



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA:**

---

“TERMOGRAFÍA INDUSTRIAL EN MOTORES ELÉCTRICOS DE LA  
PLANTA SOGUAR S.A. PARA DETERMINAR PARÁMETROS DE  
MANTENIMIENTO PREDICTIVO.”

---

**AUTOR:** Néstor Adán Caiza López

**TUTOR:** Ing. Mg. Luis Escobar

**AMBATO – ECUADOR**

**2016**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

### **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación, bajo el tema “TERMOGRAFÍA INDUSTRIAL EN MOTORES ELÉCTRICOS DE LA PLANTA SOGUAR S.A. PARA DETERMINAR PARÁMETROS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO.”, desarrollado por el estudiante, Caiza López Néstor Adán egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal Examinador designado por el Consejo Directivo de esta Facultad.

TUTOR

.....

Ing. Mg. Luis Escobar

## **AUDITORÍA DEL TRABAJO DE GRADO**

Yo, NÉSTOR ADÁN CAIZA LÓPEZ, con cédula de ciudadanía N°180352813-0 tengo a bien indicar que los criterios emitidos en el informe investigativo, con el tema: “TERMOGRAFÍA INDUSTRIAL EN MOTORES ELÉCTRICOS DE LA PLANTA SOGUAR S.A. PARA DETERMINAR PARÁMETROS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO.” Así como también los contenidos presentados, ideas, análisis y síntesis de datos y resultados son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este trabajo de investigación.

Ambato, Marzo del 2016

Autor

---

Néstor Adán Caiza López

## DEDICATORIA

*El presente trabajo lo dedico con mucho cariño a Dios, a mi madre, **María**, por haberme dado la vida; por ser el ejemplo y pilar para seguir adelante.*

*A mis hermanas: **María, Carmen y Patricia**, por el apoyo incondicional que me han brindado, por sus consejos y palabras de aliento en los momentos difíciles.*

*A mis sobrinos a quienes quiero muchísimo y que han llegado a mi vida para llenarla de momentos divertidos y quienes con sus travesuras supieron transformar mis tristezas en alegrías **Lenin, Andrés, Ángel y Guadalupe**, personitas especiales que hacen que todo esfuerzo valga la pena.*

*Néstor*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios, por ser quien me dio la oportunidad de vivir y de alcanzar todas mis metas, por ser mi amigo fiel y no dejarme solo en los momentos de tristezas.*

*A toda mi familia, por su apoyo y por brindarme su amor y su ayuda desinteresada para que pueda cumplir con éxito mis metas y sueños.*

*A todas las personas que de alguna manera colaboraron para la realización de este proyecto.*

***Néstor***

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUDITORÍA DEL TRABAJO DE GRADO .....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN EJECUTIVO .....	XVII

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMA

1.1	TEMA.....	1
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1	Contextualización.....	1
1.2.2	Análisis crítico.....	2
1.2.3	Prognosis .....	2
1.2.4	Formulación del problema.....	2
1.2.5	Preguntas directrices.....	3
1.2.6	Delimitación del objeto de investigación .....	3
1.2.6.1	De Contenido .....	3
1.2.6.2	Espacial.....	3
1.2.6.3	Temporal.....	4

1.3	JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4	OBJETIVO .....	4
1.4.1	Objetivo general .....	4
1.4.2	Objetivos específicos.....	4

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1	ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	6
2.2	FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA .....	7
2.3	RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES .....	7
2.3.1	Introducción.....	8
2.3.2	Termografía industrial .....	9
2.3.2.1	Cámara Termográfica .....	10
2.3.2.2	Emisividad. ....	10
2.3.2.3	Motores Eléctricos. ....	11
2.3.3	Pérdidas de energía y eficiencia. ....	16
2.3.3.1	Pérdidas eléctricas en los devanados .....	17
2.3.3.2	Pérdidas magnéticas en las partes del acero. ....	18
2.3.3.3	Pérdidas mecánicas.....	18
2.3.3.4	Pérdidas por corrientes parásitas.....	18
2.3.3.5	Pérdidas por transferencia de calor.....	19

2.3.3.6	Pérdidas indeterminadas. ....	19
2.3.3.7	Factores que inciden en la eficiencia de un motor eléctrico. ....	19
2.3.4	Tribología. ....	22
2.3.5	Diseño de elementos. ....	23
2.3.5.1	Componentes móviles. ....	23
2.3.6	Mantenimiento. ....	25
2.3.6.1	Tipos de mantenimiento. ....	25
2.3.7	Plantas industriales ....	26
2.3.7.1	Métricas de producción. ....	26
2.3.7.2	Organización de plantas industriales ....	27
2.4	HIPÓTESIS ....	27
2.5	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES ....	27
2.5.1	Variable independiente. ....	27
2.5.2	Variable dependiente. ....	27
2.5.3	Término de relación. ....	27

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA**

3.1	Modalidad básica de la investigación. ....	28
3.2	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN. ....	28
3.2.1	Exploratorio. ....	28



3.2.2	Descriptivo. ....	29
3.2.3	Explicativo.....	29
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA. ....	29
3.3.1	Población.....	29
3.3.2	Muestra.....	31
3.4	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	32
3.4.1	VARIABLE INDEPENDIENTE: Termografía industrial en motores eléctricos .....	32
3.4.2	VARIABLE DEPENDIENTE: Parámetros de un mantenimiento predictivo.....	33
3.5	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	33
3.6	PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	33
3.7	PLAN DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN. ....	33

