctricos incluye diversos componentes como tableros eléctricos, dispositivos de protección, transformadores y sistemas de gestión de energía, los cuales son esenciales para garantizar la seguridad, la eficiencia y la sostenibilidad del sistema. Además, las normativas internacionales han impulsado la estandarización de conectores y protocolos de comunicación, asegurando la interoperabilidad entre distintas marcas de vehículos y estaciones de carga.

Con el avance de la electromovilidad, se han desarrollado soluciones específicas para diferentes entornos, como estaciones de carga urbana, puntos de recarga rápida en carreteras y sistemas de recarga en flotas corporativas. La planificación, diseño y mantenimiento de esta infraestructura son aspectos clave para garantizar la disponibilidad y confiabilidad necesarias para la transición hacia un transporte más sostenible.

### **1.3. NORMATIVAS INTERNACIONALES Y NACIONALES**

En esta sección, se tratan las normativas con las cuales se enmarca y sustenta técnicamente el actual proyecto.

En Chile, todas las instalaciones eléctricas están reguladas a través de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) por el Reglamento de Seguridad de las Instalaciones de Consumo de Energía Eléctrica, el cual:

Establece las exigencias mínimas que deben ser consideradas en el diseño, construcción, puesta en servicio, operación, reparación y mantenimiento de toda instalación de consumo de energía eléctrica hasta el punto de conexión del cliente final con la red de distribución, para que su funcionamiento sea en condiciones seguras para las personas y las cosas. [13]

La Superintendencia de Electricidad y Combustibles denominada SEC es un organismo nacional encargado de fiscalizar y regular las instalaciones eléctricas, basándose en los reglamentos técnicos que están elaborados con referencias en las normativas de carácter internacional.

En específico el RIC°15 es el reglamento dedicado para la Infraestructura de recarga de vehículos eléctricos, compone aspectos técnicos y de seguridad para el diseño, instalación y operación de IRVE. Este reglamento esta confeccionado a través del estudio y aplicación de estándares internacionales relacionados a la electromovilidad.

### 1.3.1 Normativas relacionadas con la IRVE

#### A. IEC 61851 Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos

Regula los sistemas de carga para vehículos eléctricos, definiendo los requisitos de seguridad, características de diseño y modos de carga (1, 2, 3 y 4). Es una referencia clave para garantizar la compatibilidad entre los cargadores y los vehículos eléctricos.

#### B. IEC 62196 Clavijas, bases de toma de corriente, conectores de vehículo y entradas de vehículo Carga conductiva de vehículos eléctricos

Esta norma estandariza los conectores utilizados en los cargadores de vehículos eléctricos, identificando tipos como el tipo 1, tipo 2 y CCS (sistema de carga combinada). Estos conectores aseguran una conexión segura y eficiente entre el vehículo y la red eléctrica.

#### C. RIC N°15

Es un reglamento técnico establecido por la superintendencia de electricidad y combustibles de Chile, que es parte del Reglamento de Seguridad de las Instalaciones de Consumo de Energía Eléctrica que regula las instalaciones de consumo de energía eléctrica, incluyendo la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos. Este reglamento detalla los requisitos técnicos necesarios para garantizar la seguridad, confiabilidad y eficiencia de las instalaciones eléctricas destinadas a la recarga de vehículos. Se destaca la especificación de protecciones eléctricas, sistemas de conexión a la red, y medidas para prevenir riesgos asociados al uso de cargadores y otros equipos. Asegura el cumplimiento de estándares técnicos que facilitan la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes, garantizando un funcionamiento seguro. Además, refuerza la importancia de incorporar sistemas de gestión energética y mecanismos de protección que permitan una operación eficiente y segura.

#### D. TE-6 Normativa eléctrica para la puesta en servicio de infraestructura para la carga de vehículos eléctricos:

Este es el trámite eléctrico administrativo que se debe realizar para la puesta en servicio de toda instalación destinada a la carga de vehículos eléctricos en Chile. Tiene por nombre TE-6 el cual es de carácter obligatorio.

### 1.3.2 Normativas relacionadas con el mantenimiento

En el mantenimiento y la gestión de activos, también existen normativas y estándares establecidos a nivel mundial, que nos sirven como guía para estandarizar los procesos relacionados al mantenimiento, estos establecen parámetros y procedimientos que permiten estructurar la gestión del mantenimiento y activos en la industria.

#### A. ISO 55000 Gestión de activos físicos

Es un estándar internacional, incluye las ISO 55001, ISO 55002. Este grupo de norma establece los principios, requisitos y directrices para la gestión eficiente de activos físicos, financieros y organizacionales. Su principal objetivo es maximizar el valor de los activos durante todo su ciclo de vida. Este estándar se basa en un enfoque sistemático que abarca desde la planificación inicial y el diseño, hasta su operación, mantenimiento y disposición final. Además, promueve el uso de indicadores de desempeño y análisis de riesgos, herramientas fundamentales para monitorear continuamente el estado de los activos y tomar decisiones informadas. Permite optimizar recursos, minimizar riesgos y garantizar la sostenibilidad operativa y financiera de los activos.

#### B. ISO 14224 Recopilación y presentación de datos de confiabilidad y mantenimiento para equipos

Es un estándar internacional que establece un marco para la recopilación y análisis de datos de confiabilidad y mantenimiento en activos físicos. Originalmente diseñada para las industrias del petróleo y gas, esta norma proporciona directrices claras para gestionar información sobre fallas, mantenimientos realizados y condiciones operativas, con el objetivo de mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. Su enfoque sistemático permite estandarizar la forma en que se registran los datos, lo que facilita su análisis y uso para la toma de decisiones informadas. De esta manera, contribuye a optimizar los recursos destinados al mantenimiento, reducir costos operativos y prevenir fallas críticas.

La norma ISO 14224:2016 define la taxonomía como una “clasificación sistemática de ítems en grupos genéricos basados en factores comunes a varios de los ítems”. [4]  
[Ver Figura 1-3]

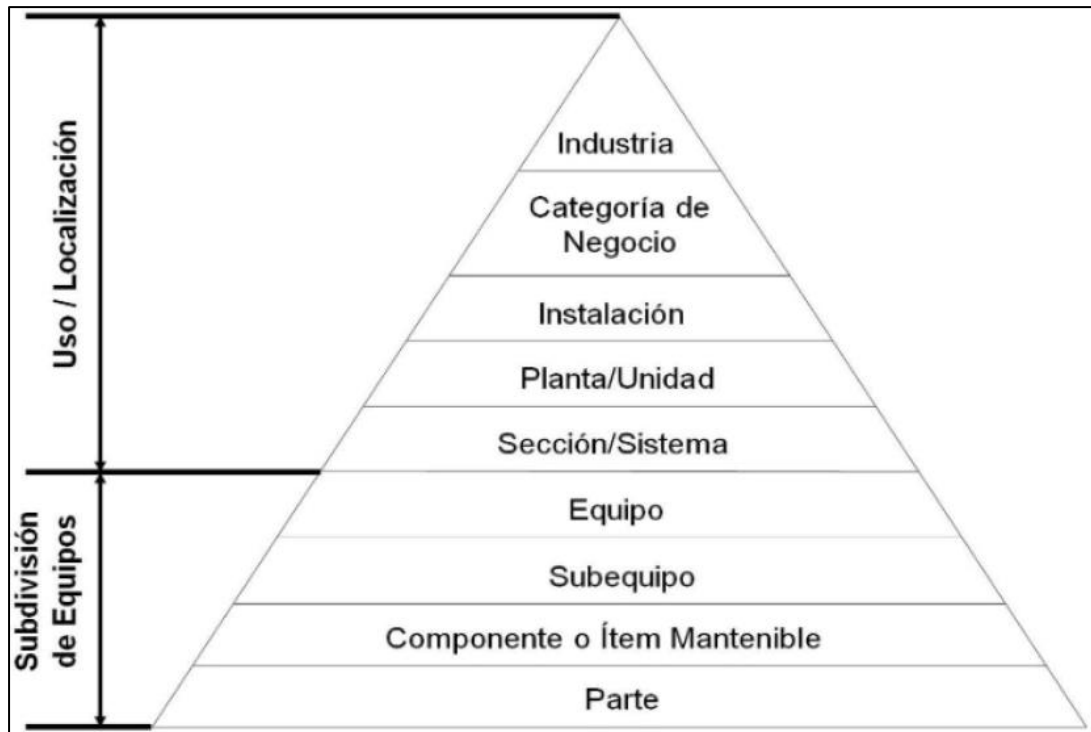


Figura 1-3. Clasificación y niveles taxonómicos.

*Fuente ISO 14224:2016*

Se organizan los activos en niveles para facilitar la gestión y análisis. Este enfoque jerárquico permite identificar componentes críticos, priorizar recursos y mejorar la eficiencia operativa. [4]

Esta estructura permite:

- Identificar componentes críticos: Aquellos cuya falla tiene el mayor impacto en la operación.
- Priorizar recursos: Enfocando los esfuerzos y recursos de mantenimiento en los ítems más relevantes.
- Estandarizar la recopilación de datos: Promoviendo uniformidad y comparabilidad en los registros.
- Mejorar la toma de decisiones: Basándose en análisis consistentes y datos confiables.

A través de la estandarización en la recopilación de datos, es que la ISO 14.224 contribuye directamente en la aplicación y uso de CMMS en la industria. Lo que permite manejar información y datos de fallas, mantenimiento y confiabilidad. De esta misma forma la obtención de indicadores se facilita en la organización y el mantenimiento.

### 1.3.3 Otras normativas

#### A. ISO 50001 Gestión de energía

Es un estándar internacional que establece un marco para la gestión eficiente de la energía. Su objetivo principal es optimizar el consumo energético mediante la implementación de sistemas que permitan monitorear, controlar y mejorar continuamente el desempeño energético de los activos. Esta norma fomenta la sostenibilidad operativa al reducir costos y minimizar el impacto ambiental asociado al uso de la energía.

#### B. ISO 31000 Gestión de riesgos

Es un estándar internacional que proporciona un marco para la gestión de riesgos en cualquier tipo de organización o actividad. Esta norma ayuda a identificar, evaluar y mitigar riesgos potenciales, promoviendo decisiones informadas que minimicen impactos negativos y maximicen oportunidades. Su enfoque flexible y adaptable permite integrar la gestión de riesgos en todos los niveles de la organización.

La aplicación de las normativas en el contexto de la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos es fundamental para garantizar su eficiencia, seguridad y sostenibilidad. Cada estándar aborda aspectos clave que fortalecen la gestión y operación de estos sistemas: la ISO 55000 optimiza el ciclo de vida de los activos, asegurando una administración eficiente de componentes como cargadores, tableros eléctricos y sistemas de gestión de energía, permitiendo planificar intervenciones de manera eficiente y reduciendo los tiempos de inactividad; la ISO 14224 permite recopilar y analizar datos de confiabilidad y mantenimiento, estructurando un sistema de gestión de datos que identifica patrones de falla, clasifica y prioriza componentes críticos y facilita la trazabilidad de las acciones realizadas, reduciendo riesgos operativos; la ISO 50001 fomenta el uso eficiente de la energía, identificando oportunidades de mejora en la eficiencia energética de los sistemas, disminuyendo costos operativos y garantizando el cumplimiento de metas ambientales; y la ISO 31000 ayuda a anticipar y gestionar riesgos asociados a la operación, mantenimiento y sostenibilidad de los sistemas, facilitando la identificación de fallas críticas y la implementación de medidas preventivas que aseguren la confiabilidad y seguridad de la infraestructura. Estas normas, junto con el cumplimiento del RIC N°15, destacan la necesidad de diseñar planes de mantenimiento que aseguren el cumplimiento de los estándares establecidos, minimicen fallas y optimicen los recursos, asegurando que la IRVE cumpla con las demandas actuales de la electromovilidad y esté preparada para los desafíos futuros.

## 1.4. EL MANTENIMIENTO

El mantenimiento es una disciplina fundamental en la gestión de activos, cuyo objetivo principal es garantizar la disponibilidad, confiabilidad y operatividad de los sistemas a lo largo de su ciclo de vida. Su definición menciona que, a través del uso combinado de acciones técnicas, administrativas y de supervisión busca conservar un elemento, restaurarlo o reemplazarlo para que se logre realizar una función requerida.

Mediante el uso de estrategias bien definidas, el mantenimiento no solo permite prevenir fallas inesperadas, sino que también optimiza los recursos y asegura que los equipos e instalaciones funcionen de manera eficiente y segura.

A continuación, se detallan los principales tipos de mantenimiento que conforman la base de una gestión efectiva de activos, así como los enfoques metodológicos que refuerzan estas estrategias.

### 1.4.1 Categorías de mantenimiento

Las categorías de mantenimiento están diseñadas para gestionar y preservar la operatividad de los sistemas y equipos de manera eficiente. Según la ISO 14224:2016, estas se clasifican en función del momento en que se realiza la actividad de mantenimiento, ya sea antes o después de que ocurra una falla. [Ver figura 1-4].

Estas categorías son mantenimiento preventivo y correctivo.

#### A. Mantenimiento correctivo

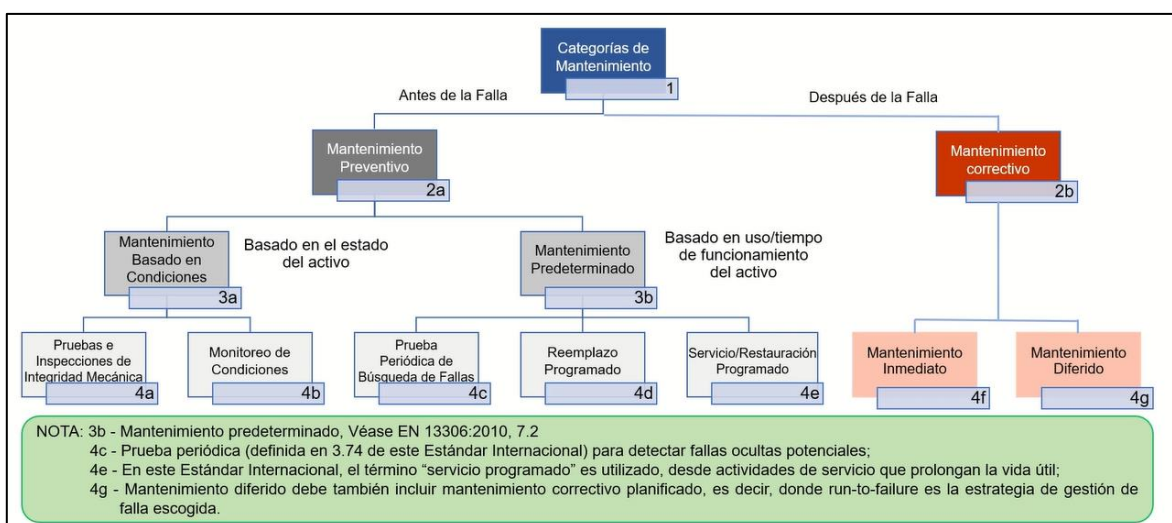
Este enfoque consiste en intervenir los sistemas o equipos únicamente cuando se presenta una falla. Aunque puede ser necesario en ciertos casos, el mantenimiento correctivo implica riesgos como tiempos de inactividad inesperados y costos más altos debido a la falta de planificación. Se subdivide en:

- a. Mantenimiento inmediato: Realizado de forma inmediata después de que ocurre una falla, con el propósito de restablecer la operatividad del sistema lo más rápido posible.
- b. Mantenimiento diferido: Programado para un momento posterior como parte de una estrategia planificada, donde se acepta que el activo esté temporalmente fuera de servicio.

## B. Mantenimiento preventivo

Consiste en realizar intervenciones planificadas para prevenir la ocurrencia de fallas, con base en calendarios o periodos predefinidos [Ver figura 1-5]. Este tipo de mantenimiento es esencial para garantizar el funcionamiento confiable de los sistemas y reducir la frecuencia de fallas inesperadas o la degradación del funcionamiento de los equipos y sistemas. Se clasifica en:

- a. **Mantenimiento basado en condiciones:** Se fundamenta en el monitoreo y análisis del estado del activo para identificar señales que puedan indicar la necesidad de una intervención. También se conoce como mantenimiento predictivo. Incluye pruebas e inspecciones de integridad mecánica, monitoreo de condiciones. De esta forma haciendo uso de diferentes tecnologías por separado o en conjunto permite detectar signos de desgaste o anomalías, lo que se conoce como fallas potenciales, anticipándose a la falla y así planificar acciones específicas, reduciendo costos y tiempos de inactividad.
- b. **Mantenimiento predeterminado:** Programado de acuerdo con intervalos establecidos de tiempo o uso. Comprende actividades como actividades de verificación periódicas para la búsqueda de las fallas ocultas para así prevenir las fallas funcionales y eliminarlas o mitigarlas, esto generalmente se realiza con tareas programadas con pruebas funcionales, también se realiza reemplazos programados de componentes o partes, o del mismo equipo y servicios de restauración planificados para un equipo, parte o sistema, ya sea en una parte de este o bien en su totalidad.



NOTA: 3b - Mantenimiento predeterminado. Véase EN 13306:2010, 7.2  
 4c - Prueba periódica (definida en 3.74 de este Estándar Internacional) para detectar fallas ocultas potenciales;  
 4e - En este Estándar Internacional, el término "servicio programado" es utilizado, desde actividades de servicio que prolongan la vida útil;  
 4g - Mantenimiento diferido debe también incluir mantenimiento correctivo planificado, es decir, donde run-to-failure es la estrategia de gestión de falla escogida.

Figura 1-4. Categorías del mantenimiento según la ISO – 14224: 2016

Fuente: ISO 14.224: 2016.



Figura 1-5. Acciones del mantenimiento preventivo

Fuente: <https://predictiva21.com/mantenimiento-proactivo-cuidados-esenciales/>

### C. Mantenimiento Proactivo

Tras la evolución de las distintas estrategias a través del tiempo en el mantenimiento. [Ver figura 1-6]. Nace del término de proactividad el mantenimiento proactivo, que es una estrategia o enfoque de mantenimiento que permite unificar técnicas y definir acciones que permiten obtener mejores resultados de la gestión del mantenimiento. Este enfoque se centra en eliminar las causas raíz de las fallas para prevenir su ocurrencia. Más allá de las intervenciones correctivas o preventivas, el mantenimiento proactivo busca optimizar los sistemas mediante análisis de la información, evaluación de los tipos y frecuencias de fallas, determinar las causas de los problemas que generan mayor indisponibilidad de equipos y mayores costos asociados para así plantear y ejecutar mejoras permanentes en su diseño o condiciones de operación. Entregando así menores costos logrando ser más eficientes en el proceso. [Ver figura 1-6; 1-7].

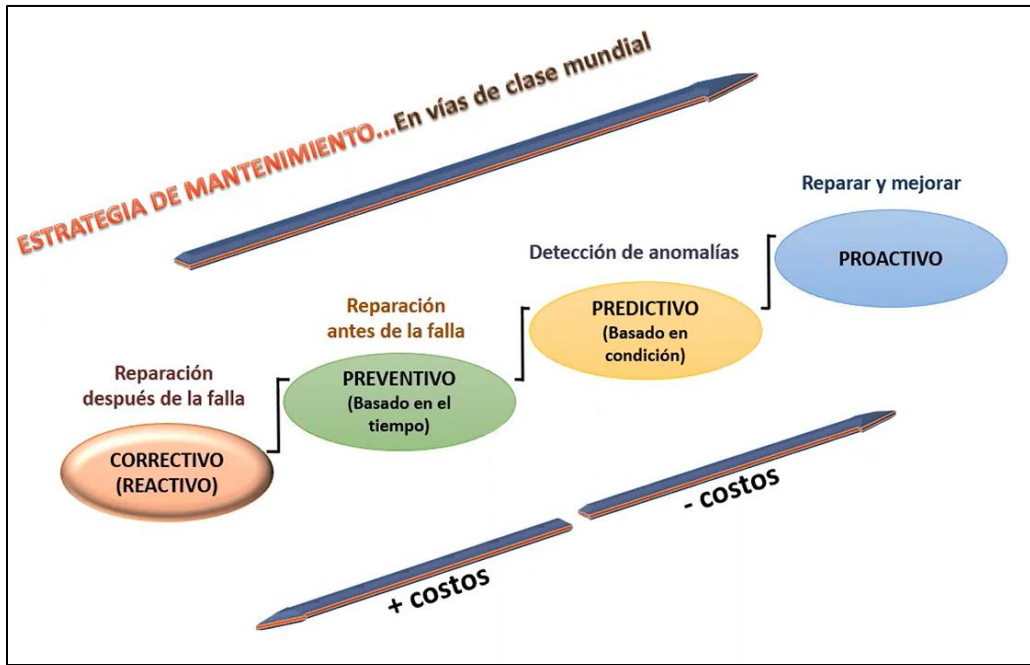


Figura 1-6. Evolución de estrategias del mantenimiento.

Fuente: (Contreras Márquez, 2021)

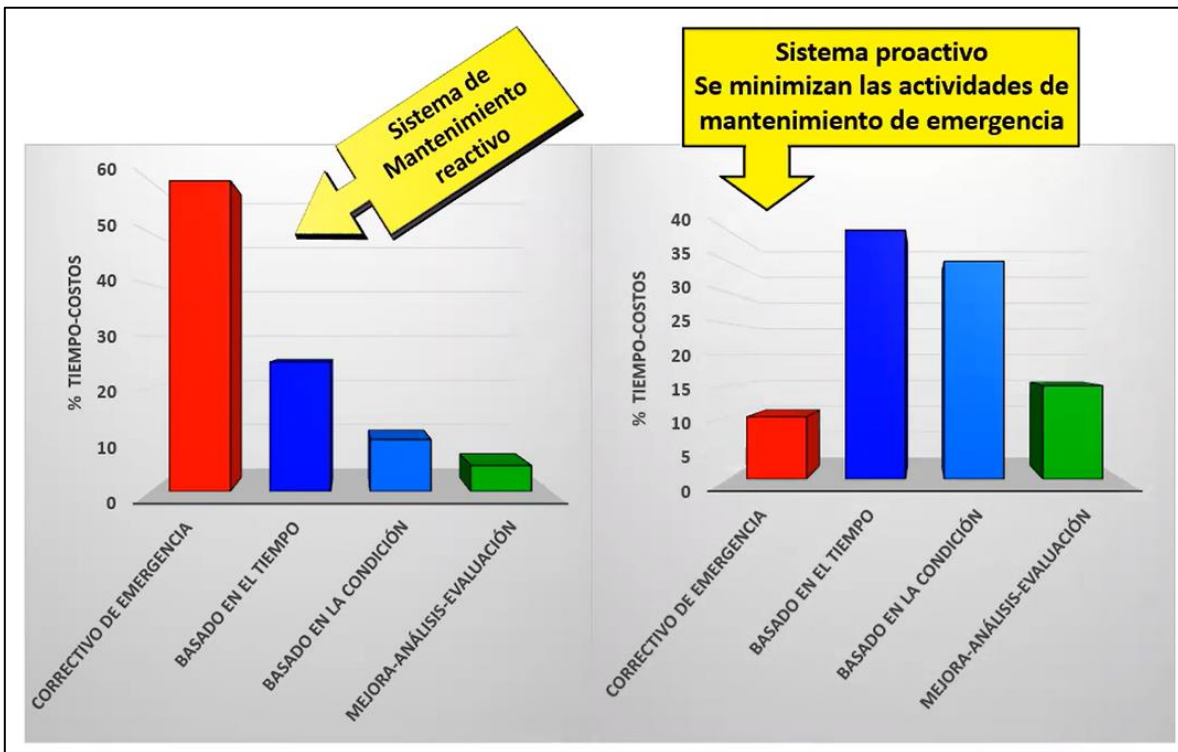


Figura 1-7. Perfiles comparativos de un sistema de mantenimiento reactivo y proactivo.

Fuente: (Contreras Márquez, 2021)

#### 1.4.2 Metodologías y herramientas aplicadas al mantenimiento

Las metodologías y herramientas aplicadas al mantenimiento nos permiten garantizar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los equipos e instalaciones. Estas metodologías permiten identificar, analizar y gestionar los modos de falla, priorizando acciones correctivas y preventivas basadas en el impacto de dichas fallas en las operaciones.

##### A. Análisis de riesgo

Permite identificar, evaluar y priorizar las amenazas que podrían afectar la operación de los sistemas. Su objetivo principal es determinar el nivel de exposición a eventos no deseados, considerando tanto la probabilidad de ocurrencia como el impacto de sus consecuencias. Este análisis es clave para diseñar estrategias de mantenimiento y mitigación, minimizando el impacto de fallas, garantizando la seguridad y optimizando recursos

##### B. Análisis de criticidad

Esta metodología, complementa el análisis de riesgo al identificar los componentes o fallas de un sistema según su impacto en la seguridad, el medio ambiente y las operaciones. Determina cuáles elementos son esenciales para el funcionamiento del sistema y requieren mayor atención, optimizando recursos y garantizando la confiabilidad de los procesos.

Las principales metodologías de análisis de criticidad a utilizar en este proyecto corresponden a métodos de priorización que entregan resultados de criticidad que utilizan frecuencia de fallas y el impacto o consecuencia de la falla, términos provenientes desde el análisis de riesgo.

- a. Cálculo del “Numero de prioridad de riesgo” (NPR), es el resultado del producto entre la gravedad, ocurrencia (frecuencia de fallas) y la detectabilidad. Se tiende a usar para priorizar modos de fallas. Sin embargo, el termino riesgo es proporcional a la criticidad por lo que este método se podría utilizar en otros análisis.

$$\text{NPR} = \text{G} \times \text{O} \times \text{D}$$

G: Gravedad; O: Ocurrencia; D: Detectabilidad.

- b. Método “Críticidad Total por Riesgo” (CTR), es un proceso de análisis que utiliza el producto de frecuencia de fallas (fallas en un tiempo determinado) con las consecuencias de las fallas (severidad de la falla). De esta forma se obtiene un resultado que nos permite establecer una categorización a sistemas o equipos.

$$\text{CTR} = \text{FF} \times \text{C}$$

FF: Frecuencia de fallas; C: Consecuencia de la falla

C. Mantenimiento basado en riesgos (RBM)

El RBM es una metodología que prioriza las actividades de mantenimiento en función del nivel de riesgo asociado a las fallas de los componentes. Este enfoque combina análisis cualitativos y cuantitativos para evaluar la probabilidad y las consecuencias de una falla, permitiendo enfocar los recursos en los elementos más críticos del sistema.

D. Análisis de causa raíz (ACR)

El ACR es una metodología sistemática utilizada para identificar las causas subyacentes de una falla o problema recurrente. Este análisis permite entender los factores que contribuyen a los problemas operativos y desarrollar soluciones que prevengan su recurrencia.

El proceso del ACR comienza con la recopilación de datos relacionados con la falla o problema, como registros históricos, reportes de mantenimiento, análisis de condiciones de operación y entrevistas con el personal involucrado. Posteriormente, se aplica una técnica de análisis estructurada, como por ejemplo el diagrama de Ishikawa, los 5 porqués o el árbol lógico de fallas, para identificar y clasificar las causas potenciales.

Identificadas las causas raíz, se priorizan en función de su impacto y frecuencia, y se desarrollan acciones correctivas que eliminen o mitiguen estos factores. Estas acciones no solo deben ser específicas y viables, sino también alineadas con las políticas operativas y de mantenimiento de la organización.

El ACR es particularmente valioso en situaciones donde las fallas tienen un impacto crítico en la seguridad, la operatividad o los costos operativos. Su aplicación permite

reducir los tiempos de inactividad, optimizar los recursos y mejorar la confiabilidad de los sistemas. Además, fomenta una cultura organizacional orientada a la prevención y la mejora continua, promoviendo la colaboración entre los diferentes departamentos involucrados.

La implementación exitosa de un ACR depende de un seguimiento riguroso de las acciones implementadas, asegurando que las soluciones sean efectivas y sostenibles en el tiempo. Este enfoque no solo mejora el desempeño del sistema, sino que también fortalece la capacidad de la organización para enfrentar desafíos futuros de manera proactiva.

#### E. Árbol lógico de fallas o árbol de fallas (FTA)

Es un análisis de falla deductivo que comienza planteando un evento no deseado en la parte superior del esquema y que busca identificar las causas de las fallas, para luego corregirlas y mejorar el proceso. Bibliográficamente se describe generalmente con representaciones mediante sistemas booleanos con el uso de simbología estándar, como compuertas lógicas and y or [7]. Estas compuertas permiten modelar la combinación de eventos y condiciones necesarias para que ocurra el evento principal. Además, existen variantes y extensiones del FTA que permiten su integración con otras técnicas de Análisis de Causa Raíz y herramientas como los diagramas de bloque de confiabilidad, lo que amplía su alcance y flexibilidad

El FTA consta de varios pasos estructurados. El análisis se desarrolla de manera deductiva, comenzando por el evento crítico y avanzando hacia sus causas más específicas. Esto incluye identificar y clasificar las causas físicas, humanas y latentes que podrían haber contribuido al evento no deseado. Para los modos de falla, se generan hipótesis que deben ser validadas o descartadas a través de datos y evidencias. Este enfoque sistemático facilita el análisis desde lo más general hasta lo más específico. [Ver figura 1-8]

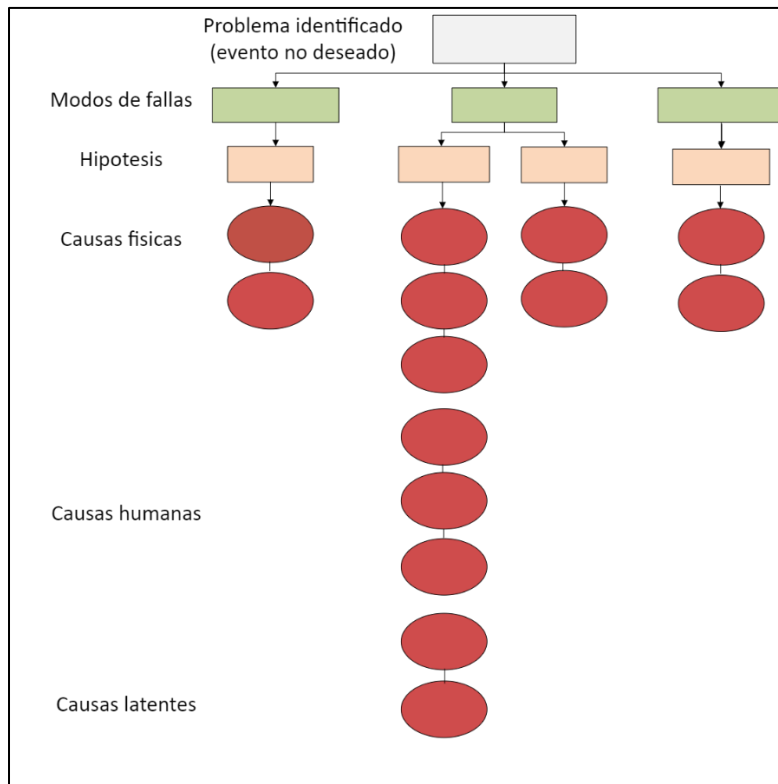


Figura 1-8. Representación gráfica de un FTA.

