

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZÚ  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**



PROYECTO FINAL DE GRADO

**Elaboración del Plan de Mantenimiento  
Eléctrico Preventivo para las instalaciones del  
sector industrial de la Empresa Forestal e  
Industrial S.A (EFISA) ubicada en la ciudad de  
Villeta, del Dpto. Central**

**AUTOR: CHRISTIAN JOEL PEÑA VARELA**

**TUTOR: PROF. ING. CRISTHIAN INSAURRALDE**

**CORONEL OVIEDO, JULIO DEL 2025**



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad Social.

**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.



Usted es libre de:

- **Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato
- **Adaptar** — remezclar, transformar y construir a partir del material

Bajo los siguientes términos:

- **Atribución** — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.
- **NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.  
**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

## **DERECHO DE AUTOR**

Quien suscribe, Christian Joel Peña Varela, autor del trabajo de investigación titulado **“Elaboración del Plan de Mantenimiento Eléctrico Preventivo para las instalaciones del sector industrial de la Empresa Forestal e Industrial S.A (EFISA) ubicada en la ciudad de Villeta, del Dpto. Central”**, declara que voluntariamente cede a título gratuito en forma pura y simple ilimitada e irrevocablemente a favor de la Facultad de Ciencias y Tecnologías – UNCA, el derecho de autor de contenido patrimonial, que le corresponde sobre el trabajo de referencia. Conforme a lo anteriormente expresado, esta sesión le otorga a la FCyT la Facultad de comunicar la obra divulgarla, publicarla y reproducirla en soportes analógicos o digitales en la oportunidad que así lo estime conveniente. La FCyT deberá indicar qué autoría o creación del trabajo corresponde a mi persona y hará referencia al autor y a las personas que hayan colaborado en la realización del presente trabajo de investigación.

En la ciudad de Coronel Oviedo a los .... , del mes de ..... del 2025

.....

Firma



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

## PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero Electricista, aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores y con la siguiente nota final:

CALIFICACIÓN FINAL: \_\_\_\_\_

ACTA N°: \_\_\_\_\_

FECHA : \_\_\_\_\_

-----  
 Prof. Ing.

-----  
 Prof. Ing.

-----  
 Prof. Ing.



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino.*

*A mis padres, por su apoyo incondicional, siempre brindándome su confianza y motivación.*

*Y por último, pero no menos importante, a todas las personas que estuvieron presentes durante este largo proceso, acompañándome con su ayuda y enseñanzas.*



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mis padres, por su apoyo incondicional desde el inicio hasta la culminación de mi carrera, brindándome siempre su confianza y motivación.*

*También extendo mi agradecimiento a mis compañeros de estudios, quienes con su ayuda y enseñanzas me permitieron superar los momentos de mayor incomprensión.*

*Finalmente, agradezco a mi tutor, el Ing. Christhian Insaurrealde, por su guía y orientación en este proceso.*



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad Social.

**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

## RESUMEN

El presente proyecto surge de la necesidad de optimizar los procesos y reducir las fallas mediante un sistema de mantenimiento preventivo para la Empresa Forestal e Industrial S.A. (Efisa), ubicada en la ciudad de Villeta.

Para el desarrollo del proyecto, se recopilaron datos técnicos e históricos sobre fallas en los diferentes circuitos eléctricos y en las maquinarias. Se identificaron los equipos más críticos en términos de producción: autotransformadores y transformadores, equipos rotativos (motores) y tableros eléctricos.

Se revisó la norma NFPA 70B, que está relacionada con el mantenimiento eléctrico preventivo. Dado que los equipos de la línea de producción se utilizan en un entorno con productos contaminantes (partículas de madera), y considerando que el fallo del equipo o del sistema podría poner en peligro al personal, se establecieron intervalos de mantenimiento para la condición 3 según la norma, que van de 6 a 12 meses.

Se propone un plan de mantenimiento basado en la norma NFPA 70B, así como en las recomendaciones de fabricantes y técnicos, adaptado a las necesidades del sector industrial de Efisa, específicamente para los equipos más críticos.

Además, se elaboró un presupuesto para el plan de mantenimiento preventivo eléctrico, que tiene en cuenta los costos de los equipos, capacitaciones, kits de mantenimiento de los motores eléctricos y repuestos de tableros y transformadores. El total asciende a Gs. 415.332.309.

**Palabras clave:** Industria, Innovación e Infraestructura (ODS 9), Producción y consumo responsables (ODS 12).



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

## ABSTRACT

This project arises from the need to optimize processes and reduce failures through a preventive maintenance system for Empresa Forestal e Industrial S.A. (Efisa), located in the city of Villeta.

For the development of the project, technical and historical data on failures in the different electrical circuits and machinery were collected. The most critical equipment in terms of production was identified: autotransformers and transformers, rotating equipment (motors), and electrical panels.

The NFPA 70B standard, which is related to preventive electrical maintenance, was reviewed. Since the production line equipment is used in an environment with contaminating products (wood particles), and considering that equipment or system failure could endanger personnel, maintenance intervals were established for condition 3 according to the standard, ranging from 6 to 12 months.

A maintenance plan is proposed based on the NFPA 70B standard, as well as manufacturers' and technicians' recommendations, adapted to the needs of Efisa's industrial sector, specifically for the most critical equipment.

In addition, a budget was prepared for the electrical preventive maintenance plan, which takes into account the costs of equipment, training, maintenance kits for electric motors and spare parts for panels and transformers. The total amounts to Gs. 415.332.309.

**Keywords:** Industry, Innovation and Infrastructure (SDG 9), Responsible Production and Consumption (SDG 12).



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.  
**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES .....	2
Objetivos.....	5
Objetivos Generales .....	5
Objetivos Específicos .....	5
1. MARCO TEÓRICO .....	6
1.1. Norma de mantenimiento eléctrico NFPA 70B .....	6
1.1.1. Ámbito de aplicación .....	6
1.1.2. Objetivo.....	6
1.2. Plan de mantenimiento .....	7
1.2.1. Programa efectivo de mantenimiento eléctrico preventivo (EPM).....	7
1.2.1.1. Elementos esenciales de un programa EPM.....	7
1.2.1.2. Intervalos de mantenimiento .....	8
1.2.3. Pruebas y métodos de prueba [4] .....	10
1.2.4. Indicadores de mantenimiento .....	10
1.2.4.1. Porcentaje de Cumplimiento del Mantenimiento de Equipos e Instalaciones	10
1.2.4.1.2. Total de Horas Paradas por Mantenimiento Correctivo .....	10
1.2.4.3. Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF) .....	11
1.2.4.4. Costo de Mantenimiento por Unidad de Producción .....	11
2. METODOLOGÍA.....	12
2.1. Relevamiento de datos .....	12
2.2. Identificación de equipos críticos.....	13
2.3. Evaluación del estado del equipo .....	15



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.  
**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	17
3.1. Plan de mantenimiento eléctrico preventivo para Efisa .....	17
3.1.1. Prácticas adecuadas para el cuidado de los equipos críticos según la NFPA 70B .....	17
3.1.2. Hojas de ruta.....	18
3.1.3. Lista de repuesto.....	19
3.1.4. Hojas de reporte.....	19
3.1.5. Cronograma .....	19
3.1.6. Indicadores de mantenimiento .....	19
3.2. Presupuesto del plan de mantenimiento.....	22
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	24
5. BIBLIOGRAFÍA .....	26
ANEXOS.....	1
ANEXO 1 .....	1
A.1. Hojas de ruta .....	1
A.1.1. Transformadores .....	1
A.1.2. Autotransformadores .....	2
A.1.3. Motores Eléctricos .....	3
A.1.4. Tableros eléctricos.....	5
ANEXO 2 .....	6
A.2. Lista de repuestos .....	6
A.2.1. Transformadores .....	6
A.2.2. Motores eléctricos.....	7
A.2.3. Tableros eléctricos.....	8
ANEXO 3 .....	9
A.3. Hojas de Reporte.....	9



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

Checklist de Control de Tableros Eléctricos .....	16
Checklist de Control de Motores Eléctricos .....	17
ANEXO 4 .....	18
Cronograma de mantenimiento preventivo eléctrico .....	18
ANEXO 5 .....	19
A.5. Registro Fotográfico de línea de Producción .....	19
A.5.1. Rampa de Entrada de Rollos y Cinta Transportadora de Subida .....	19
A.5.2. Cinta transportadora de Rollos Tándem .....	19
A.5.3. Bloques Neumáticos Acomodadores de Rollos .....	20
A.5.4. Cabina de Control de la Cinta de Entrada de Rollos, Bloques Neumáticos, Carro tándem y Sierra del sector tándem .....	20
A.5.5. Carro Tándem.....	21
A.5.6. Rodillo transportador (Salida de sierra tándem) .....	22
A.5.7. Mesa separador de Bloques .....	23
A.5.8. Rodillos transportadora de madera - Horizontal .....	23
A.5.9. Sierra Horizontal .....	24
A.5.10. Rodillos transportadora de madera – Múltiple .....	25
A.5.11. Sierra múltiple.....	25
A.5.12. Canteadora Nivel 2 .....	26
A.5.13. Cintas y Rodillos Transportadora de madera – A despuntadora .....	26
A.5.14. Sector Despuntadora Fija– Cinta transportadora y Sierra .....	27
A.5.15. Despuntadora Móvil - Sierras .....	28
A.5.16. Canteadora Nivel 1 .....	28
A.5.17. Cepilladora de Madera – Móvil .....	29
A.5.18. Picadora de Maderas – Cintas Transportadora y Cuchillas .....	29
A.5.19. Cintas Transportadora de Aserrín.....	30



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CAAGUAZÚ**  
Sede Coronel Oviedo  
*Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007.*  
**FACULTAD DE CIENCIAS y TECNOLOGÍAS – F.C. y T.**  
Coronel Oviedo – Paraguay



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

---

A.5.20. Caldera – Transportadora tipo sinfin .....	30
A.5.21. Transformador para Sector Industria .....	31



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad Social.