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

4.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	34
4.1.1	Análisis de los procesos de inspección termográficos. ....	34
4.1.2	Análisis de las Imágenes termográficas. ....	35
4.1.2.1	Motor del bombo giratorio 01 de la planta Soguar S.A.....	36
4.1.2.2	Motor de la escurridora 01 de la planta Soguar S.A.....	37
4.1.2.3	Motor de la escurridora 02 de la planta Soguar S.A.....	38

4.1.2.4	Motor de la dividorora 01 de la planta Soguar S.A. ....	39
4.1.2.5	Motor de la dividorora 04 de la planta Soguar S.A. ....	40
4.1.2.6	Motor de la mezcladora de la planta Soguar S.A. ....	41
4.1.2.7	Motor del elevador de la planta Soguar S.A. ....	42
4.1.2.8	Motor bomba del elevador de la planta Soguar S.A. ....	43
4.1.2.9	Motor del molino húmedo de la planta Soguar S.A. ....	44
4.1.2.10	Motor bomba de combustible de la planta Soguar S.A. ....	45
4.1.2.11	Motor del ventilador intercambiador de la planta Soguar S.A. ....	46
4.1.2.12	Motor del ventilador de combustión de la planta Soguar S.A. ....	47
4.1.2.13	Motor del ventilador principal 01 de la planta Soguar S.A. ....	48
4.1.2.14	Motor del ventilador principal 02 de la planta Soguar S.A. ....	49
4.1.2.15	Motor del molino seco de la planta Soguar S.A. ....	50
4.2	INTERPRETACIÓN DE DATOS .....	51
4.3	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	54

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	CONCLUSIONES.....	59
5.2	RECOMENDACIONES .....	60

## CAPÍTULO VI

### PROPUESTA

6.1	DATOS INFORMATIVOS.....	61
6.2	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA .....	62
6.3	JUSTIFICACIÓN.....	62
6.4	OBJETIVOS.....	63
6.4.1	Objetivo general .....	63
6.4.2	Objetivos específicos.....	63
6.5	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	63
6.6	FUNDAMENTACIÓN. ....	64
6.6.1	Codificación de la maquinaria.....	64
6.6.2	Elaboración del plan de mantenimiento .....	64
6.6.3	Mantenimiento del motor eléctrico .....	65
6.6.4	Tareas de mantenimiento del motor SG-SQ-MI-01 .....	66
6.6.5	Tareas de mantenimiento del tablero SG-SR-TE-01.....	70
6.6.6	Cálculos de la eficiencia del motor eléctrico.....	73
6.7	METODOLOGÍA.....	83
6.7.1	Creación de la empresa.....	84
6.7.2	Flujograma de la creación de la terminal de trabajo.....	84
6.7.3	Ingreso de la maquinaria .....	85

6.7.4	Flujograma del registro de tipo de la maquinaria .....	85
6.7.5	Ingreso de datos de los motores eléctricos. ....	86
6.7.6	Ingreso de datos del transformador. ....	87
6.7.7	Ingreso de datos del tablero eléctrico. ....	87
6.7.8	Elaboración de la planificación del mantenimiento. ....	88
6.7.9	Reporte de mantenimiento.....	89
6.7.10	Historial de mantenimiento .....	89
7	BIBLIOGRAFÍA.....	90
	ANEXOS.....	92
	Anexo N°1: Cámara Termografía FLIR E4 .....	93
	Anexo N°2: Valores predeterminados de factor de velocidad $f_n$ para rodamientos de bolas FAG,.....	94
	Anexo N°3: Valores predeterminados de factor de velocidad $f_n$ para rodamientos de rodillos FAG, Catálogo WL 41 520/3 SB .....	95
	Anexo N° 4: Valores predeterminados de $f_l$ FAG, Catálogo WL 41 520/3 SB.....	96
	Anexo N°5: Emisividad de la pintura.....	97
	Anexo N°6: Emisividad hierro fundido .....	98
	Anexo N°8 Tabla de distribución “t” con “v” grados de libertad.....	100
	Anexo N°9: Tabla de constantes de radiación. ....	101
	Anexo N°10: Software de mantenimiento predictivo. ....	102
	Anexo °N11: Datos técnicos de los motores.....	113

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Red de categorías fundamentales.....	8
Figura 2.2 Imagen Termográfica.....	9
Figura 2.3 Cámara Termográfica. ....	10
Figura 2.4 Partes de un motor eléctrico. ....	16
Figura 2.5 Motor eléctrico.....	16
Figura 2.6 Gráfico de corrientes parásitas.....	19
Figura 4.1 Selección de los puntos y áreas .....	35
Figura 4.2 Motor del bombo giratorio 01.....	36
Figura 4.3 Imagen termográfica de la carcasa del motor del bombo giratorio 01	36
Figura 4.4 Motor de la escurridora 01.....	37
Figura 4.5 Imagen termográfica de la carcasa del motor 01 de la escurridora .....	37
Figura 4.6 Motor de la escurridora.....	38
Figura 4.7 Imagen termográfica de la carcasa del motor 02 de la escurridora .....	38
Figura 4.8 Motor de la divididora 01 .....	39
Figura 4.9 Imagen termográfica de la carcasa del motor 01 de la divididora.....	39
Figura 4.10 Motor de la divididora 04 .....	40
Figura 4.11 Imagen termográfica de la carcasa del motor 04 de la divididora.....	40
Figura 4.12 Motor de la mezcladora .....	41
Figura 4.13 Imagen termográfica de la carcasa del motor de la mezcladora.....	41