*Fuente: Elaboración propia.*

#### F. Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)

Es una metodología sistemática utilizada para identificar y analizar los posibles modos de falla en un sistema o componente, evaluando las consecuencias de cada falla y su probabilidad de ocurrencia [5]. Este enfoque permite priorizar las fallas más críticas en función de su impacto en la seguridad, la operatividad y el medio ambiente, desarrollando estrategias preventivas y correctivas para mitigar sus efectos. Según lo señalado en el libro RCM II de John Moubray:

“El AMEF enfatiza la necesidad de relacionar cada modo de falla con las funciones específicas del sistema, asegurando que el análisis se enfoque en las fallas que realmente afectan el desempeño funcional” [5].

Esto lo convierte en una herramienta clave para establecer prioridades de mantenimiento que optimicen recursos y minimicen riesgos, al identificar no solo qué puede fallar, sino cómo y por qué ocurre.

#### G. Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)

El RCM es una metodología diseñada para determinar las estrategias de mantenimiento más efectivas que permitan garantizar que los sistemas operen según sus funciones diseñadas. Este enfoque se basa en clasificar las fallas según su impacto en la seguridad, el medio ambiente y las operaciones, priorizando acciones de mantenimiento preventivo, predictivo o correctivo que mitiguen estas fallas.

Según el modelo planteado por John Moubray en RCM II:

“El RCM no solo identifica los modos de falla, sino que también analiza sus consecuencias y evalúa la criticidad de cada una” [5].

Esto permite enfocar los recursos en los elementos más importantes del sistema, asegurando una gestión eficiente del mantenimiento basada en decisiones fundamentadas y orientadas a maximizar la confiabilidad operativa.

Además, el RCM integra otras herramientas y prácticas esenciales para la gestión efectiva de fallas. Entre ellas, se incluye el AMEF, que identifica y prioriza los modos de falla potenciales basándose en su impacto, ocurrencia y detectabilidad, proporcionando una visión estructurada para abordar los riesgos. También se utiliza el análisis de criticidad, el cual permite jerarquizar componentes y sistemas en función de su importancia operativa y su impacto en caso de falla. Estas metodologías, junto con el enfoque RBM, fortalecen el marco del RCM, permitiendo una gestión completa que optimiza los recursos y minimiza riesgos operativos.

El enfoque holístico del RCM no solo se limita a identificar y priorizar fallas, sino que también fomenta una cultura de mejora continua, promoviendo la colaboración entre equipos multidisciplinarios y asegurando que las estrategias de mantenimiento estén alineadas con los objetivos operativos y estratégicos de la organización.

#### H. Sistema computarizado de gestión de mantenimiento (CMMS):

El CMMS es un Sistema computarizado de gestión de mantenimiento. Este sistema permite mantener registro de las instalaciones y equipos que estas posean, realizar actividades de planificación y programación de tareas, creación de ordenes de trabajo, seguimiento y registro de las tareas finalizadas, permite centralizar la información y ayuda a evaluar la efectividad de los planes de mantenimiento, administrar inventarios para el mantenimiento entre otras funciones.

### 1.4.3 Modelos de gestión aplicados al mantenimiento

Un modelo de gestión del mantenimiento es una estructura que de manera eficaz y eficiente a través de una serie de pasos y siguiendo un marco de referencia definen una estrategia de mantenimiento y de qué manera se va a implementar.

En esta sección se describen dos modelos de gestión de mantenimiento que se analizan para lograr una aplicación en los capítulos siguientes.

#### A. Modelo de Gestión del Mantenimiento MGM

Este modelo de gestión de mantenimiento MGM del autor Adolfo Crespo y Carlos Parra [6], está compuesto por 8 fases, que cada una explica los fundamentos sobre los cuales una organización debe ejecutar, para que la implementación del modelo contribuya a el desempeño económico y técnico de un activo a lo largo de su ciclo de vida. [Ver figura 1-9].

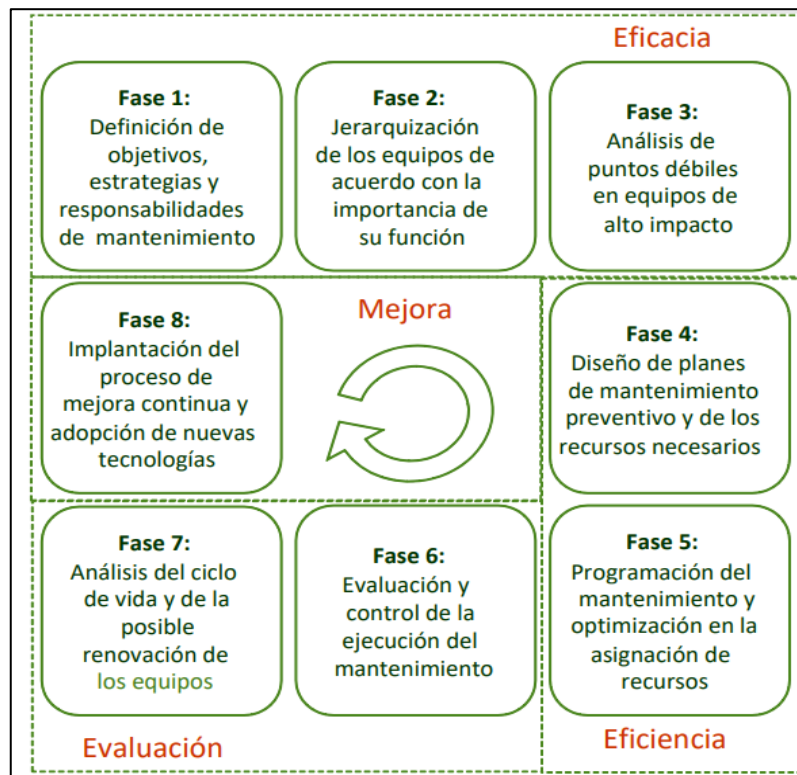


Figura 1-9. Modelo del proceso de gestión de mantenimiento MGM.

*Fuente: (Parra & Crespo, 2016)*

B. Modelo de gestión de mantenimiento del Global Forum on Maintenance and Asset Management (GFMAM)

La GFMAM o Foro Global en Mantenimiento y Gestión de Activos es una organización sin fines de lucro. Decreta en su misión “Promover y desarrollar las profesiones de mantenimiento y gestión de activos colaborando en conocimientos, estándares y prácticas”. Agrupa asociaciones a nivel mundial ligadas al mantenimiento, confiabilidad y gestión de activos que buscan en conjunto proponer las buenas prácticas, avances de investigaciones, conocimiento y estándares en mantenimiento y gestión de activos. [Ver figura 1-10]

Este modelo utiliza 5 principios bases, los cuales agrupan elementos fundamentales de excelencia, que se encuentran destinados a la toma de decisiones y al desarrollo de acciones informadas. También utiliza 7 grupos de temas que se relacionan entre sí con los objetivos empresariales de la organización. [Ver figura 1-11]



Figura 1-10. Asociaciones colaboradoras en la GFMAM.

Fuente: <https://gfmam.org/>

Ambos modelos de gestión del mantenimiento se desarrollan a través de pasos específicos para garantizar que las actividades de mantenimiento estén alineadas con los objetivos organizacionales y se optimicen los recursos disponibles. Destacan que una gestión de mantenimiento bien diseñada requiere un enfoque estructurado y pasos claros, asegurando que las actividades de mantenimiento sean efectivas y alineadas con los objetivos empresariales. El GFMAM se enfoca en una estructura más detallada y global, mientras que el MGM ofrece una secuencia práctica y orientada a resultados.



Figura 1-11. Marco general propuesta por GFMAM.

*Fuente: (Contreras Márquez, 2021)*

## 1.5 CONCLUSIONES DEL CAPITULO

La aplicación de las diferentes prácticas de mantenimiento y metodologías permite atender las necesidades operativas de los sistemas y diferentes tipos de requerimientos, asegurando su funcionalidad y contribuyendo al cumplimiento de los objetivos de eficiencia operativa. En la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos, es posible utilizar diversas técnicas de mantenimiento de forma individual o conjunta. Es muy importante considerar que la elección y uso de estas metodologías dependerá de los objetivos específicos del mantenimiento, los recursos disponibles y las características del sistema en donde queremos aplicarlas. Utilizando la combinación de ambos modelos de gestión del mantenimiento se puede proporcionar un marco integral, aprovechando la amplitud del GFMAM y la claridad secuencial del MGM para optimizar las estrategias de mantenimiento en cualquier organización. Así de esta forma asegurar la continuidad operativa de los sistemas y su funcionalidad a largo plazo, tomando como base los diferentes estándares internacionales y normativas aplicadas a la IRVE.

**CAPITULO II : ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

## **2.1 INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

El capítulo 2 tiene como objetivo examinar y evaluar el contexto actual de Bitumix Sur en términos de su transición hacia la electromovilidad, la gestión energética y mantenimiento. Este análisis se centra en identificar las condiciones iniciales, los desafíos operativos y las oportunidades para implementar un sistema de mantenimiento estructurado para la infraestructura de recarga de VE y el sistema eléctrico que la soporta.

Se abordan aspectos como:

- La estructura organizacional y las capacidades actuales de la empresa.
- La evaluación de la flota vehicular, incluyendo el rendimiento energético de los vehículos eléctricos y de combustión interna.
- El estado actual de la infraestructura de recarga y su cumplimiento normativo.

Este análisis permitirá establecer un diagnóstico preciso, alineado con los objetivos específicos del proyecto, como la recopilación de información técnica y operativa, y la evaluación de las necesidades futuras de la empresa. A través de la metodología planteada, se avanzará en la identificación de puntos críticos, riesgos operativos y áreas de mejora, así obteniendo los primeros pasos para avanzar con el diseño de estrategias de mantenimiento efectivas y sostenibles en el capítulo posterior.

## 2.2 LA EMPRESA

Bitumix S.A. es una empresa fundada en 1974 por el Sr. Juan Musalem, donde comienza su trayectoria en el sector productor de mezclas asfálticas para carreteras. En el año 1979, fusionándose con la constructora claro vicuña, se crea el nombre de Bitumix CVV, el cual comienza sus operaciones en la región del Bio-bío. En el año 1999, la empresa se asocia con Jean Lefebvre del grupo francés GTM. Durante el año 2001, GTM se fusiona con el grupo VINCI, por lo que pasa ser parte de EUROVIA, siendo este uno de los principales actores a nivel mundial en construcción de infraestructura de transporte. En el año 2017 Bitumix S.A. Toma el control total de la empresa, y se realiza la transición a Bitumix Sur. De esta forma, consolidando su presencia en el mercado productivo de mezclas asfálticas y de colocación en carreteras a nivel nacional. Esta transformación permitió a la empresa ampliar su gama de servicios y productos, adaptándose a las crecientes demandas del sector de la construcción. Actualmente, Bitumix sur forma parte del prestigioso consorcio de construcción VINCI, que desde el 2021 deja de ser EUROVIA tras su última y reciente fusión, lo que le ha permitido fortalecer su capacidad operativa y tecnológica, posicionándose como un referente en la confección de pavimentos asfálticos a nivel en las regiones de maule, ñuble, Biobío y Araucanía.

Bitumix sur proporciona soluciones integrales para la confección de pavimentos asfálticos. La empresa produce mezcla asfáltica, áridos para asfalto y áridos especiales. Además, presta servicios de producción de áridos y asfaltos, y ofrece arriendo de equipos y maquinaria especializada para la producción de estos materiales.

La empresa ha forjado un largo camino de 50 años de trayectoria [Ver figura 2-1], donde se han instalado en distintos sectores del país para la construcción de carreteras, participando históricamente en muchas obras de gran renombre nacional, y desde un comienzo siendo muy ambiciosa en términos de crecimiento, razón por la cual logra crear actuales filiales conocidas como Bitumix Sur y Bitumix Austral. También, al poseer el respaldo del grupo francés, ha permitido avanzar en investigación, desarrollo e implementación de nuevos productos. Específicamente, la empresa crea el CDI (Centro de desarrollo e investigación), donde aplican estándares internacionales en durabilidad, costo, confort y seguridad.



Figura 2-1. Conmemoración 50 años. Obras de pavimentación en estadio nacional.

*Fuente: Bitumix S.A.*

A nivel nacional, Bitumix cuenta con una gran infraestructura, esta incluye 11 plantas fijas de asfalto, 2 plantas móviles de asfalto, 6 plantas de chancado fijas [Ver figura 2-2], 3 plantas de chancado móviles y 1 planta seleccionadora móvil. Bitumix sur, marca presencia desde la región del Ñuble a la Araucanía, donde dispone de 4 plantas de asfalto fijas, 1 planta de asfalto móvil y 2 plantas de árido móvil.



Figura 2-2. Planta procesadora de áridos.

*Fuente: [www.bitumixsur.cl](http://www.bitumixsur.cl)*

### **2.3 AVANCES EN LA GESTIÓN ENERGÉTICA Y ELECTROMOVILIDAD**

Con el apoyo y respaldo de Vinci, Bitumix desde hace varios años ha desarrollado un camino previo para así consolidar con una política de sostenibilidad desde el año 2024, en el contexto de la energética se busca fomentar la eficiencia en los recursos naturales como el agua, energía, materias primas, entre otros. De esta forma planteando sus metas hacia una gestión energética, realizando análisis constantes para mejorar su desempeño energético. Una de las metas propuestas al grupo es reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 40% al año 2030.

La implementación de un sistema de gestión de energía basado en la ISO 50001 proporcionando las bases en el desempeño energético a través de la mejora continua, realizando un mejor uso y consumo de la energía.

La empresa actualmente tiene un consumo alrededor de 95,6Tcal en energía eléctrica y combustibles, según lo propuesto en la ley 21.305 art 2, debe implementar y mantener un sistema de gestión de energía en al menos un 80% de sus consumos energéticos.

Los ámbitos y aspectos en que puede trabajar para mejoramiento son muchos, se incluye realizar un mejor uso de energía en términos de producción, realizar un ahorro económico asociado al consumo de energías, realizar reducción de emisiones de gases efecto invernadero, mejorar indicadores operacionales debido a mejoras en el desempeño energético de equipos y maquinarias.

Como parte de las soluciones es la incorporación de energías limpias en sus procesos, como el uso de energías renovables no convencionales (ERNC) a través de contrato como cliente libre. El uso de biocombustibles en la maquinaria, el uso de gas natural para reemplazar el diésel en los quemadores del proceso de secado del árido, lo cual reduce alrededor del 15% en la generación de CO<sub>2</sub>, la instalación de parques eléctricos en reemplazo de los antiguos sistemas de calefacción con aceite térmico que permite que se logre reducir un 60% el consumo de energía.

Lo anterior mencionado, junto con otros esfuerzos han permitido a Bitumix destacarse en términos de gestión energética. La empresa utiliza la plataforma E-Drive para medir el consumo en tiempo real para la producción de asfalto [Ver figura 2-3].

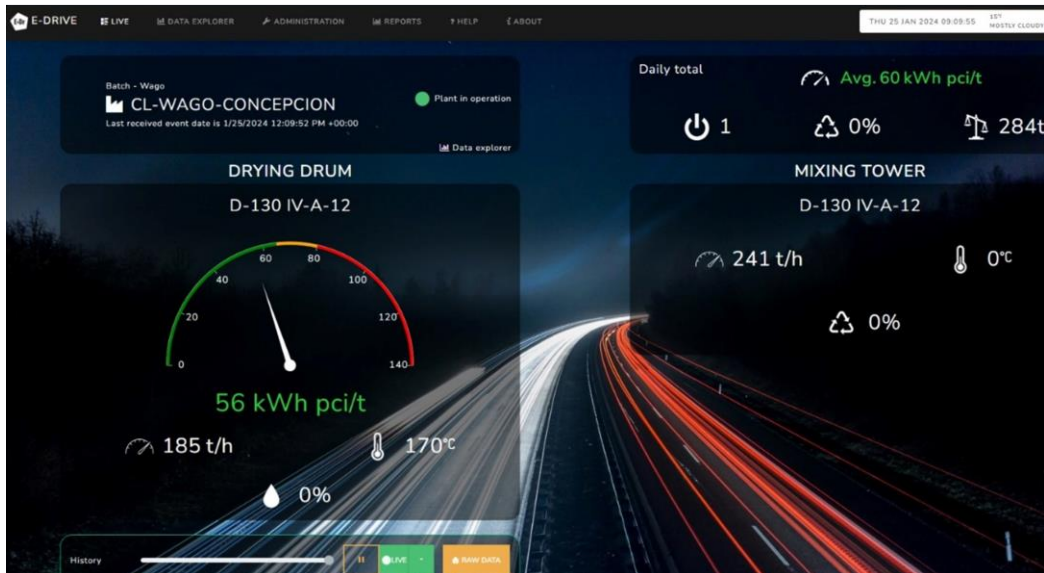


Figura 2- 3. Plataforma de gestión energética E-Drive.

*Fuente: propia a través de plataforma E-Drive*

En el año 2018, la empresa marca un hito importa adquiriendo el primer vehículo eléctrico en la organización [Ver figura 2-4]. Comenzando el ingreso a la electromovilidad.



Figura 2 -4. Primer vehículo eléctrico de Bitumix.

*Fuente: Bitumix S.A.*

En el año 2022 ingresan 4 unidades de camionetas marca ZNA del modelo Voltera Rich,R6 [Ver figura 2-5]. Vehículos con una autonomía de 278km lo que reduce de 6 a 10 toneladas al año las emisiones de Co2.



Figura 2- 5. Camioneta Voltera Rich R6.

*Fuente: propia*

A comienzos de diciembre del año 2024, Bitumix adquiere 5 camionetas eléctricas marca Riddara modelo RD6 [Ver figura 2-6], distribuidas en distintos puestos de trabajo a lo largo del país. Lo que aporta considerablemente a la estrategia corporativa, siendo otro paso hacia el avance en la electromovilidad y gestión energética.



Figura 2 - 6. Camioneta Riddara RD6.

*Fuente: [https://es.linkedin.com/posts/bitumix-s.a.\\_movilidadesostenible-bitumix50a%C3%B1os-eficienciaenerg%C3%A9tica-activity-7263220987373006848-5j0w](https://es.linkedin.com/posts/bitumix-s.a._movilidadesostenible-bitumix50a%C3%B1os-eficienciaenerg%C3%A9tica-activity-7263220987373006848-5j0w)*

## 2.4 ESTRUCTURA DE MANTENIMIENTO

En el marco de los avances actuales en gestión energética y la creciente incorporación de la electromovilidad, la organización enfrenta desafíos significativos para garantizar la continuidad operativa y alcanzar sus objetivos estratégicos. En este contexto, el área de mantenimiento desempeña un rol fundamental, al ser responsable de organizar y coordinar las actividades necesarias para mantener la operatividad de los equipos y procesos productivos.

El área de mantenimiento, como parte del área de servicios de la empresa, tiene un rol clave para asegurar esta continuidad operativa. Su estructura, denominada Maquinaria [Ver figura 2-7], está diseñada específicamente para atender las necesidades del área operativa, denominada Industria, y garantizar el óptimo funcionamiento y desarrollo de los procesos productivos.

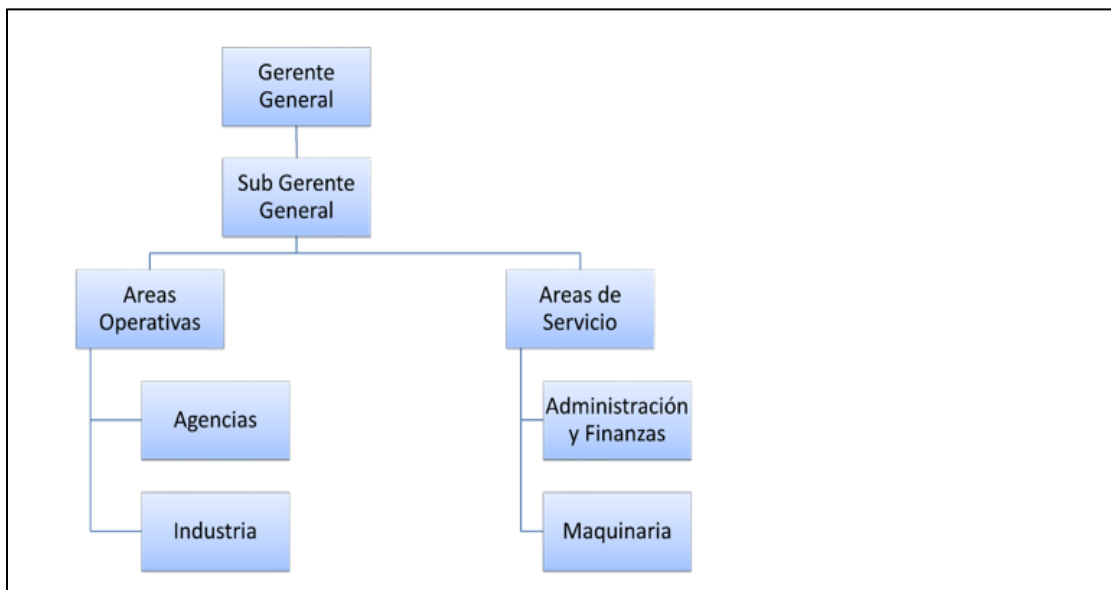


Figura 2 – 7. Estructura organigrama.

*Fuente: gerencia industria Bitumix S.A.*

La estructura de mantenimiento se encarga de organizar y coordinar las actividades necesarias para garantizar el funcionamiento óptimo de los equipos y procesos de la empresa. Este modelo es de tipo centralizado, lo que permite centralizar las decisiones estratégicas, optimizando la planificación y ejecución del mantenimiento en todas las operaciones. [Ver figura 2-8]. La estructura está liderada por el jefe de maquinaria zonal, quien tiene bajo su responsabilidad las actividades de mantenimiento tanto en la zona sur como en la zona austral.

Bajo esta jerarquía, se encuentra el jefe de equipos y maquinarias, quien supervisa la correcta ejecución de los procedimientos de mantenimiento y asegura el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos por la empresa. La estructura incluye roles clave como un planificador, dos administrativos, tres supervisores, cuatro mecánicos de obras, tres mecánicos de industria y un técnico electromecánico en el área eléctrica [Ver figura 2-9], conformando un equipo multidisciplinario que asegura la operatividad de las maquinarias y equipos críticos.

El área de maquinaria de obras abarca todos los equipos móviles y maquinaria pesada destinados a la colocación de asfalto en carreteras, mientras que el área de industria se centra en las plantas de asfalto y áridos, fundamentales para los procesos productivos de la empresa. Las oficinas y talleres del área de maquinarias de Bitumix Sur están ubicados en Concepción, desde donde se coordinan y centralizan todas las actividades de mantenimiento, garantizando así una gestión eficiente y alineada con los objetivos organizacionales.

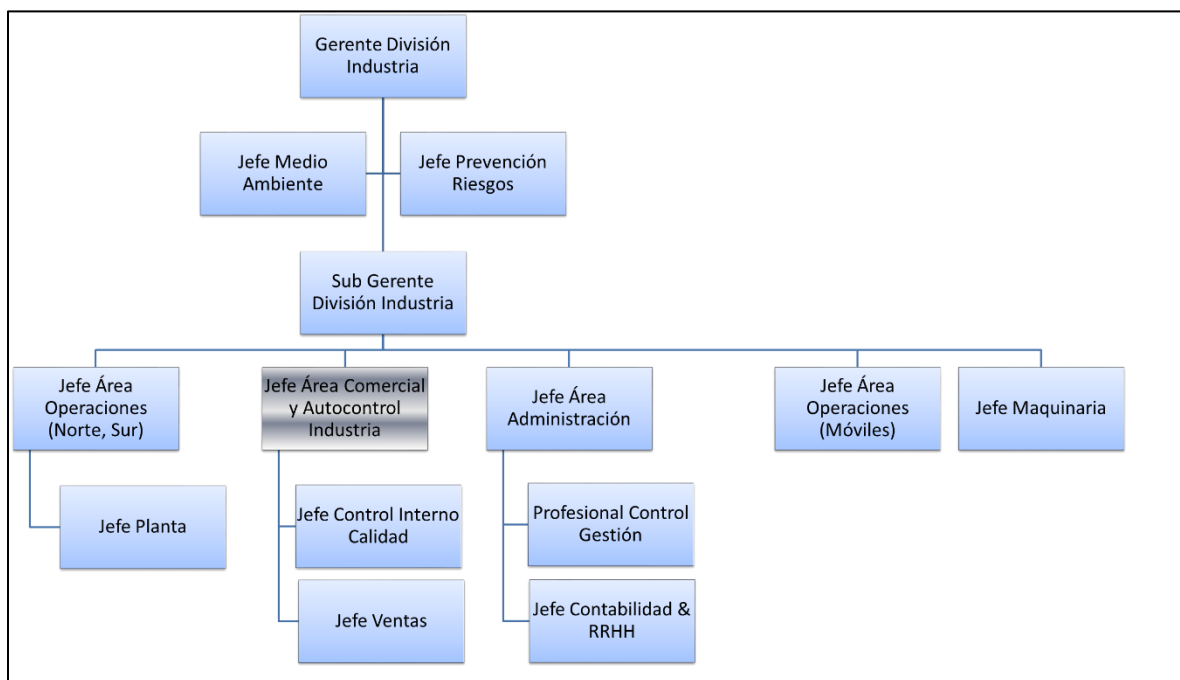


Figura 2 – 8. Estructura general de áreas.

*Fuente: gerencia industria Bitumix S.A.*

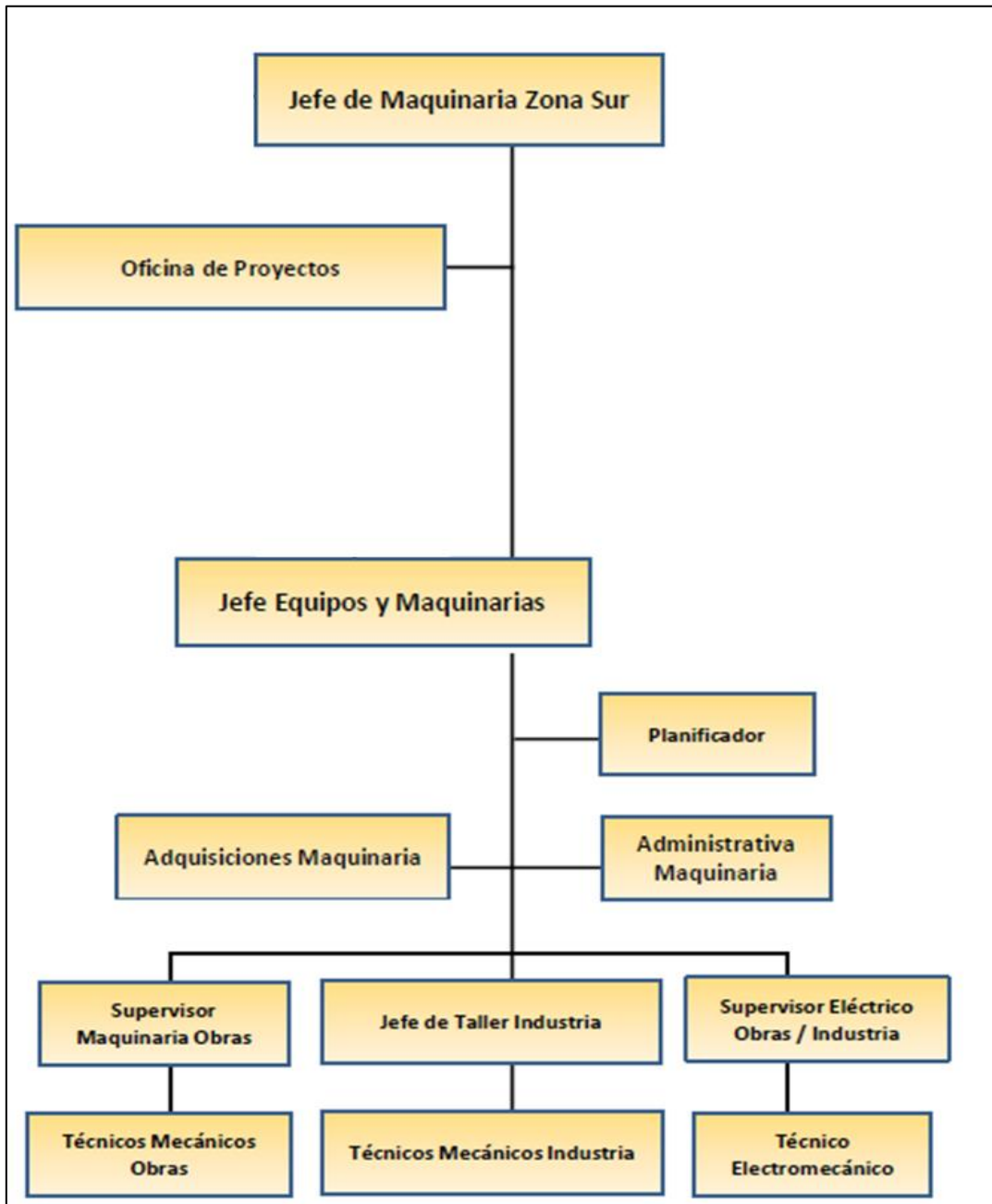


Figura 2 - 9. Organigrama de maquinaria Bitumix sur 2023.

*Fuente Organigrama Bitumix Sur.*

## 2.5 GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL ÁREA DE MAQUINARIA

En la empresa se utiliza un sistema computarizado de gestión de mantenimiento (CMMS) llamado Fractal One. Este sistema permite que cualquier persona autorizada, al detectar un problema o necesidad de mantenimiento, pueda generar una solicitud de trabajo. Dichas solicitudes son recepcionadas por el planificador de mantenimiento, quien las revisa y las trata según corresponda.

Una orden de trabajo (OT), es una actividad formalizada para ejecución. La que puede provenir desde distintos tipos de requerimientos o solicitantes. Se muestra un diagrama de flujo típico de una orden de trabajo. [Ver figura 2-10].