**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de EFISA. ....	12
Figura 2. Organigrama propuesto.....	25



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.  
**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Intervalos de mantenimiento [5].....	8
Tabla 2. Descripción de zonas de Línea de producción. ....	12
Tabla 3. Fallas en la Empresa Forestal e Industrial S.A (Efisa).....	14
Tabla 4. Criterios para la evaluación del estado del equipo [5]. ....	15
Tabla 5. Resumen por sección de las prácticas adecuadas para el cuidado de los equipos críticos según la NFPA 70B.....	17
Tabla 6. Indicadores de mantenimiento.....	20
Tabla 7. Presupuesto del plan de mantenimiento.....	22
Tabla 8. Hoja de ruta para mantenimiento de transformadores.....	1
Tabla 9. Hoja de ruta para mantenimiento de autotransformadores.....	2
Tabla 10. Hoja de ruta para mantenimiento de motores eléctricos [3].....	3
Tabla 11. Piezas de repuesto transformadores .....	6
Tabla 12. Piezas de repuesto para motores eléctricos. ....	7
Tabla 13. Pieza de repuesto para tableros eléctricos .....	8

## **INTRODUCCIÓN**

La Empresa Forestal e Industrial S.A. (Efisa), ubicada en la ciudad de Villeta, se especializa en la silvicultura y el procesamiento de madera, ofreciendo desde 2012 servicios de plantación forestal y producción de biomasa. A pesar de su compromiso con la sostenibilidad y la calidad, el sector industrial de procesamiento de madera enfrenta desafíos significativos debido a la ausencia de un plan de mantenimiento eléctrico preventivo. Esta carencia ha resultado en interrupciones en la producción, provocadas por la acumulación de agentes contaminantes en los sistemas eléctricos y el deterioro de la maquinaria.

Un programa de mantenimiento bien estructurado no solo reduce los tiempos de inactividad y los costos asociados a reparaciones inesperadas, sino que también contribuye a la seguridad operativa y a la prolongación de la vida útil de los equipos. Este trabajo final de grado tiene como objetivo desarrollar métodos de mantenimiento eléctrico adaptados a las necesidades específicas de Efisa, con el fin de diseñar un plan de mantenimiento preventivo que permita un control más efectivo sobre las tareas de mantenimiento realizadas.

La implementación de este plan beneficiará no solo a la empresa y sus clientes, al aumentar la productividad y cumplir con las demandas del mercado, sino también a los operadores de la planta. Un funcionamiento óptimo de los circuitos eléctricos y de la maquinaria minimizará su exposición a riesgos laborales, promoviendo un entorno de trabajo más seguro. A través de esta investigación, se busca establecer un modelo sólido que garantice la confiabilidad operativa y mejore la eficiencia en el sector industrial de procesamiento de madera.

## ANTECEDENTES

En 2019 en el proyecto final de grado desarrollado por *Oscar Manuel Benítez Frutos*, se diseñó un **“PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA ELECTRICO DE MAQUINAS INYECTORAS DE PLASTICO (PET) Y DE EQUIPOS PERIFERICOS CONEXOS DE UNA PLANTA PROCESADORA DE PLASTICO”** [1], ubicada en Mariano Roque Alonso, Paraguay. El estudio identificó que los equipos, de marca HUSKY, presentaban frecuentes paradas operativas, baja disponibilidad y poca confiabilidad debido a una gestión de mantenimiento inadecuada. Ante la falta de historiales técnicos, se aplicó la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), realizando un diagnóstico operacional, definiendo tareas condicionales, reacondicionamientos cíclicos y sustituciones programadas. Los resultados proyectaron una reducción del 30% en paradas correctivas el primer año, junto a mejoras en confiabilidad, disponibilidad y optimización de costos. El análisis económico confirmó la viabilidad del plan, con una TIR del 30% y un VAN de Gs. 257.324.037 bajo una tasa de descuento del 10% en un horizonte de 5 años.

En 2016 *Jhon Jairo Serna Ramirez* en el trabajo de grado titulado **“IMPLEMENTACIÓN PLAN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PARA DESTILERIA RIOPAILA Y RIOPAILA ENERGÍA”** [2], diseñó e implementó un plan de mantenimiento eléctrico para las empresas Destilería Riopaila y Riopaila Energía. Este proyecto buscó brindar al personal técnico, especialmente a los electricistas, una guía estructurada para la ejecución de mantenimientos en equipos como transformadores, motores, variadores de velocidad, centros de control de motores (CCM) y sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS), entre otros.

El proyecto se fundamentó en cuatro ejes clave: un plan de mantenimiento detallado, una hoja de ruta priorizada, un catálogo de fallas para diagnósticos rápidos y una gestión optimizada de repuestos.

Los resultados demostraron una mejora en el rendimiento de los equipos, mayor vida útil y reducción de tiempos de parada. La organización de la información en formatos accesibles facilitó decisiones informadas sobre reparaciones y compras. Como recomendación, se enfatizó la capacitación en códigos SAP para agilizar la gestión de activos.

En 2019 presentó su trabajo **“ELABORACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PREVENTIVO APLICADO A LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS DE LA EMPRESA ADEPROSAC SAN ISIDRO 2019”** [3]. El objetivo general del proyecto fue elaborar un plan de mantenimiento eléctrico preventivo para el grupo electrógeno del edificio administrado por Adeprosac en San Isidro, Lima (2019). Esta necesidad surgió al identificarse que los equipos de emergencia carecían de un mantenimiento programado, debido a que la administración los consideraba de baja prioridad. Argumentaban que, al ser usados con poca frecuencia —dada la estabilidad del suministro eléctrico en la zona—, invertir en su mantenimiento no era justificable. Sin embargo, esta percepción era errónea, ya que la falta de operatividad continua dificultaba detectar fallas potenciales, las cuales solo se manifestaban cuando el equipo era requerido.

En la práctica, las inspecciones eran realizadas por personal no capacitado. Esta situación generaba riesgos operativos y económicos, pues las fallas no detectadas a tiempo derivaban en reparaciones costosas y en la inoperatividad total del equipo durante emergencias.

Este proyecto sirvió como demostración práctica de un principio fundamental en mantenimiento de equipos: incluso aquellos que tienen una operación esporádica requieren atención preventiva sistemática. La implementación de este plan no solo mejoró la confiabilidad del grupo electrógeno, sino que también estableció un precedente valioso para la gestión de otros equipos críticos, demostrando que la inversión en mantenimiento preventivo se traduce en ahorros significativos y mayor seguridad operativa a largo plazo.

En 2021 **Flavio Aníbal Latorre Olivo** y **Ronal Anibal Villa Cayambe** presentaron una **“PROPUESTA DE REDISEÑO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO Y DE TABLEROS DE CONTROL CON PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE LAS ÁREAS DE PREPARACIÓN Y FABRICACIÓN DE LA PLANTA PISMADE S.A. RIOBAMBA”** [4]. El presente trabajo tuvo como objetivo elaborar una propuesta de rediseño eléctrico y un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los sistemas de la planta PISMADE SA. Para ello, se realizó una inspección del estado del cableado y una evaluación cualitativa de los tableros existentes.

Paralelamente, se desarrolló un plan de mantenimiento basado en la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). El proceso inició con el levantamiento de información de 18 sistemas y sus 96 equipos, los cuales fueron codificados bajo la norma ISO 14224 hasta un cuarto nivel jerárquico. Posteriormente, se elaboraron fichas técnicas detalladas para cada sistema y equipo, así como tablas de contexto operacional y un análisis cualitativo de criticidad.

A continuación, se aplicó la metodología RCM, desarrollando hojas de información que incluyeron funciones, modos de fallo, efectos y consecuencias de cada fallo en los equipos. Finalmente, se completaron las hojas de decisión, de las cuales se derivaron las tareas específicas para el plan de mantenimiento. Con esta información, se estableció un cronograma anual y la logística necesaria para su implementación.

Como conclusiones, se determinó que el rediseño del circuito eléctrico reduciría las pérdidas energéticas y mitigaría riesgos para el personal y los sistemas. Asimismo, el rediseño de los tableros de control optimizaría y facilitaría las operaciones de producción. Por otro lado, el plan de mantenimiento permitió identificar las tareas más efectivas para abordar los modos de fallo, logrando una reducción estimada de costos de mantenimiento de hasta \$18.835,27 dólares.

## **Objetivos**

### **Objetivos Generales**

- Elaborar el Plan de Mantenimiento Eléctrico Preventivo para las instalaciones del sector industrial de la Empresa Forestal e Industrial S.A (EFISA) ubicada en la ciudad de Villeta, del Dpto. Central.

### **Objetivos Específicos**

- Relevar datos técnicos e históricos de fallas en los diferentes circuitos eléctricos y en las maquinarias.
- Identificar los equipos más críticos en cuanto a la Producción.
- Revisar normas relacionadas con el mantenimiento eléctrico de plantas industriales que tengan que ver con procesamiento de madera.
- Proponer un plan de mantenimiento en base a normas, recomendaciones de fabricantes y técnicos, ajustado a las necesidades del sector industrial de la empresa EFISA.
- Realizar un presupuesto del plan de mantenimiento propuesto.

## **1. MARCO TEÓRICO**

### **1.1. Norma de mantenimiento eléctrico NFPA 70B**

La norma NFPA 70B, titulada "Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance," establece directrices y recomendaciones para el mantenimiento seguro y efectivo de equipos eléctricos. Desarrollada por la National Fire Protection Association (NFPA), esta norma tiene como objetivo principal minimizar el riesgo de fallos en los sistemas eléctricos y mejorar la seguridad en las instalaciones.

La NFPA 70B aborda diversos aspectos del mantenimiento eléctrico, incluyendo la identificación de riesgos, la planificación de programas de mantenimiento y la implementación de prácticas adecuadas para el cuidado de equipos como transformadores, motores y tableros eléctricos. Al seguir estas recomendaciones, las organizaciones pueden no solo prolongar la vida útil de sus equipos, sino también garantizar la seguridad de los trabajadores y la integridad de las instalaciones.

Además, esta norma enfatiza la importancia de la capacitación del personal y el uso de procedimientos estandarizados, contribuyendo a un enfoque sistemático y proactivo en el mantenimiento eléctrico. En resumen, la NFPA 70B es un recurso esencial para cualquier organización que busque optimizar sus operaciones eléctricas y asegurar un entorno de trabajo seguro.

#### **1.1.1. Ámbito de aplicación**

Esta práctica recomendada se aplica al mantenimiento preventivo de sistemas y equipos eléctricos, electrónicos y de comunicaciones, y no pretende duplicar o reemplazar las instrucciones que normalmente proporcionan los fabricantes.

#### **1.1.2. Objetivo**

El propósito de esta práctica recomendada es reducir los peligros para la vida y la propiedad que pueden resultar de fallas o mal funcionamiento de sistemas y equipos eléctricos de tipo industrial.

## **1.2. Plan de mantenimiento**

Los planes de mantenimiento son documentos diseñados para gestionar distintos elementos, permitiendo establecer un cronograma de las actividades necesarias para el mantenimiento de equipos eléctricos, como motores, transformadores y tableros eléctricos. Estos planes facilitan al personal técnico un control más riguroso sobre el mantenimiento efectuado en cada equipo.

La información contenida en estos planes ayuda al personal de mantenimiento a recordar las principales tareas que deben llevarse a cabo, lo que resulta en un mantenimiento más completo y efectivo.

Aunque estos planes ofrecen recomendaciones sobre las actividades a realizar, el conocimiento y la experiencia del personal de mantenimiento son fundamentales para complementar estos formatos.