Figura 4.14 Motor del elevador.....	42
Figura 4.15 Imagen termográfica de la carcasa del motor del elevador .....	42
Figura 4.16 Motor bomba del elevador.....	43
Figura 4.17 Imagen termográfica de la carcasa del motor de la bomba elevador.	43
Figura 4.18 Motor del molino húmedo .....	44
Figura 4.19 Imagen termográfica de la carcasa del motor molino húmedo.....	44
Figura 4.20 Motor bomba de combustible .....	45
Figura 4.21 Imagen termográfica de la carcasa del motor bomba de combustible	45
Figura 4.22 Motor del ventilador intercambiador.....	46
Figura 4.23 Imagen termográfica de la carcasa del motor Intercambiador.....	46
Figura 4.24 Motor del ventilador de combustión.....	47
Figura 4.25 Imagen termográfica de la carcasa del motor de combustión.....	47
Figura 4.26 Motor del ventilador principal.....	48
Figura 4.27 Imagen termográfica de la carcasa del motor 01 ventilador Principal .....	48
Figura 4.28 Motor del ventilador principal.....	49
Figura 4.29 Imagen termográfica de la carcasa del motor 02 ventilador Principal.....	49
Figura 4.30 Motor del molino seco.....	50
Figura 4.31 Imagen termográfica de la carcasa del motor molino seco.....	50
Figura 4.32 Gráfica de “t” de student.....	57

Figura 6.1 Características del motor de 4.8 Hp Siemens. ....	78
Figura 6.2 Metodología.....	83
Figura 6.3 Ventana de la creación de una empresa.....	84
Figura 6.4 Flujograma de la creación de la terminal de trabajo.....	84
Figura 6.5 Flujograma del registro de tipo de la maquinaria.....	85
Figura 6.6 Ventana del ingreso datos placa motor.....	86
Figura 6.7 Ventana del ingreso imagen motor.....	86
Figura 6.8 Ventana del ingreso imagen transformador.....	87
Figura 6.9 Ventana del ingreso datos tablero.....	88
Figura 6.10 Flujograma de la planificación del mantenimiento.....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Emisividad .....	11
Tabla 2.2 Revoluciones por minuto. ....	14
Tabla 2.3 Tabla de protección IP. ....	15
Tabla 2.4 Clases y características de los aislamientos eléctricos.....	21
Tabla 2.5 Incremento máxima de temperaturas de los aislamientos eléctricos ....	22
Tabla 2.6 Tablas de prioridades normas ASNT-TC- 1A .....	22
Tabla 2.7 Velocidad de vibración. ....	23
Tabla 3.1 Población.....	29
Tabla 3.2 Muestra.....	31
Tabla 3.3 Operacionalización de la variable independiente.....	32
Tabla 3.4 Operacionalización de la variable Dependiente.....	33
Tabla 4.1 Interpretación de las imágenes Termográficas.....	52
Tabla 4.2 Datos para la interpretación de la hipótesis. ....	55
Tabla 4.3 Prioridades de los motores eléctricos de la planta SOGUAR S.A. ....	57
Tabla 6.1 Descripción de códigos. ....	64
Tabla 6.2 Componentes elegidos para el estudio .....	65
Tabla 6.3 Características del motor SG-SQ-MI-01.....	66
Tabla 6.4 Datos para el cálculo .....	74



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

### **CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**TEMA:** “TERMOGRAFÍA INDUSTRIAL EN MOTORES ELÉCTRICOS DE LA PLANTA SOGUAR S.A. PARA DETERMINAR PARÁMETROS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO”.

**Tutor:** Ing. Mg. Luis Escobar

**Autor:** Caiza López Néstor Adán

#### **RESUMEN EJECUTIVO**

La presente investigación se refiere a la determinación de parámetros para la elaboración de un plan de mantenimiento predictivo mediante la termografía industria, con la finalidad de conocer el estado de operación de los motores eléctricos basándose en el diagnóstico de los instrumentos de medición, para así evitar que se averíen u ocasionen pérdidas en la producción. Las mediciones se tomaron durante un mes entre las horas 10:00 am, 13:00pm y 16:00 pm, por ser horarios con mayor incidencia de trabajo. Al analizar las imágenes termográficas se verificó que bajaron sus temperaturas, entre 10 y 20% de su totalidad, debido a que se realizó un mantenimiento, donde se constató que el 30% de los motores analizados se encontraron con temperaturas elevadas y rodamientos defectuosos.

Finalmente, en la propuesta se elaboró un software de mantenimiento predictivo para motores, tableros eléctricos y transformadores, que contiene información técnica de las maquinarias, imágenes, códigos, números de rodamientos, datos de mediciones, con la finalidad de establecer reportes técnicos, observaciones y procesos que faciliten el mantenimiento. Permitted la elaboración de historiales y la planificación de actividades de mantenimiento, donde se optimizó el rendimiento y eficiencia de los motores.

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA**

#### **1.1 TEMA**

“TERMOGRAFÍA INDUSTRIAL EN MOTORES ELÉCTRICOS DE LA PLANTA SOGUAR S.A. PARA DETERMINAR PARÁMETROS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO”.

#### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

##### **1.2.1 Contextualización.**

A nivel nacional las industrias están focalizadas en aumentar la productividad sin incrementar sus costos, lo que obliga a las empresas a luchar por optimizar sus niveles de producción para permanecer competitivas. En este sentido, los motores de inducción AC, (obtenidos del inglés Altern Current), o corriente alterna, son los elementos más comunes para complementar una maquinaria eléctrica, tanto en sectores industriales, comerciales y mineros. Con la termografía industrial se puede analizar, detectar y controlar varios factores que inciden directamente con la eficiencia.