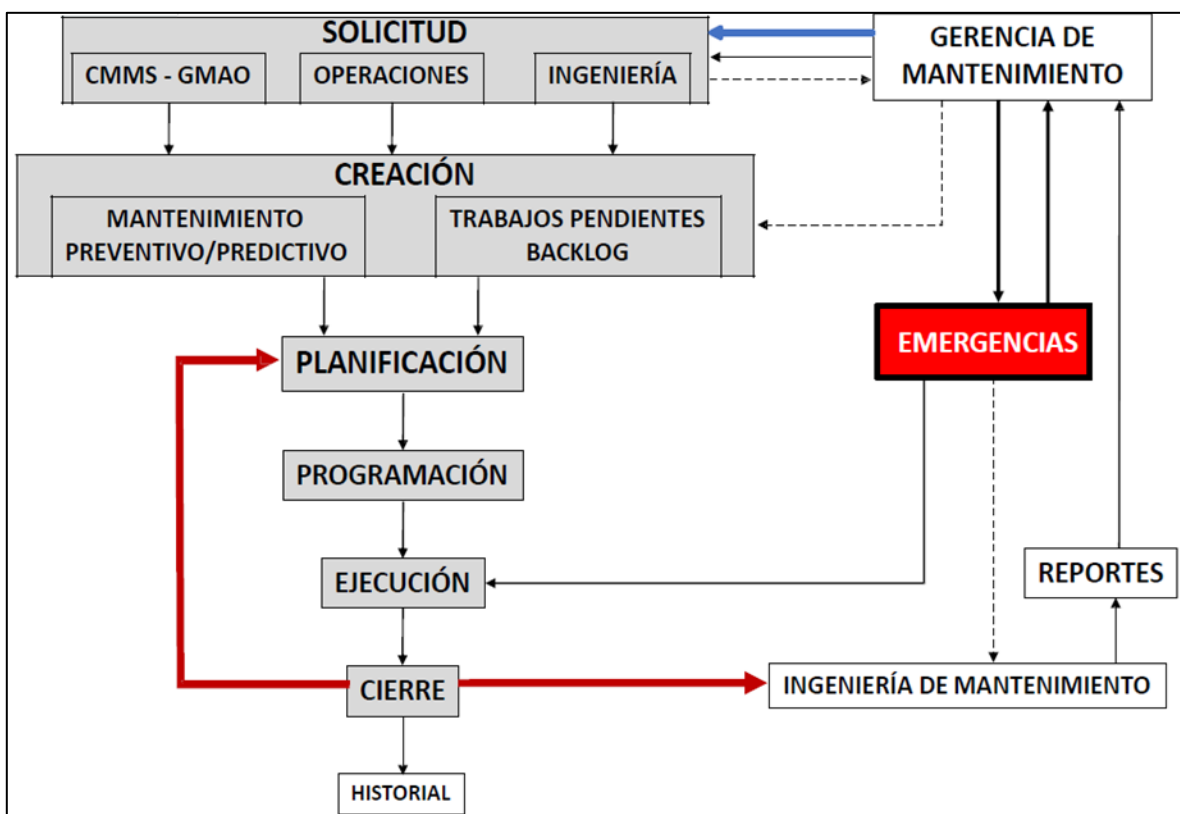


Figura 2-10. Diagrama de flujo de una orden de trabajo.

*Fuente: (Contreras Márquez, 2021)*

### 2.5.1 Creación de una OT

En el área de maquinarias la solicitud de trabajo puede originarse desde los planes de mantenimiento creados en el CMMS, desde el área de operaciones o bien desde el área de maquinarias. La solicitud es revisada por el planificador, quien posteriormente crea la OT. [Ver figura 2-11].

Tras la creación, la orden de trabajo es planificada, determinándose el plazo y los recursos necesarios para su ejecución. En conjunto con el supervisor correspondiente, se programa la actividad, estableciendo la fecha y el horario en que se llevará a cabo. La ejecución de la OT es realizada por el responsable asignado, quien también se encarga del cierre formal de la misma. En esta etapa, se registran los procedimientos de trabajo y toda la información relevante que pueda contribuir al análisis de la actividad, incluyendo las causas del evento que pudo haber generado una falla.

Las OT cerradas son revisadas por el supervisor a cargo. En conjunto con el planificador, verifican las actividades de mitigación implementadas para atender la falla o el evento reportado en la OT.

En situaciones de emergencia, las actividades se ejecutan directamente, previa validación de la jefatura del área de Maquinarias, y posteriormente se genera la OT correspondiente.

Actualmente, el área de Maquinarias realiza una revisión constante de la información gestionada en el CMMS. Como resultado, evalúa la efectividad de los planes de mantenimiento existentes, los modifica cuando es necesario y crea nuevos planes para equipos o instalaciones que no cuenten con uno.

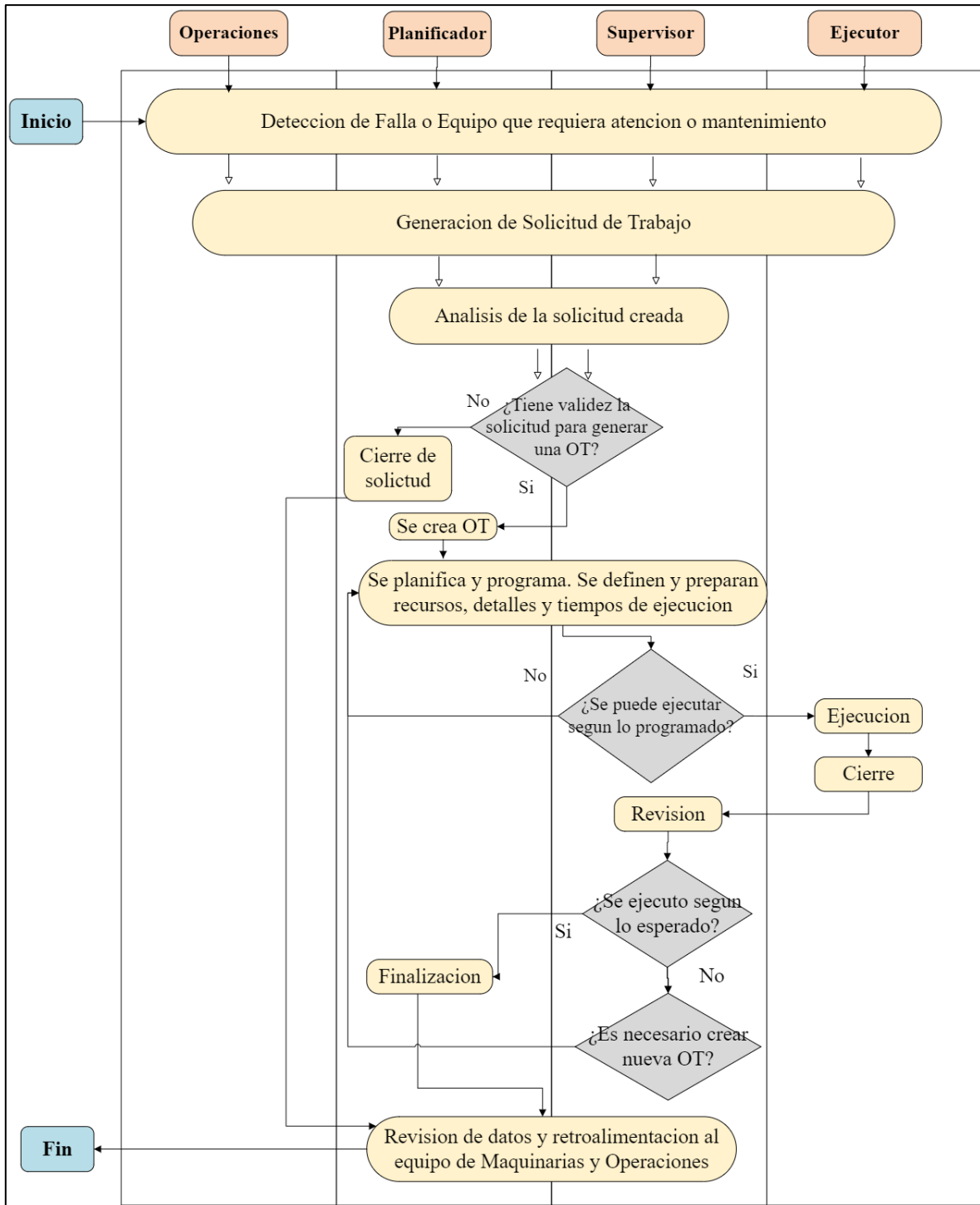


Figura 2-11. Proceso de creación de una OT en Fractal e interacción de roles.

*Fuente: Elaboración propia*

## 2.6 ANÁLISIS DE LA FLOTA ACTUAL DE VEHÍCULOS

La flota que se analiza para el estudio es la perteneciente al área de maquinarias, la cual en casi su totalidad es con contratos de arriendo a empresas Salfa y Avis, excepto un furgón Citroën berlingo de patente gykc44, el cual pertenece a Bitumix sur.

El área de maquinarias utiliza actualmente 9 vehículos a combustión interna (VCI), los cuales son camionetas pickups y furgones y además 1 camioneta eléctrica.

Las camionetas a disposición del área son, 1 Nissan Navara, 8 Citroën berlingo de distintos años y 1 camioneta eléctrica Riddara rd6 adquirida en diciembre del 2024. Los VCI cargan combustible a través de cupón electrónico en Copec, por lo cual, se dispone de una base de datos trazable, la cual se puede revisar para la gestión de los vehículos.

Para conocer los kilómetros recorridos y rendimientos de los vehículos, se elabora tabla considerando las cargas de combustibles desde enero a octubre, los furgones de patentes gykc44, tkpy17, su historial de cargas de combustibles corresponde desde los meses mayo y junio respectivamente. [Ver tabla 2-1].

Tabla de vehículos y km recorridos

Patente	Vehículo	Km inicial	Km final	Km recorridos	Prom. Km mensual	Litros cargados	Rend.
PYHS-55	Nissan Navara	86709	111708	24999	2778	2991.55	8.36
SXDL-89	Citroën berlingo	14750	60870	46120	5124	3464.42	13.31
GYKC-44	Citroën berlingo	335000	358632	23632	4726	1007.42	23.46
PSCK-47	Citroën berlingo	128264	158814	30550	3394	2556.96	11.95
PSCK-63	Citroën berlingo	155906	194878	38972	4330	2972.84	13.11
PSCK-64	Citroën berlingo	138066	172431	34365	3818	2807.3	12.24
PSCK-71	Citroën berlingo	200514	224082	23568	2619	1697.1	13.89
SXDL-39	Citroën berlingo	22567	71105	48538	5393	3208.14	15.13
TKPY-17	Citroën berlingo	0	29779	29779	7445	2006.07	14.84

Tabla 2-1. Km recorridos por vehículo.

*Fuente: elaboración propia*

Con el análisis anterior, se obtiene que el rendimiento promedio de la flota es de 15.15km/l. Donde el rendimiento mínimo es de 8,36 km/l en la Nissan navara, 11.95 km/l en el furgón berlingo psck47 y rendimiento máximo de 15.13km/l para un furgón berlingo de

año 2020. Se excluye el resultado del furgón gykc44, ya que este vehículo es propio de Bitumix Sur y no está considerado reemplazo de este.

Bitumix Sur cuenta con 3 vehículos eléctricos en total, de los cuales 2 son camionetas marcas ZNA modelos Voltera Rich 6 EV utilizadas por el área de operaciones y la otra camioneta es la RIDDARA Rd6 utilizada por el área de maquinarias.

## 2.7 PROYECCIÓN HACIA EL CAMBIO A VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Actualmente la empresa se encuentra en adopción de medidas para certificarse frente a la ISO 50001. Junto a esto y el plan de electromovilidad nacional, la empresa ha decidido acelerar la transición a vehículos eléctricos y por lo que parte de los desafíos en el área de maquinarias son incorporar planes de mantenimiento que puedan aplicarse a la IRVE y a los tableros generales de las sucursales.

La infraestructura de carga para vehículos eléctricos es parte de los equipos instalados que el día de hoy no poseen planes de mantenimiento. Como también el mantenimiento a los tableros eléctricos generales de distribución, de los cuales se abastecen las plantas, oficinas, talleres y dependencias en general de la empresa.

### 2.7.1 Análisis de vehículo eléctrico en adquisición

La empresa se encuentra en proceso de adquisición para enero 2025 camionetas eléctricas marca Riddara modelo Rd6.

“Incorpora una batería LFP de fosfato de hierro y de litio de 63 kWh, que le permite recorrer 373 km (ciclo NEDC) con una sola carga, pudiendo ser recargada en modo rápida DC en 32 minutos (20%-80%) y en una en una carga convencional en 7,2 horas (20%-100%)” [14].

Con lo anterior, obtenemos que el rendimiento de la camioneta con una batería de 63 kwh, se encuentra alrededor de 5,9 km/kWh.

<b>Rendimiento = [km/kWh]</b>	<b>Rendimiento = 373 km/ 63 kWh</b>
Rendimiento = 5,9 [km/kWh]	

Tabla 2-2. Cálculo de rendimiento VE Riddara Rd6.

*Fuente: elaboración propia.*

## 2.8 ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

En la sucursal de Concepción, ubicada en Camino Antiguo a Bulnes 3320, sector Palomares, se dispone de una potencia contratada de 1 MW como cliente libre. Actualmente, 400 kW de esta potencia están siendo consumidos para alimentar los sistemas de fuerza, incluidos los tres cargadores instalados de tipo lento, cada uno con una capacidad de 7 kW. Adicionalmente, quedan 300 kW completamente disponibles, los cuales deben ser considerados para la proyección e instalación de nuevos cargadores eléctricos que requiera la empresa.

Se identifica el proceso de recarga para en un diagrama de flujo, reconociendo los componentes principales que interactúan. [Ver figura 2-12].

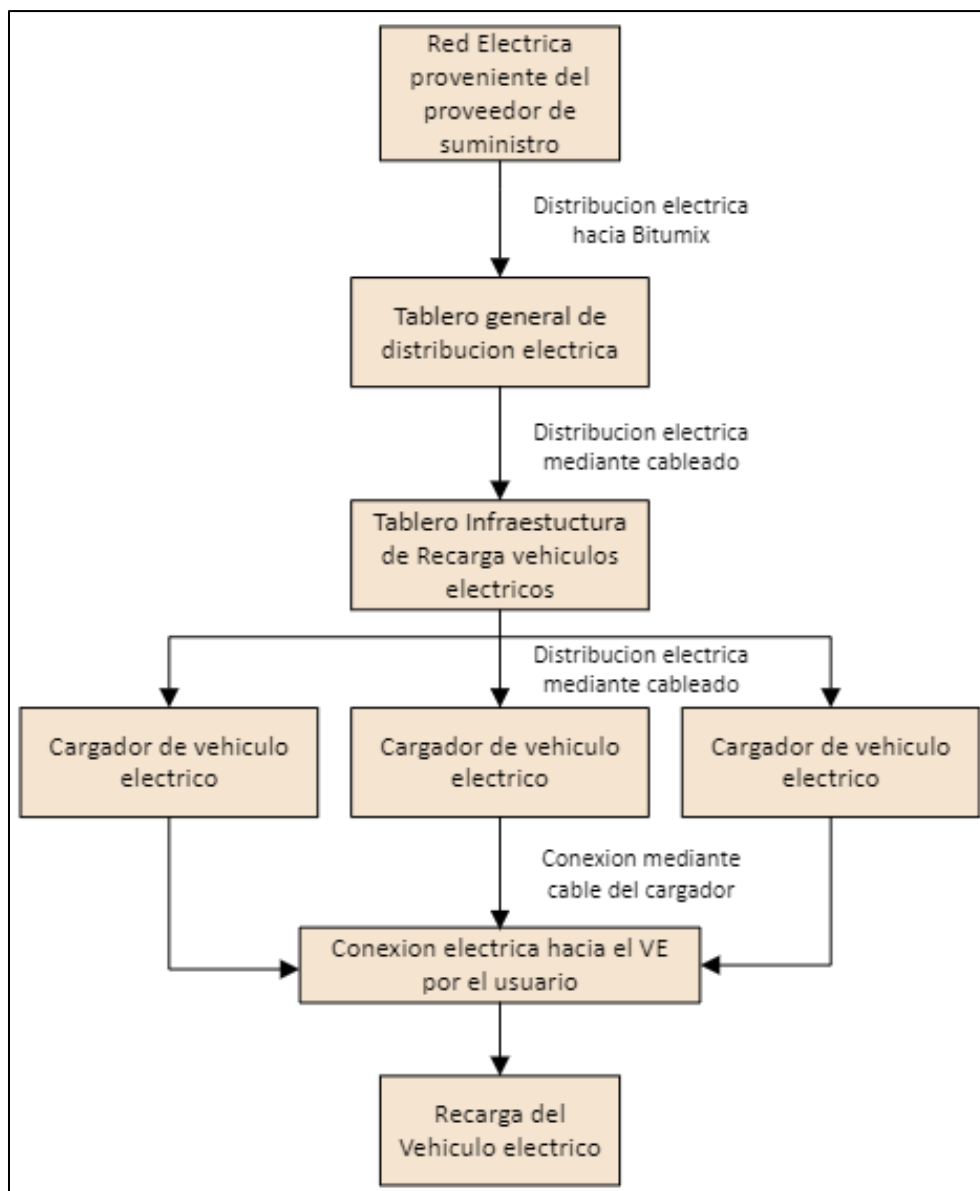


Figura 2-12. Diagrama de bloques del proceso general de recarga eléctrica en los VE.

*Fuente: Elaboración propia.*

Del proceso de recarga eléctrica, se detallan los principales componentes que dependen de la empresa:

### 2.8.1 Tablero General Eléctrico

Este equipo es el punto central de distribución de energía, desde donde se alimentan los distintos tableros eléctricos de la sucursal. Su función principal es proporcionar el suministro estable y seguro de energía a través de interruptores automáticos, barras colectoras, sistemas de protección y conexiones a tierra. Su correcto funcionamiento es esencial para evitar interrupciones en la distribución eléctrica



Figura 2-13. Tablero general eléctrico.

*Fuente: Elaboración propia.*

### 2.8.2 Cableado Eléctrico desde Tablero General hacia los Tableros de la IRVE

Este cableado actúa como el medio de transmisión de energía entre el tablero general y los tableros de la IRVE. Su calidad y estado determinan la eficiencia del sistema, y cualquier falla en los conductores puede interrumpir el proceso de recarga. Se encuentra canalizado bajo tierra.

### 2.8.3 Tablero de IRVE

El tablero dispuesto para la IRVE no se encuentra bajo el cumplimiento de las normativas vigentes. El tablero destinado a la alimentación de los cargadores es el ubicado en el área de taller de maquinarias, en donde se energizan diversos puntos. Es por esto, que la energía para los cargadores eléctricos proviene desde un alimentador no dedicado a IRVE o conexiones de SAVE, por lo que el circuito eléctrico no se encuentra separado ni posee

protecciones exclusivas, por ello no cumple lo exigido en las secciones 8, 12 y 13 del RIC N°15.

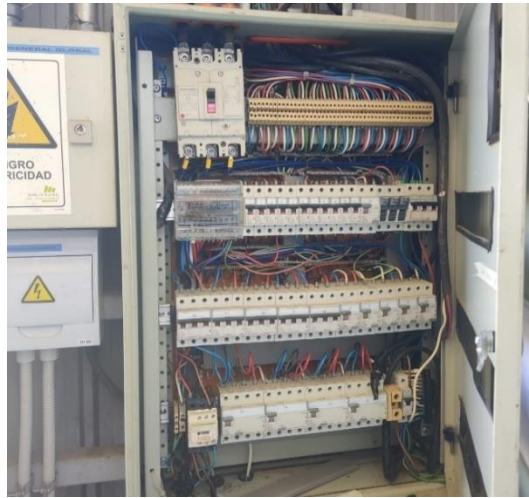


Figura 2-14. Tablero eléctrico taller de maquinarias.

*Fuente: Elaboración propia.*

#### 2.8.4 Cableado desde Tablero de IRVE hacia los Cargadores

Este corresponde al alimentador eléctrico del cargador y como se menciona, el alimentador proviene de manera directa de una protección compartida, ubicada en un tablero general del área de maquinarias. El cordón eléctrico se encuentra dimensionado correctamente para el consumo general de las líneas y se encuentra canalizado bajo tierra.

#### 2.8.5 Cargadores de Vehículos Eléctricos

Los cargadores son el último componente del sistema y es el dispositivo que transfiere la energía a los vehículos eléctricos. Actualmente, se cuenta con tres cargadores de tipo lento de 7 kW, con conector tipo 2 conectados a 220 v con un máximo de 32 A en corriente.



Figura 2-15. Camionetas Voltera y Riddara en proceso de carga.

*Fuente: Elaboración propia*

## 2.9 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La empresa, en su esfuerzo por avanzar hacia una gestión más eficiente de la energía, ha iniciado la incorporación de nuevos vehículos eléctricos en sus flotas actuales. Este cambio implica la necesidad de aumentar progresivamente la capacidad de puntos de recarga, estableciendo como meta que los tiempos de recarga no superen las 4 horas.

Sin embargo, el análisis actual del proceso de recarga evidencia que los tableros y las conexiones destinadas a la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos no cumplen con las normativas vigentes, como lo exige el RIC N°15. Esta falta de cumplimiento representa un riesgo operativo y de seguridad que debe ser abordado para garantizar la confiabilidad del sistema. Asimismo, los tres cargadores existentes de tipo lento, con una capacidad de 7 kW cada uno, no serán suficientes para satisfacer la creciente demanda de recarga a medida que se amplíe la flota eléctrica, lo que hace necesario evaluar su reemplazo o la instalación de equipos adicionales con mayor capacidad.

El área de maquinaria, al ser un área de servicios clave que depende del 100% de la operatividad de la flota de vehículos que posee y que son utilizados con altos índices de kilómetros recorridos diariamente, requiere que cada cargador instalado en el futuro opere de forma constante y confiable. Razón por lo cual, evitar fallas eléctricas en los tableros y otros equipos, lo que ha llevado a considerar la incorporación de planes de mantenimiento tanto para los tableros de distribución como para los cargadores existentes y futuros.

La ausencia de planes que permitan prevenir fallas eléctricas o problemas de disponibilidad de los equipos puede tener consecuencias muy importantes, como:

Demoras en los traslados de personal, afectando la atención a requerimientos en obras en rutas o para intervenciones para el funcionamiento de las plantas.

Impacto en la producción, lo que proviene debido a los inconvenientes y retrasos del personal que se necesita trasladar, podría impedir directamente la colocación de mezclas de asfalto.

Repercusiones económicas, que derivan como consecuencia de los retrasos y que podrían generar multas por incumplimiento de contratos, como también costos adicionales relacionados con la pérdida de producción.

Estos desafíos destacan la importancia que tiene contar con un plan de mantenimiento adecuado que garantice la continuidad operativa de los equipos, cumpla con las normativas vigentes y permita a la empresa atender la demanda futura derivada de la transición hacia el avance con la electromovilidad.

### 2.9.1 Análisis de riesgo y criticidad

Este análisis tiene como objetivo identificar los componentes críticos en la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos que tenga impacto en la disponibilidad de las estaciones de carga, seguridad de los usuarios, continuidad operativa de la flota.

A través de la determinación del número de prioridad de riesgo (NPR), método de priorización que genera resultados de criticidad, analizando frecuencia de falla, severidad y detectabilidad, para así realizar una jerarquización de los componentes.

#### A. Tablas de clasificación

<b>Ocurrencia o Frecuencia de falla (O):</b>	
Baja (1):	Fallas raras, menos de 1 vez al año
Media (3):	Fallas ocasionales, 1-3 veces al año
Alta (5):	Fallas frecuentes, más de 3 veces al año

Tabla 2-3. Clasificación de ocurrencia.

*Fuente: Elaboración propia*

<b>Gravedad o Severidad del impacto (G):</b>	
Baja (1):	Impacto mínimo en operaciones
Media (3):	Afecta parcialmente la disponibilidad
Alta (5):	Parada total de la estación de carga o riesgo de seguridad

Tabla 2-4. Clasificación de gravedad

*Fuente: Elaboración propia*

<b>Detectabilidad (D):</b>	
Alta (1):	Falla fácil de detectar y corregir
Media (3):	Requiere inspección detallada
Baja (5):	Falla difícil de detectar antes de un evento crítico

Tabla 2-5. Clasificación de detectabilidad

*Fuente: Elaboración propia*

B. Cálculo del número de prioridad de riesgo

$$\text{NPR} = \text{O} \times \text{G} \times \text{D}$$

Debido a que no existen registros de eventos asociados al sistema eléctrico, se utilizan datos blandos determinados en base a la experiencia del autor y del supervisor eléctrico en la empresa:

<b>Componente</b>	<b>G (Gravedad)</b>	<b>O (Ocurrencia)</b>	<b>D (Detectabilidad)</b>	<b>NPR</b>
<b>Red eléctrica externa</b>	5	3	5	75
<b>Tablero general distribución</b>	5	3	3	45
<b>Tablero IRVE</b>	5	1	3	15
<b>Estación de carga</b>	3	1	5	15
<b>Estructura mecánica</b>	3	1	1	3
<b>Conexión a VE</b>	3	1	1	3

Tabla 2-6. NPR calculado a componentes en el proceso recarga de vehículos eléctricos.

*Fuente: Elaboración propia*

2.9.2 Análisis por árbol de fallas (FTA)

Tras realizar el NPR, se identifican los puntos críticos con mayor número, los cuales se consideran para realizar un análisis por árbol de fallas para revisar las causas que derivan a las fallas potenciales.

A. Definición del evento no deseado, como

El cargador eléctrico no entrega carga al vehículo eléctrico (VE).

B. Consecuencias

Indisponibilidad de la estación de carga afectada, y con un resultado de una menor disponibilidad de VE y retrasos operacionales. Los modos de falla corresponden a los hechos que generan el problema no deseado.

C. Identificación de los modos de fallas

Modos de fallo. ¿cómo puede(n) ocurrir el evento no deseado? Continuando el análisis basado en la experiencia del autor y del supervisor eléctrico, se determina los siguientes modos de fallas:

- a. Debido a fallas en el hardware.
- b. Debido a fallas de componentes de distribución de energía.
- c. Debido fallas de alimentación eléctrica desde la red.

#### D. Desarrollo de FTA

Utilizando la información anterior, se crea una estructura jerárquica que comienza con el evento no deseado en la posición superior, para continuar hacia abajo con los modos de fallas. [Ver Anexo B-1] [Ver Figura 2.16].

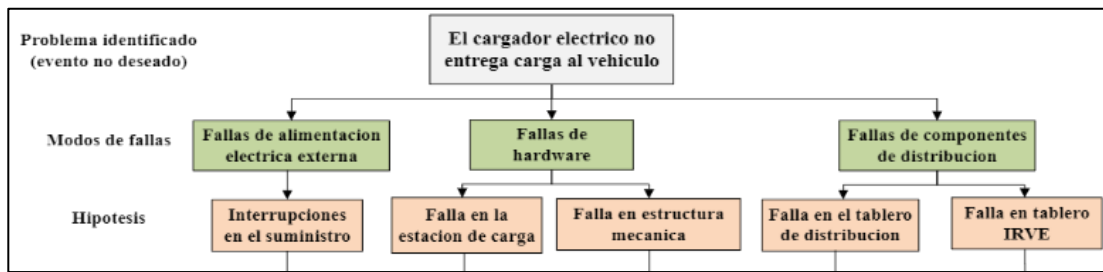


Figura 2-16. Desarrollo de FTA, evento no deseado.

*Fuente: Elaboración propia*

#### E. Realización de hipótesis

Con los modos de fallos identificados, se realizan las hipótesis que corresponden a como pudo ocurrir cada modo de falla [Ver Anexo 2] [Ver Figura 2.16]. Se analiza según la experiencia del autor y el equipo de maquinarias y se validan todas las hipótesis representadas en el FTA con la finalidad de encontrar el máximo de causas en cada modo de falla.

#### F. Determinación de las causas

Se continua con la pregunta de ¿Cómo pudo ocurrir?, y así de esta forma encontrar la causa física por la cual ocurre la hipótesis planteada. Continuando nuevamente con ¿Cómo pudo ocurrir?, para encontrar la causa humana que deriva a la causa física. Para luego continuar con ¿Por qué ocurrió esta causa humana? Para así encontrar la raíz que posibilita la ocurrencia del error humano.

Determinadas las causas físicas, causas humanas y causas latentes. Se analiza la información.

A. Causas físicas

Son las causas relacionadas con daños o deterioros en los componentes físicos del sistema. Por ejemplo, daños en los conductores, corrosión de terminales o sobrecalentamiento de componentes.

B. Causas humanas

Son las causas relacionadas con errores humanos durante la instalación, operación o mantenimiento del sistema. Por ejemplo, una instalación incorrecta de un terminal, un mantenimiento inadecuado o una manipulación incorrecta del equipo.

C. Causas latentes

Son las causas inherentes al diseño, a la fabricación del sistema, que pueden ser difíciles de detectar hasta que se produce una falla. Por ejemplo, un diseño deficiente del tablero, el uso de materiales de baja calidad, una sobrecarga crónica del sistema, falta de procedimientos, falta de conocimiento entre otros.

### 2.9.3 Análisis y categorización de las causas

A través del desarrollo de los modos de fallas, se realiza categorización de las causas asociadas según cada modo de falla y las hipótesis planteadas.

Se identificó un modo relacionado con el suministro de energía eléctrica externa que podría interrumpir la operación de los cargadores eléctricos. Aunque dicha condición afecta la funcionalidad de la infraestructura, no será abordada en los capítulos posteriores, ya que la reposición del servicio depende de agentes externos y no de la empresa. El desarrollo del modo de fallas en la energía externa se planea en un anexo para efectos de otros análisis. [Ver Anexo B-2].

- Modo: falla de hardware.
- Hipótesis: falla en la estación de carga.

Nivel	Categoría	Causa específica
1	Evento	Cargador eléctrico no entrega carga al VE
2	Modo	Falla de hardware
3	Hipótesis	Falla en la estación de carga
4	Raíces físicas	Daño en el cable de carga
4	Raíces físicas	Fallo en el conector del vehículo
4	Raíces físicas	Avería en la electrónica de control del cargador
4	Raíces físicas	Sobrecalentamiento de componentes
4	Raíces humanas	Instalación incorrecta del cargador
4	Raíces humanas	Mantenimiento inadecuado del cargador
4	Raíces latentes	Diseño defectuoso del cargador
4	Raíces latentes	Uso de componentes de baja calidad

Tabla 2-8. Categorización del FTA por fallas de hardware (1).

*Fuente: Elaboración propia.*

Explicación de las causas:

- Raíces físicas: se refieren a problemas físicos en los componentes de la estación de carga, como daños, desgastes o averías.
- Raíces humanas: se relacionan con errores humanos durante la instalación, mantenimiento o uso del cargador.
- Raíces latentes: son causas subyacentes relacionadas con el diseño, fabricación o uso del cargador.

- Modo: falla de hardware.
- Hipótesis: falla en estructura y componentes mecánicos.

Nivel	Categoría	Causa específica
1	Evento	Cargador eléctrico no entrega carga al Ve
2	Modo	Falla de hardware
3	Hipótesis	Falla en estructura y componentes mecánicos
4	Raíces físicas	Daños en la carcasa del cargador
4	Raíces físicas	Deformación de la estructura interna
4	Raíces físicas	Desgaste de los conectores mecánicos
4	Raíces físicas	Aflojamiento de tornillos y fijaciones
4	Raíces humanas	Impactos físicos en el cargador
4	Raíces humanas	Vibraciones excesivas durante el funcionamiento
4	Raíces latentes	Diseño mecánico inadecuado
4	Raíces latentes	Uso de materiales de baja calidad en la estructura

Tabla 2-9. Categorización del FTA por fallas de hardware (2).