### **1.2.1. Programa efectivo de mantenimiento eléctrico preventivo (EPM)**

Un programa efectivo de mantenimiento eléctrico preventivo (EPM) debe mejorar la seguridad y también reducir las fallas del equipo a un mínimo consistente con el buen juicio económico [4].

#### **1.2.1.1. Elementos esenciales de un programa EPM**

Un programa EPM debe consistir de los siguientes elementos esenciales [4]:

- (1) Personal responsable y calificado.
- (2) Inspección, pruebas y mantenimiento de los equipos programados periódicamente.
- (3) Inspección y análisis de los equipos y sistemas eléctricos para determinar las necesidades y prioridades de mantenimiento.
- (4) Inspecciones rutinarias programadas y pruebas adecuadas.
- (5) Análisis preciso de los informes de inspección y pruebas para poder prescribir las medidas correctoras adecuadas.
- (6) Realización de los trabajos necesarios.
- (7) Registros concisos pero completos.

### 1.2.1.2. Intervalos de mantenimiento

El capítulo 9 de la norma NFPA 70B establece ahora los ámbitos de trabajo obligatorios y los intervalos de mantenimiento desglosados por tipo de equipo y basados en una evaluación del estado del equipo.

Es importante tener en cuenta que estos intervalos de mantenimiento no sustituyen a las directrices del fabricante; sólo proporcionan orientación en ausencia de información del fabricante.

Tabla 1. Intervalos de mantenimiento [5].

Equipo	Alcance del trabajo	Condición 1	Condición 2	Condición 3
Todo el equipamiento	Termografía infrarroja	12 meses	12 meses	6 meses
Carriles para buses	Inspección visual	60 meses	60 meses	12 meses
	Limpieza	60 meses	36 meses	12 meses
	Lubricación	60 meses	36 meses	12 meses
	Servicio mecánico	60 meses	36 meses	12 meses
	Pruebas eléctricas	60 meses	36 meses	12 meses
	Especial	60 meses	36 meses	12 meses
Fusibles	Inspección visual	60 meses	36 meses	12 meses
	Limpieza	60 meses	36 meses	12 meses
	Lubricación	60 meses	36 meses	12 meses
	Servicio mecánico	60 meses	36 meses	12 meses
	Pruebas eléctricas	60 meses	36 meses	12 meses
Sistemas de protección contra fallas a tierra de baja tensión	Inspección visual	12 meses	12 meses	6 meses
	Limpieza	60 meses	36 meses	12 meses
	Lubricación		Reservado	
	Servicio mecánico	60 meses	36 meses	12 meses
	Pruebas eléctricas	60 meses	36 meses	12 meses
Sistemas de protección contra fallas a tierra de media tensión	Inspección visual	12 meses	12 meses	6 meses
	Limpieza	60 meses	36 meses	12 meses
	Lubricación		Reservado	
	Servicio mecánico	60 meses	36 meses	12 meses
	Pruebas eléctricas	60 meses	36 meses	12 meses
Disyuntores de potencia de media tensión	Inspección visual	60 meses	36 meses	12 meses
	Limpieza	60 meses	36 meses	12 meses
	Lubricación	60 meses	36 meses	12 meses
	Servicio mecánico	60 meses	36 meses	12 meses
	Pruebas eléctricas	60 meses	36 meses	12 meses
Circuito de alimentación de bajo voltaje/caja moldeada/caja aislada Disyuntores	Inspección visual	60 meses	36 meses	12 meses
	Limpieza	60 meses	36 meses	12 meses
	Lubricación	60 meses	36 meses	12 meses
	Servicio mecánico	60 meses	36 meses	12 meses
	Pruebas eléctricas	60 meses	36 meses	12 meses
Equipo de control de motores	Inspección visual	60 meses	36 meses	12 meses
	Limpieza	60 meses	36 meses	12 meses
	Lubricación	60 meses	36 meses	12 meses
	Servicio mecánico	60 meses	36 meses	12 meses
	Pruebas eléctricas	60 meses	36 meses	12 meses

**Elaboración del Plan de Mantenimiento Eléctrico Preventivo para las instalaciones del sector industrial de la Empresa Forestal e Industrial S.A (EFISA) ubicada en la ciudad de Villeta, del Dpto. Central - CHRISTIAN JOEL PEÑA VARELA - 2025**

Cuadros eléctricos y cuadros de distribución	Inspección visual	60 meses	36 meses	12 meses
	Limpieza	60 meses	36 meses	12 meses
	Lubricación	60 meses	36 meses	12 meses
	Inspecciones mecánicas	60 meses	36 meses	12 meses
	Pruebas eléctricas	60 meses	36 meses	12 meses
Transformadores de potencia y distribución	Inspección visual	12 meses	12 meses	6 meses
	Limpieza	60 meses	36 meses	12 meses
	Lubricación		Reservado	
	Servicio mecánico	60 meses	36 meses	12 meses
	Pruebas eléctricas	60 meses	36 meses	12 meses
Cables de alimentación	Inspección visual	60 meses	36 meses	12 meses
	Limpieza	60 meses	36 meses	12 meses
	Servicio mecánico	Reservado	Reservado	
	Pruebas eléctricas	60 meses	36 meses	12 meses
Relés de protección electromecánicos	Inspección visual	36 meses	24 meses	12 meses
	Limpieza	36 meses	24 meses	12 meses
	Lubricación		Reservado	
	Servicio mecánico	36 meses	24 meses	12 meses
	Pruebas eléctricas	36 meses	24 meses	12 meses
Relés de protección, estado sólido y microprocesador	Inspección visual	60 meses	36 meses	12 meses
	Limpieza	60 meses	36 meses	12 meses
	Lubricación		Reservado	
	Pruebas eléctricas	60 meses	36 meses	12 meses
Subestaciones	Inspección visual	12 meses	12 meses	6 meses
	Limpieza	60 meses	36 meses	12 meses
	Lubricación	60 meses	36 meses	12 meses
	Servicio mecánico	60 meses	36 meses	12 meses
	Pruebas eléctricas	60 meses	36 meses	12 meses
	Especial	60 meses	36 meses	12 meses
	Comprobaciones mecánicas	60 meses	36 meses	12 meses
Interruptores	Inspección visual	60 meses	36 meses	12 meses
	Limpieza	60 meses	36 meses	12 meses
	Lubricación	60 meses	36 meses	12 meses
	Servicio mecánico	60 meses	36 meses	12 meses
	Pruebas eléctricas	60 meses	36 meses	12 meses
Aparato de distribución	Inspección visual	12 meses	12 meses	6 meses
	Limpieza	60 meses	36 meses	12 meses
	Lubricación	60 meses	36 meses	12 meses
	Servicio mecánico	60 meses	36 meses	12 meses
	Pruebas eléctricas	60 meses	36 meses	12 meses
	Especial	60 meses	36 meses	12 meses
Sistemas de alimentación ininterrumpida	Inspección visual	6 meses	3 meses	1 mes
	Limpieza	12 meses	6 meses	3 meses
	Lubricación		Reservado	
	Servicio mecánico	12 meses	6 meses	3 meses
	Pruebas eléctricas	12 meses	6 meses	3 meses
	Procedimientos especiales	24 meses	24 meses	24 meses

### **1.2.3. Pruebas y métodos de prueba [4]**

Se tratan los ensayos que se utilizan habitualmente en campo para determinar el estado de diversos elementos de un sistema de distribución de energía eléctrica. Los datos obtenidos en estas pruebas proporcionan información que se utiliza de la siguiente manera:

- (1) Para determinar si es necesario o conveniente algún mantenimiento correctivo o reemplazo.
- (2) Determinar la capacidad del elemento para seguir desempeñando adecuadamente su función de diseño.
- (3) trazar el deterioro gradual del equipo a lo largo de su vida útil.

### **1.2.4. Indicadores de mantenimiento**

Los indicadores de mantenimiento preventivo son métricas clave que permiten evaluar la efectividad y eficiencia de las actividades de mantenimiento programadas en una organización. Estos indicadores ayudan a prever fallos, optimizar la disponibilidad de los equipos, reducir costos y asegurar la calidad y seguridad en las operaciones.

#### **1.2.4.1. Porcentaje de Cumplimiento del Mantenimiento de Equipos e Instalaciones**

Este indicador mide el porcentaje de servicios de mantenimiento preventivo o correctivo que se completan en comparación con los servicios que se han solicitado o planificado. Representa el nivel de cumplimiento de las actividades de mantenimiento respecto a lo programado y ayuda a evaluar la capacidad del equipo de mantenimiento para cumplir con las tareas asignadas.

##### **1.2.4.1.2. Total de Horas Paradas por Mantenimiento Correctivo**

Este indicador mide la cantidad total de horas en las que los equipos estuvieron detenidos debido a mantenimiento correctivo. Refleja el impacto del mantenimiento correctivo en la disponibilidad de los equipos y es clave para entender el costo en tiempo de las intervenciones no planificadas.

### **1.2.4.3. Disponibilidad de Equipos**

La disponibilidad es el porcentaje de tiempo en el que un equipo está operando o listo para operar en comparación con el tiempo total programado. Este indicador mide la capacidad de los equipos para estar en operación y es clave para evaluar la confiabilidad y efectividad de las actividades de mantenimiento.

### **1.2.4.3. Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF)**

El MTBF es el tiempo promedio que un equipo opera sin fallos, es decir, el tiempo promedio entre fallos consecutivos. Es una medida de la confiabilidad del equipo, ya que indica cuánto tiempo se espera que funcione correctamente antes de que ocurra una falla.

### **1.2.4.4. Costo de Mantenimiento por Unidad de Producción**

Este indicador mide el costo de mantenimiento (tanto preventivo como correctivo) en relación con las unidades producidas. Ayuda a analizar la eficiencia del gasto en mantenimiento y su impacto en la producción.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Relevamiento de datos

#### 2.1.1. Descripción de EFISA

La Empresa Forestal e Industrial S.A. (EFISA) se encuentra en Villeta, Departamento Central, Paraguay (Figura 1). Fundada en 2012, EFISA se ha consolidado como una de las principales empresas del sector forestal en el país, enfocándose en el diseño y ejecución de proyectos forestales que responden a la creciente demanda de productos sostenibles.



Figura 1. Ubicación de EFISA.

La línea de producción es alimentada con un transformador de 1250 kVA en la Tabla 2 se describe las cada una de las zonas de producción y la cantidad de motores eléctricos instalados.

Tabla 2. Descripción de zonas de Línea de producción.