En la provincia de Tungurahua las industrias tienen la necesidad de aumentar la producción a un mínimo costo, obligando a reemplazar la mano de obra por maquinarias eficientes, lo que implica una planificación a tiempo del mantenimiento de los motores eléctricos, para reducir y facilitar considerablemente el mantenimiento en cada uno de ellos.

En la actualidad la Planta SOGUAR S.A. carece de un plan de mantenimiento predictivo para los motores eléctricos, por lo que es de suma importancia implementar procesos de mantenimiento de acuerdo con los requerimientos de la planta y con el análisis e interpretación de equipos de medición debidamente calibrados y técnicas termográficas, lograr que los motores se encuentren operando en mejores condiciones.

### **1.2.2 Análisis crítico.**

La empresa SOGUAR S.A. es una planta que cuenta con una maquinaria sofisticada, las mismas que están orientados a trabajos de 12 o hasta 24 horas, por lo que es necesario realizar inspecciones continuas o periódicas. Es necesaria la investigación de técnicas termográficas para determinar imágenes infrarrojas, con la finalidad de medir el nivel de radiación electromagnética y presentar conclusiones que sirvan de estudio para determinar parámetros de mantenimiento que permitan la planificación de actividades y mejoren el rendimiento de las maquinarias.

### **1.2.3 Prognosis.**

Al no contar con un mantenimiento predictivo para los motores eléctricos de la planta, se tendría un desconocimiento total de parámetros de mantenimiento para detectar las causas principales de fallo a futuro, como; recalentamientos, rodamientos defectuosos, averías eléctricas, desalineamientos entre otros. Las paradas innecesarias de la maquinaria conllevan a las pérdidas en equipos, materiales y dinero, estos son problemas que presentan las industrias en la actualidad por lo que este proyecto pretende servir como fuente para la determinación de parámetros de mantenimiento y reducir los riesgos eléctricos como mecánicos.

### **1.2.4 Formulación del problema.**

¿De qué manera la termografía industrial aplicados a los motores eléctricos de la planta SOGUAR S.A. permitirá determinar parámetros de mantenimiento predictivo?

### **1.2.5 Preguntas directrices.**

- ¿Cuáles serán los procedimientos para la aplicación de la termografía industria en los motores eléctricos?
- ¿Cuáles serán las técnicas para la interpretación de las imágenes termográficas tomadas a los motores eléctricos?
- ¿Cuáles serán los parámetros para la determinación de mantenimiento predictivo para los motores eléctricos?

### **1.2.6 Delimitación del objeto de investigación.**

#### **1.2.6.1 De Contenido.**

Este proyecto se realizará con fundamentos basados en:

Sistemas Térmicos.

Máquinas Eléctricas.

Mantenimiento Industrial.

Diseño Tribotécnico.

Plantas Industriales.

Sistemas de Medición y Control industrial.

Electrotecnia.

#### **1.2.6.2 Espacial.**

Esta investigación se desarrollará en la provincia de Tungurahua, ciudad de Ambato sector de Puerto Arturo en la planta SOGUAR S.A.

### **1.2.6.3 Temporal.**

La presente investigación se realizará en el periodo comprendido Noviembre/14-diciembre /15.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN.**

La empresa SOGUAR S.A. siendo una de las pioneras en la fabricación de juguetes caninos y proveedora a todo el país, debe contar con un plan de mantenimiento eficaz de acuerdo con las exigencias de trabajo continuo que ésta atraviesa. Es muy importante que los equipos y maquinarias se encuentren en perfecto estado, por lo que se ha creído conveniente mediante la aplicación de técnicas termográficas realizar un análisis y determinar posibles fallas de los componentes que dificulten el funcionamiento de las maquinarias.

El análisis de las imágenes termográficas permitirá interpretar espectros de temperaturas y detectar sobrecalentamientos en los componentes fijos y móviles de los motores eléctricos.

Es de vital interés realizar esta investigación principalmente para reducir las intervenciones en las áreas de trabajo y disminuir los costos por mantenimiento, por lo que, el capital podrá ser administrado de mejor manera.

## **1.4 OBJETIVO.**

### **1.4.1 Objetivo general.**

Analizar de qué manera la termografía industrial en los motores eléctricos de la planta SOGUAR S.A. permitirá determinar parámetros de mantenimiento predictivo.

### **1.4.2 Objetivos específicos.**

Determinar procedimientos para la aplicación de la termografía industrial en los motores eléctricos.

Identificar técnicas para la interpretación de las imágenes termográficas tomadas a los motores eléctricos.

Examinar parámetros para la determinación de mantenimiento predictivo para los motores eléctricos.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.**

El presente proyecto hace referencia al estudio de la termografía industrial y su aplicación en los motores eléctricos por lo que se ha investigado referencia sobre el tema de trabajo de investigación en proyectos de tesis de la FICM de la Universidad Técnica de Ambato, y se ha encontrado referencias como; la elaboración de un plan de mantenimiento, análisis termográficos y también temas relacionados con la investigación en otras universidades del país, encontrando las siguientes.