*Fuente: Elaboración propia.*

Explicación de las causas:

- Raíces físicas: se refieren a problemas físicos en la estructura y componentes mecánicos del cargador, como daños, desgastes o deformaciones.
- Raíces humanas: se relacionan con acciones externas que pueden dañar la estructura del cargador, como impactos o vibraciones excesivas.
- Raíces latentes: son causas subyacentes relacionadas con el diseño y fabricación del cargador, como la elección de materiales inadecuados o un diseño mecánico deficiente.

- Modo: falla de componentes de distribución eléctrica.
- Hipótesis: falla en el tablero de distribución.

Nivel	Categoría	Causa específica
1	Evento	Cargador eléctrico no entrega carga al VE
2	Modo	Falla de componentes de distribución eléctrica
3	Hipótesis	Falla en el tablero de distribución
4	Raíces físicas	Daños en los conductores del tablero
4	Raíces físicas	Fallo en los dispositivos de protección (fusibles, interruptores)
4	Raíces físicas	Corrosión de los terminales de conexión
4	Raíces físicas	Sobrecalentamiento de los componentes del tablero
4	Raíces humanas	Instalación incorrecta del tablero
4	Raíces humanas	Mantenimiento inadecuado del tablero
4	Raíces latentes	Diseño obsoleto del tablero
4	Raíces latentes	Sobrecarga del tablero

Tabla 2-10. Categorización del FTA por fallas de componentes de distribución eléctrica (1).

*Fuente: Elaboración propia.*

Explicación de las causas:

- Raíces físicas: se refieren a problemas físicos en los componentes del tablero de distribución, como daños, desgastes o sobrecargas.
- Raíces humanas: se relacionan con errores humanos durante la instalación, mantenimiento o configuración del tablero.
- Raíces latentes: son causas subyacentes relacionadas con el diseño o uso del tablero, como un diseño obsoleto o una sobrecarga crónica.

- Modo: falla de componentes de distribución eléctrica.
- Hipótesis: falla en el tablero de infraestructura de recarga de vehículos eléctricos.

Nivel	Categoría	Causa específica
1	Evento	Cargador eléctrico no entrega carga al Ve
2	Modo	Falla de componentes de distribución eléctrica
3	Hipótesis	Falla en el tablero de infraestructura de recarga de vehículos eléctricos
4	Raíces físicas	Daños en los conductores principales del tablero
4	Raíces físicas	Fallo en los dispositivos de protección (fusibles, interruptores) dedicados a los cargadores
4	Raíces físicas	Corrosión en los terminales de conexión de los cargadores
4	Raíces físicas	Sobrecalentamiento de los componentes del tablero debido a sobrecarga
4	Raíces humanas	Instalación incorrecta del tablero o de los cargadores
4	Raíces humanas	Configuración errónea de los parámetros del tablero
4	Raíces humanas	Mantenimiento inadecuado del tablero y los cargadores
4	Raíces latentes	Diseño insuficiente del tablero para la demanda de carga
4	Raíces latentes	Uso de componentes de baja calidad en el tablero

Tabla 2-11. Categorización del FTA por fallas de componentes de distribución eléctrica (2).

*Fuente: Elaboración propia.*

Explicación de las causas:

- Raíces físicas: se refieren a problemas físicos en los componentes del tablero, como daños, desgastes o sobrecargas.
- Raíces humanas: se relacionan con errores humanos durante la instalación, configuración o mantenimiento del tablero y los cargadores.
- Raíces latentes: causas subyacentes relacionadas con el diseño o uso del tablero, como diseño insuficiente para la demanda o el uso de componentes de baja calidad.

### 2.9.5 Hallazgos del análisis

El análisis FTA ha permitido identificar los puntos críticos del sistema eléctrico e IRVE. Estos puntos críticos se han evaluado según su impacto en la disponibilidad de las estaciones de carga y la seguridad, considerando los modos de falla más relevantes y sus respectivos NPR.

#### A. Red eléctrica externa, NPR 75

Este elemento representa el mayor riesgo debido a la dependencia directa del suministro eléctrico. Las fallas pueden causar interrupciones totales en la operatividad de las estaciones de carga.

Principales causas, rotura de conductores, daño en transformadores, reparaciones y mantenimiento externos no previstos y falta de redundancia en el suministro.

#### B. Tablero general de distribución, NPR 45

Este tablero es fundamental para la distribución de energía en la sucursal, desde este punto se energiza el tablero al que están conectado las estaciones de carga. Su criticidad radica en que las fallas pueden afectar de manera simultánea los puntos de carga simultáneamente al tener ausencia de la energía desde este punto principal.

Principales causas, fallos en dispositivos de protección, sobrecalentamiento y corrosión en terminales.

#### C. Tablero de infraestructura de recarga de vehículos eléctricos, NPR 15

Aunque con un NPR medio, este componente es el nexo para la operatividad directa de los cargadores. Fallas en este tablero pueden generar problemas en la conectividad y capacidad de carga de los vehículos.

Principales causas: sobrecarga de componentes, corrosión y errores de instalación y selección de componentes.

#### D. Estaciones de carga, NPR 15

Su NPR es medio, pero las estaciones de carga requieren su total disponibilidad para satisfacer las demandas operativas de la flota eléctrica.

Principales causas, daño en cables de carga, fallas en conectores y sobrecalentamiento de componentes internos.

### 2.9.6 Modos de fallas relevantes

Los puntos críticos identificados afectan la capacidad de las estaciones de carga para operar de manera continua. Las fallas en la red eléctrica externa y el tablero general de distribución pueden causar interrupciones totales, afectando la disponibilidad de la flota de vehículos eléctricos. Con respecto a los riesgos de seguridad asociados a las fallas, se identifican riesgos potenciales de incendios y de electrocución. Esto por fallas en sobrecalentamiento de componentes, cortos circuitos, pérdida de aislación entre otras.

En base al NPR y el impacto en las operaciones, se priorizan los modos de fallas asociados a los tableros y estaciones de carga. Esto se analiza en el siguiente capítulo, para generar propuestas que mitiguen las fallas potenciales.

## 2.10 CONCLUSIONES DEL CAPITULO

El análisis realizado destaca la importancia de adoptar un enfoque proactivo en el mantenimiento de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos, priorizando la mitigación de riesgos en los tableros eléctricos. Estas acciones son fundamentales para garantizar la disponibilidad, seguridad y eficiencia operativa del sistema, respaldando la expansión de la flota de vehículos eléctricos y asegurando su continuidad operativa.

A lo largo del capítulo, se recopilaron y analizaron datos clave sobre los procesos actuales de mantenimiento, la transición de la flota hacia la electromovilidad y las condiciones técnicas de los sistemas eléctricos e IRVE. Este análisis permitió identificar desafíos operativos y normativos, como el cumplimiento de regulaciones aplicables, la adecuación de la capacidad de la IRVE frente a las proyecciones de electromovilidad, y las oportunidades relacionadas con la eficiencia energética dentro del área de Maquinarias.

Como resultado, se generó un diagnóstico detallado que establece las prioridades y estrategias necesarias para diseñar un plan de mantenimiento integral. Este plan buscará abordar los desafíos identificados, optimizar el desempeño de los sistemas de recarga y garantizar su alineación con las metas de sostenibilidad y eficiencia operativa de la empresa.

En el siguiente capítulo, se utilizará la información recopilada y los resultados obtenidos para desarrollar estrategias específicas que permitan definir el diseño y las directrices del plan de mantenimiento, asegurando su eficacia y alineación con las necesidades futuras de la empresa.

**CAPITULO III RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA**

### **3.1 INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO 3: RESOLUCION DEL PROBLEMA**

El capítulo 3 tiene como objetivo principal desarrollar una propuesta de un plan de mantenimiento para la IRVE y el sistema eléctrico en Bitumix Sur. Este plan busca garantizar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia energética de la infraestructura, asegurando la continuidad operativa de la flota eléctrica y el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la empresa.

El análisis desarrollado en el capítulo anterior permitió identificar problemas clave que afectan el desempeño actual de la IRVE y del sistema eléctrico en general. Entre ellos, se destacan el incumplimiento de normativas vigentes, como el RIC N°15, y la falta de cargadores actuales para satisfacer las necesidades futuras de la flota eléctrica. Además, al no existir estrategias preventivas y predictivas, expone a que existan fallas eléctricas. El potencial impacto de errores humanos también es un factor que compromete directamente la integridad del sistema eléctrico. Todas estas deficiencias generan un riesgo importante que conllevan a consecuencias operativas para la organización.

Este capítulo se enfoca en el desarrollo de propuestas como el diseño de un plan de mantenimiento que permita abordar estas problemáticas identificadas. Utilizando el análisis de los modelos de gestión de mantenimiento como el GFMAM, el MGM, ISO 14224, se desarrolla un enfoque que permite registrar y jerarquizar los activos, analizar modos de falla, priorizar acciones y diseñar estrategias de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, así como la incorporación de herramientas de monitoreo y análisis para mejorar la gestión de activos que permitan atender las necesidades actuales y futuras de la IRVE.

### 3.1.1 Resumen de hallazgos y resultados del análisis anterior

El análisis realizado permitió identificar los principales desafíos y puntos críticos asociados a la infraestructura de carga de vehículos eléctricos en Bitumix sur.

#### A. Componentes críticos

Los cargadores, tableros eléctricos, dispositivos de protección y conexiones eléctricas han sido identificados como los elementos clave cuya operatividad es esencial para garantizar la disponibilidad y confiabilidad de la IRVE.

#### B. Cumplimiento normativo

Se detectó que los tableros destinados a la IRVE no cumplen con las normativas vigentes, lo que representa un riesgo operativo y de seguridad que debe ser corregido.

#### C. Capacidad actual insuficiente

Los tres cargadores existentes de 7 kW, no serán suficientes para satisfacer las demandas futuras de recarga de la flota eléctrica. La incorporación de vehículos eléctricos requiere evaluar opciones para reemplazar los cargadores actuales o instalar equipos adicionales con mayor capacidad, asegurando que el sistema pueda responder a las necesidades futuras de la operación.

#### D. Modos de falla y sus consecuencias

Se detectaron modos de falla recurrentes, como sobrecargas eléctricas, desgaste en los conectores y fallas en los sistemas de comunicación. Estas fallas no solo impactan la continuidad operativa, sino que también incrementan los costos de mantenimiento correctivo y afectan la eficiencia general del sistema.

#### E. Falla humana

Los errores operativos y la falta de capacitación técnica del personal son factores contribuyen a la recurrencia de problemas. La falla humana se debe principalmente a la falta de conocimiento relacionado a la electromovilidad, en el manejo de instrumentación eléctrica y a la inexistencia de protocolos para prevenir errores.

F. Falta de estrategias de mantenimiento

Actualmente, las actividades de mantenimiento eléctrico en los sistemas de distribución eléctrica se enfocan mayoritariamente en resolver problemas ocurridos, sin un enfoque estructurado que permita anticiparse a las fallas. Indicando la necesidad de implementar estrategias preventivas y predictivas basadas en un análisis detallado de datos.

G. Impacto operativo y económico

Las interrupciones en la IRVE generan tiempos de inactividad que afectan directamente las operaciones de la flota eléctrica, incrementando los costos asociados a reparaciones no planificadas y al uso ineficiente de los recursos.

### 3.1.2 Objetivo del capítulo

El propósito de este capítulo es diseñar un plan de mantenimiento que permita abordar de manera efectiva los desafíos identificados en la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos. Este plan tiene como objetivo resolver los puntos críticos relacionados con los componentes clave del sistema, mitigar las fallas potenciales y mejorar la confiabilidad de los equipos.

El diseño del plan de mantenimiento se basa en utilización de herramientas como el AMEF, análisis de criticidad y la gestión de activos a través del sistema CMMS Fractal One.

A esto se suma la integración de una propuesta de gestión energética orientada a optimizar el uso de los recursos eléctricos en la IRVE. Esta propuesta busca asegurar un consumo eficiente de energía, alineándose con los objetivos de sostenibilidad y reduciendo los costos operativos relacionados con la recarga de vehículos eléctricos. De esta manera, se plantea un enfoque integral que combine el mantenimiento estructurado con la gestión responsable de los recursos. Y también se considera un programa de capacitación dirigido al personal, enfocado en mitigar los riesgos asociados a errores humanos y fortalecer las competencias técnicas necesarias para operar y mantener la infraestructura eléctrica de manera eficiente.

Este capítulo se alinea con los objetivos específicos al proponer estrategias claras y estructuradas de mantenimiento y gestión, diseñando un plan que garantice el correcto funcionamiento de la infraestructura de recarga. Con estas acciones, el plan no solo atenderá

las necesidades actuales, sino que también preparará a la IRVE para enfrentar las demandas futuras de la electromovilidad, apoyando los objetivos de Bitumix Sur.

### **3.2 METODOLOGÍA PLANTEADA PARA EL DISEÑO**

El diseño del plan de mantenimiento se desarrolla utilizando una metodología sistemática que combina elementos de modelos reconocidos en la gestión del mantenimiento. La integración del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, el modelo de gestión del Foro Global en Mantenimiento y Gestión, el Modelo de Gestión del Mantenimiento de Parra y Crespo y utilizando como guía la ISO 14224, permite abordar de manera estructurada los desafíos identificados en la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos. Esta metodología establece los pasos necesarios para registrar y jerarquizar los activos, identificar y priorizar modos de falla, y definir estrategias de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, asegurando que las soluciones sean coherentes con las necesidades específicas de la empresa y cumplan con los estándares técnicos y normativos aplicables.

#### **3.2.1 Estructura Sistemática propuesta**

El diseño del plan de mantenimiento para el sistema eléctrico y la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos se basa en un enfoque estructurado que integra metodologías como RCM y los modelos GFMAM y MGM. Este enfoque asegura una gestión eficiente y coherente, permitiendo abordar las necesidades específicas de la infraestructura. [Ver Figura 3.1]

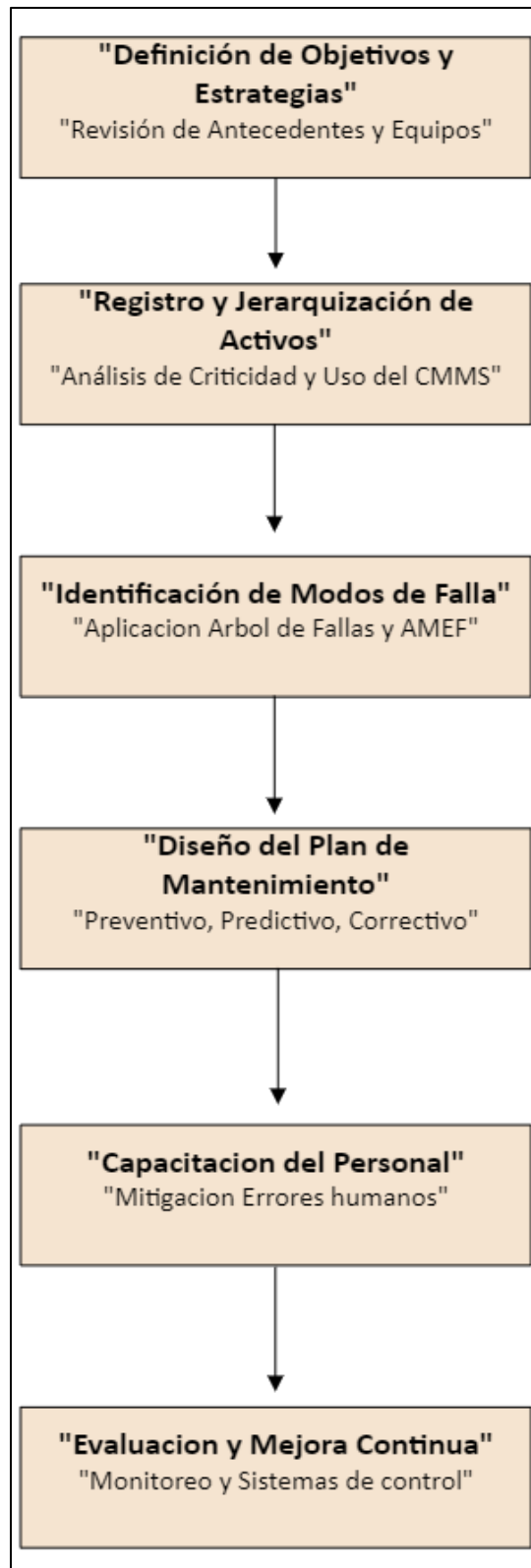


Figura 3.1, Diagrama de flujo gráfico vertical propuesto.

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.2.2 Definición de objetivos y estrategias

- A. Establecer los objetivos principales del mantenimiento, alineándolos con los requerimientos de la empresa y las normativas aplicables.
- B. Revisar los equipos actuales, incluyendo su estado, capacidades operativas y antecedentes de fallas.
- C. Identificar las necesidades futuras derivadas de la expansión de la flota eléctrica y el incremento en la demanda de carga.

### 3.2.3 Registro y jerarquización de activos

- A. Registrar todos los equipos involucrados en el proceso de recarga (cargadores, tableros eléctricos, sistemas de distribución) en el sistema CMMS Fractal One.
- B. Jerarquizar los activos según su criticidad, considerando factores como impacto en la operación, frecuencia de uso y costos asociados a fallas.

### 3.2.4 Identificación de modos de falla

- A. Utilizar un árbol de fallas para visualizar y priorizar los problemas más significativos.
- B. Aplicar el Análisis de las fallas funcionales, modos y efectos de fallas para los componentes críticos, identificando posibles fallas, modos de fallas y efectos de fallas.

### 3.2.5 Diseño del plan de mantenimiento

- A. Definir actividades específicas de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para cada equipo.
- B. Establecer la periodicidad de las actividades y los recursos necesarios para su ejecución.
- C. Integrar las actividades planificadas en el CMMS para su programación y seguimiento.

### 3.2.6 Capacitación del personal

- A. Diseñar un programa de formación enfocado en las necesidades específicas del mantenimiento de la IRVE.
- B. Abordar aspectos técnicos, normativos y operativos para mitigar riesgos asociados a errores humanos.

### 3.2.7 Monitoreo y mejora continua

- A. Implementar indicadores clave de desempeño (KPI's) como disponibilidad, costo de mantenimiento por equipo.
- B. Realizar evaluaciones periódicas para ajustar el plan según los resultados obtenidos y las demandas operativas.

### **3.3 APLICACIÓN DEL MÉTODO PROPUESTO**

El diseño del plan de mantenimiento se realiza aplicando de manera sistemática el modelo planteado en el diagrama de flujo presentado en este capítulo.

Este método utiliza herramientas de mantenimiento y confiabilidad para que buscan generar una estructura de mantenimiento con el objetivo de garantizar la confiabilidad y disponibilidad de la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos, incluyendo el sistema eléctrico al cual está conectado, abordando así los desafíos identificados en los análisis previos.

Las estrategias de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, deben ser la base del plan, y están basadas en los resultados del análisis de criticidad, modos de falla, tipos de causas y el uso de Fractal One anticiparse a posibles fallas y minimizar los impactos operativos y económicos asociados a interrupciones en la IRVE.

Para comenzar con el diseño, debemos retomar el diagrama de flujo vertical planteado, desde el primer punto.

#### **3.3.1 Aplicación: Definición de Objetivos y Estrategias**

Esto fue abordado en el Capítulo 2, donde se analiza la situación en que se encuentra la empresa, área mantenimiento y los equipos del sistema eléctrico asociados a la recarga vehicular. De esta forma, se plantean y respaldan los objetivos que busca el desarrollo del presente proyecto.

#### **3.3.2 Aplicación: Registro y Jerarquización de Activos**

En este paso del método propuesto se centra en el registro y jerarquización de los activos involucrados en la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos. Este proceso tiene como objetivo establecer una base de información sobre los equipos, identificando aquellos que son críticos para la operatividad del sistema y priorizando las acciones de mantenimiento.

##### **A. Registro**

Para ello, se utilizará el listado de componentes identificado previamente, asegurando que cada uno sea categorizado y registrado en el sistema de gestión de mantenimiento

Fractal One. Esto permitirá un monitoreo continuo, una planificación adecuada de las actividades de mantenimiento y una trazabilidad completa de las intervenciones realizadas.

Se considera dentro de los componentes el cableado, ya que al ser un componente que este sujeto a fallas. Se deben evaluar acciones que puedan mitigarlas y controlar las fallas potenciales.

Listado de componentes a revisar del sistema, corresponde a los principales activos de la IRVE que serán registrados en el CMMS son los siguientes.

- a. Tablero General Eléctrico: Punto de distribución principal que alimenta los sistemas de la IRVE.
- b. Cableado Eléctrico desde el Tablero General hacia los Tableros de la IRVE: Conexión principal entre los sistemas de distribución y los tableros específicos de la IRVE.
- c. Tablero de IRVE: Encargado de gestionar la energía hacia los cargadores de vehículos eléctricos.
- d. Cableado desde Tablero de IRVE hacia los Cargadores: Elemento crítico para asegurar la transferencia eficiente de energía.
- e. Cargadores de Vehículos Eléctricos: Equipo principal para la recarga de los vehículos eléctricos.

## B. Jerarquización de los activos

La jerarquización de activos es un paso clave para priorizar los esfuerzos de mantenimiento en los componentes más críticos de la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos.

Utilizando el método CTR, se detalla:

$$CTR = FF \times C$$

Donde:

CTR: Criticidad total por riesgo

FF: Frecuencia de Fallos, que es el rango de que el activo falle, evaluada con base en datos históricos o estimaciones operativas en un año.

C: Consecuencias de la Falla. Es el impacto que la falla del activo tiene en diferentes dimensiones operativas y estratégicas, las cuales se descomponen de la siguiente manera:

$$C = (IO \times FO) + CM + SHA$$

IO: Factor de impacto operacional, es el grado en que la falla afecta la continuidad de las operaciones.

FO: Flexibilidad Operacional, esto es la capacidad del sistema para adaptarse o mantener la operación ante la falla.

CM: Costos de Mantenimiento, es el impacto económico de reparar o reemplazar el activo.

SHA: Seguridad, Higiene y Ambiente, son los riesgos asociados a la seguridad de las personas, el ambiente y la infraestructura.

La expresión final del modelo CTR queda así:

$$CTR = FF \times ((IO \times FO) + CM + SHA)$$

#### C. Criterios de evaluación para cada uno de los factores del modelo CTR.

Para la jerarquización de los activos, se establecieron rangos basados en la experiencia del autor en la empresa y el análisis al sistema eléctrico como con la experiencia operativa de la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos en Bitumix Sur, complementados con referencias técnicas, normativas y reparaciones eléctricas del sistema en general. justificaciones para cada criterio:

##### a. Frecuencia de Fallos (FF)

Justificación:

- Según los registros operativos y la experiencia del equipo técnico, se observó que los cargadores de vehículos eléctricos presentaron fallas más de tres veces durante el último año. Este comportamiento recurrente justifica que una frecuencia de fallas superior a 3 veces por año sea clasificada como alta (FF = 5).

- Por otro lado, componentes como el cableado eléctrico presentan fallas de forma ocasional o rara vez, justificando la asignación de rangos de media ( $FF = 3$ ) o baja ( $FF = 1$ ) frecuencia de fallas.

b. Impacto Operacional (IO)

Justificación:

- Basado en un análisis de riesgos, se determinó que una falla en el Tablero General Eléctrico resulta en una interrupción total del suministro de energía a la IRVE, afectando directamente la operatividad de los cargadores y, por consecuencia, la disponibilidad de los vehículos eléctricos. Por este motivo, se asigna un impacto crítico ( $IO = 5$ ) a este activo.
- Cables de carga, cuya falla no interrumpe completamente el sistema, pero puede reducir la capacidad operativa, son clasificados con un impacto moderado ( $IO = 3$ ).
- Componentes de menor relevancia operativa tienen un impacto bajo ( $IO = 1$ ).

c. Costos de Mantenimiento (CM)

Justificación:

- Según cotizaciones obtenidas en el área de mantenimiento, las reparaciones de activos críticos como los tableros eléctricos o los cargadores rápidos pueden superar los \$600,000, lo que justifica la clasificación como costos altos ( $CM = 5$ ).
- Reparaciones en cableados o terminales suelen tener costos menores, típicamente entre \$300,000 y \$600,000, clasificándose como costos moderados ( $CM = 3$ ).
- Reparaciones menores, como el reemplazo de conectores, suelen estar por debajo de \$300,000, lo que se considera un costo bajo ( $CM = 1$ ).

d. Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA)

Justificación:

- De acuerdo con la normativa chilena RIC N°15, los tableros eléctricos deben cumplir con estrictas condiciones de seguridad para evitar accidentes graves, como cortocircuitos o incendios. Por este motivo, estos activos son clasificados con un SHA alto.
- Los cargadores de vehículos eléctricos también presentan riesgos moderados debido a su conexión directa con el sistema eléctrico, clasificándose como SHA = 3.
- Componentes menos críticos, como los cables de carga, presentan riesgos bajos o inexistentes, justificando una clasificación de SHA = 1.

#### D. Rangos de evaluación

- Frecuencia de Fallos (FF) (escala 1 – 5)
  - 5: Alta: Frecuencia de fallas mayor a 3 veces al año.
  - 2: Media: Frecuencia de fallas de 2 veces al año.
  - 1: Baja: frecuencia de falla entre 0 y 1 vez al año.
  
- Impacto Operacional (IO) (escala 1 - 5)
  - 5: Interrupción total del sistema.
  - 3: Reducción significativa en la capacidad operativa.
  - 1: Impacto menor o sin interrupción.
  
- Flexibilidad Operacional (FO) (escala 1 – 5)
  - 5: Sin equipo de respaldo, tiempo de reparación mayor a 24hrs
  - 2: Se cuenta con equipo de respaldo, reparacion dentro de 24hrs
  - 1: Existen alternativas ante la falla.

- Costos de Mantenimiento (CM) (escala 1 – 5)
  - 5: Costos altos, superiores a \$600.000
  - 2: Costos moderados, superior a \$300.000 hasta \$600.000
  - 1: Costos bajos, menores a \$300.000
  
- Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA) (escala 1 – 5)
  - 5: Alto riesgo de accidente o daño ambiental.
  - 2: Riesgo moderado.
  - 1: Riesgo bajo o inexistente.

E. Clasificación de criticidad de los activos

- Críticos:  $CTR \geq 25$ : Activos cuya falla afecta gravemente la operación y representa altos costos o riesgos.
- Importantes:  $10 \leq CTR < 25$ : Activos con un impacto moderado y menos frecuente.
- No Críticos:  $CTR < 10$ : Activos con un impacto menor y baja probabilidad de falla.

Activo	FF	IO	FO	CM	SHA	$C = IO + FO + CM + SHA$	$CTR = FF \times C$	Clasificación
Tablero general eléctrico	3	5	5	3	3	16	48	Crítico
Tablero distribución taller	3	5	5	3	5	18	54	Crítico
Cargadores de vehículos eléctricos	1	5	5	5	1	16	16	Importante
Cableado hacia tableros de distribución o IRVE	1	5	5	3	3	16	16	Importante
Cableado hacia cargador eléctrico	1	5	3	3	3	14	14	Importante
Cable de Carga	1	3	1	3	1	8	8	No Crítico

Tabla 3-1. Tabla de cálculo del CTR.

*Fuente: Elaboración propia*

## F. Registro en el CMMS

El registro de activos en Fractal One incluirá información técnica del activo, descripción del componente, especificaciones técnicas, fabricante y modelo.

Los equipos con sus ubicaciones y dependencias generaran una estructura taxonómica tipo árbol, lo facilita la búsqueda de información y la comprensión de la taxonomía de los activos. (Ver figura 3-2).

La creación y registro de los equipos permitirá vincularlos a los planes de mantenimiento, crear un historial del equipo con el cual se podrá generar trazabilidad de la información recopilada para análisis y toma de decisiones. [Ver figura 3-3].

Se utiliza tabla con los activos, cada uno de ellos asociado a un código único.

Equipo	Código equipo
Tablero General Eléctrico	TGE01
Tablero Distribución Taller	TDT01
Cargador de Vehículos Eléctricos 1	CVE01
Cargador de Vehículos Eléctricos 2	CVE02
Cargador de Vehículos Eléctricos 3	CVE03
Cableado de distribución desde el tablero general	CD01
Cableado de distribución desde tablero de distribución de taller	CD02

Tabla 3-2. Listado de equipos clasificados y codificación.

*Fuente: Elaboración propia.*

Para realizar el ingreso de los activos se deben tener las ubicaciones en las cuales se encuentran.

Las ubicaciones se clasifican comenzando con la ubicación principal de las cuales descienden las sub-ubicaciones. [Ver figura 3-2].

Basándonos en la estructura anterior, se genera un análisis para el sistema eléctrico al que pertenecen los cargadores eléctricos.

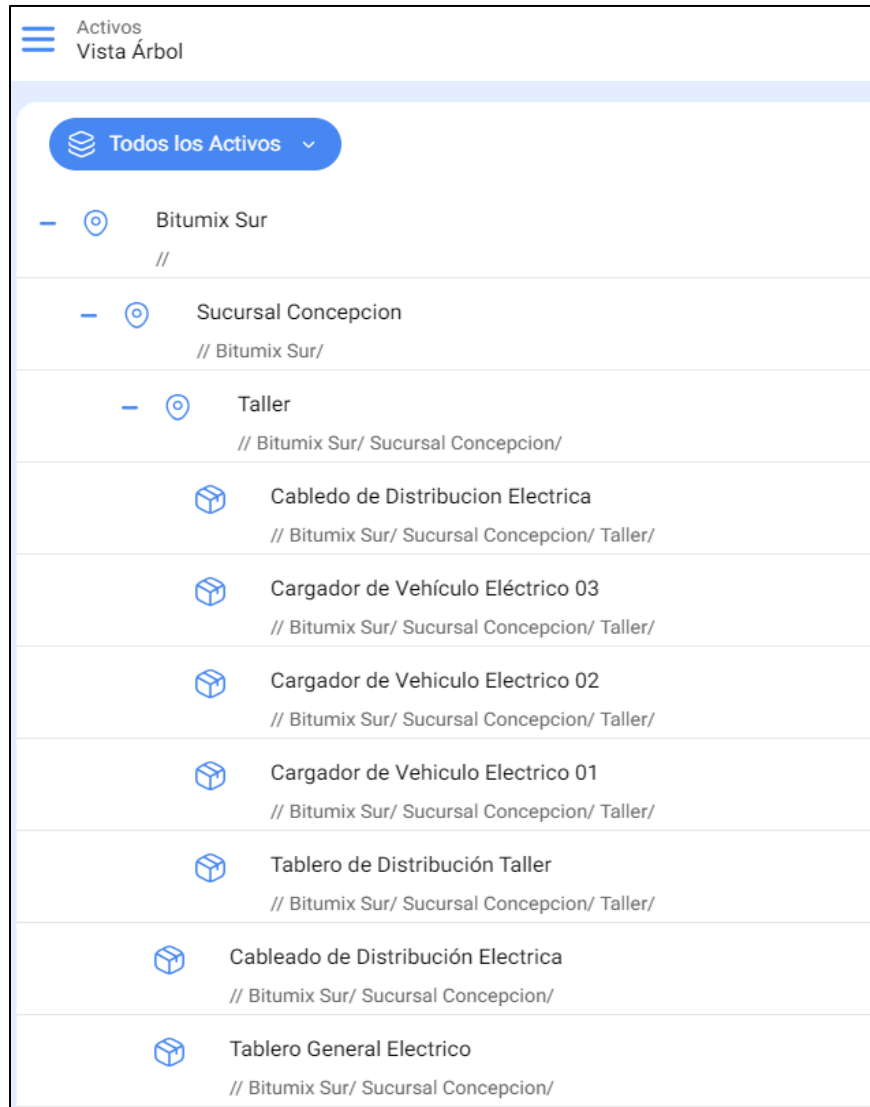


Figura 3-2. Clasificación taxonómica de los equipos del sistema eléctrico en Fractal One.