Zona	Cantidad de motores	Potencia
Zona Despuntadora; Cepilladora	22	1 a 6 hp
Canteadora Nivel 1 y Nivel 2	6	1 a 40 hp
Zona cinta transportadora de aserrín	7	1 a 5.5 hp
Cintas y rodillos Nivel 2	16	1 a 5.5 hp
Sierra Tándem	4	1 a 75 HP
Sierra horizontal	6	1 a 60 hp
Sierra circular múltiple	5	1 a 100 hp
Picadora	10	100 a 300 hp

## **1.2. Actividades y Servicios**

EFISA opera en varias áreas clave:

**Silvicultura:** Se dedica a la plantación y manejo sostenible de bosques.

**Biomasa:** Utiliza recursos forestales para la producción de energía renovable.

**Industria Maderera:** Procesa madera para diversos usos industriales.

**Representaciones:** Actúa como representante de diversas marcas y productos en el sector forestal.

Mediante una visita se realiza el relevamiento de datos de las distintas zonas, se documenta la visita mediante el registro fotográfico presentado en el ANEXO 5.

## **2.2. Identificación de equipos críticos**

Un riesgo que se tiene con las impurezas en los circuitos eléctricos es que pueden ocasionar incendios devastadores, teniendo en cuenta que en esta empresa industrial se procesa madera. Un incidente ocurrido en fecha 29/04/22, según el reporte del responsable técnico, debido a la falla de un temporizador en el circuito eléctrico de mando, el cual en vez de dejar en funcionamiento por solo 15 segundos su circuito de mando, dejó en estado de funcionamiento permanente a un autotransformador de 100 CV (de potencia) averiándolo. Cabe mencionar que el sensor de temperatura del devanado autotransformador tampoco accionó para evitar que el daño ocurriese. Esto generó un incendio en el tablero eléctrico que no pasó a mayores por la rápida acción de la brigada anti incendio. El incidente dejó fuera de servicio a esta línea de producción por 1 día y medio, además de que se tuvo un gasto por la compra de otro autotransformador. Otro incidente ocurrido en fecha 19/05/20 fue el fallo del pulsador de paro de emergencia del circuito eléctrico del sector cepillado, el cual tuvo como consecuencia la pérdida de partes de la mano de uno de los operadores a causa de la repentina puesta en marcha del motor de las sierras.

Según registros actuales de la empresa, se produjeron el daño de 6 motores debido al estado precario de mantenimiento. Ello afectó la producción debido a las paradas que se tuvo para permitir el cambio del motor dañado. Este tipo de paradas ocasionan pérdidas económicas a la empresa, ya que se disminuye las horas de producción y se tienen gastos por reparación. Se presenta una tabla resumiendo lo anterior:

**Elaboración del Plan de Mantenimiento Eléctrico Preventivo para las instalaciones del sector industrial de la Empresa Forestal e Industrial S.A (EFISA) ubicada en la ciudad de Villeta, del Dpto. Central - CHRISTIAN JOEL PEÑA VARELA - 2025**

*Tabla 3. Fallas en la Empresa Forestal e Industrial S.A (Efisa).*

<b>Fecha</b>	<b>Falla Reportada</b>	<b>Consecuencias</b>	<b>Causa Probable</b>
29,4,2022	Fallo del temporizador en el circuito eléctrico de mando.	Autotransformador de 100 CV dañado; incendio en tablero eléctrico.	Falta de mantenimiento preventivo; sensor de temperatura no funcionó.
19,5,2020	Fallo del pulsador de paro de emergencia en el sector de cepillado.	Pérdida parcial de la mano de un operario por arranque repentino de las sierras.	Desgaste o contaminación en componentes eléctricos.
Varias (2021)	Daño de 6 motores eléctricos.	Paradas de producción y gastos por reparación/reemplazo.	Mantenimiento correctivo exclusivo; acumulación de desgaste.
(2021-2022)	Contaminación de dispositivos eléctricos (polvo, virutas).	Fallos intermitentes, riesgo de incendio.	Ausencia de limpieza programada en equipos.

En el año 2021 su tuvo un total de gastos por mantenimiento del 29.3% sobre el gasto de explotación, en el año presente se lleva un porcentaje del 11.9%. Cabe mencionar que en su totalidad son mantenimientos correctivos.

Todo lo expuesto afecta a la productividad de la empresa, pudiendo ocasionarle pérdidas económicas, como también producir perdidas de clientes por incumplimientos con los mismos.

De lo expuesto anteriormente se identifica los equipos eléctricos más críticos:

- 1. Autotransformadores y transformadores.**
- 2. Equipos rotativos (Motores).**
- 3. Tableros eléctricos.**

### 2.3. Evaluación del estado del equipo

La NFPA 70B Capítulo 9 prescribe intervalos de mantenimiento basados en una evaluación del estado del equipo, que depende de las siguientes condiciones [5]:

1. Estado físico del equipo.
2. Criticidad.
3. Entorno operativo.

La evaluación del estado del equipo (ECA) se basa en el valor MÁS ALTO de estas tres condiciones. Por ejemplo, si el equipo se designa “Condición 1” para el equipo eléctrico y la criticidad, pero una “Condición 3” para el entorno operativo, entonces el equipo utilizaría duraciones de “Condición 3” para los intervalos de mantenimiento de la ECA.

NFPA 70B también requiere un sistema de calcomanías al final del mantenimiento para proporcionar una indicación visual a los trabajadores eléctricos de la condición de mantenimiento del equipo eléctrico.

En la Tabla 4 se muestra los criterios para la evaluación del estado del equipo según NFPA 70B.

Tabla 4. Criterios para la evaluación del estado del equipo [5].

Condición física	Descripción	Condición de criticidad	Condiciones del entorno operativo
Condición 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El equipo está como nuevo</li> <li>- El recinto está limpio, libre de intrusión de humedad, y es hermético</li> <li>- No se ha producido ninguna notificación no atendida del sistema de supervisión continua continua</li> <li>-No hay recomendaciones activas de técnicas predictivas</li> <li>- El mantenimiento previo se ha realizado de acuerdo con el PGA</li> </ul>	El fallo del equipo o sistema no pondrá en peligro al personal.	El equipo se utiliza en un entorno operativo para el que está clasificado.
Condición 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los resultados del mantenimiento se desvían de Los resultados anteriores o han indicado un mantenimiento más frecuente de acuerdo con Los datos publicados por el fabricante</li> <li>- El ciclo de mantenimiento anterior ha revelado problemas que requieren la reparación o sustitución de componentes importantes del equipo</li> <li>- Ha habido notificaciones del sistema de supervisión continua desde la evaluación</li> </ul>		

**Elaboración del Plan de Mantenimiento Eléctrico Preventivo para las instalaciones del sector industrial de la Empresa Forestal e Industrial S.A (EFISA) ubicada en la ciudad de Villeta, del Dpto. Central - CHRISTIAN JOEL PEÑA VARELA - 2025**

	anterior. - Hay recomendaciones activas de técnicas predictivas		
Condición 3	- El equipo no ha superado los dos últimos ciclos de mantenimiento sucesivos de conformidad con el PGA. - Los dos ciclos de mantenimiento anteriores han revelado problemas que requieren la reparación o sustitución de componentes importantes del equipo. - Hay una notificación activa o sin resolver del sistema de supervisión continua. - Hay acciones urgentes identificadas a partir de técnicas predictivas	El fallo del equipo o del sistema pondrá en peligro al personal.	El equipo se utiliza en un entorno con productos químicos agresivos, contaminantes o condiciones de funcionamiento extremas para las que no está específicamente clasificado o evaluado.
Muestra evaluación	Este equipo es nuevo y se ha sometido a pruebas de aceptación in situ: Condición 1	El equipo no pondrá en peligro al personal: Condición 1	Ubicado en sala climatizada: Condición 1

Debido a que los equipos de la línea de producción se utilizan en un **entorno con productos contaminantes** (partículas de madera) y **el fallo del equipo o del sistema pondría en peligro al personal** se eligen los intervalos de mantenimiento para la **condición 3**.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1. Plan de mantenimiento eléctrico preventivo para Efisa

El plan de mantenimiento eléctrico preventivo para Efisa consta de un apartado que habla de las prácticas adecuadas para el cuidado de los equipos críticos según la NFPA 70B, las hojas de ruta, lista de repuesto y hojas de reporte de cada equipo considerado como crítico además de un cronograma anual e indicadores de mantenimiento.

##### 3.1.1. Prácticas adecuadas para el cuidado de los equipos críticos según la NFPA 70B

En la Tabla 5 se presenta resumen por sección de las prácticas adecuadas para el cuidado de los equipos críticos según la NFPA 70B.

*Tabla 5. Resumen por sección de las prácticas adecuadas para el cuidado de los equipos críticos según la NFPA 70B*

Sección	Recomendaciones y Métodos
<b>Limpieza de equipos (General)</b>	- Método de limpieza según tipo de contaminación y uso posterior.
	- Secar equipos después de solventes/agua y realizar pruebas de aislamiento.
	- Limpiar/reemplazar filtros regularmente.
	- Eliminar polvo y residuos sueltos con paños secos, aspiración o aire comprimido (con protección).
	- Para suciedad persistente: paños humedecidos con solventes no inflamables (verificar compatibilidad).
<b>Pruebas de transformadores</b>	- <b>Pruebas generales:</b> Aislamiento (devanado-devanado y devanado-tierra), factor de potencia/disipación, corriente de excitación, resistencia de devanados.
	- <b>Transformadores con líquido:</b> Análisis de calidad del líquido aislante.
<b>Pruebas de máquinas rotativas</b>	- <b>Pruebas eléctricas:</b> Resistencia de aislamiento, absorción dieléctrica (devanados).
	- <b>Pruebas mecánicas:</b> Vibración (desplazamiento, velocidad, aceleración) para detectar desequilibrio, desalineación o cojinetes defectuosos.
	- Uso de analizadores FFT para diagnóstico avanzado.

<b>Mantenimiento de transformadores</b>	- Inspecciones periódicas según importancia, carga, entorno y condiciones operativas.
	- Registrar lecturas de corriente, tensión, nivel de líquido y temperatura (especialmente en carga máxima).
	- Monitorear sobrecargas y fallas en refrigeración.
<b>Mantenimiento de autotransformadores</b>	- Verificar ventilación, gabinete (corrosión, fugas), nivel de ruido (indica bobinados sueltos).
	- <b>Precauciones:</b> Desenergizar, bloqueo/etiquetado, prueba de ausencia de energía y conexión a tierra.
	- Inspeccionar suciedad, decoloración, aisladores dañados, conexiones sueltas/corroidas.
	- Limpieza con aspiradora o aire comprimido seco a baja presión.
<b>Mantenimiento de equipos rotativos</b>	- Programa de mantenimiento según horas de uso y entorno.
	- <b>Seguridad:</b> Bloqueo/etiquetado, uso de EPP.
	- Inspeccionar devanados (estator/rotor), escobillas, anillos colectores, cojinetes y lubricación.
	- Limpieza y secado de estructuras aislantes; lavado controlado si hay obstrucción severa.
	- Considerar eficiencia energética en reemplazo de motores.
<b>Mantenimiento de tableros eléctricos</b>	- Revisar conexiones de cableado y evitar interconexiones peligrosas.
	- Inspeccionar barras colectoras, terminales y conexiones (evitar sobrecalentamiento).
	- <b>Contactores:</b> Reemplazar contactos desgastados, inspeccionar canaletas de arco.
	- <b>Relés de sobrecarga:</b> Verificar terminales, sobrecalentamiento y funcionamiento.
	- <b>Interruptores automáticos:</b> Limpieza, revisión de conexiones, ejercicio manual para lubricación y contacto limpio.
	- <b>Enclavamientos:</b> Verificar funcionamiento eléctrico/mecánico para seguridad.