Bonilla, S. (2011). Menciona que la aplicación de un plan de mantenimiento en una empresa optimiza su desempeño y reduce tiempos de parada de la maquinaria, mediante la elaboración de un software de mantenimiento identificó factores que influyen directamente al funcionamiento, entre ellos menciona que el 75% de fallas mecánicas se debe al desgaste por rozamiento factor importante para realizar un mantenimiento, también una de las ventajas es la planificación a tiempo de la intervención a las maquinarias, reduciendo los paros involuntarios.

Núñez, D. (2015). Afirma que con la aplicación de la termografía industrial y técnicas termográficas, se puede interpretar imágenes termográficas analizando espectros que identifican los niveles de variación de temperaturas en diferentes áreas de trabajo. Para realizar una inspección utilizando un equipo termográfico deben tener conocimientos sobre los parámetros de funcionamiento, como la emisividad, temperatura reflejada, temperatura ambiente, distancia de enfoque, entre otros.

Abarca, D. (2012). Manifiesta que un plan de mantenimiento predictivo aplicado a los motores eléctricos reduce sus costos de mantenimiento y alarga su vida útil, como también a las maquinarias. Mediante la aplicación de normas de ensayos no destructivos, elaboró reportes termográficos con los cuales realizó diagnósticos, comentarios y recomendaciones para luego ser categorizados según su grado de criticidad y temperatura de trabajo.

## **2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.**

En el proyecto de investigación prevaleció el paradigma crítico propositivo, pues el estudio determinará los parámetros de un plan de mantenimiento predictivo aplicado termografía industrial a los motores eléctricos de la empresa SOGUAR S.A. Para la realización de la investigación se tomó en cuenta la ubicación de la maquinaria y la falta de planificación de mantenimiento.

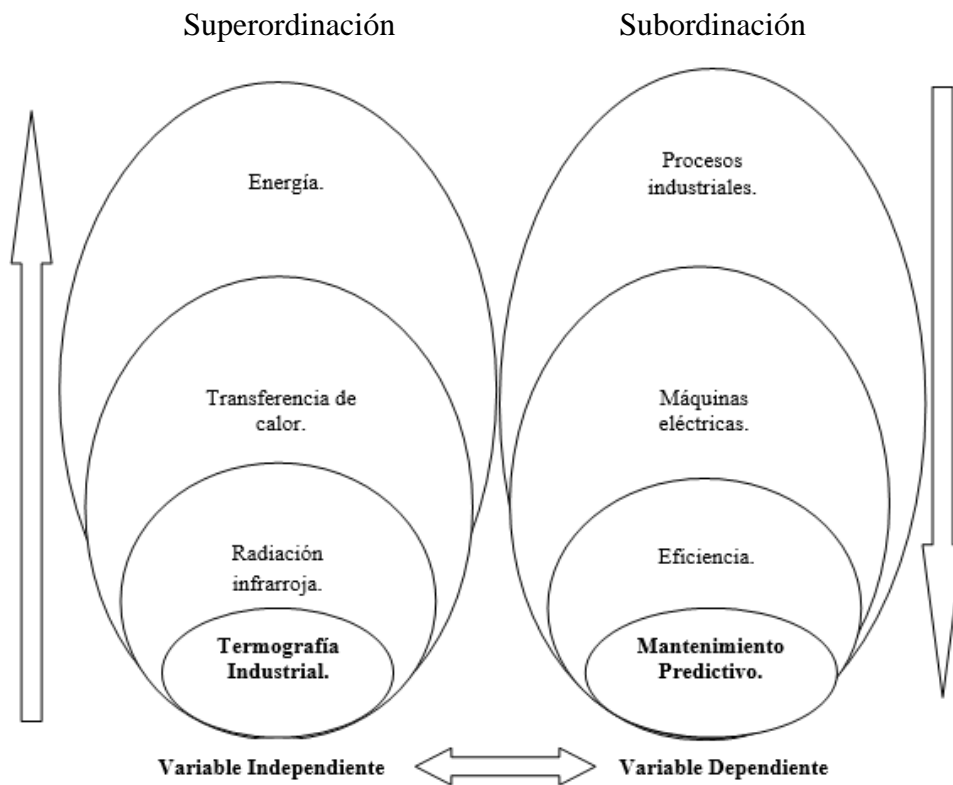
## **2.3 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.**

¿Termografía industrial en motores eléctricos de la planta SOGUAR S.A. para determinar parámetros de mantenimiento predictivo?

X= Termografía industrial en motores eléctricos de la planta SOGUAR S.A.

Y= Determinar parámetros de mantenimiento predictivo.





**Figura 2.1** Red de categorías fundamentales.

**Elaborado por:** (Autor)

### 2.3.1 Introducción.

La importancia de la temperatura es uno de los conceptos básicos para la descripción de imágenes infrarrojas, dando lugar a la determinación de dónde y cómo afectan las anomalías térmicas en los motores eléctricos. La elaboración de un mantenimiento predictivo implica una asistencia más allá de los mantenimientos programados por la empresa. Las tareas y actividades deben ser planificadas y una de las herramientas que permite realizarlas es un plan de mantenimiento, con lo que se puede identificar factores que afectan al funcionamiento de los motores eléctricos.

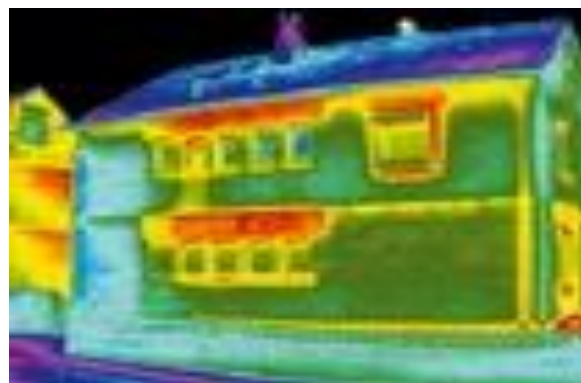
En un motor eléctrico con exceso de polvo y suciedad tanto el interior como exterior provocan calentamientos excesivos que contribuyen con un incremento de pérdidas de eficiencia.