*Fuente: Elaboración propia a través de Fractal One*

Cargador de Vehículo Eléctrico 03 IOCHARGER IOCAH10-7S A10221513955 7kW 32A Max ( CVE03 )

Ubicado en ó es Parte de // Bitumix Sur/ Sucursal Concepcion/ Taller/

Nombre Cargador de Vehículo Eléctrico 03 Código CVE03

Fabricante IOCHARGER Modelo IOCAH10-7S

Número de Serial A10221513955 Otro 1 7kW

Otro 2 32A Max Código de Barras Prioridad Media

Tipo SAVE Clasificación 1 WallBox Clasificación 2 Monofásico

Fuera de servicio: No  
Habilitado

General  
Formulario Personalizado  
Estado de Salud

Figura 3-3 Registro de Cargador Eléctrico 7kW.

*Fuente: Elaboración propia a través de Fractal One*

### 3.3.3 Aplicación: Identificación de Modos de Falla

La identificación de modos de falla es una etapa clave en el diseño del plan de mantenimiento, ya que permite determinar las posibles fallas que pueden ocurrir en los activos, sus causas y los efectos que generan en el sistema. Este análisis proporciona la base para establecer estrategias de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.

Para este propósito, la aplicación de herramientas como FTA y el AMEF permiten priorizar los modos de falla más críticos y definir acciones específicas para mitigarlos.

El Árbol de Fallas desarrollado en el capítulo 2 se utiliza para visualizar y estructurar las posibles causas de fallas en los activos críticos, que llevan a un evento no deseado. Lo que permite identificar los eventos iniciales que conducen a falla en el sistema, relacionar las causas con los efectos específicos en la infraestructura y establecer conexiones entre los componentes afectados. Con este análisis logramos tener una premisa sobre los tipos de causas asociados en las fallas de los componentes y equipos del sistema analizado.

A través de la clasificación de las causas físicas, humanas y latentes desarrolladas en el FTA, lo podemos aplicar en el desarrollo del AMEF, identificando más fácilmente los modos de fallas.

La clasificación de los tipos de fallas nos ayuda a posteriormente desarrollar las acciones de mantenimiento que se requieren para mitigar las fallas.

Se desarrolla el análisis AMEF a los componentes de categoría críticos e importantes resultantes del CTR [ver ANEXO C-G]. En el caso del cargador eléctrico solo se considera un análisis AMEF ya que los 3 equipos poseen mismas características.

Los principales modos de falla en los sistemas eléctricos evaluados corresponden a problemas relacionados con sobrecalentamiento de conductores, conexiones sueltas, fallas en dispositivos de protección, desbalance de cargas. Estas fallas generan efectos críticos en la seguridad como riesgos de incendio y en la operación debido a interrupción de procesos, debido a daño a conectores o componentes, pérdida de eficiencia energética, deterioro de aislamiento y riesgos de descargas eléctricas. Particularmente en los cargadores eléctricos para vehículos, se observan fallas en la transmisión de energía, funcionamiento intermitente y sobrecalentamiento, lo que afecta la disponibilidad del sistema, genera interrupciones en los procesos y aumenta los riesgos de accidentes y tiempos de espera. En general, estas fallas comprometen la seguridad, la continuidad operativa y la eficiencia energética de los sistemas eléctricos analizados.

### 3.3.4 Aplicación: Diseño del plan de mantenimiento

El diseño del plan de mantenimiento tiene como objetivo garantizar la confiabilidad, disponibilidad y seguridad de la infraestructura eléctrica que soporta las operaciones de recarga de vehículos eléctricos en Bitumix Sur. Este plan combina estrategias preventivas, predictivas y correctivas, respaldadas por el análisis de criticidad, los resultados del FTA, AMEF y el registro detallado de los activos en Fractal One.

A. Se agrupan los equipos codificándolos previamente.

Equipo	Código equipo
Tablero General Eléctrico	TGE01
Tablero Distribución Taller	TDT01
Cargador de Vehículos Eléctricos 1	CVE01
Cargador de Vehículos Eléctricos 2	CVE02
Cargador de Vehículos Eléctricos 3	CVE03
Cableado de distribución desde el tablero general	CD01
Cableado de distribución desde tablero de distribución de taller	CD02

Tabla 3-3. Agrupación de equipos.

*Fuente: Elaboración propia*

B. Se definen los tipos de causas que se pueden desarrollar.

a. Causas Físicas:

Relacionadas con el desgaste, fallos materiales, condiciones ambientales o problemas en los componentes físicos.

b. Causas Humanas:

Corresponden a las originadas por errores en las personas en la operación, mantenimiento, instalación o configuración del sistema.

c. Causas Latentes:

Relacionadas con decisiones o problemas en el diseño, fabricación o gestión que no se manifiestan de inmediato. Esto puede ser por especificaciones incorrectas, materiales de baja calidad, falta de redundancia y otros.

C. Propuesta inicial de actividades de mantenimiento en los equipos.

El análisis del AMEF también permite anticiparse a los efectos de las fallas, proporcionando una visión integral de los impactos potenciales en la operación, como interrupciones en el proceso de recarga, indisponibilidad de los cargadores, riesgos de accidentes y daños a los componentes del sistema.

El plan de mantenimiento nace en respuesta al análisis de los modos de fallas, fallas funcionales y tipos de causas analizadas en los equipos, destacando la importancia de garantizar la continuidad operativa de la infraestructura de recarga eléctrica. A partir del análisis del AMEF, se identifican actividades de carácter preventivo, predictivo y correctivo, con una frecuencia de tiempo establecida para su ejecución. Estas actividades incluyen inspecciones periódicas, pruebas funcionales, análisis de condición (como termografía, medición de resistencia a tierra, medición de aislamiento) asegurando que se puedan mitigar riesgos antes de que generen fallos críticos.

Las actividades propuestas a través del análisis deben ser recopiladas y analizadas para generar agrupación de ellas y crear los planes de mantenimiento.

Utilizando los AMEF se realiza tablas de análisis de cada equipo codificado, se abrevia función como f, falla funcional como ff y modos de fallas como mf.

Información del equipo					Acción y frecuencia inicial propuesta					
Cod Equ	F	FF	MF	Causa	Preventiva	Frecuencia	Predictiva	Frecuencia	Correctiva	Frecuencia
TGE01	1	A	1	Fisica	Inspección del alimentador	Cada 6 meses	Inspección termográfica para detectar puntos calientes	Cada 3 meses	Reemplazo o reparacion si corresponde	Cada vez que ocurra
TGE01	1	A	2	Fisica	Revisión y ajuste de terminales	Cada 2 meses	Inspección termográfica para detectar puntos calientes	Cada 3 meses	Reemplazo de protecciones	Cada vez que ocurra
TGE01	1	A	3	Fisica	Revisión y ajuste de terminales	Cada 2 meses	Inspección termográfica para detectar puntos calientes	Cada 3 meses	Reemplazo de protecciones	Cada vez que ocurra
TGE01	1	B	1	Fisica	Revisión y ajuste de terminales	Cada 2 meses	Inspección termográfica para detectar puntos calientes	Cada 3 meses	Reparación o reemplazo de terminales	Cada vez que ocurra
TGE01	1	B	2	Fisica	Medicion electrica	Cada 2 meses	Inspección termográfica para detectar ausencia de fase	Cada 3 meses	Reparación o reemplazo	Cada vez que ocurra
TGE01	1	B	3	Latente	Pruebas de disparo de interruptores	Cada 1 año	Monitoreo de ciclos de disparo y reenganche	Cada 6 meses	Reemplazo de protecciones	Cada vez que ocurra
TGE01	1	C	1	Humana	Revisión y ajuste de conexiones	Cada 2 meses	Monitoreo en linea de datos de transmision	Cada 6 meses	Reparacion y ajuste	Cada vez que ocurra
							Inspeccion termografica de conexiones	Cada 6 meses	Reparacion y ajuste	Cada vez que ocurra
TGE01	1	C	2	Fisica	Limpieza y aplicación recubridor protector	Cada 4 meses	Inspeccion visual	Cada 6 meses	Reparacion, ajuste o reemplazo	Cada vez que ocurra
TGE01	1	C	3	Fisica	Revisión y ajuste de terminales	Cada 2 meses	Inspección termográfica para detectar puntos calientes	Cada 3 meses	Reemplazo de protecciones	Cada vez que ocurra
TGE01	2	D	1	Fisica	Inspeccion visual de estructura	Cada 2 meses	Pruebas de tintas penetrantes a soldaduras en estructura	Cada 1 año	Reparacion apernadura, soldadura o reemplazo si corresponde	Cada vez que ocurra
TGE01	2	E	1	Latente	Evaluacion de especificaciones tecnicas	Cada 1 año	Diagnostico a red electrica y componentes	Cada 1 año	Reemplazo de componentes	Cada vez que ocurra
TGE01	2	E	2	Latente	Pruebas de disparo de interruptores	Cada 1 año	Monitoreo de ciclos de disparo y reenganche	Cada 6 meses	Reemplazo de protecciones	Cada vez que ocurra
TGE01	2	F	1	Fisica	Revisión y ajustes	Cada 6 meses	Medicion de resistencia a tierra	Cada 1 año	Reparacion o reemplazo	Cada vez que ocurra
TGE01	2	F	2	Fisica	Inspeccion de conexiones a tierra	Cada 1 año	Medicion de resistencia a tierra	Cada 1 año	Reparacion o reemplazo	Cada vez que ocurra

Tabla 3-4. Propuesta inicial mantenimiento a TGE01. Fuente: Elaboración propia

Información del equipo					Acción y frecuencia inicial propuesta					
Cod Equ	F	FF	MF	Causa	Preventiva	Frecuencia	Predictiva	Frecuencia	Correctiva	Frecuencia
TDT01	1	A	1	Fisica	Inspección del alimentador	Cada 6 meses	Inspección termográfica para detectar puntos calientes	Cada 3 meses	Reemplazo o reparación si corresponde	Cada vez que ocurra
TDT01	1	A	2	Fisica	Revisión y ajuste de terminales	Cada 2 meses	Inspección termográfica para detectar puntos calientes	Cada 3 meses	Reemplazo de protecciones	Cada vez que ocurra
TDT01	1	A	3	Fisica	Revisión y ajuste de terminales	Cada 2 meses	Inspección termográfica para detectar puntos calientes	Cada 3 meses	Reemplazo de protecciones	Cada vez que ocurra
TDT01	1	B	1	Fisica	Revisión y ajuste de terminales	Cada 2 meses	Inspección termográfica para detectar puntos calientes	Cada 3 meses	Reparación o reemplazo de terminales	Cada vez que ocurra
TDT01	1	B	2	Fisica	Medición eléctrica	Cada 2 meses	Inspección termográfica para detectar ausencia de fase	Cada 3 meses	Reparación o reemplazo	Cada vez que ocurra
TDT01	1	B	3	Latente	Pruebas de disparo de interruptores	Cada 1 año	Monitoreo de ciclos de disparo y reenganche	Cada 6 meses	Reemplazo de protecciones	Cada vez que ocurra
TDT01	1	C	1	Humana	Revisión y ajuste de conexiones	Cada 2 meses	Monitoreo en línea de datos de transmisión	Cada 6 meses	Reparación y ajuste	Cada vez que ocurra
TDT01	1	C	2	Fisica	Limpieza y aplicación recubridor protector	Cada 4 meses	Inspección visual	Cada 6 meses	Reparación, ajuste o reemplazo	Cada vez que ocurra
TDT01	1	C	3	Fisica	Revisión y ajuste de terminales	Cada 2 meses	Inspección termográfica para detectar puntos calientes	Cada 3 meses	Reemplazo de protecciones	Cada vez que ocurra
TDT01	2	D	1	Fisica	Inspección visual de estructura	Cada 2 meses	Pruebas de tintas penetrantes a soldaduras en estructura	Cada 1 año	Reparación, apunadura, soldadura o reemplazo si corresponde	Cada vez que ocurra
TDT01	2	E	1	Latente	Evaluación de especificaciones técnicas	Cada 1 año	Diagnóstico a red eléctrica y componentes	Cada 1 año	Reemplazo de componentes	Cada vez que ocurra
TDT01	2	E	2	Latente	Pruebas de disparo de interruptores	Cada 1 año	Monitoreo de ciclos de disparo y reenganche	Cada 6 meses	Reemplazo de protecciones	Cada vez que ocurra
TDT01	2	F	1	Fisica	Revisión y ajustes	Cada 6 meses	Medición de resistencia a tierra	Cada 1 año	Reparación o reemplazo	Cada vez que ocurra
TDT01	2	F	2	Fisica	Inspección de conexiones a tierra	Cada 1 año	Medición de resistencia a tierra	Cada 1 año	Reparación o reemplazo	Cada vez que ocurra

Tabla 3-5. Propuesta inicial mantenimiento a TDT01. Fuente: Elaboración propia

Informacion del equipo					Accion y frecuencia inicial propuesta					
Cod Equ	F	FF	MF	Causa	Preventiva	Frecuencia	Predictiva	Frecuencia	Correctiva	Frecuencia
CD01	1	A	1	Fisica	Inspeccion visual conductores	Cada 1 mes	Inspección termográfica para detectar puntos calientes	Cada 3 meses	Reemplazo o reparacion si	Cada vez que ocurra
CD01	1	A	2	Humana	Revisión y ajuste de conexiones	Cada 2 meses	Monitoreo en linea de datos de transmision	Cada 6 meses	Reparación o reemplazo de	Cada vez que ocurra
CD01	1	A	3	Fisica	Pruebas de aislacion	Cada 6 meses	Inspección termográfica para detectar puntos calientes	Cada 3 meses	Reemplazo de cableado	Cada vez que ocurra
CD01	1	B	1	Fisica	Inspeccion visual conductores	Cada 1 mes	Inspección termográfica para detectar puntos calientes	Cada 3 meses	reparacion si corresponde	Cada vez que ocurra
CD01	1	B	2	Humana	Revisión y ajuste de conexiones	Cada 2 meses	Monitoreo en linea de datos de transmision y consumos	Cada 6 meses	reemplazo de terminales	Cada vez que ocurra
CD01	2	C	1	Latente	Revisión y evaluacion especificaciones	Cada 1 año	Monitoreo en linea de datos de transmision y consumos	Cada 6 meses	Rediseño y reemplazo de componentes	Cada vez que ocurra
CD01	2	C	2	Latente	Revisión y evaluacion especificaciones	Cada 1 año	Monitoreo en linea de datos de transmision y consumos	Cada 6 meses	Rediseño y reemplazo de componentes	Cada vez que ocurra
CD01	2	C	3	Latente	Revisión y evaluacion especificaciones	Cada 1 año	Monitoreo en linea de datos de transmision y consumos	Cada 6 meses	Rediseño y reemplazo de componentes	Cada vez que ocurra

Tabla 3-6. Propuesta inicial mantenimiento a CD01.

Fuente: Elaboración propia

Información del equipo					Acción y frecuencia inicial propuesta					
Cod Equ	F	FF	MF	Causa	Preventiva	Frecuencia	Predictiva	Frecuencia	Correctiva	Frecuencia
CD02	1	A	1	Fisica	Inspeccion visual conductores	Cada 1 mes	Inspección termográfica para detectar puntos calientes	Cada 3 meses	Reemplazo o reparacion si	Cada vez que ocurra
CD02	1	A	2	Humana	Revisión y ajuste de conexiones	Cada 2 meses	Monitoreo en linea de datos de transmision	Cada 6 meses	Reparación o reemplazo de	Cada vez que ocurra
CD02	1	A	3	Fisica	Pruebas de aislacion	Cada 6 meses	Inspección termográfica para detectar puntos calientes	Cada 3 meses	Reemplazo de cableado	Cada vez que ocurra
CD02	1	B	1	Fisica	Inspeccion visual conductores	Cada 1 mes	Inspección termográfica para detectar puntos calientes	Cada 3 meses	reparacion si corresponde	Cada vez que ocurra
CD02	1	B	2	Humana	Revisión y ajuste de conexiones	Cada 2 meses	Monitoreo en linea de datos de transmision y consumos	Cada 6 meses	reemplazo de terminales	Cada vez que ocurra
CD02	2	C	1	Latente	Revisión y evaluacion especificaciones	Cada 1 año	Monitoreo en linea de datos de transmision y consumos	Cada 6 meses	Rediseño y reemplazo de componentes	Cada vez que ocurra
CD02	2	C	2	Latente	Revisión y evaluacion especificaciones	Cada 1 año	Monitoreo en linea de datos de transmision y consumos	Cada 6 meses	Rediseño y reemplazo de componentes	Cada vez que ocurra
CD02	2	C	3	Latente	Revisión y evaluacion especificaciones	Cada 1 año	Monitoreo en linea de datos de transmision y consumos	Cada 6 meses	Rediseño y reemplazo de componentes	Cada vez que ocurra

Tabla 3-7. Propuesta inicial mantenimiento a CD02.

Fuente: Elaboración propia

Información del equipo					Acción y frecuencia inicial propuesta					
Cod Equ	F	FF	MF	Causa	Preventiva	Frecuencia	Predictiva	Frecuencia	Correctiva	Frecuencia
CVE01	1	A	1	Latente	Revisión conexión del cable de carga a cargador	Cada 1 mes	Monitoreo de carga de los cargadores	Cada 3 meses	Reemplazo de cable de carga	Cada vez que ocurra
CVE01	1	A	2	Física	Revisión conexión del cable de carga a cargador	Cada 1 mes	Monitoreo de carga de los cargadores	Cada 3 meses	Reemplazo de cable de carga	Cada vez que ocurra
CVE01	1	A	3	Física	Inspección general verificación de funcionamiento	Cada 1 mes	Monitoreo de carga de los cargadores	Cada 3 meses	Reemplazo del equipo	Cada vez que ocurra
CVE01	1	A	4	Física	Medición eléctrica voltaje de entrada	Cada 3 meses	Monitoreo de carga de los cargadores	Cada 3 meses	Reemplazo del equipo	Cada vez que ocurra
CVE01	1	B	1	Física	Revisión de conectores de alimentación	Cada 3 meses	Monitoreo de carga de los cargadores	Cada 3 meses	Reparación o reemplazo de terminales	Cada vez que ocurra
CVE01	1	B	2	Física	Revisión conexión del cable de carga a cargador	Cada 1 mes	Monitoreo de carga de los cargadores	Cada 3 meses	Reemplazo de cable de carga	Cada vez que ocurra
CVE01	1	B	3	Física	Medición de eléctrica consumo	Cada 3 meses	Monitoreo de carga de los cargadores	Cada 3 meses	Reemplazo del equipo	Cada vez que ocurra
CVE01	2	C	1	Latente	Medición de eléctrica consumo	Cada 3 meses	Monitoreo de carga de los cargadores	Cada 3 meses	Reemplazo del equipo	Cada vez que ocurra
CVE01	2	C	2	Latente	Medición de eléctrica consumo	Cada 3 meses	Monitoreo de carga de los cargadores	Cada 3 meses	Reemplazo del equipo	Cada vez que ocurra
CVE01	2	D	2	Latente	Inspección general y Mediciones eléctrica	Cada 3 meses	Monitoreo de carga de los cargadores	Cada 3 meses	Reemplazo del equipo	Cada vez que ocurra
CVE01	2	D	2	Física	Revisión de conexión	Cada 3 meses	Monitoreo de carga de los cargadores	Cada 3 meses	Reemplazo del equipo	Cada vez que ocurra
CVE01	2	E	2	Latente	Inspección general y Mediciones eléctrica	Cada 3 meses	Monitoreo de carga de los cargadores	Cada 3 meses	Reemplazo del equipo	Cada vez que ocurra
CVE01	2	E	2	Latente	Revisión de conexión	Cada 3 meses	Monitoreo de carga de los cargadores	Cada 3 meses	Reemplazo del equipo	Cada vez que ocurra

Tabla 3-8. Propuesta inicial mantenimiento a CVE01. Fuente: elaboración propia.

Tras la creación inicial de actividades propuestas y definición de frecuencias, se realizan los planes que agrupan las tareas, estas se agruparán por periodos de tiempo y se darán como rutas de trabajo.

#### D. Actividades de mantenimiento preventivo

Estas actividades son las que resultaron del análisis anterior, se realiza filtrando y eliminaron duplicidad de tareas que se estaban dadas con la misma frecuencia de tiempo. Como también analizando las tareas y modificando las que sean necesarias, como también analizando la opción de incluir subtareas dentro de las mismas. Se propone iniciar al mismo tiempo con actividades de 12 meses, ya que estas son de carácter más críticas y en simultaneo las de 1 mes. También quedaron actividades con frecuencia de repetición cada 2 meses, 3 meses, 4 meses y 6 meses.

Acción y frecuencia inicial propuesta		
Cod	Actividad Preventiva	F (meses)
TGE01	Pruebas de disparo de interruptores	12
TGE01	Evaluación de especificaciones técnicas	12
TGE01	Inspección de conexiones a tierra	12
CD01	Revisión y evaluación especificaciones comparación con mediciones	12
TDT01	Pruebas de disparo de interruptores	12
TDT01	Revisión y evaluación especificaciones comparación con mediciones	12
TDT01	Inspección de conexiones a tierra	12
CD02	Revisión y evaluación especificaciones comparación con mediciones	12
CD01	Inspección visual conductores	1
CD02	Inspección visual conductores	1
CVE01	Revisión conexión del cable de carga a cargador	1
CVE01	Inspección general verificación de funcionamiento	1
CVE02	Revisión conexión del cable de carga a cargador	1
CVE02	Inspección general verificación de funcionamiento	1
CVE03	Revisión conexión del cable de carga a cargador	1
CVE03	Inspección general verificación de funcionamiento	1
TGE01	Revisión y ajuste de terminales	2

Tabla 3-9. Actividades PMP por frecuencia. (1/2)

*Fuente: elaboración propia*

TGE01	Medición eléctrica de voltajes de entre líneas y consumos	2
TGE01	Revisión y ajuste de terminales eléctricos	2
TGE01	Inspección visual de estructura y ajustes	2
CD01	Revisión y ajuste de conexiones	2
CD01	Revisión y ajuste de conexiones	2
TDT01	Revisión y ajuste de terminales	2
TDT01	Revisión y ajuste de terminales	2
TDT01	Medición eléctrica de voltajes de entre líneas y consumos	2
TDT01	Inspección visual de estructura y ajustes	2
CD02	Revisión y ajuste de conexiones	2
CVE01	Revisión de conexonado	3
CVE01	Inspección general y mediciones eléctricas entrada, salida y consumo	3
CVE02	Revisión de conexonado	3
CVE02	Inspección general y Mediciones eléctricas entrada, salida y consumo	3
CVE03	Revisión de conexonado	3
CVE03	Inspección general y Mediciones eléctricas entrada, salida y consumo	3
TGE01	Limpieza general y aplicación recubridor protector a conexiones	4
TDT01	Limpieza general y aplicación recubridor protector a conexiones	4
TGE01	Inspección del alimentador	6
TGE01	Revisión y ajustes conexiones	6
CD01	Pruebas de aislación	6
TDT01	Inspección del alimentador	6
TDT01	Revisión y ajustes conexiones	6
CD02	Pruebas de aislación	6

Tabla 3-9. Actividades PMP por frecuencia. (2/2)

Fuente: elaboración propia

## E. Actividades de mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo reúne las tareas de mayor alcance en el mes 12, como la medición de resistencia a tierra y evaluaciones termográficas, asegura un monitoreo completo de los equipos desde el comienzo del programa.

Acción y frecuencia inicial propuesta		
Cod Equipo	Actividad Predictiva	F (meses)
TGE01	Pruebas de tintas penetrantes a soldaduras en estructura	12
TGE01	Medición de calidad red eléctrica y mediciones generales eléctricas	12
TGE01	Medición de resistencia a tierra	12
TGE01	Medición termográfica a componentes del tablero	12
TDT01	Pruebas de tintas penetrantes a soldaduras en estructura	12
TDT01	Medición de calidad red eléctrica y mediciones generales eléctricas	12
TDT01	Medición de resistencia a tierra	12
TDT01	Medición termográfica a componentes del tablero	12
TGE01	Termográfica para detectar puntos calientes y ausencia de fases	3
CD01	Inspección termográfica para detectar puntos calientes	3
TDT01	Termográfica para detectar puntos calientes y ausencia de fases	3
CD02	Inspección termográfica para detectar puntos calientes	3
CVE01	Monitoreo de carga de los cargadores	3
CVE02	Monitoreo de carga de los cargadores	3
CVE03	Monitoreo de carga de los cargadores	3
TGE01	Monitoreo en línea de datos de transmisión	6
TGE01	Inspección termográfica de conexiones	6
TGE01	Inspección visual general del tablero y sus componentes	6
TDT01	Monitoreo en línea y revisión de informes	6
TDT01	Inspección termográfica de conexiones	6
TDT01	Inspección visual general del tablero y sus componentes	6

Tabla 3-10. Actividades PdM por frecuencia.

*Fuente: elaboración propia*

## F. Listado de actividades para planes de mantenimiento

Se realiza una clasificación por equipo y orden por frecuencia de la actividad para efecto de crear los planes clasificados como preventivos y predictivos, de esta forma asociarlos según el equipo. Esto quiere decir que la cantidad de planes preventivos para tipo de equipo depende de las frecuencias de inspección. En el caso de el cargador eléctrico VE, solo existirán 2 planes preventivos, uno cada 3 meses y otro de carácter mensual. Para los tableros eléctricos se consideran 4 planes preventivos, la frecuencia de estos será de 12, 6, 4 y 2 meses.

Cod Equipo	Preventiva	Frecuencia	H total
CVE01 - CVE02 - CVE03	Revisión de conectores de alimentación	3 meses	3h c/u
CVE01 - CVE02 - CVE03	Inspección general y Mediciones eléctricas, entrada, salida y consumo	3 meses	
CVE01 - CVE02 - CVE03	Revisión de conexionado	3 meses	
CVE01 - CVE02 - CVE03	Revisión conexión del cable de carga a cargador	1 mes	2h c/u
CVE01 - CVE02 - CVE03	Inspección general verificación de funcionamiento	1 mes	

Tabla 3-11. Planes preventivos para cargadores de vehículos eléctricos

*Fuente: elaboración propia*

Cod Equipo	Preventiva	Frecuencia	H total
CD01 – CD02	Revisión estado y evaluación especificaciones	12 meses	1h c/u
CD01 – CD02	Pruebas de aislación	6 meses	1h c/u
CD01 – CD02	Revisión y ajuste de conexiones	2 meses	1h c/u
CD01 – CD02	Inspección visual conductores	1 mes	1h c/u

Tabla 3-12. Planes preventivos para Cableado de distribución.

*Fuente: elaboración propia*

Cod Equipo	Preventiva	Frecuencia	H total
TDT01 - TGD01	Pruebas de disparo de interruptores	12 meses	3h c/u
TDT01 - TGD01	Evaluación de especificaciones técnicas	12 meses	
TDT01 - TGD01	Inspección de conexiones a tierra	12 meses	
TDT01 - TGD01	Inspección del alimentador	6 meses	2h c/u
TDT01 - TGD01	Revisión y ajustes conexiones	6 meses	
TDT01 - TGD01	Limpieza general y aplicación recubridor protector a conexiones	4 meses	1h c/u
TDT01 - TGD01	Revisión y ajuste de terminales	2 meses	3h c/u
TDT01 - TGD01	Revisión y ajuste de terminales	2 meses	
TDT01 - TGD01	Medición eléctrica	2 meses	
TDT01 - TGD01	Inspección visual de estructura	2 meses	

Tabla 3-13. Planes preventivos para tableros eléctricos.

*Fuente: elaboración propia*

G. Determinación de horas de ejecución de los planes de mantenimiento.

Se asumirá inicialmente un tiempo de 1h promedio por cada actividad a desarrollar tanto para las actividades del plan de mantenimiento preventivo como predictivo. Lo cual debe ser evaluado para acortar o aumentar las horas de cada plan. En el caso de los tableros eléctricos en el plan de 2 meses se consideró un tiempo total de 3hrs, esto debido al tipo de actividades a desarrollar, aun así está sujeto a la ejecución lo que podría modificar estos tiempos.

Cod Equipo	Predictiva	Frecuencia	H total
TDT01 - TGD01	Pruebas de tintas penetrantes a soldaduras en estructura	12 meses	3h c/u
TDT01 - TGD01	Medición de calidad red eléctrica y mediciones generales eléctricas	12 meses	
TDT01 - TGD01	Medición de resistencia a tierra	12 meses	
TDT01 - TGD01	Revisión de monitoreo en línea y revisión de informes	6 meses	3h c/u
TDT01 - TGD01	Inspección termográfica de conexiones	6 meses	
TDT01 - TGD01	Inspección general del tablero y sus componentes	6 meses	
TDT01 - TGD01	Inspección termográfica para detectar puntos calientes	3 meses	1h c/u

Tabla 3-14. Planes predictivos para tableros eléctricos

*Fuente: elaboración propia*

Cod Equipo	Predictiva	Frecuencia	H total
CVE01 - CVE02 - CVE03	Monitoreo de carga de los cargadores	3 meses	1h c/u

Tabla 3-15. Planes predictivos para cargadores VE.

*Fuente: elaboración propia*

Cod Equipo	Predictiva	Frecuencia	H total
CD01 - CD02	Monitoreo en línea de datos de consumos eléctricos	6 meses	1h c/u
CD01 - CD02	Inspección termográfica para detectar puntos calientes	3 meses	1h c/u

Tabla 3-16. Planes predictivos para cableado de distribución.

*Fuente: elaboración propia*

#### H. Instrumentación requerida para los planes de mantenimiento.

Para efectuar de manera efectiva las actividades dedicadas de carácter preventivo y predictivo, se requiere utilizar diversos instrumentos del área eléctrica.