### 3.1.2. Hojas de ruta

Las hojas de ruta son formatos que permiten tener una información más completa de los procedimientos que se deben seguir para realizar una actividad específica.

En el ANEXO 1 se muestran las hojas de ruta de los equipos críticos.

### **3.1.3. Lista de repuesto**

Las listas de repuesto en un plan de mantenimiento preventivo eléctrico son documentos detallados que enumeran todas las piezas, componentes y materiales que pueden requerirse para realizar tareas de mantenimiento en los equipos eléctricos de una instalación. Su objetivo principal es asegurar que los repuestos críticos estén disponibles cuando se necesiten, minimizando así los tiempos de inactividad y optimizando la eficiencia del mantenimiento.

La lista de repuesto de cada equipo crítico se muestra en el ANEXO 2.

### **3.1.4. Hojas de reporte**

Las hojas de reporte de un manual de mantenimiento son documentos específicos que se utilizan para registrar de manera detallada las actividades de mantenimiento realizadas sobre los equipos o instalaciones.

Las hojas ruta de cada equipo crítico y checklists de control de tableros y motores eléctricos se muestra en el ANEXO 3.

### **3.1.5. Cronograma**

Un cronograma en un plan de mantenimiento preventivo eléctrico es una programación detallada que establece cuándo y con qué frecuencia se deben realizar las tareas de mantenimiento en los equipos e instalaciones eléctricas. Su objetivo es organizar y distribuir las actividades preventivas a lo largo del tiempo para asegurar el funcionamiento óptimo y seguro de los activos eléctricos, minimizando el riesgo de fallas inesperadas y prolongando su vida útil.

En el ANEXO 4 se adjunta un cronograma propuesto.

### **3.1.6. Indicadores de mantenimiento**

Estos indicadores ayudan a prever fallos, optimizar la disponibilidad de los equipos, reducir costos y asegurar la calidad y seguridad en las operaciones.

Se presenta los objetivos, responsables, frecuencia y métrica de los indicadores presentados a continuación:

**Elaboración del Plan de Mantenimiento Eléctrico Preventivo para las instalaciones del sector industrial de la Empresa Forestal e Industrial S.A (EFISA) ubicada en la ciudad de Villeta, del Dpto. Central - CHRISTIAN JOEL PEÑA VARELA - 2025**

*Tabla 6. Indicadores de mantenimiento.*

<b>INDICADOR</b>	<b>PROCESO</b>	<b>RESPONSABLE DE LA MEDICION</b>	<b>OBJETIVO</b>
% de Cumplimiento del Mantenimiento de equipos e instalaciones	Tecnología e Infraestructura - Mantenimiento Eléctrico	Técnico de Mantenimiento Eléctrico	
Total de Horas paradas por mantenimiento correctivo	Línea de producción	Técnico mecánico, eléctrico, instrumental	Tener menos paradas por mantenimiento correctivo
Disponibilidad de equipos	Línea de producción	Técnico mecánico, eléctrico, instrumental	Tener todos los equipos disponibles
Tiempo medio entre fallos (MTBF)	Línea de producción	Técnico mecánico, eléctrico, instrumental	Tener todos los equipos disponibles el mayor tiempo posible
Costo de mantenimiento por unidad de producción	Línea de producción	Técnico mecánico, eléctrico, instrumental	Tener el menor gasto con la mayor producción por planta

**Elaboración del Plan de Mantenimiento Eléctrico Preventivo para las instalaciones del sector industrial de la Empresa Forestal e Industrial S.A (EFISA) ubicada en la ciudad de Villeta, del Dpto. Central - CHRISTIAN JOEL PEÑA VARELA - 2025**

INDICADOR	METRICA	FRECUENCIA	META
% de Cumplimiento del Mantenimiento de equipos e instalaciones	$\sum \text{Cantidad de servicios ejecutados} \times 100 / \sum \text{Cantidad de servicios solicitados}$	Mensual	$\geq 85\%$
Total de Horas paradas por mantenimiento correctivo	$\sum \text{horas paradas}$	Mensual	$\leq 10$ horas
Disponibilidad de equipos	$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de operacion}}{\text{Tiempo programado}} \times 100$	Mensual	$\geq 85\%$
	Tiempo programado = (30 o 31 días)* 24 hs		
	Tiempo de operación =Tiempo programado - paradas por mantenimiento correctivo/preventivo -paradas por problemas externos a la planta		
Tiempo medio entre fallos (MTBF)	$MTBF = \frac{\text{Total de horas de operacion}}{\text{Numero de fallos}}$	Mensual	$\geq 140$
Costo de mantenimiento por unidad de producción	$\text{Costo de Mtto. por unidad} = \frac{\text{Costo Total de mantenimiento}}{\text{Unidades producidas}}$	Mensual	

### 3.2. Presupuesto del plan de mantenimiento

En la Tabla 7 se detalla el presupuesto del plan de mantenimiento preventivo eléctrico, se tienen en cuenta los costos de los equipos, capacitaciones, kit de mantenimiento de los motores eléctricos, repuesto de tableros y transformador marcados como “necesarios” en el ANEXO 2. Totalizando la suma de Gs. 415.332.309.

Tabla 7. Presupuesto del plan de mantenimiento

Descripción	Cant.	Precio Unit. (Gs.)	Subtotal (Gs.)
<b>Equipos</b>			
Medidor de la resistencia de aislamiento UNI-T UT502C	1	700.000	700.000
Medidor de vibración FFT	1	6.365.000	6.365.000
Cámara termográfica HTV700 LCD	1	4.570.000	4.570.000
Medidor de factor de disipación	1	72.874.055	72.874.055
Equipo para prueba de resistencia de devanado	1	42.686.770	42.686.770
<b>Capacitaciones</b>			
Mediciones eléctricas	2	5.000.000	10.000.000
Termografía	2	18.904.600	37.809.200
Análisis de vibraciones	2	8.034.455	16.068.910
<b>Motores Eléctricos</b>			
Kit de mantenimiento Zona Despuntadora; Cepilladora	Global	5.266.800	5.266.800
Kit de mantenimiento Canteadora Nivel 1 y Nivel 2	Global	9.921.600	9.921.600
Kit de mantenimiento Zona cinta transportadora de aserrín	Global	1.675.800	1.675.800
Kit de mantenimiento Cintas y rodillos Nivel 2	Global	3.830.400	3.830.400
Kit de mantenimiento Sierra Tándem	Global	29.341.600	29.341.600
Kit de mantenimiento Sierra horizontal	Global	14.851.200	14.851.200
Kit de mantenimiento Sierra circular múltiple	Global	21.289.000	21.289.000
Kit de mantenimiento Picadora	Global	110.747.774	110.747.774
<b>Tableros Eléctricos</b>			
Repuestos Zona Despuntadora; Cepilladora	Global	5.273.400	5.273.400

**Elaboración del Plan de Mantenimiento Eléctrico Preventivo para las instalaciones del sector industrial de la Empresa Forestal e Industrial S.A (EFISA) ubicada en la ciudad de Villeta, del Dpto. Central - CHRISTIAN JOEL PEÑA VARELA - 2025**

Repuestos Canteadora Nivel 1	Global	1.438.200	1.438.200
Repuestos Canteadora Nivel 2	Global	1.438.200	1.438.200
Repuestos Zona cinta transportadora de aserrín	Global	1.677.900	1.677.900
Repuestos Cintas y rodillos Nivel 2	Global	3.835.200	3.835.200
Repuestos Sierra Tándem	Global	958.800	958.800
Repuestos Sierra horizontal	Global	1.438.200	1.438.200
Repuestos Sierra circular múltiple	Global	1.198.500	1.198.500
Repuestos Picadora	Global	2.157.300	2.157.300
Repuestos Bloque neumático	Global	239.700	239.700
Repuestos Cabina de control	Global	958.800	958.800
<b>Transformador</b>			
Descargador de sobre tensión	3	501.000	1.503.000
Juntas	1	237.000	237.000
Porta fusible MT	3	300.000	900.000
Seccionador fusible tipo expulsión MT	3	756.000	2.268.000
Fusible ELO MT	3	77.000	231.000
Porta fusible BT	3	457.000	1.371.000
Fusible NH BT	3	70.000	210.000
		<b>TOTAL (Gs.)</b>	<b>415.332.309</b>

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

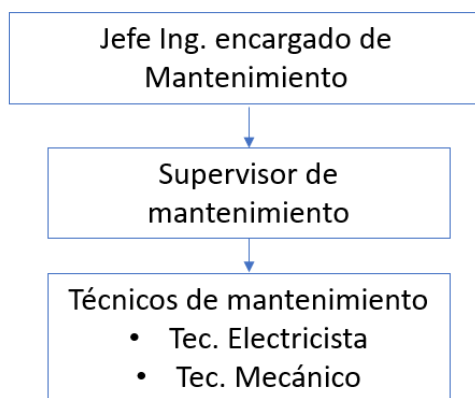
El desarrollo del proyecto permitió alcanzar los objetivos específicos planteados, estableciendo un marco técnico para la optimización del mantenimiento eléctrico en la Empresa Forestal e Industrial S.A. (Efisa). Sin embargo, su efectividad dependerá de la rigurosidad en la implementación y el seguimiento continuo. A continuación, se presentan las conclusiones derivadas del análisis y las recomendaciones técnicas para su ejecución:

1. **Relevamiento de datos y diagnóstico:** La recopilación de datos históricos evidenció patrones recurrentes de fallas en circuitos eléctricos y maquinarias, destacando la necesidad de un enfoque sistemático. No obstante, la calidad de los datos fue limitada en algunos casos, lo que puede afectar la precisión del análisis predictivo.
2. **Identificación de equipos críticos:** Los componentes con mayor impacto en la producción fueron los autotransformadores, transformadores, motores y tableros eléctricos. Su priorización en el mantenimiento es justificable técnicamente, aunque se requiere validación empírica post-implementación para confirmar la reducción de fallas.
3. **Alineación con normativas:** La aplicación de la norma NFPA 70B proporcionó un marco estandarizado para el mantenimiento preventivo, pero su adaptación al contexto específico de Efisa demandará ajustes continuos, particularmente en lo referente a seguridad operativa y frecuencias de intervención.
4. **Plan de mantenimiento y presupuesto:** La propuesta de mantenimiento preventivo, con intervalos de 6 a 12 meses, representa una mejora teórica frente al enfoque reactivo actual. Sin embargo, el presupuesto estimado (Gs. 415.332.309) debe ser sometido a revisiones periódicas para garantizar su viabilidad financiera, considerando posibles sobrecostos por imprevistos técnicos o fluctuaciones en los precios de repuestos.