Con las imágenes termográficas podemos realizar un análisis y elaborar reportes técnicos que eviten las fallas en los componentes fijos o móviles de los motores eléctricos.

### **2.3.2 Termografía industrial.**

La termografía infrarroja es una técnica que permite ver la temperatura de un área con precisión sin tener que tener ningún contacto con ella. Bajo un precepto físico podemos convertir la toma de radiación infrarroja en tomas de temperaturas, esto es posible midiendo la radiación emitida en la porción infrarroja del espectro electromagnético desde la superficie del objeto y convirtiendo estas mediciones en señales eléctricas.

Los procesos de la interpretación de las imágenes termográficas es usando una tecnología de medida que visualiza la radiación del calor o la disposición de la temperatura de la superficie de los objetos, cambiando estas mediciones en señales eléctricas. (TESTO AG, 2008).



**Figura 2.2** Imagen Termográfica.

**Fuente:** (Gomez, 2015)

### 2.3.2.1 Cámara Termográfica.

Una cámara termográfica es un tipo de cámara que crea una imagen con luz infrarroja. A diferencia de las cámaras fotográfica o cámaras de vídeo que registran las diferentes longitudes de onda de la luz visible como imágenes, estos dispositivos detectan la luz invisible, infrarrojos, también conocido como calor. Infrarrojos es la radiación electromagnética con una longitud de onda más larga que la luz visible. Por lo tanto, resulta invisible para el ojo humano. (TESTO AG, 2008).



**Figura 2.3** Cámara Termográfica.  
**Fuente:** (Garcia, 2013)

Una cámara termográfica a menudo crea una imagen basada en la intensidad de las ondas infrarrojas que llama la atención de sus sensores. La imagen puede mostrar donde se encuentra, una fuente de calor y cuánto calor está produciendo respecto a los objetos alrededor de ella. Normalmente, cada cámara termográfica lleva a bordo un detector de infrarrojos, existen dos tipos principales de estos detectores en frío y en calor.

### 2.3.2.2 Emisividad.

La relación entre la potencia radiante total de una superficie real a la de una superficie negra, a la misma temperatura y una superficie perfectamente plana se la conoce como emisividad. (Marks, Avallone, E y Baumeister, T. 2007).

**Tabla 2.1** Emisividad

<b>Material</b>	<b>Emisividad*</b>
Aluminio, pulido	0.05
Ladrillo, común	0.85
Ladrillo, refractario, basto	0.95
Hierro fundido, fundición esbozada	0.81
Hormigón	0.54
Cobre, pulido	0.01
Cobre, negro oxidado	0.88
Cinta aislante, plástico negro	0.95
Vidrio	0.92
Barniz, Bakelite	0.93
Pintura, sintética normal	0.94
Papel, negro, mate	0.94
Porcelana, vidriada	0.92
Goma	0.93
Acero, galvanizado	0.28
Acero, muy oxidado	0.88
Papel de alquitrán	0.92
Agua	0.98

**Fuente:** (Típan, 2011).

### **2.3.2.3 Motores Eléctricos.**

Los motores eléctricos son los mayores usuarios del consumo de energía eléctrica en las industrias. Aproximadamente entre el 60 y 70 % del consumo de energía eléctrica de una planta industrial corresponde a aparatos electromotrices tales como ventiladores, bombas, compresores, bandas transportadoras, etc.

Es necesario establecer con precisión el estado energético actual de los mismos como (factor de carga, eficiencia, factor de potencia, antigüedad etc.) y conocer sistemas alternativos como son motores de alta eficiencia.

Hay dos tipos de motores de inducción: monofásicos y polifásicos. Los motores de inducción monofásicos son preferibles para aplicaciones domésticas. Un gran número de ellas se construye en un rango de potencia fraccionaria (menos de un caballo de fuerza ) por otro lado los motores de inducción polifásica cubre todo el espectro de las especificaciones en caballos de fuerza y es preferido instalarlos en lugares donde hay acceso fácil a una fuente de potencia polifásica. (Bray & Huseyin, 2010)

### **Motores de corriente continua (DC).**

Los motores de corriente continua o de corriente directa se emplean en las industrias especialmente en aplicaciones que requieren aceleración gradual dentro de un intervalo muy amplio, ajuste y sincronización de velocidades y control del par de rotación o de tensión. (R.J.Lawrie, 1997).

- De excitación en derivación (tipo shunt).
- De excitación en serie (tipo serie).
- De excitación compuesta o combinada.
- De magnetismo permanente.

### **Motores de corriente alterna (AC).**

El motor de corriente alterna es muy utilizado en las industrias por su simplicidad de construcción y bajo costo de elaboración. Con la aplicación de extensos controles eléctricos y ajustes de frecuencias el motor (AC) cuenta con la ventaja de adaptarse a ellas. (R.J.Lawrie, 1997).

- Motores síncronos.
- Motores asíncronos.
- Motores monofásicos.
- Motores trifásicos.