Instrumento	Función
Cámara termográfica	Revisión de temperatura, detección de puntos calientes, recolección y análisis de datos e información.
Telurómetro	Medición de puesta a tierra.
Medidor de aislación eléctrica	Medición aislación eléctrica para conductores, detección de fuga de corriente.
Amperímetro de tenaza multitester	Medición de corriente y voltajes
Comprobador de tensión inductivo	Comprobador de ausencia de voltajes por proximidad
Comprobador de instalaciones multifunción	Pruebas de continuidad a tierra, aislamiento, pruebas para diferenciales, permite integrar adaptador para pruebas de estaciones de carga.
Adaptador para pruebas a estaciones de carga	Pruebas de seguridad continuidad y aislamiento, simulaciones de estados de carga, detección de errores como fallas de conexión a tierra o cortocircuitos de señal de control.

Tabla 3-17. Herramientas eléctricas para ejecución PMP y PdM.

*Fuente: elaboración propia*

I. Determinación de Actividades de mantenimiento correctivo.

Estas actividades buscan mitigar, controlar y restituir la función principal o secundaria que se ve afectada. Tras el análisis AMEF, las acciones correctivas resultan de un carácter importante, ya que se necesitan resolver de manera inmediata o lo más pronto posible para lograr restituir la función del equipo.

Para esta estrategia, considerando los modos de fallas analizados se genera un listado de componentes mínimo, siendo estos repuestos necesarios para atender las fallas. Estos deben permanecer disponibles para su uso ante emergencias.

Listado de repuestos, componentes e insumos:

- a. Cable copec voltex tipo 2
- b. Protección diferencial 4x25A-Curva C- 30mA 10kA
- c. Protección termomagnética 3x25A – Curva C 10kA
- d. Protección termomagnética 3x32A – Curva C 10kA
- e. Protección termomagnética 4x40A - Curva C 10kA
- f. Protección diferencial 4x40A-Curva C- 30mA 10kA
- g. Termomagnético 3x32A – Curva C 10kA
- h. Kit mufa recta 82-a3n 3/0-400mcm 3m
- i. Terminales de conexión eléctrica distintos tamaños tipo ferrule, horquilla, ojo, unión.
- j. Borneras de conexión
- k. Cable eléctrico de distintos calibres.

### 3.3.5 Aplicación: Capacitación del personal

La capacitación del personal busca fortalecer las competencias técnicas de los trabajadores, pero también contribuir a mitigar los riesgos asociados a los errores humanos, optimizando las operaciones y el mantenimiento del sistema eléctrico y de la IRVE. El diseño del programa debe enfocarse en los puntos débiles detectados, analizando las causas humanas que derivan en fallas en el sistema y considerando aspectos técnicos pendientes por parte del personal de mantenimiento.

El uso de Fracttal será una parte fundamental para la correcta gestión del mantenimiento que realiza la empresa. Por lo que se incluye reforzar las capacitaciones periódicas del uso del CMMS. Esto permitirá no solo una mejor planificación y ejecución de las actividades, sino también un seguimiento eficiente de los datos operativos que respalden las decisiones técnicas. Además, se considera reforzar los fundamentos relacionados con la electromovilidad, el funcionamiento de la IRVE, la eficiencia energética y el cumplimiento de las normativas eléctricas vigentes.

Las capacitaciones y cursos serán de carácter teóricos, para abordar conceptos técnicos y normativos, y deberán tener una etapa práctica, para la aplicación directa de los conocimientos en los equipos y sistemas.

Las capacitaciones que en una primera instancia se determinan son:

- A. Formación en el uso de herramientas de medición como termografía, medición de resistencia a tierra y monitoreo de calidad eléctrica.
- B. Revisión de los procedimientos de inspección y diagnóstico, con énfasis en las tareas críticas del sistema eléctrico.
- C. Uso de Fracttal One como herramienta de gestión del mantenimiento, entender los datos de interés que son relevantes de incluir en cada OT, ejecución correcta de los programas de mantenimiento entre otros.
- D. Protocolos de prevención de riesgos eléctricos y manejo seguro de los equipos. Con este enfoque, la capacitación no solo reforzará las competencias técnicas, sino que también asegurará que el personal esté preparado para enfrentar los desafíos del mantenimiento de la infraestructura eléctrica, contribuyendo al logro de los objetivos estratégicos de la empresa.

Para realizar la planificación de cada curso o capacitación, se realizará una propuesta que seleccionará las principales capacitaciones. Se incluye los objetivos, tiempo necesario, personal de destino, medio por el cual se llevará a cabo.

La elección de la propuesta fue realizada por el autor de este documento basándose en la opinión del supervisor eléctrico y el de desarrollo de habilidades del personal de terreno mecánico y eléctrico.

Se realiza el siguiente listado para comienzo con el plan de capacitaciones:

<b>Tema:</b>	<b>Reglamento de Seguridad de las Instalaciones de Consumo de Energía Eléctrica</b>			
Objetivos	Tiempo promedio	Personal de destino	Medio	
Conocer y aplicar las exigencias mínimas que deben ser consideradas en el diseño, construcción, puesta en servicio, operación, reparación y mantenimiento de toda instalación de consumo de energía eléctrica	20hrs	Electromecánico Supervisor Eléctrico	OTEC Manera Online	
<b>Tema:</b>	<b>Instalación de Infraestructura de recarga para vehículos eléctricos</b>			
Objetivos	Tiempo promedio	Personal de destino	Medio	
Conocer los fundamentos de IRVE, requisitos, normas y criterios para el diseño y operación, modos de carga, montaje, puesta en servicio y especificaciones de estaciones de carga incluyendo su mantenimiento.	40hrs	Electromecánico Supervisor Eléctrico	UTFSM Manera Online	
<b>Tema:</b>	<b>Técnicas de eficiencia energética en la industria de la infraestructura vial y urbana</b>			
Objetivos	Tiempo promedio	Personal de destino	Medio	
Identificar los objetivos de la eficiencia energética y aplicar técnicas de acuerdo con los estándares y normativas de la empresa.	20hrs	Electromecánico Mecánicos Supervisor Eléctrico Supervisor Mecánico	Inacap Online	
<b>Tema:</b>	<b>Fractal One y Gestión del Mantenimiento</b>			
Objetivos	Tiempo promedio	Personal de destino	Medio	
Capacitar en el uso eficiente de Fractal One, utilizando buenas prácticas de gestión del mantenimiento, con el propósito de mejorar el registro de las actividades y ejecución de las OT y Planes preventivos.	4hrs totales, 1hr por semana	Personal del área de maquinaria	Capacitación interna. Sala de reuniones Taller maquinarias.	

Tabla 3-18. Plan inicial de capacitaciones.

*Fuente: elaboración propia*

3.3.6 Aplicación: Monitoreo y mejora continua

El monitoreo y la mejora continua son fundamentales para garantizar que el programa de mantenimiento y que la capacitación del personal cumpla con los objetivos establecidos. Este enfoque permite identificar oportunidades de mejora, optimizar las operaciones.

A. Monitoreo

Actualmente se utiliza un sistema de monitoreo basado en indicadores clave de desempeño (KPIs), como el cumplimiento de las actividades de mantenimiento programadas.

Los datos analizados son recopilados a través de Fractal One. Se recopilará la información del sistema eléctrico y IRVE, para conocer estadísticamente la disponibilidad de las estaciones de carga, el tiempo promedio de resolución de fallas y el nivel de competencias del personal técnico, lo que es evaluado según sus resultados de ejecución de trabajos asignados. El uso de Fractal será apoyo para la gestión del mantenimiento y así registrar, analizar estos datos, proporcionando información actualizada que permitan obtener resultados y faciliten la toma de decisiones.

A continuación, se muestra el actual dashboard que se utiliza para evaluar la gestión semanal del área de maquinarias. [Ver figura 3-4]

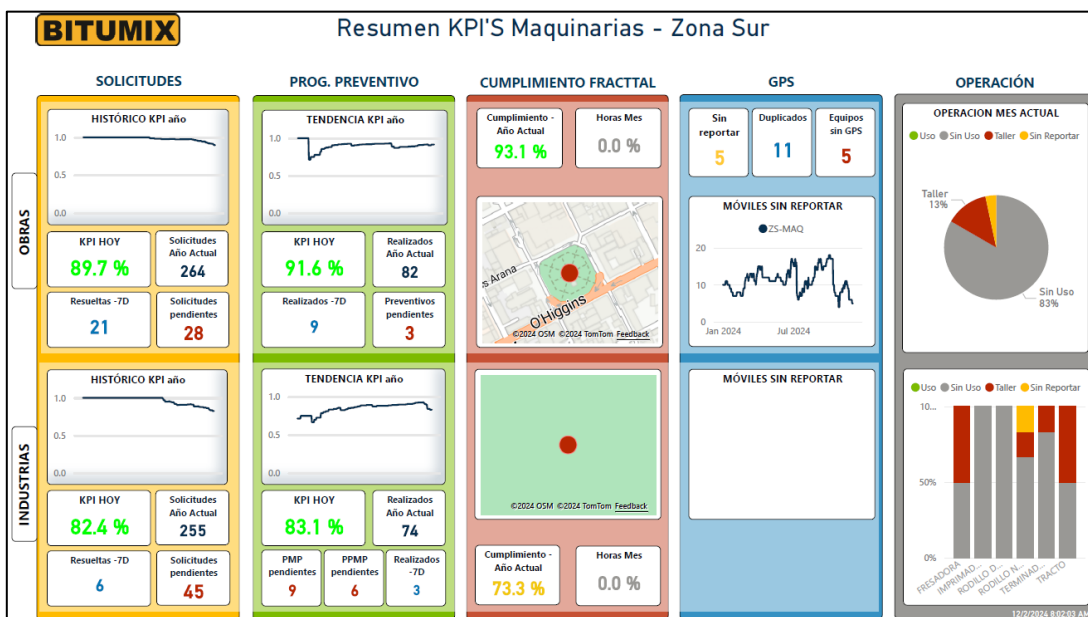


Figura 3-4, Dashboard de Kpis semanal utilizado en el área de Maquinarias.

Fuente: Bitumix Sur.

Además, Fractal one presenta un dashboard principal y permite realizar análisis económicos, técnicos y de solicitudes. [Ver figura 3-5]

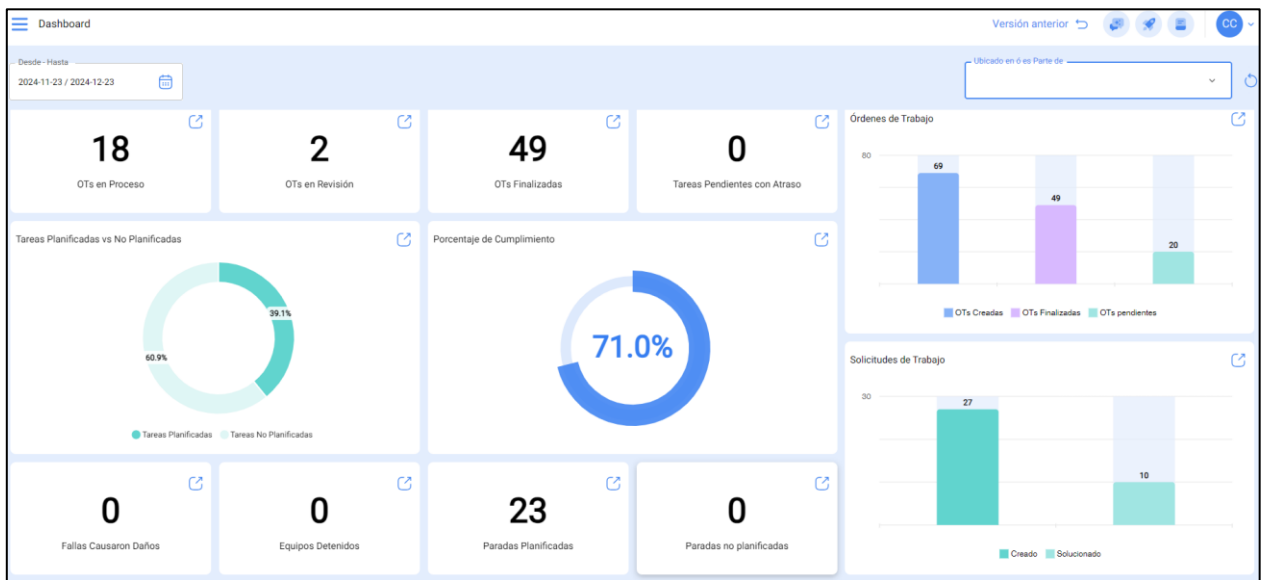


Figura 3-5. Dashboard principal Fractal One.

*Fuente: propia a través de Fractal One.*

El análisis económico en Fractal, nos permite extraer resultados del recurso de mano de obra utilizada en un periodo de tiempo analizado y correspondiente al activo de intereses.

De esta forma podemos conocer los tiempos totales en intervenciones, reparaciones y obtener la disponibilidad de los equipos.

Así se podrá calcular la disponibilidad que tendrán por ejemplo los cargadores de vehículos eléctricos, también con el mismo valor de hh utilizada podemos saber cuánto nos cuesta el mantenimiento en los equipos y por tipo de mantenimiento.

Se puede obtener tasas de cumplimiento por mantenimiento preventivo ejecutado y por mantenimiento predictivo.

- B. Indicadores propuestos para evaluar planes de mantenimiento en los equipos y sistema eléctrico
- Disponibilidad =  $(\text{Horas totales de funcionamiento planeadas} - \text{Horas en paradas}) / \text{Horas totales de funcionamiento planeadas} * 100 = \% \text{ disponible sobre el tiempo total de funcionamiento planeado.}$

- b. Tasa de fallas = Numero de fallas ocurridas/horas totales de funcionamiento planeadas. Fallas por hora.
- c. Cumplimiento HH = (HH realizadas / HH planeadas) \*100%.

### C. Mejora continua

Al establecer los indicadores a utilizar, se deben establecer metas. Las cuales se deben comparar con los indicadores con los resultados de los indicadores.

Analizando la información reconoceremos desviaciones, áreas, puntos de intereses y otros puntos que requieran ajuste. Por ejemplo, aumento en las fallas correctivas y disminución de ejecución de mantenimiento preventivo y predictivo. De esta forma, se debe volver a revisar actividades y frecuencias de mantenimiento programadas.

Realizar nuevamente algún análisis causa raíz a las desviaciones encontradas, permiten identificar el origen de nuevos problema detectados, plantear acciones que solucionen, controlen o eliminen la causa raíz..

El rol del ejecutor como el mecánico, electromecánico u otro, es muy importante la retroalimentación, para ello el llenado de las OT's son esenciales, ya que nos proporcionan información clara sobre los eventos y desarrollo de las actividades. Con esta información podemos a volver a planificar y programar las actividades considerando las incidencias ocurridas.

El plan de mantenimiento se deberá ir ajustando, ya sea incrementando las frecuencias de inspecciones u otras tareas preventivas. Como también ir incorporando nuevos métodos o herramientas que permitan el desarrollo adecuado de las actividades eliminando la posibilidad de riesgo de falla. Con esto podemos volver a evaluar nuestros indicadores planteados en un comienzo y así conocer si tenemos mejora en el área.

### 3.4 MEJORAS EN LA IRVE Y EL SISTEMA ELECTRICO

Como parte de las soluciones propuestas, se encuentra el mejoramiento del sistema eléctrico e IRVE. Lo anterior debido a la necesidad detectada ante las deficiencias del sistema eléctrico actual donde se encuentran los actuales cargadores conectados.

La demanda actual de las existentes 3 camionetas es cubierta con los 3 cargadores de 7kw. Pero de manera proyectada y con resultados de mejora en la instalación, se propone la instalación de 2 cargadores adicionales de manera inicial. Un cargador Teison 40 kW DC con dos salidas CCS2, el otro cargador propuesto es un Kolff/ABB de 22kw. [Ver figura 3-6]

Con este conjunto de cargadores se aumenta la capacidad de carga de los vehículos en tiempo, lo que mejora sustancialmente la operatividad de los vehículos, al lograr tenerlos recargados en tiempos mucho menores [Ver tabla 3-19].



Figura 3-6. Propuesta de ubicación para los cargadores nuevos.

*Fuente: Bitumix Sur.*

Se propone instalar 2 tableros eléctricos dedicados para IRVE, el primero que pueda mantener la carga de los 3 cargadores de 7 kw con una proyección de 61kw y el segundo que permita soportar el total de 62kw con proyección de aumento para un total de 80 kw de consumo.

El tablero N°1 se diseña con una capacidad máxima de corriente de 140A con lo que quedaría disponible para una futura demanda de 61 kw. Esto es para conectar los 3 cargadores de 7 kw y además de manera proyectada un cargador de 40 kw.

El tablero N°2 se diseña con una capacidad máxima de corriente de 185A con lo que quedaría disponible para una futura demanda de 80 kw. Esto es para conectar 2 cargadores de 40 kw.

En una primera instancia el tablero 1 va a estar conectado solamente con los 3 cargadores de 7 kw y el tablero 2 al cargador de 40 kw y al cargador de 22 kw. De esta forma la potencia de diseño de los tableros permitirá en el futuro soportar el aumento de potencia en el consumo al cambiar cargadores. También al normalizar los tableros según los requerimientos exigidos por la SEC, se asegura un funcionamiento mucho más seguro. [Ver anexo H]

Se realiza comparativo de los tiempos de carga con las distintas potencias y cargadores.

Cargador	Potencia Cargador (kW)	Zna Voltera Rich R6 (66 kWh)	Riddara RD6 (63 kWh)	Tiempo de Carga (Horas)
iOcharger 7kW AC	7 kW (AC 220V)	66 kWh	63 kWh	$(66 / 7) = 9.43$ horas
Teison 40 kW DC	40 kW (DC 380V)	66 kWh	63 kWh	$(66 / 40) = 1.65$ horas
Teison 20 kW DC	20 kW (DC 380V)	66 kWh	63 kWh	$(66 / 20) = 3.30$ horas
Kolff 22 kW DC	22 kW (DC 380V)	66 kWh	63 kWh	$(66 / 22) = 3$ horas

Tabla 3-19. Comparación de cargadores y tiempos de carga.

*Fuente: Bitumix Sur.*

### 3.4.1 Resultados por mejoras en el sistema eléctrico

Actualizar los tableros eléctricos de la IRVE y dividirlos en dos sistemas independientes ofrece múltiples beneficios. En primer lugar, mejora la seguridad eléctrica al evitar sobrecargas, facilitar el aislamiento de fallas y permitir protecciones específicas para cada grupo de cargadores realizando cumplimiento de lo exigido por la SEC para este tipo de instalaciones. Además, aumenta la confiabilidad del sistema completo al garantizar la continuidad operativa, ya que una falla en un tablero no afecta al otro, y simplifica el mantenimiento. También optimiza el consumo energético al permitir ajustes y monitoreo independiente, reduciendo pérdidas y facilitando la implementación de sistemas de gestión

### 3.5 SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA

La implementación de un sistema de gestión de energía tiene como objetivo principal garantizar el uso eficiente de los recursos energéticos de la sucursal Concepción, incluyendo la planta de asfalto y el resto de las dependencias. Pero la necesidad de implementar con énfasis en la Infraestructura de Recarga de Vehículos Eléctricos tiene un potencial muy grande, ya que, optimizando su desempeño, contribuye reduciendo costos operativos y en alcanzar los objetivos de la empresa.

Se utiliza como guía los siguientes dos puntos:

- Integración de la ISO 50001 para optimizar el consumo energético de la IRVE.
- Estrategias para mejorar la eficiencia energética y reducir costos.

La incorporación y el aumento de vehículos eléctricos, no solo representa una solución sostenible en términos ambientales, sino también una oportunidad estratégica para optimizar el sistema de gestión de energía.

Utilizar sistemas como sistemas de control de carga, que permitan realizar gestión de la energía que suministra el cargador eléctrico, contribuye positivamente al mantenimiento de los equipos, ya que así podemos evitar sobreconsumos, monitorear en tiempo real el consumo, analizar información y hasta predecir momentos de fallas a través de los datos.

También los sistemas integrados que poseen los cargadores nos permitirán conocer, cuanto es el nivel de utilización de cada equipo, así ir realizando esquemas de preferencias y tendencias horarios de uso, de equipos utilizados, vehículos que están realizando carga y con ello buscar alternativas que contribuyan a una mejor gestión de la energía.

Se propone establecer indicadores de gestión energética como medición de kWh por cargador

- Consumo de energía por cargador = kWh inicial por mes – kWh final por mes.

De esta forma se obtiene de manera sencilla el consumo registrado en cada mes en cada cargador.

Conociendo los patrones con los cuales se realiza las cargas de los vehículos eléctricos, se pueden idear estrategias de carga, que permitan mejorar la eficiencia en los tiempos de recarga priorizando horarios de menor demanda.

También otro punto importante, el uso de la plataforma Energy Clarity que utiliza la empresa, con la cual se obtendrá de manera rápida y las mediciones de los consumos del

sistema eléctrico y los puntos de intereses. Con la implementación de nuevos cargadores, podría ser una alternativa fácil de utilización para poder conocer los consumos reales que tiene la IRVE o bien por cargador, como también otras ubicaciones y sistemas conectados. [Ver figura 3-6].

Realizar cargas de manera correcta de las baterías, ayudaran al desempeño de los VE, contribuyendo con la gestión energética.

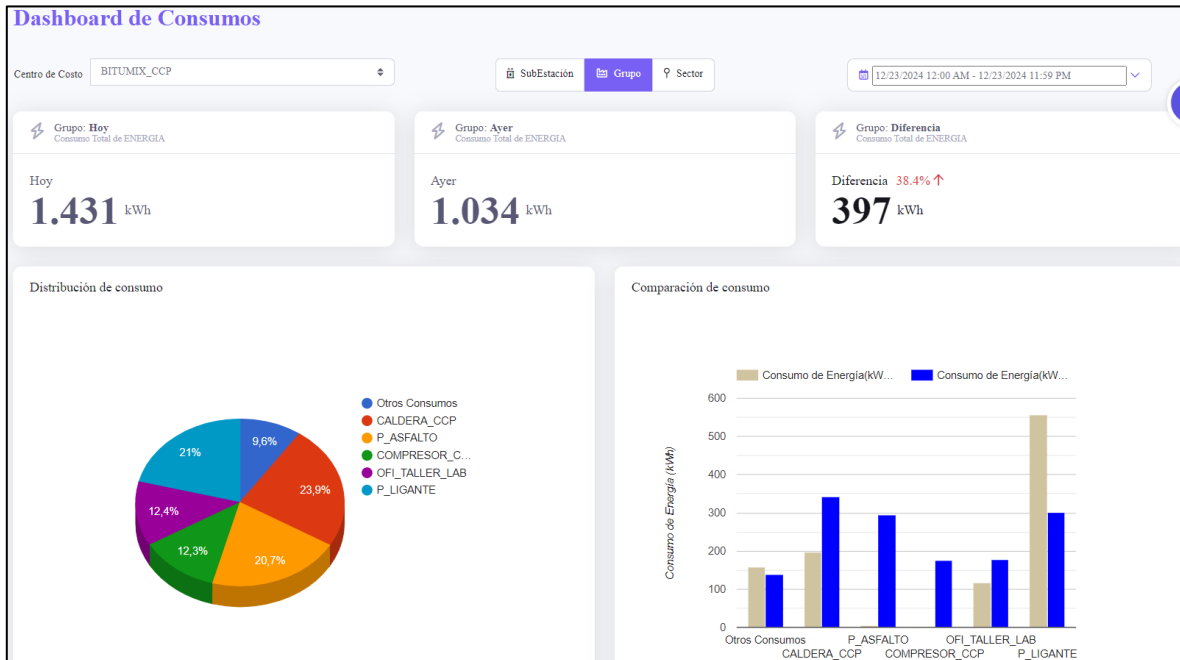


Figura 3-7. Dashboard de consumo eléctricos.

Fuente: propia a través de <https://app.clarityenergy.cl/>

### **3.6 CONCLUSIONES DEL CAPITULO**

El presente capítulo, contempla el conjunto de propuestas para optimizar el sistema eléctrico e IRVE en Bitumix Sur, como punto clave es el diseño del plan de mantenimiento a la infraestructura existente y la implementación de estrategias de eficiencia energética. La utilización del sistema CMMS Fractal One permite estructurar una taxonomía detallada de los activos, facilitando la trazabilidad y el análisis para una planificación eficiente del mantenimiento. Se aplican metodologías como el FTA y AMEF para identificar y mitigar fallas críticas, tales como sobrecalentamiento, conexiones sueltas y desbalances de carga, que afectan la disponibilidad y seguridad de la IRVE.

El plan de mantenimiento propuesto incorpora actividades preventivas y predictivas. Además, se incluye la capacitación del personal técnico en normativas eléctricas, electromovilidad y uso de instrumentación eléctrica, minimizando errores humanos y mejorando la ejecución de tareas.

Se propone actualizar la infraestructura dividiendo los tableros eléctricos en dos sistemas independientes, mejorando la seguridad, confiabilidad y escalabilidad, y alineándose con las normativas de la SEC. También se plantea integrar la norma ISO 50001 y sistemas la plataforma de Energy Clarity para monitorear y optimizar el consumo energético en tiempo real, reduciendo costos operativos y fomentando la sostenibilidad. Estas acciones, junto con la proyección de incorporar cargadores de mayor capacidad, buscan aumentar la eficiencia de carga y reducir tiempos de espera. En conjunto, estas propuestas fortalecen la transición hacia una flota eléctrica confiable, rentable y sostenible, alineándose con los objetivos estratégicos de la empresa y las normativas vigentes.

**CAPITULO IV PROPUESTA ECONÓMICA**

#### **4.1 INTRODUCCIÓN AL CAPITULO IV: PROPUESTA ECONOMICA**

El análisis económico es un elemento clave para evaluar la viabilidad y el impacto financiero del plan de mantenimiento diseñado para la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos. Este capítulo se centra en examinar los costos asociados a la implementación, operación y mantenimiento de las propuestas realizadas al sistema eléctrico e infraestructura de recarga. Así como en identificar propuestas de mejoras. También se analizan los costos iniciales relacionados con la implementación de nuevos cargadores y mejoras en la infraestructura.

El objetivo principal de este capítulo es presentar una propuesta económica que respalde la implementación efectiva del plan de mantenimiento, evaluando no solo los costos asociados, sino también los beneficios esperados en términos de eficiencia operativa, sostenibilidad y reducción de costos a largo plazo.

Se analizan los costos iniciales y de implementación, los costos operativos y de mantenimiento y se realiza un análisis de beneficios y retorno de inversión.

La propuesta económica desarrollada en este capítulo busca contribuir a la toma de decisiones estratégicas, garantizando que el plan de mantenimiento contribuya a la continuidad operativa de la flota eléctrica y a los objetivos de sostenibilidad planteados por la empresa. A través de un enfoque estructurado, se destacan las implicancias financieras y las oportunidades de optimización, asegurando la rentabilidad y viabilidad a largo plazo del proyecto.

## 4.2 COSTOS DE EJECUCIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

El plan de mantenimiento propuesto incluye actividades preventivas, predictivas y correctivas, así como la adquisición de herramientas, capacitación del personal y repuestos. Esto es analizado para cuantificar económicamente el valor de la implementación del plan.

### 4.2.1 Costo anual del plan de mantenimiento preventivo/predictivo

Para este cálculo, debemos realizar la sumatoria total de la cantidad de horas que se requerirán de HH, con esto y realizar calcular cuánto es el requerimiento mensual. Así sabremos cuantas personas se necesitan para la ejecución de las actividades. Esta cantidad de horas totales x el valor HH del personal, dará como resultado el valor de las actividades de mantenimiento preventivo/predictivo.

HH = Duración de la actividad x Frecuencia anual x cantidad de personas.

<b>Determinación del HH requerida para el mantenimiento preventivo</b>
Horas PMP x tablero = 22hrs. Total PMP Tableros = 22horas x 2 tableros = 44hrs
Horas PMP x cargador = 36hrs. Total PMP Cargadores = 36horas x 3 cargadores = 108hrs
Horas PMP x cableado = 21hrs. Total PMP Cableado = 21horas x 2 cableados = 42hrs.
<b>Total horas PMP Sistema eléctrico = 194hrs</b>

Tabla 4-1. Calculo HH requerida PMP

*Fuente: elaboración propia*

<b>Determinación del HH requerida para el mantenimiento predictivo</b>
Horas PdM x tablero = 13hrs x 2 tableros = 26hrs
Horas PdM x cargador = 4hrs x 3 cargadores = 12hrs
Horas PdM x cableado = 6hrs x 2 cableado = 12hrs
<b>Total horas PdM Sistema eléctrico = 50hrs</b>

Tabla 4-2. Calculo HH requerida PdM

*Fuente: elaboración propia*

Se considera solo 1 electromecánico para la ejecución **Total de HH de PMP + PdM = 244hrs.**

De esta forma logramos obtener cuanto es el HH requerido anual. Lo que podemos llevar a valor económico, multiplicando el resultado por el costo de HH del electromecánico.

<b>Valor Hora Ordinaria = ((Sueldo Base/Días del Mes) x Días Semana) /Horas Semanales.</b>
Valor Hora = \$4.508. Se considera sueldo base de \$850.000 y 44hrs de trabajo semanal
Costo HH por ejecución de PMP y PdM = 244hrs x \$4.508 =
<b>Costo Total HH PMP y PdM = \$1.099.952.-</b>

Tabla 4-3. Calculo valor hora electromecánico

*Fuente: elaboración propia*

### 4.3 CAPACITACIONES PARA EL PERSONAL

Para garantizar la correcta implementación, operación y mantenimiento de la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos, es muy importante capacitar al personal técnico en temas clave relacionados con seguridad, instalación y eficiencia energética. En esta sección se detallan los cursos programados, su costo y los proveedores seleccionados. Estas capacitaciones contribuyen directamente a la mejora de las competencias del equipo, aportando valor al desarrollo de sus actividades.

Nombre del curso	Personal	Valor unit	Valor total	Proveedor
Reglamento de Seguridad de las Instalaciones de Consumo de Energía Eléctrica	2	\$220.000	\$440.000	Estudio Solar
Instalación de Infraestructura de recarga para vehículos eléctricos	2	\$400.000	\$800.000	UTFSM
Técnicas de eficiencia energética en la industria de la infraestructura vial y urbana	4	\$400.000	\$1.600.000	INACAP
Termografía infrarroja nivel I	2	\$850.000	\$1.700.000	CST Group
<b>Total</b>			<b>\$4.540.000</b>	

Tabla 4-4. Costos de cursos y capacitaciones

*Fuente: elaboración propia*

Costo total por capacitaciones al año = \$4.540.000.-

#### 4.4 COSTO POR REPUESTOS Y COMPONENTES

Se analizará el listado de repuestos a utilizar con su respectivo precio. Así también podemos conocer el impacto económico por realizar mantenimiento correctivo e implementar almacén de repuestos.