### Recomendaciones técnicas:

- **Implementación supervisada:** Establecer un comité de seguimiento liderado por el **Ing. Jefe de Mantenimiento**, quien deberá coordinar auditorías trimestrales para evaluar el cumplimiento del plan. Se sugiere un organigrama jerárquico como se muestra en la Figura 2 donde los técnicos especializados reporten

directamente al área de mantenimiento eléctrico, evitando dispersión de responsabilidades.



*Figura 2. Organigrama propuesto.*

- **Documentación técnica:** Desarrollar esquemas unifilares actualizados para cada circuito, integrando estos documentos en un sistema de gestión accesible. Esto facilitará el diagnóstico de fallas y la planificación de intervenciones.
- **Capacitación estandarizada:** Implementar programas de formación anual basados en competencias técnicas y normativas, con evaluaciones prácticas que certifiquen la idoneidad del personal.
- **Adopción gradual de mantenimiento predictivo:** Iniciar con pilotos de monitoreo mediante sensores en equipos críticos, analizando su costo-beneficio antes de una escalada tecnológica.
- **Retroalimentación basada en datos:** Utilizar indicadores clave (MTBF, MTTR) para medir la eficacia del plan, ajustando frecuencias y procedimientos según resultados empíricos.

En síntesis, el proyecto presenta un avance metodológico, pero su éxito estará condicionado por la capacidad de Efisa para institucionalizar procesos, asignar recursos adecuados y mantener una mejora continua basada en evidencia técnica. La figura del **Ing. Jefe de Mantenimiento** será clave para articular estas acciones y garantizar la sostenibilidad del sistema.

## **5. BIBLIOGRAFÍA**

- [1] O. M. BENITEZ FRUTOS, DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA ELECTRICO DE MAQUINAS INYECTORAS DE PLASTICO (PET) Y DE EQUIPOS PERIFERICOS CONEXOS DE UNA PLANTA PROCESADORA DE PLASTICO, FCyT, 2019.
- [2] J. J. Serna Ramirez, IMPLEMENTACIÓN PLAN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PARA DESTILERIA RIOPAILA Y RIOPAILA ENERGÍA, Pereira, 2016.
- [3] L. Casas Aguirre, ELABORACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PREVENTIVO APLICADO A LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS DE LA EMPRESA ADEPROSAC SAN ISIDRO 2019, Villa El Salvador, 2019.
- [4] F. A. Latorre Olivo and R. A. Villa Cayambe, PROPUESTA DE REDISEÑO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO Y DE TABLEROS DE CONTROL CON PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE LAS ÁREAS DE PREPARACIÓN Y FABRICACIÓN DE LA PLANTA PISMADE S.A. RIOBAMBA, Riobamba, 2021.
- [5] NFPA, NFPA 70B Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance, National Fire Protection Association, 2019.
- [6] S. Brady, Understanding 2023 NFPA 70B: Standard for electrical equipment maintenance, EATON, 2023.
- [7] WEG, Motores eléctricos de inducción trifásicos de baja y alta tensión. Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento, Jaraguá do Sul, 2024.

## ANEXOS

### ANEXO 1

#### A.1. Hojas de ruta

##### A.1.1. Transformadores

Tabla 8. Hoja de ruta para mantenimiento de transformadores

Parte del transformador	6 meses	12 meses	
<b>Todo el equipamiento</b>			
Termografía infrarroja	X		Utilizar cámara termográfica para registrar la temperatura
Inspección visual		X	Verificar el nivel de líquido aislante
Limpieza		X	Limpieza General
Servicio mecánico		X	
Pruebas eléctricas		X	Realizar análisis físico-químico Realizar las pruebas descritas en la NFPA 70B.

## A.1.2. Autotransformadores

Tabla 9. Hoja de ruta para mantenimiento de autotransformadores

Parte del transformador	6 meses	12 meses	
<b>Todo el equipamiento</b>			
Termografía infrarroja	<b>X</b>		Utilizar cámara termográfica para registrar la temperatura
Inspección visual		<b>X</b>	
Limpieza		<b>X</b>	Limpiar las caratulas (si es necesario) Limpieza General
Servicio mecánico		<b>X</b>	
Pruebas eléctricas		<b>X</b>	

### A.1.3. Motores Eléctricos

Tabla 10. Hoja de ruta para mantenimiento de motores eléctricos [3].

PARTE DEL MOTOR	Semanal	Mensual	3 meses	6 meses	Anual	3 años	
<b>ESTATOR</b>							
Inspección visual del estator.					x		
Control de la limpieza.					x		
Inspección de las cuñas de las ranuras.						x	
Verificación de la fijación de los terminales del estator.					x		
Medición de la resistencia de aislamiento del devanado.					x		
<b>ROTOR</b>							
Inspección visual.					x		
Control de la limpieza.					x		
Inspección del eje (desgaste, incrustaciones).						x	
<b>COJINETES</b>							
Control del ruido, vibración, flujo de aceite, pérdidas y temperatura.	x						
Control de calidad del lubricante.					x		
Inspección de los casquillos y de la pista del eje (cojinete de deslizamiento).						x	
Cambio del lubricante.							Conforme período indicado en la placa de características del cojinete.
<b>INTERCAMBIADOR DE CALOR AIRE-AGUA</b>							
Inspección de los radiadores.					x		
Limpieza de los radiadores.					x		
Inspección de los ánodos de sacrificio de los radiadores (si existen).		x					Aumentar la frecuencia de inspección en caso de corrosión excesiva
Cambio de las juntas (hermetizantes) de los cabezales de los radiadores.					x		
<b>INTERCAMBIADOR DE CALOR AIRE-AIRE</b>							
Limpieza de los tubos de ventilación.					x		
Inspección de la ventilación.					x		
Inspección del sistema de levantamiento de las escobillas (si existe).							
<b>FILTRO(S) DE AIRE DEL MOTOR</b>							
Inspección, limpieza y sustitución, si necesario.							Cada 2 meses
<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y CONTROL</b>							
Registro de los valores.	x						

**Elaboración del Plan de Mantenimiento Eléctrico Preventivo para las instalaciones del sector industrial de la Empresa Forestal e Industrial S.A (EFISA) ubicada en la ciudad de Villeta, del Dpto. Central – ANEXO - CHRISTIAN JOEL PEÑA VARELA - 2025**

Prueba de funcionamiento.									x	
Desmontaje y prueba de funcionamiento.										x
<b>ACOPLAMIENTO</b>										
Inspección de la alineación.									x	Verificar tras la primera semana de funcionamiento
Inspección del cableado del acoplamiento.									x	
<b>MOTOR COMPLETO</b>										
Inspección de ruido y vibración.	x									
Drenaje del agua condensada.			x							
Reapriete de los tornillos.									x	
Limpieza de las cajas de conexión.									x	
Reapriete de las conexiones eléctricas y de la puesta a tierra.									x	

#### A.1.4. Tableros eléctricos

Parte del tablero	6 meses	12 meses	
<b>Todo el equipamiento</b>			
Termografía infrarroja	x		Con la cámara termográfica observe la temperatura en los puntos de conexión de los Contactores. Ajustar los puntos de conexión si la temperatura sobre pasa 35°C.
<b>Cables de alimentación</b>			
Inspección visual		X	Verificar que el calibre del cable sea el adecuado para la corriente de trabajo
Limpieza		X	Eliminar el polvo de la superficie externa del tablero.
Pruebas eléctricas		X	
<b>Relés de protección electromecánicos</b>			
Inspección visual		X	
Limpieza		X	Eliminar el polvo de la superficie
Servicio mecánico		X	Ajustar los puntos de conexión
Pruebas eléctricas		X	
<b>Relés de protección, estado sólido y microprocesador</b>			
Inspección visual		X	
Limpieza		X	
Servicio mecánico		X	Ajustar los puntos de conexión
Pruebas eléctricas		X	
<b>Interruptores</b>			
Inspección visual		x	
Limpieza		x	Eliminar el polvo de la superficie
Servicio mecánico		x	Ajustar los puntos de conexión
Pruebas eléctricas		x	

## ANEXO 2

### A.2. Lista de repuestos

#### A.2.1. Transformadores

Tabla 11. Piezas de repuesto transformadores

<b>Piezas de repuesto</b>	
Aislador pasante primario, con su borne correspondiente	•
Aislador pasante secundario, con su borne correspondiente	•
Descargador de sobre tensión	▲
Juntas	▲
Porta fusible MT	▲
Seccionador fusible tipo expulsión MT	▲
Fusible ELO MT	▲
Porta fusible BT	▲
Fusible NH BT	▲
▲ Repuestos necesarios	• Repuestos opcionales

## A.2.2. Motores eléctricos

Tabla 12. Piezas de repuesto para motores eléctricos.

Piezas de repuesto		
Sensor de temperatura para cojinete delantero y trasero		▲
Filtro para filtro (si aplica)		▲
Rodamiento delantero y trasero para el moto-ventilador		
Lubricante para los cojinetes		▲
Sensor de vibración para cojinete delantero y trasero (si aplica)		•
Convertor de señal de vibración para cojinete delantero y trasero (si aplica)		•
Sensor de temperatura para aire (si aplica)		•
Cojinetes de rodamiento (1 pieza para cada cojinete)	Rodamiento	▲
	Sello de teflón	▲
	Anillo de fijación interno	•
	Anillo de fijación externo	•
	Centrifugador de grasa	•
	Anillo con laberinto	•
	Resorte de presión cilíndrica	•
	Anillo de protección contra entrada de agua	•
Cojinetes de deslizamiento (1 pieza para cada cojinete)	Conjunto de casquillos	▲
	Sello laberinto fluctuante	▲
	Sello mecánico	▲
	Anillo móvil de lubricación	•
	Válvula reguladora de aceite (se aplicable)	•
▲ Repuestos necesarios	• Repuestos opcionales	

### A.2.3. Tableros eléctricos

Tabla 13. Pieza de repuesto para tableros eléctricos

Piezas de repuesto	
Interruptor termomagnético Caja moldeada	▲
Interruptor termomagnético DIN	▲
Conmutadores	▲
Pulsadores	▲
Pulsadores de emergencia	▲
Relés térmicos	▲
Luz piloto	▲
Contactores	▲
Relés de seguridad	▲
Bornas din	▲
Variador de frecuencia	•
Autotransformador	▲
Fuente 24 V DC	▲
Ventiladores	▲
▲ Repuestos necesarios	• Repuestos opcionales