### **Características de los motores eléctricos.**

El número de revoluciones del motor eléctrico es función de su número de polos y de la frecuencia de la corriente, la frecuencia normal de la corriente eléctrica en América es de 60Hz. El número de revoluciones se reduce en un 5% en los motores a plena carga

(por resbalamiento), que es la diferencia entre velocidades del campo magnético y el rotor (N. Larburu 2008); resulta:

$$n_1 = \frac{120 \cdot \text{Hz}}{n_p} \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Dónde:

$n_1$  = velocidad del campo magnético

Hz = la frecuencia en hertzios.

$n_p$  = el número de polos.

El deslizamiento se expresa:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Dónde:

s = deslizamiento.

$n_2$  = velocidad del rotor.

**Tabla 2.2** Revoluciones por minuto.

REVOLUCIONES POR MINUTO SEGÚN $n_p$ Y HZ	
Número de polos	R.p.m. a 60Hz
2	3600
4	1800
6	1200
8	900
10	720
12	600
14	514
16	450
18	400
20	360

**Fuente:** (N. Larburu 2008).

**a) Protección (IP) de los motores.**

Es el grado de protección para los motores eléctricos con respecto al ingreso de agentes ambientales y humanos. Donde los niveles de protección están indicados por un código compuesto por dos letras “IP” (que proviene del inglés International Protection) y dos números, donde la primera cifra característica indica la protección de personas contra el acceso a partes peligrosas y la segunda cifra característica indica la protección de los equipos contra los efectos perjudiciales debido a la penetración del agua, que se detalla en la Tabla 2.3

Así por ejemplo, una terminal con un IP-55 está protegida contra el polvo y contra chorros de agua a baja presión de todas las direcciones.

**Tabla 2.3** Tabla de protección IP.

	Primer Número - Protección contra sólidos		Segundo Número - Protección contra líquidos		Tercer Número - Protección contra impactos mecánicos (generalmente omitido)
0	Sin Protección	0	Sin Protección	0	Sin Protección
1	Protegido contra objetos sólidos de más de 50mm	1	Protegido contra gotas de agua que caigan verticalmente	1	Protegido contra impactos de 0.225 joules
2	Protegido contra objetos sólidos de más de 12mm	2	Protegido contra rocíos directos a hasta 15° de la vertical	2	Protegido contra impactos de 0.375 joules
3	Protegido contra objetos sólidos de más de 2.5mm	3	Protegido contra rocíos directos a hasta 60° de la vertical	3	Protegido contra impactos de 0.5 joules
4	Protegido contra objetos sólidos de más de 1mm	4	Protegido contra rocíos directos de todas las direcciones - entrada limitada permitida	4	Protegido contra impactos de 2.0 joules
5	Protegido contra polvo - entrada limitada permitida	5	Protegido contra chorros de agua a baja presión de todas las direcciones - entrada limitada permitida	5	Protegido contra impactos de 6.0 joules
6	Totalmente protegido contra polvo	6	Protegido contra fuertes chorros de agua de todas las direcciones - entrada limitada permitida	6	Protegido contra impactos de 20.0 joules
7		7	Protegido contra los efectos de la inmersión de 15cm - 1m	7	
8		8	Protegido contra largos periodos de inmersión bajo presión	8	

**Fuente:** (Norma IEC 60529)

**b) Partes de un motor Trifásico con jaula de ardilla asíncrona.**

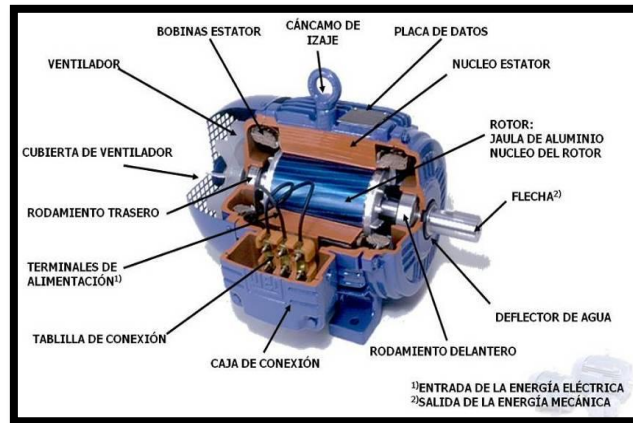
- Estator.

El estator es la parte estacionaria del motor es decir el inductor lo cual es donde se genera el campo magnético. Está formado por laminaciones de acero eléctrico aproximadamente de 0.5 mm de espesor troqueladas individualmente y unidas entre sí por cordones de soldadura, (R.J.Lawrie, 1997).

- Rotor.

El rotor es la parte giratoria del motor que también está compuesta por láminas de acero eléctrico punzonadas en la parte central. En los motores jaula de ardilla en su interior los rotores contienen barras conductoras a lo largo, de aluminio o de cobre con surcos y conectados juntos en ambos extremos poniendo en cortocircuito los anillos que forman la jaula, (R.J.Lawrie, 1997).