Descripción	Valor c/u	Subtotal	Proveedor
Cable copec voltex tipo 2	\$209.990	\$419.980	Copec Voltex
Diferencial 4x25A-Curva C- 30mA 10kA	\$249.200	\$249.200	Rhona
Termomagnético 3x25A – Curva C 10kA	\$18.257	\$36.514	Rhona
Termomagnético 3x32A – Curva C 10kA	\$32.349	\$64.698	Grez y Ulloa
Termomagnético 4x40A - Curva C 10kA	\$31.850	\$63.700	Rhona
Diferencial 4x40A-Curva C- 30mA 10kA	\$293.074	\$293.074	Rhona
Kit mufa recta 82-a3n 3/0-400mcm 3m	\$115.000	\$1.115.000	Grez y Ulloa
Terminales de conexión eléctrica distintos tamaños tipo ferrule, horquilla, ojo, unión.	\$300.000	\$300.000	Grez y Ulloa
Borneras de conexión	\$50.000	\$50.000	Rhona
Cables de distintos calibres	\$400.000	\$400.000	Rhona
<b>Total</b>		<b>\$2.992.166</b>	

Tabla 4-5. Costos de repuestos para stock disponible.

*Fuente: elaboración propia*

Costo total de repuestos = \$2.992.166.-

#### 4.5 COSTO DE ADQUISICIÓN DE INSTRUMENTACIÓN

En esta sección se detallan los equipos de diagnóstico eléctrico requeridos, junto con sus costos y proveedores. Estas herramientas asegurarán la precisión y confiabilidad en las actividades de mantenimiento, contribuyendo al óptimo desempeño de la infraestructura. Para garantizar un adecuado diagnóstico, inspección y mantenimiento de la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos, es necesario contar con herramientas especializadas que permitan evaluar el estado de los equipos y prevenir fallas.

Equipos de diagnóstico eléctrico:

<b>Instrumento</b>	<b>Valor</b>	<b>Proveedor</b>
Comprobador de instalaciones multifunción FLUKE 1664FC	\$3.451.545	Intronica
Kit adaptador de prueba para estaciones de carga de vehículos Eléctricos FLK-FEV300/T	\$ 1.261.644	Intronica
Amperímetro de tenaza F LUKE-376_FC	\$831.855	Intronica
Cámara Termográfica Fluke TI300+	\$8.750.000	Intronica
<b>Total</b>	<b>\$14,295,044</b>	

Tabla 4-6. Costos de instrumentos a comprar.

*Fuente: elaboración propia*

[ver ANEXO H]. Costo instrumentación = \$14.295.044.

#### 4.6 DISPOSITIVOS Y SISTEMAS DE GESTIÓN Y MONITOREO

Los dispositivos y software para el seguimiento de condiciones y gestión de mantenimiento que se utilizarán son Fractal One y E-Clarity. Ambas plataformas, ya se encuentran pagadas y son de múltiples usos.

Nombre	Valor	Proveedor
Fracttal One Plan empresarial 20 user + 14 user tech	\$8.666.808	Fracttal
<b>E-Clariry punto de medición adicional</b>	<b>\$76.000</b>	<b>E-Clarity</b>
Acceso a plataforma anual E-Clariry	\$2.400.000	E-Clarity
<b>Total</b>	<b>\$380.000</b>	

Tabla 4-7. Costos de sistemas de gestión y monitoreo

*Fuente: elaboración propia*

Se considera solamente 5 puntos nuevos para medición, esto ya que los pagos de plataformas E-Clarity se encuentran ejecutados por contrato y lo mismo con Fracttal One. Además, al no estar destinados a su uso exclusivo para este proyecto, los costos de esto ítems corresponden a área de Industria en la empresa.

Costo sistema gestión y monitoreo = \$380.000.

#### 4.7 ADQUISICIÓN E INSTALACIÓN DE CARGADORES ELÉCTRICOS

La elección de los cargadores depende de las necesidades operativas y las características de los vehículos eléctricos que conforman la flota.

Valores de cargadores cotizados:

Equipo	Valor	Proveedor
<b>Cargador de Vehículo Eléctrico DC 380VAC, 50 Hz, de 22kW / 60A Terra DC wallbox ABB</b>	<b>\$7.250.000</b>	<b>ABB</b>
Cargador Teison - 20 kW DC - 1xCCS2 portátil	\$11.073.200	Enerlink
<b>Cargador Teison - 40 kW DC - 2xCCS2</b>	<b>\$14.712.646</b>	<b>Enerlink</b>
<b>Total</b>	<b>\$21.962.646</b>	

Tabla 4-8. Costos de adquisición e instalación cargadores eléctricos

*Fuente: elaboración propia*

Se selecciona adquisición de 1 cargador con Kolff y 1 cargador doble con Enerlink. [ver ANEXO H-3]. Costo Cargadores nuevos = \$21.962646.

#### 4.8 COSTOS COMPLEMENTARIOS DE INSTALACIÓN DE CARGADORES

Realizar una actualización del tablero al cual están conectados los cargadores es importante en términos de seguridad para los mismos equipos y la seguridad de los componentes y sistemas eléctricos.

Se presentan los costos asociados a la adquisición, instalación, actualización de la infraestructura eléctrica y otros elementos relacionados con la operatividad y cumplimiento normativo.

En el caso de las obras complementarias, se considera lo pendiente de ejecutar para canalizaciones de conductores, instalación de puntos de arranque, pintura, obras civiles varias para el montaje de los cargadores por ABB y Enerlink.

Se considera actualización de tablero de taller y arranque para un tablero dedicado a IRVE que permita la conexión de los nuevos cargadores proyectados, además de estudio e instalación de malla a tierra. Proveedor Bio Bio soluciones considera dentro del proyecto declaración eléctrica TE-6.

Se considera los siguientes ítems:

<b>Tablero IRVE</b>	<b>Valor</b>	<b>Proveedor</b>
Obras civiles varias para IRVE	\$5.500.000	Bio bio Soluciones
Fabricación tablero dedicado IRVE	\$1.500.000	Bio bio Soluciones
Estudio y ejecución malla a tierra	\$3.000.000	Bio bio Soluciones
Materiales eléctricos	\$5.877.398	Vitel
<b>Total</b>	<b>\$15.877.398</b>	

Tabla 4-9. Costos de OOCC y eléctricas.

*Fuente: elaboración propia*

[ver ANEXO H-4]. Costo obras civiles y eléctricas = \$15.877.398.

## 4.9 BENEFICIOS ECONÓMICO Y AMBIENTALES

El desarrollo de esta propuesta y su implementación busca beneficiar a la empresa en distintos aspectos. La aplicación de estrategias de mantenimiento busca optimizar los recursos, reducir el número de fallas y así sus consecuencias, generar actividades que contribuyan con extender la vida útil de cada equipo. El uso responsable de la energía nos ayuda a optimizar el consumo eléctrico, lo que directamente beneficia a la organización disminuyendo los costos operativos y aportando a sus objetivos de eficiencia energética. Cada vehículo eléctrico que pueda circular reemplazando un vehículo tradicional, entregara un beneficio económico hacia Bitumix y ayudara en la reducción de CO<sub>2</sub>, es por esto que el poseer un sistema eléctrico e IRVE que permita y sostenga la migración de VCI a VE contribuye directamente a la organización.

### 4.9.1 Impacto por uso de VE y reducción de CO<sub>2</sub>

Utilizando los km recorridos al mes de un VCI, podemos realizar una comparación del uso de VE con el VCI y calcular la reducción de CO<sub>2</sub> generado.

Consumo promedio mensual de un VCI: 350 litros/mes.

Emisión promedio por litro de combustible: 2,65 kg de CO<sub>2</sub>/litro.

CO<sub>2</sub> = 350 litros x 2,65 kg CO<sub>2</sub>/litro = 927,5 kg de reducción de CO<sub>2</sub> al mes. Al año son 11.130kg de CO<sub>2</sub> y considerando que son 3 VE, quedan un valor de 33.390kg de CO<sub>2</sub>.

### 4.9.2 Ahorro en combustible por uso de VE

Al usar el NEDC para medir la autonomía de los VE, se obtiene:

#### A. Riddara RD6

Autonomía: 373km ; Capacidad de la batería: 63kWh

Rendimiento: 373km/63kWh = 5,92km/kWh.

#### B. ZNA Voltera

Autonomía: 278km ; Capacidad de la batería: 77,3kWh

Rendimiento: 278km/77kWh = 3,6km/kWh.

## C. Ahorro en combustible

Utilizando los datos anteriores y comparando con una Nissan Navara. Se obtiene:

<b>Ahorro en combustible por uso de Riddara Rd6</b>	
Litros necesarios = Distancia a recorrer / rendimiento	3000km / 9km/l = 333,3 litros
Costo combustible = Litros necesarios x precio por litro	333,3l x \$1000 = \$333.333
kWh necesarios = Distancia / Rendimiento del VE	3000km / 5,92km/kWh = 506,75kWh.
Costo energía eléctrica = kWh necesarios × Precio kWh.	506,75kWh × 78 = \$39.526
Ahorro = Costo combustible – costo eléctrico	\$333.333 - \$64.999 = \$293.807 p/mes
Ahorro anual por camioneta al mes	\$293.807
<b>Ahorro anual</b>	<b>\$3.525.684</b>

Tabla 4-10. Ahorro en combustible por uso Riddara Rd6

*Fuente: elaboración propia*

<b>Ahorro en combustible por uso de ZNA Voltera</b>	
Litros necesarios = Distancia a recorrer / rendimiento	3000km / 9km/l = 333,3 litros
Costo combustible = Litros necesarios x precio por litro	333,3l x \$1000 = \$333.333
kWh necesarios = Distancia / Rendimiento del VE	3000km / 3,6km/kWh = 833,33kWh.
Costo energía eléctrica = kWh necesarios × Precio kWh.	833,33kWh × 78 = \$64.999
Ahorro = Costo combustible – costo eléctrico	\$333.333 - \$64.999 = \$268.334 p/mes
Ahorro anual por camioneta al mes	\$3.220.008
Ahorro anual por 2 camionetas	\$6.440.016

Tabla 4-11. Ahorro en combustible por uso ZNA Voltera

*Fuente: elaboración propia*

Por uso de las 3 camionetas eléctricas se ahorra en combustible \$9.965.700 al año.

#### 4.10 RESULTADO DE PROPUESTA ECONÓMICA

En esta sección se analiza la factibilidad económica de la propuesta, considerando los costos asociados a la implementación y operación de la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos (IRVE) y los beneficios económicos derivados de su uso. Se detallan los costos iniciales, los ahorros proyectados en combustible y mantenimiento, y el impacto financiero de la depreciación de los activos. Además, se calcula el Retorno de la Inversión (ROI) y el periodo estimado de recuperación, proporcionando una visión amplia del aspecto económico de la transición hacia una flota eléctrica y el mantenimiento a la infraestructura.

##### 4.10.1 Costos asociados de implementación

Ítems	Valor
Costo HH PMP y PdM al año	\$ 1.099.952
Costo total por capacitaciones al año	\$ 4.540.000
Costo total de repuestos	\$ 2.992.166
Costo Instrumentación	\$ 14.295.044
Costo sist gestión y monitoreo	\$ 380.000
Costos cargadores nuevos	\$ 21.962.646
Costo obras civiles y otros	\$ 15.877.398
<b>Total</b>	<b>\$ 61.147.206</b>
<b>Total ajustado</b>	<b>\$ 60.047.254</b>

Tabla 4-12. Resumen de costos de implementación propuestas.

*Fuente: elaboración propia*

Considerando que la IRVE conformara parte física como activo de la empresa, se asociaran todos los gastos directos en el proyecto. Se realiza descuento del valor HH, quedando el siguiente valor \$ 60.047.254.-

#### 4.10.2 Depreciación

La depreciación es la reducción del valor del activo IRVE, este valor se puede calcular y con esto se logra distribuir el gasto total a lo largo de la vida útil y así ver reflejado de manera adecuada su uso en el estado financiero.

Gasto de depreciación = (Costo - Valor de salvamento) / Vida útil.

Valor de salvamento o residual es un porcentaje del valor inicial del activo. En el caso de la IRVE se considera un 10%.

<b>Valor de salvamento: Costo Inicial × Porcentaje de Salvamento.</b>	
<b>Valor salvamento =</b>	<b>\$ 60.047.254 x 0,1 = \$6.004.725.-</b>
Gasto de depreciación =	(\$60.047.254 - \$6.004.725) /10
<b>Gasto de depreciación =</b>	<b>\$5.404.252 por año.</b>

Tabla 4-13. Depreciación de IRVE.

*Fuente: elaboración propia*

El valor de depreciación al año del activo es de \$5.404.252

#### 4.10.3 Recopilación de ahorros en combustibles

Se recopilan los cálculos de ahorro de combustible para ambos modelos de VE por año.

	<b>Riddara Rd6</b>	<b>ZNA Voltera</b>
Ahorro de combustible	\$3.525.684	\$3.220.008
Total por cant. de VE	\$3.525.684	\$6.440.016
Total	\$9.965.700	

Tabla 4-14. Ahorro total de combustible al año

*Fuente: elaboración propia*

Por uso de las 3 camionetas eléctricas se ahorra en combustible \$9.965.700 al año.

#### 4.10.4 ROI

El cálculo del retorno de inversión (ROI) permite evaluar la rentabilidad del proyecto en función de los beneficios generados frente a la inversión inicial realizada.

Utilizando el ahorro en combustibles como valor de beneficio neto anual, se obtiene:

<b>Cálculo de retorno de inversión (ROI)</b>
ROI % = Beneficio neto anual / Inversión inicial x 100.
ROI % = \$9.965.700 / \$60.047.254 x 100 = 16,59%.

Tabla 4-15. Retorno de inversión.

*Fuente: elaboración propia*

Se genera un ahorro equivalente a casi el 17% de su costo cada año, solo con los ahorros en combustible.

#### 4.10.5 Periodo de retorno

El período de retorno representa el tiempo estimado para recuperar la inversión inicial a través de los ahorros generados. Con este valor se logra determinar el tiempo necesario para que la inversión comience a generar beneficios netos.

<b>Periodo de retorno</b>
Periodo de retorno (años) = Inversión inicial/ Beneficio neto anual
Periodo de retorno (años) = \$60.047.254 / \$9.965.700 = 6,02 años.

Tabla 4-16. Periodo de retorno

*Fuente: elaboración propia*

El período de retorno sería aproximadamente 6 años, considerando solo los ahorros en combustible.

#### 4.10.6 Costo neto recuperable

El costo neto recuperable permite evaluar la recuperación económica total del activo durante su vida útil, considerando ahorros, depreciación y valor residual

<b>Costo neto recuperable IRVE</b>
Costo inicial IRVE = \$ 60.047.254.- Activo con depreciación a 10 años.
Valor de residual = \$6.004.725 (10% del valor)
Gasto de depreciación = \$ 60.047.254 - \$6.004.725 / 10 años = \$5.404.252 al año.
Ahorro en combustible = \$9.965.700
CNR = (Ahorro anual x Vida útil) + Valor residual – Costo inicial
CNR = \$99.657.000 - \$60.047.254 = \$45.614.417

Tabla 4-17. Costo neto recuperable

*Fuente: elaboración propia*

El CNR positivo indica que, al término de la vida útil, la inversión generará un beneficio neto recuperable significativo.

#### 4.10.7 Impacto neto anual

Mide el beneficio económico directo generado cada año, considerando los ahorros obtenidos menos los costos asociados a la depreciación del activo.

<b>Impacto Neto Anual</b>
Impacto Neto Anual = Ahorro Anual – Depreciación Anual
INA = \$9.965.700 - \$5.404.252 = \$4.561.448

Tabla 4-18. Impacto neto anual

*Fuente: elaboración propia*

Este resultado refleja un beneficio neto anual positivo de \$4.561.448, lo que demuestra que el proyecto genera un impacto financiero favorable, aumentando la rentabilidad operativa de la inversión.

#### **4.11 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS.**

El análisis del proyecto nos demuestra que es económicamente viable. Genera ahorros significativos, tanto anuales como acumulados a lo largo de su vida útil, con un ROI del 16,59% anual y un CNR de \$39.609.746 al final de los 10 años. El impacto neto anual positivo de \$4.561.448 significa que el proyecto genera beneficios económicos directos incluso después de contabilizar la depreciación del activo.

Con un período de retorno de aproximadamente 6 años, la inversión inicial se recupera en un tiempo razonable para proyectos de infraestructura.

El valor residual y los ahorros acumulados hacen que el activo mantenga su relevancia financiera durante toda su vida útil, asegurando beneficios sostenibles.

El proyecto no solo contribuye al ahorro económico, sino también al cumplimiento de metas estratégicas relacionadas con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la transición hacia la electromovilidad.

## CONCLUSIONES

El desarrollo de este proyecto permite cumplir con los objetivos planteados, mediante la integración de la ISO 14224 y también utilizando la ISO 50001, se logra estructurar un plan de mantenimiento que tiene foco en ofrecer disponibilidad de la IRVE y así la continuidad operativa para la flota actual y futura de VE.

A través del método basado en modelos de gestión de mantenimiento, como el MGM y las directrices propuestas por el GFMAM, se efectúa una secuencia de pasos que permitieron realizar un análisis, diagnóstico y evaluación del impacto que genera la transición hacia la electromovilidad en la empresa y en el área de servicios de mantenimiento denominada Maquinarias, identificando los puntos críticos y requerimientos que poseía el sistema eléctrico de la IRVE.

Las estrategias para realizar gestión del mantenimiento se obtuvieron a través de diversos análisis utilizando herramientas como los análisis de criticidad, el AMEF y FTA, estos fueron esenciales para abordar problemas actuales y potenciales en el cambio que se está generando en la empresa con la transición y aumento de los VE.

El uso de Fractal One, permitirá generar trazabilidad de información con la cual se pueda llevar control y hacer gestión de los planes de mantenimiento creados, esto contribuye con los KPI's del área de Maquinarias, con estos KPI's se logrará realizar mejora continua analizando los resultados obtenidos, como también evaluar si los planes de mantenimiento son los adecuados, para luego así ajustarlos según sea necesario.

Se cuantifican los ahorros energéticos y la reducción de costos asociados al mantenimiento gracias a la optimización de recursos. Esto refuerza el impacto positivo del proyecto tanto en el ámbito económico como ambiental.

La optimización del consumo energético en la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos se basa en enfoques técnicos y metodológicos. El uso del monitoreo constante de los consumos energéticos, utilizar herramientas tecnológicas como la plataforma de E-Clarity y la integración de indicadores que permiten gestionar de manera eficiente el consumo de energías. Esto promueve la mejora continua, ya que al identificar patrones de demandas se pueden buscar estrategias que permitan mejorar el uso de las energías.

La gestión del mantenimiento aporta un valor significativo frente a los desafíos actuales que se propone la empresa. La transición hacia la electromovilidad y la gestión energética serán sostenibles a través del apoyo de las áreas de servicio como lo es mantenimiento, es un pilar fundamental que a través del desarrollo del mantenimiento contribuye a la optimización de los recursos, disminución de los gastos operativos y cumplimientos normativos.

La gestión proactiva, el uso de herramientas de monitoreo y predictivas en el mantenimiento busca adelantarse y adecuarse a los cambios que la organización busca realizar, para así apoyar toda gestión hacia el cumplimiento de los objetivos corporativos.

## **RECOMENDACIONES**

Los resultados que se obtengan a través de los KPI's establecidos, junto con los planes de mantenimiento requieren análisis constantes, se debe implementar un sistema de evaluación que permita identificar las áreas de mejora y así ajustar de la mejor manera las estrategias de mantenimiento.

La estrategia de mantenimiento correctivo se debe analizar con mucho rigor, debido a que actualmente no se dispone de registros. Se deberá estar atentos a la operación de los equipos para detectar cómo se comportan frente a la respuesta de mantenimientos programados. Al lograr recolectar más información, permitirá realizar análisis más profundos y aplicar herramientas del mantenimiento como RAM, RCM, ACR y RBM, con las que se pueda obtener horizontes más amplios de confiabilidad del sistema y también al mejorar el sistema eléctrico e IRVE se debe replantear las actividades de mantenimiento adecuándolas a las nuevas cantidades y comportamiento de estos y del sistema eléctrico.

También a través de la trazabilidad de información que se genere en Fractal se podrán proponer estrategias de inventarios que se adecuen a la empresa y optimicen los recursos de manera eficiente.

La capacitación constante es fundamental para el desarrollo de las actividades operativas y de mantenimiento, desarrollar una cultura que sea proactiva requiere un trabajo constante en la organización, por lo que se recomienda generar periodos de capacitaciones durante cada año y así fomentar el desarrollo del personal.

Realizar estudios sobre implementación de sistemas de almacenamiento de energía pueden ser muy efectivos sobre los riesgos que tiene la dependencia única del suministro eléctrico al ser un sistema sin redundancia que puede fallar por motivos externos a la empresa. Estos sistemas podrían contribuir a la gestión de energética de la IRVE.

Continuar analizando los futuros cambios en VE, proyectar la potencia permitirá y prever mejores escenarios para las operaciones de Bitumix.

La implementación de sistemas como la ISO 55000 puede otorgar análisis complementarios a los activos en el largo de su vida útil, para establecer estrategias a largo plazo en torno al mantenimiento.

## BIBLIOGRÁFICAS Y REFERENCIAS

### FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

1. CHILE. MINISTERIO de Energía. *Plan Nacional de Electromovilidad*. Santiago: Ministerio de Energía, 2021.
2. CHILE. MINISTERIO de Energía. *Estrategia Nacional de Electromovilidad 2021*. Santiago: Ministerio de Energía, 2021.
3. CONTRERAS MÁRQUEZ, José. *Planificación, programación y costos del mantenimiento*. Madrid: Ediciones Técnicas, 2018.
4. ISO. *Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment*. ISO 14224, 2016.
5. MUBRAY, John. *Reliability-Centered Maintenance (RCM II)*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1997.
6. PARRA MÁRQUEZ, C. A., & CRESPO MÁRQUEZ, A. *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos*. 2ª ed. Sevilla: Ingeman, 2016.
7. UNE EN. *Análisis por árbol de fallas (AFF)*. AENOR UNE EN 61025, 2011.

### REFERENCIAS WEB

8. *Tipos de vehículos eléctricos (BEV, PHEV, FCEV)*. [en línea]. <https://energia.gob.cl/electromovilidad/img/8.tiposvehiculosbev%2cphev%2cfcev%28animada%29.pdf>. [Consulta: 11 noviembre 2024].
9. *Electromovilidad: Experiencias comparadas*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. [en línea]. [https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?Id=repositorio%2f10221%2f27343%2f1%2fbcn\\_electromovilidad\\_experiencias\\_comparadas\\_.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?Id=repositorio%2f10221%2f27343%2f1%2fbcn_electromovilidad_experiencias_comparadas_.pdf). [Consulta: 11 noviembre 2024].
10. *Vehículos eléctricos*. Ministerio de Energía de Chile. [en línea]. <https://energia.gob.cl/electromovilidad/vehiculos-electricos>. [Consulta: 11 noviembre 2024].
11. *Acuerdo de Electromovilidad*. Agencia de Sostenibilidad Energética. [en línea]. <https://www.agenciase.org/acuerdo-electromovilidad/>. [Consulta: 11 noviembre 2024].
12. *Modos de carga*. Ministerio de Energía de Chile. [en línea]. <https://energia.gob.cl/electromovilidad/img/6.modosdecarga5f56f22073f3a.pdf>. [Consulta: 11 noviembre 2024].

13. *RIC N°15: Reglamento de Instalaciones de Consumo 2024*. Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC). [en línea]. <https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2024/03/ric-n15-version-2024.pdf>. [Consulta: 11 noviembre 2024].
14. *Riddara debuta en Chile con la primera pick-up monocasco 100% eléctrica*. Ruta Motor. [en línea]. <https://www.rutamotor.com/riddara-debuta-en-chile-con-la-primera-pick-up-monocasco-100-electrica-del-mercado/>. [Consulta: 12 noviembre 2024].
15. *Mantenimiento proactivo: Cuidados esenciales*. Predictiva21. [en línea]. <https://predictiva21.com/mantenimiento-proactivo-cuidados-esenciales/>. [Consulta: 12 noviembre 2024].

**ANEXOS**

**[ANEXO A]****GLOSARIO Y TERMINOS TECNCOS****1. ACR**

Herramienta sistemática para identificar las causas subyacentes de una falla o problema recurrente, sus siglas provienen de análisis de causa raíz.

**2. AMEF**

Metodología para identificar modos de falla en un sistema y analizar sus efectos y probabilidades, sus siglas provienen de análisis de modos efectos y fallas.

**3. Bitumix Sur**

Empresa chilena especializada en la producción de mezclas asfálticas y áridos, parte del grupo VINCI Construcción.

**4. Carga Lenta**

Proceso de carga de baterías con potencias bajas, adecuado para periodos extendidos, como la noche.

**5. Carga Rápida**

Proceso de carga de baterías en corriente continua que permite alcanzar entre el 20% y el 80% de la capacidad de la batería en un tiempo reducido, generalmente menos de 30 minutos.

**6. Carga Semi-Rápida**

Tipo de recarga que utiliza potencias de hasta 22 kW y permite cargar baterías en un tiempo intermedio, generalmente de 1 a 4 horas.

**7. Cargador**

Equipo que convierte potencia eléctrica con la cual se realiza la carga de una batería.

**8. Cliente libre**

Cliente que negocia libremente el precio de la electricidad con la empresa generadora, generalmente se realiza con suministro de energía renovable.

**9. Conector CCS**

Estándar internacional que combina carga rápida en corriente continua y carga en corriente alterna.

#### 10. Confiabilidad Operativa

Probabilidad de que un sistema o equipo funcione correctamente durante un periodo de tiempo y bajo condiciones establecidas.

#### 11. Criticidad

Es el nivel de impacto e importancia que tiene un sistema, equipo o componente.

#### 12. Dashboard

Tablero que muestra de manera grafica una serie de datos, generalmente gráficos e indicadores de rendimiento.

#### 13. E-Drive

Plataforma web de gestión de recursos energéticos y procesos de la empresa Clarity Energy.

#### 14. Eficiencia Energética

Uso eficiente de la energía para reducir su consumo sin disminuir la calidad de los servicios prestados.

#### 15. Electromovilidad

Uso de tecnologías eléctricas para la propulsión de vehículos, buscando sostenibilidad y reducción de emisiones.

#### 16. Energías Renovables No Convencionales

Fuentes de energía sostenibles como solar, eólica y geotérmica que no dependen de combustibles fósiles.

#### 17. Eurovia

Empresa dedicada a la construcción y producción de áridos, mezclas asfálticas entre otros, actualmente pertenece al grupo VINCI.

#### 18. Falla Potencial

Indicador temprano de un defecto en un sistema o componente, identificado antes de que ocurra una falla funcional.

#### 19. Flota Vehicular

Conjunto de vehículos utilizados por una organización para sus operaciones, incluyendo vehículos a combustión interna y eléctricos.

#### 20. Fracttal One

Plataforma de gestión de mantenimiento.

### 21. Gestión Energética

Conjunto de técnicas y herramientas utilizadas para optimizar el consumo y los costos energéticos en una organización.

### 22. Indicador Clave de Desempeño

Métrica utilizada para medir el rendimiento de un proceso o sistema en función de objetivos definidos.

### 23. Infraestructura de Recarga de Vehículos Eléctricos

Conjunto de dispositivos y sistemas necesarios para realizar la recarga de baterías en vehículos eléctricos.

### 24. Integridad Mecánica

Capacidad de un equipo para operar bajo condiciones especificadas sin fallar debido a su diseño o fabricación.

### 25. Interoperabilidad

Factor que se considera como la accesibilidad a tecnología de sistemas de carga en electromovilidad

### 26. ISO 14224

Norma que establece directrices para la recopilación y análisis de datos de confiabilidad y mantenimiento.

### 27. ISO 50001

Norma internacional que establece un marco para la gestión eficiente de la energía.

### 28. ISO 55000

Norma internacional provee los aspectos generales para la gestión de activos y sistemas de gestión de activos (es decir, sistemas de gestión para la gestión de activos). También provee el contexto para las Normas ISO 55001 e ISO 55002.

### 29. Mantenimiento Basado en Condiciones

Tipo de mantenimiento preventivo que utiliza datos del estado del equipo para programar intervenciones.

### 30. Mantenimiento Predictivo

Estrategia de mantenimiento basada en datos y monitoreo en tiempo real para anticipar fallas.

### 31. Mantenimiento Proactivo

Estrategia que busca eliminar las causas raíz de las fallas, mejorando permanentemente los diseños y condiciones de operación de los equipos.

### 32. Monofásico

Sistema eléctrico de una fase y neutro. Sistema que generalmente utiliza 220v.

### 33. Norma IEC 61851

Estándar internacional que define los requisitos de seguridad y modos de carga para sistemas de recarga de vehículos eléctricos.

### 34. Normativa RIC N°15

Reglamento chileno que regula la seguridad y gestión de instalaciones de consumo de energía eléctrica, incluyendo la infraestructura para recarga de vehículos eléctricos.

### 35. Parque ligante eléctrico

Se denomina así al almacenamiento de ligantes asfálticos y conservación aplicando temperatura, utilizando fuentes de generación eléctricas.

### 36. Plan Nacional de Electromovilidad

Estrategia chilena para fomentar el uso de vehículos eléctricos y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

### 37. Planta de Chancado

Instalación utilizada para reducir el tamaño de materiales sólidos, principalmente rocas, para su procesamiento posterior.

### 38. Protección Diferencial

Sistema de seguridad eléctrica que detecta fallas y desconecta el suministro para prevenir daños a personas y equipos.

### 39. Punto de Carga

Ubicación específica donde se instala infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos.

### 40. RCM

Metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad que busca garantizar que los sistemas operen según su función diseñada.

### 41. Red de Distribución Eléctrica

Infraestructura que transporta energía eléctrica desde los puntos de generación hasta los usuarios finales.

#### 42. Riesgo

En mantenimiento es el nivel de incertidumbre de que un equipo no realice satisfactoriamente sus funciones de diseño.

#### 43. Sistema de Alimentación Específico de Vehículo Eléctrico

Conjunto de equipos destinados a proporcionar la energía necesaria para la recarga de vehículos eléctricos, incluyendo protecciones, cables y conectores.

#### 44. Superintendencia de Electricidad y Combustibles

Organismo regulador chileno encargado de supervisar la seguridad y cumplimiento de normativas eléctricas y de combustibles.

#### 45. Tablero General Eléctrico

Punto central de distribución de energía eléctrica en una instalación, encargado de alimentar diferentes subsistemas.

#### 46. Taxonomía de Activos

Sistema de clasificación estructurada para organizar activos físicos en base a sus características comunes, según la norma ISO 14224.