## ANEXO 3

### A.3. Hojas de Reporte

#### INFORME DE PRUEBA DE AUTOTRANSFORMADOR

HOJA NÚM. \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_

CLIENTE \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_ NÚM. SERIE \_\_\_\_\_

DIRECCIÓN \_\_\_\_\_ TEMPERATURA DEL AIRE. \_\_\_\_\_ HUMEDAD RELATIVA (%) \_\_\_\_\_

PROPIETARIO/USUARIO \_\_\_\_\_ FECHA ÚLTIMA INSPECCIÓN \_\_\_\_\_

KVA \_\_\_\_\_ VOLTAJE \_\_\_\_\_ IMPEDANCIA \_\_\_\_\_

UBICACIÓN DEL EQUIPO \_\_\_\_\_

SISTEMA DE VENTILACIÓN \_\_\_\_\_

#### INSPECCIÓN ANUAL

Fecha		Fecha	
Iniciales de inspector		Iniciales de inspector	
Carga eléctrica		Equipo de tierra	
Voltaje secundario		*Conexión chequeada	
*Sin carga		*Resistencia	
*Plena carga		Temperatura	
Polvo nen los bobinados		Equipo de tierra	
*Poco		Condición del esmalte	
*Mucho		Condición de la pintura	

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

REPARACIONES RECOMENDADAS \_\_\_\_\_

REPRESENTANTE DEL CLIENTE \_\_\_\_\_ TITULO \_\_\_\_\_

EQUIPO DE PRUEBA \_\_\_\_\_ SERIAL # \_\_\_\_\_

**Elaboración del Plan de Mantenimiento Eléctrico Preventivo para las instalaciones del sector industrial de la Empresa Forestal e Industrial S.A (EFISA) ubicada en la ciudad de Villeta, del Dpto. Central – ANEXO - CHRISTIAN JOEL PEÑA VARELA - 2025**

---

**INFORME DE PRUEBA DE MOTOR**

HOJA NÚM. \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_  
CLIENTE \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_ PROYECTO NÚM. \_\_\_\_\_  
DIRECCIÓN \_\_\_\_\_ TEMPERATURA DEL AIRE. \_\_\_\_\_ HUMEDAD RELATIVA (%) \_\_\_\_\_  
PROPIETARIO/USUARIO \_\_\_\_\_ FECHA ÚLTIMA INSPECCIÓN \_\_\_\_\_  
DIRECCIÓN \_\_\_\_\_ ÚLTIMO INFORME DE INSPECCIÓN \_\_\_\_\_  
UBICACIÓN DEL EQUIPO \_\_\_\_\_  
IDENTIFICACIÓN DEL PROPIETARIO \_\_\_\_\_

---

**INFORMACIÓN DE LA PRUEBA DEL MOTOR**

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO A \_\_\_\_\_ VCC EN MEGOHMS

30 SEG. \_\_\_\_\_  
60 SEG. \_\_\_\_\_  
10 MIN. \_\_\_\_\_  
D.A. \_\_\_\_\_  
P.I. \_\_\_\_\_

A. NOMBRE Y MARCA IDENTIFICATIVA DEL MOTOR \_\_\_\_\_

B. FABRICANTE \_\_\_\_\_

C. NÚMERO DE MODELO \_\_\_\_\_

D. NÚMERO DE SERIE \_\_\_\_\_

E. RPM \_\_\_\_\_

F. TAMAÑO \_\_\_\_\_

G. CODIGO \_\_\_\_\_

H. CABALLOS DE FUERZA \_\_\_\_\_

I. TENSIÓN Y FASE SEGÚN PLACA \_\_\_\_\_

J. AMPERIOS DE PLACA \_\_\_\_\_

K. VOLTAJE REAL \_\_\_\_\_

L. AMPERIOS REALES \_\_\_\_\_

M. FABRICANTE DE ARRANQUE \_\_\_\_\_

N. TAMAÑO INICIAL \_\_\_\_\_

O. TAMAÑO DEL VENTILADOR, N° DE CATÁLOGO Y AMPERAJE \_\_\_\_\_

P. AMPERAJE DEL FUSIBLE \_\_\_\_\_

R. FACTOR DE POTENCIA \_\_\_\_\_

S. FACTOR DE SERVICIO \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

EQUIPO DE PRUEBA \_\_\_\_\_ SERIAL # \_\_\_\_\_





**Elaboración del Plan de Mantenimiento Eléctrico Preventivo para las instalaciones del sector industrial de la Empresa Forestal e Industrial S.A (EFISA) ubicada en la ciudad de Villeta, del Dpto. Central – ANEXO - CHRISTIAN JOEL PEÑA VARELA - 2025**

**INFORME DE PRUEBA E INSPECCIÓN DEL TRANSFORMADOR**

HOJA NÚM. \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_  
 CLIENTE \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_ PROYECTO NÚM. \_\_\_\_\_  
 DIRECCIÓN \_\_\_\_\_ TEMPERATURA DEL AIRE. \_\_\_\_\_ HUMEDAD RELATIVA (%) \_\_\_\_\_  
 PROPIETARIO/USUARIO \_\_\_\_\_ FECHA ÚLTIMA INSPECCIÓN \_\_\_\_\_  
 DIRECCIÓN \_\_\_\_\_ ÚLTIMO INFORME DE INSPECCIÓN \_\_\_\_\_  
 UBICACIÓN DEL EQUIPO \_\_\_\_\_  
 IDENTIFICACIÓN DEL PROPIETARIO \_\_\_\_\_

**INFORMACIÓN DE LA PLACA DE IDENTIFICACIÓN:**

FABRICANTE \_\_\_\_\_ KVA \_\_\_\_\_ FASES \_\_\_\_\_ CICLOS \_\_\_\_\_  
 NÚMERO DE SERIE \_\_\_\_\_ TIPO \_\_\_\_\_ CLASE \_\_\_\_\_  
 VOLTAJE PRINCIPAL \_\_\_\_\_  Δ  o  Y  CORRIENTE NOMINAL \_\_\_\_\_ AMPERIOS.  
 VOLTAJE SECUNDARIO \_\_\_\_\_  Δ  o  Y  CORRIENTE NOMINAL \_\_\_\_\_ AMPERIOS.  
 REFRIGERANTE  ACEITE  ASKAREL  AIRE  NITRÓGENO  OTRO \_\_\_\_\_  
 CAPACIDAD DE REFRIGERANTE \_\_\_\_\_ AUMENTO DE TEMPERATURA (°C) \_\_\_\_\_ IMPEDANCIA (%) \_\_\_\_\_  
 TENSIONES DEL CAMBIADOR DE TOMAS SIN CARGA \_\_\_\_\_

**MEDIDORES Y CONTADORES**

TEMPERATURA \_\_\_\_\_ RANGO DE TEMPERATURA \_\_\_\_\_ REINICIAR MEDIDOR \_\_\_\_\_  
 PRESIÓN \_\_\_\_\_ NIVEL DE ACEITE \_\_\_\_\_ AJUSTE DE TAP \_\_\_\_\_

**INSPECCIÓN VISUAL**

AISLADORES \_\_\_\_\_ CONEXIONES \_\_\_\_\_ PINTURA \_\_\_\_\_ OTRO \_\_\_\_\_  
 CAMBIADOR DE TOMAS DE CARGA \_\_\_\_\_ FUGAS \_\_\_\_\_  
 VENTILADORES Y CONTROLES \_\_\_\_\_ REGULADOR DE GAS \_\_\_\_\_ P. TIERRA \_\_\_\_\_

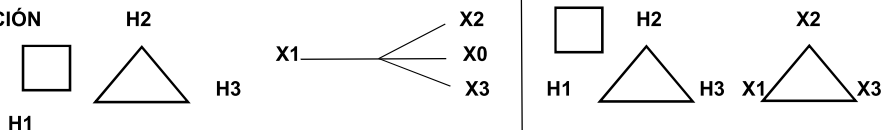
**PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DEL BOBINADO (MEGOHMS)**

PRIMARIO A TIERRA, SEC. PROTEGIDO \_\_\_\_\_ KVDC  
 SECUNDARIO A TIERRA, PRI. PROTEGIDO \_\_\_\_\_ KVDC  
 PRIMARIO A SECUNDARIO, TIERRA PROTEGIDA \_\_\_\_\_ KVDC  
 EQUIPO UTILIZADO \_\_\_\_\_

30 SEG	1 MIN	10 MIN	D.A.	P.I.

**PRUEBA DE RELACIÓN**

**DE VUELTAS**



VOLTAGE PRIMARIOS	POSICIÓN DE TAP	CONEXIÓN H H X X	CONEXIÓN H H X X	CONEXIÓN H H X X	RATIO CALCULADO
	A1				
	B2				
	C3				
	D4				
	E5				

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

EQUIPO UTILIZADO \_\_\_\_\_ ENVIADO POR \_\_\_\_\_

**Elaboración del Plan de Mantenimiento Eléctrico Preventivo para las instalaciones del sector industrial de la Empresa Forestal e Industrial S.A (EFISA) ubicada en la ciudad de Villeta, del Dpto. Central – ANEXO - CHRISTIAN JOEL PEÑA VARELA - 2025**

**REGISTRO DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DEL TRANSFORMADOR**

Planta \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Alcance: Transformadores de potencia de 150 kVA y mayor capacidad con tensión primaria de 2300 voltios o superior. Lectura directa: registrada y graficada.