#### 47. TE-6

Trámite administrativo obligatorio para la puesta en servicio de infraestructura eléctrica para recarga de vehículos eléctricos en Chile.

#### 48. Transformador Eléctrico

Dispositivo que permite modificar los niveles de voltaje de la energía eléctrica para adaptarlos a las necesidades de los sistemas de carga.

#### 49. Trifásico:

Sistema en el cual se utiliza 3 fases eléctricas que se le denominan R,S, T.

#### 50. VINCI Construcción:

División de construcción de la empresa y grupo francés VINCI

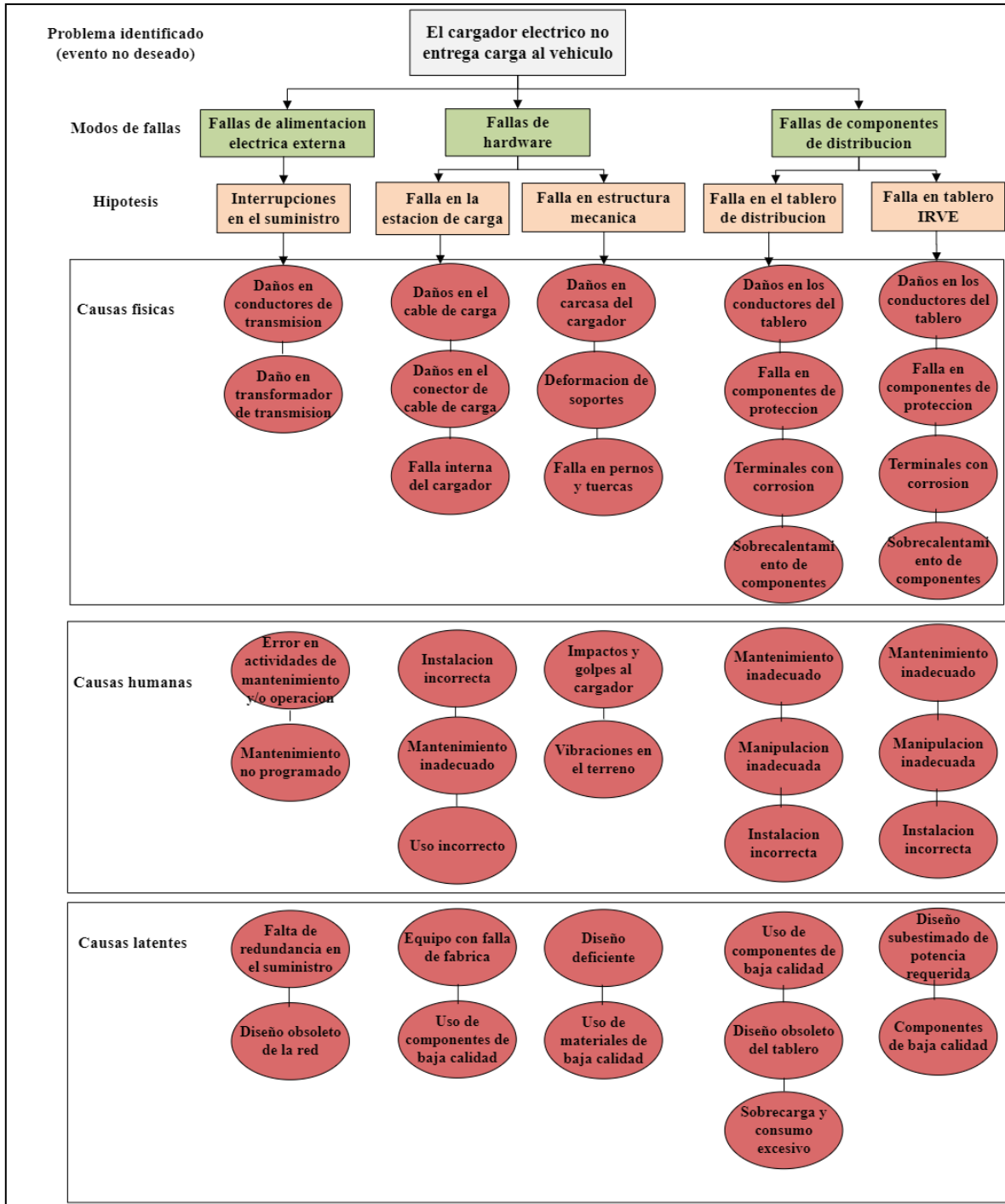
#### 51. WallBox

Es un cargador de vehículos eléctricos de tamaño pequeño que usualmente se instala en la pared o tótem. Permite cargas en modo 3 monofásicas o trifásicas.

[ANEXO B: DESARROLLO GRAFICO DEL FTA]

[ANEXO B-1]

REPRESENTACION FTA



## [ANEXO B-2]

**DESARROLLO MODO DE FALLA EN LA ENERGÍA ELÉCTRICA  
EXTERNA E HIPÓTESIS INTERRUPCIÓN DEL SUMINISTRO  
ELÉCTRICO**

Nivel	Categoría	Causa específica
1	Evento	Cargador eléctrico no entrega carga al VE
2	Modo	Falla en la energía eléctrica externa
3	Hipótesis	Interrupción en el suministro eléctrico
4	Raíces físicas	Rotura de un conductor de la línea de transmisión
4	Raíces físicas	Daño en el transformador de distribución
4	Raíces físicas	Falla en la subestación
4	Raíces humanas	Error humano en la reconexión del suministro
4	Raíces humanas	Mantenimiento no programado en la red eléctrica
4	Raíces latentes	Falta de redundancia en el suministro eléctrico
4	Raíces latentes	Diseño obsoleto de la red eléctrica

Tabla Categorización del FTA por fallas en la energía eléctrica externa.

*Fuente: Elaboración propia.*

Explicación de las causas:

- Raíces físicas: se refieren a problemas tangibles en la infraestructura eléctrica, como roturas, daños o fallas en equipos, tales como líneas de transmisión, postes eléctricos, subestación u otros.
- Raíces humanas: se relacionan con errores o omisiones por parte de las personas involucradas en la operación y mantenimiento del sistema eléctrico externo.
- Raíces latentes: protocolos y coordinación inadecuados de mantenimiento y operación del operador eléctrico, diseño obsoleto del sistema eléctrico.

[ANEXO C]

AMEF TABLERO GENERAL ELÉCTRICO

HOJA DE ANÁLISIS- AMEF					No. HOJA	1	
SISTEMA:		Sistema de energía eléctrica			RESPONSABLE:		
SUB-SISTEMA:					FECHA:		
#	Ítem	Función Principal/Secundarias	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla	Efectos de la falla
1	Tablero General Eléctrico	Recibir la energía eléctrica de la fuente principal y distribuirla de manera segura y controlada a los diferentes circuitos	A	No entrega energía	1	Alimentador defectuoso	Sobrecalentamiento de conductor
							Interrupción en los procesos
							Riesgo de incendio
					Fuga de corriente		
					2	Protecciones eléctricas dañadas	Sobrecalentamiento de conductor
							Interrupción en los procesos
			Daño a conectores				
			B	Entrega de energía parcial	1	Conectores o conexiones mal ajustadas	Sobrecalentamiento de conductor
							Interrupción en los procesos
							Daño a conectores o componentes
					2	Ausencia de tensión en alguna fase	Riesgo de incendio
							Riesgo de accidentes
		Puntos calientes					
		C	Intermitencia en el sistema eléctrico	3	Conectores o conexiones mal ajustadas	Sobrecalentamiento de conductor	
						Interrupción en los procesos	
						Daño a conectores o componentes	
				2	Presencia de corrosión en conectores	Riesgo de incendio	
						Riesgo de accidentes	
						Puntos calientes	
		D	Mantener la integridad física y proteger los componentes internos instalados	1	Estructura Mecánica y física defectuosa	Sobrecalentamiento de conductor	
						Interrupción en los procesos	
						Daño a conectores o componentes	
				3	Componentes del tablero con problemas	Riesgo de incendio	
						Riesgo de accidentes	
Puntos calientes							
E	Proporcionar seguridad por sobrecargas, cortocircuitos a equipos, instalaciones y personas	1	Dispositivos de protección defectuosos para sobrecargas y cortocircuitos	Perdida de hermeticidad			
				Deterioro de componentes			
				Riesgos de cortes de cables			
		2	Componentes dañados	Riesgos de accidentes			
				Sobrecalentamiento de conductor			
				Deterioro de componentes			
F	Mantener la integridad física y proteger los componentes internos instalados	1	Conexión inadecuada	Interrupción en los procesos			
				Daño a conectores			
				Riesgo de incendio			
		2	Conexión a tierra dañada	Riesgos de descargas eléctricas			
				Fallas en protecciones eléctricas			
				Riesgos de incendios			
F	Mantener la integridad física y proteger los componentes internos instalados	1	Conexión inadecuada	Riesgos de incendios			
				Riesgos de componentes y equipos			
				Deterioro de componentes			
		2	Conexión a tierra dañada	Interrupción en los procesos			
				Riesgos de descargas eléctricas			
				Fallas en protecciones eléctricas			
F	Mantener la integridad física y proteger los componentes internos instalados	1	Conexión inadecuada	Riesgos de incendios			
				Riesgos de componentes y equipos			
				Deterioro de componentes			
		2	Conexión a tierra dañada	Interrupción en los procesos			
				Riesgos de descargas eléctricas			
				Fallas en protecciones eléctricas			

[ANEXO D]

**AMEF CABLEADO DE DISTRIBUCIÓN DESDE EL TABLERO GENERAL**

HOJA DE ANÁLISIS- AMEF					No. HOJA	2	
SISTEMA:		Sistema de energía eléctrica			RESPONSABLE:		
SUB-SISTEMA:					FECHA:		
#	Ítem	Función Principal/Secundarias	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla	Efectos de la falla
1	Cableado de distribución desde el tablero general	Conducir la energía desde el tablero general al tablero de distribución secundario en taller de maquinarias	A	Perdida total de la transmisión de energía	1	Conductores dañados cortes, corrosión, cables quemados	Interrupción a los procesos Deterioro de componentes y equipos Riesgos de descargas eléctricas Riesgos de incendios Riesgos de accidentes
					2	Conexiones de conductores sueltas	Interrupción a los procesos Deterioro de componentes y equipos Riesgos de descargas eléctricas Riesgos de incendios Riesgos de accidentes Puntos calientes
					3	Perdida de aislación	Interrupción a los procesos Deterioro de componentes y equipos Riesgos de descargas eléctricas Riesgos de incendios Riesgos de accidentes
			B	Perdida parcial de la transmisión de energía	1	Conductores dañados cortes, corrosión, cables quemados	Interrupción a los procesos Deterioro de componentes y equipos Riesgos de descargas eléctricas Riesgos de incendios Puntos calientes Riesgos de accidentes
					2	Conexiones de conductores sueltas	Interrupción a los procesos Deterioro de componentes y equipos Riesgos de descargas eléctricas Riesgos de incendios Riesgos de accidentes Puntos calientes
					1	Subdimensionamiento en el cálculo, diseño e instalación	Sobrecalentamiento Cortos circuitos Aumento de caída de tensión Deterioro de aislamiento y vida útil Riesgo de incendios Puntos calientes Riesgos de accidentes
		C	Fallas en seguridad eléctrica	2	Sobredimensionamiento en el cálculo diseño e instalación	Conectores de cables sueltos Perdidas de eficiencia eléctrica Protecciones no detectan sobrecargas Deterioro de componentes y equipos Riesgos de incendios	
				3	Material equivocado del conductor	Perdidas de eficiencia eléctrica Aumento de caída de tensión Sobrecalentamiento Riesgo de incendios Fugas de corrientes Riesgos de accidentes	

[ANEXO E]

AMEF TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TALLER

HOJA DE ANÁLISIS- AMEF					No. HOJA	3	
SISTEMA:		Sistema de energía eléctrica			RESPONSABLE:		
SUB-SISTEMA:					FECHA:		
#	Ítem	Función Principal/Secundarias	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla	Efectos de la falla
1	Tablero de distribución Taller	Recibir la energía eléctrica del tablero general y distribuirla de manera segura y controlada a los diferentes circuitos	A	No entrega energía	1	Alimentador defectuoso proveniente desde tablero general	Sobrecalentamiento de conductor
							Interrupción en los procesos
							Riesgo de incendio
					2	Protecciones eléctricas dañadas o activadas	Sobrecalentamiento de conductor
							Interrupción en los procesos
							Daño a conectores
			B	Entrega de energía parcial	1	Conectores o conexiones dañadas	Riesgo de incendio
							Riesgo de accidentes
							Puntos calientes
					2	Ausencia de tensión en alguna fase	Sobrecalentamiento de conductor
							Interrupción en los procesos
							Daño a conectores o componentes
		Mantener la integridad física y proteger los componentes internos instalados	C	Intermitencia en el sistema eléctrico	1	Conectores o conexiones mal ajustadas o dañados	Riesgo de incendio
							Puntos calientes
							Desbalance de cargas
					2	Protecciones eléctricas dañadas o activadas	Perdida de eficiencia energética
							Interrupción en los procesos
							Sobrecargas de circuitos
			D	Estructura Mecánica y física defectuosa	1	Conectores o conexiones mal ajustadas o dañados	Daño prematuro a cables o componentes
							Riesgos de incendios
							Puntos calientes
					2	Presencia de corrosión en conectores	Sobrecalentamiento de conductor
							Interrupción en los procesos
							Deterioro de componentes
Proporcionar seguridad por sobrecargas, cortocircuitos a equipos, instalaciones y personas	E	Dispositivos de protección defectuosos para sobrecargas y cortocircuitos	1	Componentes del tablero con problemas	Daño a conectores		
					Riesgo de incendio		
					Puntos calientes		
	2		Componentes dañados	Sobrecalentamiento de conductor			
				Deterioro de componentes			
				Interrupción en los procesos			
F	Fallas de conexión a tierra	1	Conexión inadecuada	Daño a conectores			
				Riesgo de incendio			
		2	Conexión a tierra dañada	Riesgos de descargas eléctricas			
				Fallas en protecciones eléctricas			

[ANEXO F]

**AMEF CABLEADO DE DISTRIBUCIÓN DESDE TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE TALLER**

HOJA DE ANÁLISIS- AMEF					No. HOJA	4	
SISTEMA:		Sistema de energía eléctrica			RESPONSABLE:		
SUB-SISTEMA:					FECHA:		
#	Ítem	Función Principal/Secundarias	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla	Efectos de la falla
1	Cableado de distribución desde tablero de distribución de taller	Conducir la energía desde el tablero general al tablero de distribución secundario en taller de maquinarias	A	Pérdida total de la transmisión de energía	1	Conductores dañados cortes, corrosión, cables quemados	Interrupción a los procesos Deterioro de componentes y equipos Riesgos de descargas eléctricas Riesgos de incendios Riesgos de accidentes
					2	Conexiones de conductores sueltas	Interrupción a los procesos Deterioro de componentes y equipos Riesgos de descargas eléctricas Riesgos de incendios Riesgos de accidentes Puntos calientes
					3	Pérdida de aislamiento	Interrupción a los procesos Deterioro de componentes y equipos Riesgos de descargas eléctricas Riesgos de incendios Riesgos de accidentes
			B	Pérdida parcial de la transmisión de energía	1	Conductores dañados cortes, corrosión, cables quemados	Interrupción a los procesos Deterioro de componentes y equipos Riesgos de descargas eléctricas Riesgos de incendios Puntos calientes Riesgos de accidentes
					2	Conexiones de conductores sueltas	Interrupción a los procesos Deterioro de componentes y equipos Riesgos de descargas eléctricas Riesgos de incendios Riesgos de accidentes Puntos calientes
							Sobrecalentamiento Cortos circuitos Aumento de caída de tensión Deterioro de aislamiento y vida útil Riesgo de incendios Puntos calientes Riesgos de accidentes
	C	Fallas en seguridad eléctrica	1	Subdimensionamiento en el cálculo, diseño e instalación	Conectores de cables sueltos Pérdidas de eficiencia eléctrica Protecciones no detectan sobrecargas Deterioro de componentes y equipos Riesgos de incendios		
			2	Sobredimensionamiento en el cálculo diseño e instalación	Pérdidas de eficiencia eléctrica Aumento de caída de tensión Sobrecalentamiento Riesgo de incendios Fugas de corrientes Riesgos de accidentes		
			3	Material equivocado del conductor			

[ANEXO G]

AMEF CARGADORES ELÉCTRICOS PARA VEHÍCULOS

HOJA DE ANÁLISIS- AMEF					No. HOJA	5	
SISTEMA:		Sistema de energía eléctrica			RESPONSABLE:		
SUB-SISTEMA:					FECHA:		
#	Ítem	Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla	Efectos de la falla
1	Cargador de vehículo eléctrico	Entregar energía eléctrica al vehículo eléctrico y asegurar la carga de la batería dentro de los parámetros del equipo.	A	Interrupción total del transpaso de energía	1	Sin conexión entre el vehículo y el cargador	Baterías de VE con nivel bajo de carga VE no operativo Indisponibilidad del cargador Interrupción en procesos
					2	Cable de carga o conectores defectuosos	Interrupción en procesos No permite entregar carga VE a espera de carga Riesgos de accidentes
					3	Cargador no enciende	Indisponibilidad del cargador Interrupción en procesos No permite entregar carga VE a espera de carga
					4	Falta de tensión de entrada en el cargador	Interrupción en procesos Indisponibilidad del cargador No permite entregar carga VE a espera de carga Riesgos de accidentes
			B	Cargador con funcionamiento intermitente	1	Conexión eléctrica del cargador con problemas	Interrupción en procesos Cargas se detienen Aumento de VE a la espera de carga Activación de protecciones en tablero Sobrecargas Daños a componentes o equipos
					2	Cable de carga o conectores defectuosos	Interrupción en procesos No permite entregar carga VE a espera de carga Riesgos de accidentes
					3	Sobrecalentamiento del cable o cargador	Interrupción en procesos No permite entregar carga VE a espera de carga Riesgos de accidentes Daños a componentes o equipos
			C	Cargador no aumenta la carga	1	Daños internos del cargador	Interrupción en procesos Cargas no aumentan Aumento de VE a la espera de carga Activación de protecciones en tablero Sobrecargas Daños a componentes o equipos
					2	Falla en detección de parámetros voltaje, corriente	Interrupción en procesos Cargas no aumentan Aumento de VE a la espera de carga Activación de protecciones en tablero Sobrecargas Daños a componentes o equipos
			D	No logra realizar monitoreo del proceso	1	Daños internos del cargador	Interrupción en procesos Inseguridad del proceso de carga Aumento de VE a la espera de carga Daños a componentes o equipos Falla mayor al cargador
		2			Problemas de comunicación del cargador a la red local	Interrupción en procesos Inseguridad del proceso de carga Aumento de VE a la espera de carga Daños a componentes o equipos Falla mayor al cargador	
		E	Entregar seguridad a las personas, equipos e instalaciones	Activación de protecciones del cargador	1	Daños internos del cargador	Interrupción en procesos Riesgo de incendio Sobrecargas Daños a componentes o equipos
					2	Problemas de instalación y conexiones	Interrupción en procesos Riesgo de incendio Sobrecargas Daños a componentes o equipos

[ANEXO H]


**FABRICACION DE TABLEROS IRVE**

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Especificación</b>
<b>Interruptor Automático General</b>	<b>1</b>	<b>Trifásico, 150 A Curva C</b>
<b>Interruptor Diferencial General</b>	<b>1</b>	<b>Trifásico, 300 mA</b>
<b>Interruptores Automáticos Monofásicos</b>	<b>3</b>	<b>Monopolares, 32 A. Curva C</b>
<b>Interruptores Diferenciales Monofásicos</b>	<b>3</b>	<b>Monofásico, 30 mA</b>
<b>Dispositivo de Protección contra Sobretensiones (DPS)</b>	<b>1</b>	<b>Tipo 2</b>
<b>Relé de Control de Fase</b>	<b>1</b>	<b>Trifásico</b>
<b>Fusibles de Respaldo</b>	<b>3</b>	<b>Tipo NH, 150 A</b>
<b>Interruptor Automático General</b>	<b>1</b>	<b>Trifásico, 200 A. Curva D</b>
<b>Interruptor Diferencial General</b>	<b>1</b>	<b>Trifásico, 300 mA</b>
<b>Interruptores Automáticos Trifásicos</b>	<b>4</b>	<b>Trifásico, 80 A. Curva D</b>
<b>Interruptores Diferenciales Trifásicos</b>	<b>4</b>	<b>Trifásico, 30 mA</b>
<b>Dispositivo de Protección contra Sobretensiones (DPS)</b>	<b>1</b>	<b>Tipo 1 + Tipo 2</b>
<b>Relé de Control de Fase</b>	<b>1</b>	<b>Trifásico</b>
<b>Fusibles de Respaldo</b>	<b>3</b>	<b>Tipo NH, 200 A</b>

## [ANEXO I: COTIZACIONES RELEVANTES EN TERMINOS ECONOMICOS]

## [ANEXO I-1]

## COTIZACION INSTRUMENTACION ELECTRICA

 INSTRUMENTACION ELECTRONICA LTDA. Importaciones, Exportaciones y Venta de Art. Electrónicos 96.692.430-6		C O T I Z A C I O N						
Señor(es) : ESPECIALIDADES ASFALTICAS BITUMIX SUR SPA Atención : Carlos Concha		N° Cot.: 103426 378FC - TC01A - FEV300 Fecha : Santiago, 21 de noviembre de 2024						
N°	Modelo	Descripción	Entrega	Garantía	Cant.	Precio Unitario	Precio Total	
1	FLUKE-376_FC	Amperímetro de tenaza Fluke True RMS, 1000A AC/DC, 1000V AC/DC, 60 KOhm, 500Hz, 1000microF. Filtro pasabajos para trabajo en ambientes de ruido electromagnético. Con función Fuke Connect™, permite conectividad inalámbrica (Bluetooth) a dispositivos móviles : smartphone (iPhone y Android) y a otros instrumentos Fluke, para registro, informes y administración de las mediciones. Incluye sonda flexible de 2500 A AC, correa magnética para colgar el instrumento, puntas de prueba y estuche.	2 Días	3 Años	1	CLP 831.855	CLP 831.855	
2	FLUKE-TC01A_9HZ	Cámara Termográfica Fluke iSee™ para usar con teléfono móvil (sólo Android)  -256 x 192 píxeles para una calidad de imagen detallada -Rango de -10 a 550 °C -Sensibilidad térmica de 50 mk (0,05 °C) para detección fina -Exactitud del ±2% o ±2 °C -Frecuencia de refresco de 9 Hz -Más de 10 paletas de colores estándar y personalizadas	2 Días	2 Años	1	CLP 618.576	CLP 618.576	
3	279_FC/IFLEX	Multímetro Termográfico inalámbrico Fluke, incluye tenaza Flexible de 2.500 AAC 15 funciones de medición, incluidas: tensión de CA con filtro pasabajos, tensión de CC, resistencia, continuidad, capacitancia, prueba de diodos, mín./máx./prom., corriente alterna (con iFlex), frecuencia. Especificaciones de la cámara termográfica integrada: Rango: -10°C a 200°C Resolución: 80x80 Emisividad fija a 0,95	2 Días	3 Años	1	CLP 1.764.549	CLP 1.764.549	
4	FLK-FEV300/TY1 & TY2	Kit adaptador de prueba para estaciones de carga de vehículos eléctricos con conector tipo 1 y 2 para comprobar funcionamiento y seguridad de acuerdo con las normas IEC/EN 61851-1 y IEC/HD 60364-7-722.	50 Días		1	CLP 1.261.644	CLP 1.261.644	
5	1664FC_SCH	Comprobador de instalaciones multifunción FLUKE 1664FC para comprobación de instalaciones eléctricas de tierra , aislación y parámetros de circuitos eléctricos, con funciones de Prueba automática, para cumplimiento Normativo y conectividad FLUKE CONNECT (FC) Incluye: 6 baterías AA (IEC LR6) Estuche duro de transporte C1600 Adaptador para ajuste a cero Cable de alimentación de servicio pesado Juego de cables de prueba estándar STD Estuche duro de transporte C1600 Correa acolchada para cintura y transporte Guía de referencia rápida Sonda y cable para control remoto TP165X Manual de usuario en CD ROM Certificado de Calibración de fábrica.	35 Días	3 Años	1	CLP 3.451.545	CLP 3.451.545	

[ANEXO I-2]


## COTIZACION INSTRUMENTACION ELECTRICA

N°	Modelo	Descripción	Entrega	Garantía	Cant.	Precio Unitario	Precio Total
1	Ti300+_9HZ	<p>Cámara Termográfica Fluke Ti300+, con tecnología IRFusion. Sensor de 320 x 240 elementos(76.800 pixeles), Enfoque automatico LaserSharp. Frecuencia display: 9Hz Rango: -20°C a 650°C. Sensibilidad térmica: 0,075°C Transferencia inalámbrica de imágenes a PC iPhone® o iPad®. Pantalla Táctil de 640x480 Marcadores de punto frío y punto caliente. Corrección de emisividad, transmisión y de temperatura reflejada. Anotaciones de voz. Alarma de Temperatura. Puntero láser.</p> <p>Incluye:  Certificado de Calibración (en cámara)  Cargador/eliminador de baterías,  2 baterías inteligente de ion litio  Cable USB  Tarjeta Micro SD  Estuche rígido  Bolso de transporte flexible  Correa ajustable para la mano  Guía de referencia rápida.</p> <p>Disponible para descarga gratuita:  Software y Manual de uso</p>	2 Días	2 Años	1	USD 8.750,00	USD 8.750,00
2	TiS55_9HZ	<p>Cámara Termográfica Fluke, 9Hz con tecnología IR-Fusion (imagen Infrarroja-imagen visual y fusión de ambas). Sensor de 220 x 165 elementos. Rango: -20°C a 450°C. Sensibilidad térmica: 0,08°C. Enfoque Manual Compatible con Aplicación Fuke Connect™, permite conectividad inalámbrica a dispositivos móviles : smartphone (iPhone y Android) . Marcadores de punto frío y punto caliente. Corrección de emisividad, transmisión y de temperatura reflejada. Anotaciones de voz. Alarma de Temperatura.</p> <p>Incluye: Certificado de Calibración Cargador/eliminador de baterías, 1 batería inteligente de ion-litio, cable USB, tarjeta Micro SD, estuche rígido , bolso de transporte flexible, correa ajustable para la mano, guía de referencia rápida y hoja de datos de seguridad. Software disponible para descarga en <a href="http://www.fluke.com/tissoftware">www.fluke.com/tissoftware</a></p>	45 Días	2 Años	1	USD 5.610,17	USD 5.610,17

[ANEXO I-3]

## COTIZACION CARGADORES ELECTRICOS

Oferta Técnico-Económica – Bitumix



## Resumen propuesta comercial

La siguiente tabla presenta las tarifas asociadas a los cargadores ofrecidos, según elección de Bitumix.

### Provisión de cargadores

Concepto	Precio
Cargador Teison - 20 kW DC - 1xCCS2 portatil	291,4 UF + IVA
Cargador Teison - 40 kW DC - 2xCCS2 o CCS2+GB/T portatil	382,1 UF + IVA

**Forma de pago:** a 30 días contado. Se exige la orden de compra para iniciar los trabajos.

Chile | Perú | Argentina | Brasil | España | USA



## II. PROPUESTA COMERCIAL

### SUMINISTRO

ÍTEM	TAG	DESCRIPCIÓN	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>CARGADOR DE VE</b>					
1	CARGADOR DE VEHÍCULO ELÉCTRICO 22KW	Cargador de Vehículo Eléctrico DC 380VAC, 50 Hz, de 22kW / 60A. Carcasa Aluminio IP54.	2	USD 7.487	USD 14.974
<b>PRECIO TOTAL</b>				<b>USD 14.974 + IVA</b>	



### CONDICIONES COMERCIALES

Forma de Pago	50% Orden de Compra. 50% Contra Entrega de Suministro.
Plazo de Entrega	Entrega inmediata.
Lugar de entrega	Bodegas KOLFF. Santiago. Puente Verde 1901. Quilicura.
Vigencia de la cotización	30 días.



[ANEXO I-5]

## COTIZACION MATERIALES ELECTRICOS

 <b>Specialistas en Soluciones Eléctricas.</b>				<b>R.U.T 89.396.900-4</b> <b>COTIZACIÓN POR APROBAR</b> <b>N° 1122057</b>			
<a href="http://www.vitelenergia.com">www.vitelenergia.com</a>		(+56) 22 927 9200		<a href="mailto:comercial@vitel.cl">comercial@vitel.cl</a>			
<b>CLIENTE</b> ESPECIALIDADES ASFALTICAS BITUMIX SUR SPA <b>RUT</b> 88.435.900-0				<b>F. EMISIÓN</b> 26/12/2024			
<b>DIRECCION</b> CAMINO ANTIGUO BULNES PALOMARES <b>GIRO</b> ARIDOS				<b>VENDEDOR</b> LUIS ZAPATA			
<b>PLAZO DE ENTREGA</b>		<b>CONTACTO</b>		<b>CONDICIÓN DE PAGO</b>		<b>COTIZADOR</b>	
26/12/2024		JOSE FERNANDEZ		CREDITO 45 DIAS (N)		LUIS ZAPATA JIMENEZ	
Codigo	Producto	UM	Cantidad	P. Base	Desc.	P. Unitario	Total
0002904795	CABLE REVIFLEX 1/0 AWG RV-K 80°C 0,6/1KV. (A)	MT	800	11,311	45%	6,221	4,976,800
1109043141	TUBO PVC SCHEDULE-40 4x8mt	CU	14	46,873	45%	25,780	360,920
1109043137	TUBO PVC SCHEDULE-40 2.1/2x6mt	CU	14	25,361	44%	14,238	199,332
0705805019	TABL.MET.600x400x250mm IP65 ST4 625(A)	CU	1	88,155	45%	48,485	48,485
0705805056	CONTRAP./TAB.60x40 STP01-46(A)	CU	1	38,710	45%	21,291	21,291
1400541250	RIEL 42x42x2.0 mm GALV. (TIRA 3 MTS.) (xloran)(A)	CU	3	24,401	45%	13,421	40,263
0720541300	HILO CORRIDO 3/8 x 3 MT PRE GALV.	TR	2	4,064	45%	2,235	4,470
0717544037	B.P.C.RANURADA 150x100x2X3000mm HDG GALV.(CERT.U.L-NEMA) (A)	TR	3	107,052	45%	58,869	176,655
0717544102	SET 2 ECLISAS UNION RIALTO100x180mm2mm GALVAN. CIACCS PUPAG	CU	3	5,720	45%	3,696	11,088
0720544010	TAPA P/E.P./C/B.P.C. 150x1x3000mm PRE-GALV.(CERT.U.L-NEMA)	TR	3	23,069	45%	12,888	38,064
<b>OBSERVACIONES</b>				<b>SUBTOTAL</b>		<b>5.877.398</b>	