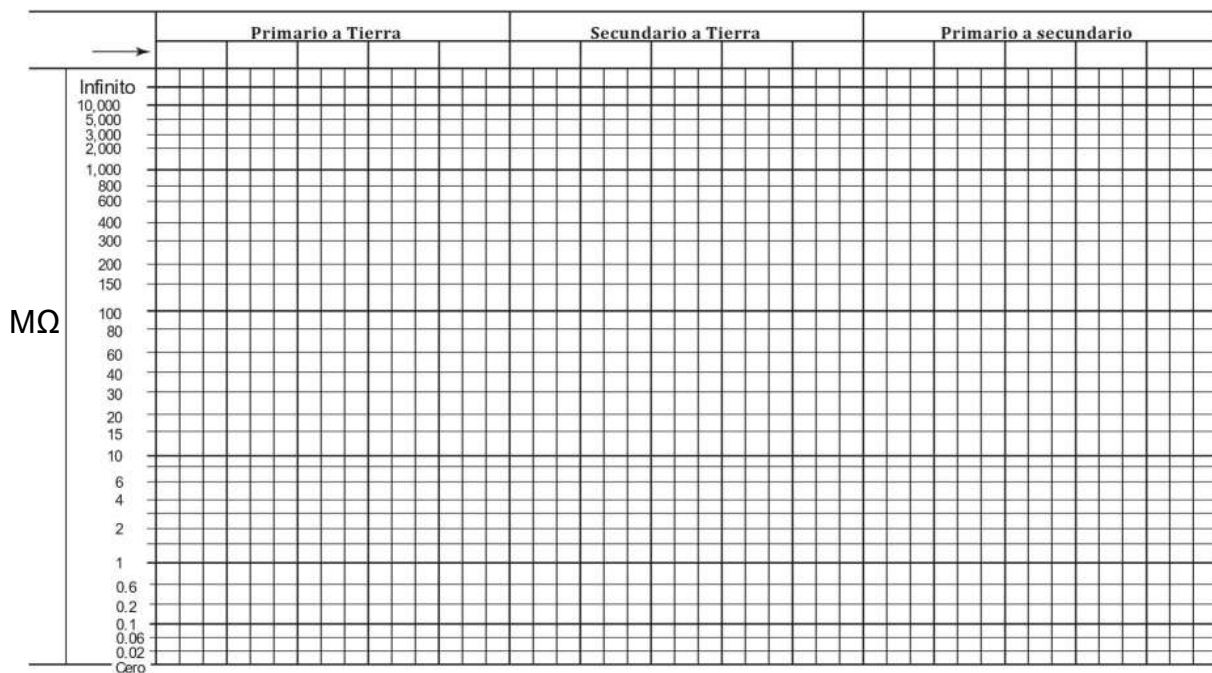
Nº de serie del transformador \_\_\_\_\_ Fase \_\_\_\_\_

Ubicación \_\_\_\_\_ Instrumento utilizado \_\_\_\_\_

Equipo incluido en la prueba \_\_\_\_\_

II*	Fecha	Primario a tierra	Secundario a tierra	Primario a secundario	Temp. Interna	Temp. Ambiente

\* Iniciales del inspector



Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



## Checklist de Control de Tableros Eléctricos

MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
CHECKLIST DE CONTROL DE TABLEROS ELECTRICOS								
PLANTA:								
UBICACIÓN:								
TAG:								
Voltaje Medido:	R-S:	R-T:	ST:	RN:	SN:	TN:		
Corriente Medida:	R:	S:	T:					
Temperatura Máx:								
<b>TABLERO ELECTRICO DE CONTROL Y/O POTENCIA</b>	<b>FUNCION</b>	<b>CONTROL A REALIZAR</b>	<b>FECHA</b>		<b>FECHA</b>		<b>FECHA</b>	
			<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
	<b>Actividad 1</b>	Revisión de estado de estructura externa del tablero (chapa, anclaje, puerta) reparar y limpiar si lo amerita						
	<b>Actividad 2</b>	Medición de Voltaje de entrada y de corriente						
	<b>Actividad 3</b>	Verificar ajuste de conexiones eléctricas en todos los puntos						
	<b>Actividad 4</b>	Verificar puntos calientes en elementos eléctricos por medio de termografía y/o pistola de temperatura						
	<b>Actividad 5</b>	Revisión de correcto funcionamiento de Luces piloto de señalización						
	<b>Actividad 6</b>	Revisión de tuberías de llegada al tablero que estén correctamente instaladas, y si no existe cables que ameriten encintar						
	<b>Actividad 7</b>	Limpieza general interna y externa de tablero						
	<b>Actividad 8</b>	Prueba de funcionamiento						
			<b>RESUELTO</b>					
			<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>OBSERVACIONES:</b>								
<b>TECNICO ASIGNADO:</b>								
<b>VERIFICADO POR:</b>								

Elaboración del Plan de Mantenimiento Eléctrico Preventivo para las instalaciones del sector industrial de la Empresa Forestal e Industrial S.A (EFISA) ubicada en la ciudad de Villeta, del Dpto. Central – ANEXO - CHRISTIAN JOEL PEÑA VARELA - 2025

### Checklist de Control de Motores Eléctricos

MANTENIMIENTO PREVENTIVO CHECKLIST DE CONTROL DE MOTORES ELECTRICOS												
PLANTA:												
UBICACIÓN:												
TAG:												
Voltaje Medido:	R-S:	R-T:	ST:	RN:	SN:	TN:						
Corriente Medida:	R:	S:			T:							
Temperatura Máx:												
Máquina Rotativa (Motor Eléctrico)	Trimestral		Actividad 1	Revisión de estado de estructura externa del motor eléctrico (Carcaza, tapa delantera, ventilador, tapa deflectora) y limpiar dicho equipo, pintura si lo amerita	FECHA		FECHA		FECHA		FECHA	
			Actividad 2	Medición de Voltaje y la corriente del motor en funcionamiento o en vacío se si pudiere.	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
			Actividad 3	Verificar si en funcionamiento se escucha algún ruido de los rodamientos y/o vibra el equipo en funcionamiento o en vacío se si pudiere.	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
	Semestral		Actividad 4	Verificar los terminales si están sulfatados y recalentados, ajuste de conexiones eléctricas y los pulsadores de comando								
			Actividad 5	Desconexión de terminales y Medición de Negado del Motor								
			Actividad 6	Revisión del estado de los cables de llegada al motor y ordenar con precintos								
			RESUELTO									
					SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
	OBSERVACIONES:											
TECNICO ASIGNADO:												
VERIFICADO POR:												

## **ANEXO 4**

### **Cronograma de mantenimiento preventivo eléctrico**

[Hoja de Excel en Google Drive](#)

## ANEXO 5

### A.5. Registro Fotográfico de línea de Producción

#### A.5.1. Rampa de Entrada de Rollos y Cinta Transportadora de Subida



#### A.5.2. Cinta transportadora de Rollos Tándem



### A.5.3. Bloques Neumáticos Acomodadores de Rollos



### A.5.4. Cabina de Control de la Cinta de Entrada de Rollos, Bloques Neumáticos, Carro tándem y Sierra del sector tándem



### A.5.5. Carro Tándem





**A.5.6. Rodillo transportador (Salida de sierra tándem)**



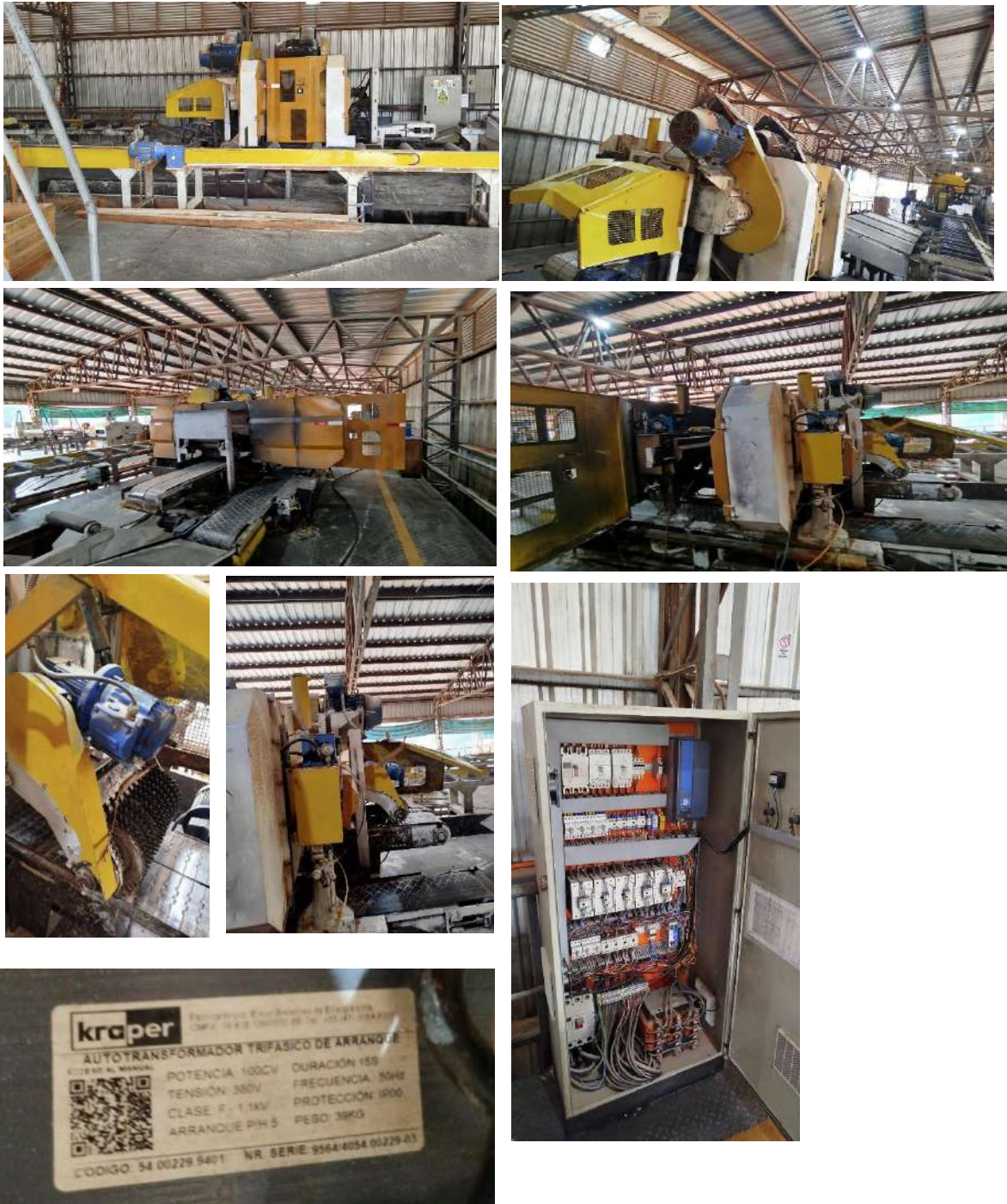
**A.5.7. Mesa separador de Bloques**



**A.5.8. Rodillos transportadora de madera - Horizontal**



**A.5.9. Sierra Horizontal**



**kraper** Fabricación Especializada en Energía Eléctrica  
C.M.F.A. 19.8.2.00000-00-14-102-01-100000

**AUTO TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE ARRANQUE**

ACCEDER AL MANUAL

POTENCIA 100CV	DURACIÓN 15S
TENSIÓN 380V	FRECUENCIA 50Hz
CLASE F-1,1kV	PROTECCIÓN IP00
ARRANQUE PH 5	PESO 35KG

CODIGO 54 00229 9401 NR SERIE 9564-4054 00229-03

**A.5.10. Rodillos transportadora de madera – Múltiple**



**A.5.11. Sierra múltiple**



**A.5.12. Canteadora Nivel 2**



**A.5.13. Cintas y Rodillos Transportadora de madera – A despuntadora**



**A.5.14. Sector Despuntadora Fija– Cinta transportadora y Sierra**



**A.5.15. Despuntadora Móvil - Sierras**



**A.5.16. Canteadora Nivel 1**





**A.5.19. Cintas Transportadora de Aserrín**



**A.5.20. Caldera – Transportadora tipo sinfín**



**A.5.21. Transformador para Sector Industria**