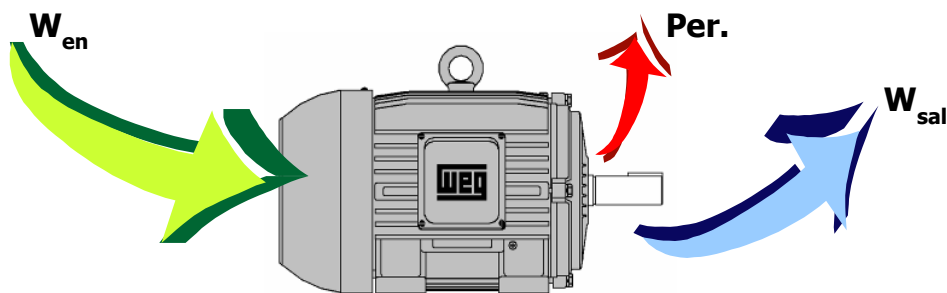




**Figura 2.4** Partes de un motor eléctrico.  
**Fuente:** (Garcia, 2013).

### 2.3.3 Pérdidas de energía y eficiencia.

El objetivo de un motor eléctrico es transformar la energía eléctrica en energía mecánica para realizar un trabajo útil. En la transformación una parte de la energía eléctrica tomada de la red se convierte en calor, creando pérdidas inherentes al motor.



**Figura 2.5** Motor eléctrico.  
**Fuente:** (Saez, 2011).

Las pérdidas de energía son parte de la potencia proporcionada que por lo general en su totalidad se transforma en calor en vez de impulsar la carga. Las pérdidas pueden dividirse en dos categorías, las pérdidas fijas que son constantes para cualquier carga del motor desde el inicio hasta la carga completa y las pérdidas variables que son aquellas de índole eléctricas que dependen de la carga del motor y de la corriente.

### 2.3.3.1 Pérdidas eléctricas en los devanados.

En un motor de inducción trifásico el voltaje se aplica directamente en el devanado del estator (cobre o aluminio) y ésta induce una corriente en el rotor que tiene un devanado que consiste en barras de aluminio conectadas formando un aro, que se lo denomina jaula de ardilla. Esta son pérdidas eléctricas de potencia convertidas en calor.

$$P = I^2R \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Dónde:

I= Intensidad de corriente. (Amperios)

R= La resistencia (ohmios)

### Pérdidas en los conductores.

Estas pérdidas se originan en los conductores que dependen de su resistencia y de los cuadrados de la corriente donde circula, esta depende de la longitud, sección transversal, resistividad, y temperatura. Estas pérdidas aparecen como calor que elevan las temperaturas de los conductores sobre la temperatura ambiente.

$$P = \rho \frac{L}{A} \quad \text{Ecuación 2.4}$$

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t) \quad \text{Ecuación 2.5}$$

Dónde:

R= resistencia del conductor [ $\Omega$ ]

L= longitud del conductor [m]

A= sección transversal del conductor [ $m^2$ ]

$\rho$ = resistividad del conductor a la temperatura  $t$  [ $\Omega \cdot m$ ]

$\rho_0$ = coeficiente de temperatura de la resistencia a  $0^\circ C$  [ $1/^\circ C$ ]

$t$ = temperatura del conductor [ $^\circ C$ ]

### **2.3.3.2 Pérdidas magnéticas en las partes del acero.**

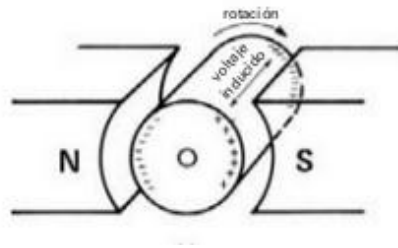
Cuando las moléculas del acero son magnetizadas en una dirección y luego en dirección opuesta por la corriente aplicada ésta origina una pérdida de energía en forma de calor en el acero, se la denomina pérdida por histéresis. Las pérdidas por histéresis y pérdidas por corrientes parásitas suman entre 20 y el 25% de las pérdidas totales en un motor eléctrico.

### **2.3.3.3 Pérdidas mecánicas.**

Estas pérdidas son originadas por las fricciones ocasionadas por los cojinetes o rodamientos, la fricción entre las escobillas contra los anillos rozantes y por ventilación, que son pérdidas por fricción viscosa en las aletas contra el aire, estas pérdidas de energía se convierten en calor como el resto de ellas. Dentro del motor se presentan un 5 y 8% de pérdidas por fricción, (R.J.Lawrie, 1997).

### **2.3.3.4 Pérdidas por corrientes parásitas.**

Estas pérdidas se producen por tensiones inducidas por la variación de flujo magnético en el campo estacionario que se someten en la armadura rotatoria, las pérdidas por corrientes parásitas se convierten inmediatamente en calor y cubren un gran porcentaje de las pérdidas totales de un motor eléctrico. (Wildi, 2007).



**Figura 2.6** Gráfico de corrientes parásitas.  
**Fuente:** (Wildi, 2007)

### **2.3.3.5 Pérdidas por transferencia de calor.**

En la mayoría de los motores eléctricos la transferencia de calor es por convección forzada, por lo que cuentan con elementos de enfriamiento. Estas pérdidas son por convección natural, forzada y por radiación que afectan al rendimiento del motor.

### **2.3.3.6 Pérdidas indeterminadas.**

Estas pérdidas se originan por la variación del flujo magnético, el aumento de corriente que incrementa la temperatura y la resistencia de los conductores que son provenientes de fuentes conocidas o desconocidas.

### **2.3.3.7 Factores que inciden en la eficiencia de un motor eléctrico.**

La variación de tensión y frecuencia de un motor debe tener cierta reserva de capacidad que le permita operar satisfactoriamente, una variación de tensión de un 10% por encima o por debajo respecto al valor nominal indicado en la placa y la frecuencia con una variación del 5% por encima o por debajo respecto al valor señalado en la placa, (R.J.Lawrie, 1997).

### **Fatiga eléctrica.**

El aislamiento se diseña para una aplicación particular. Las elevaciones de voltajes y las caídas de voltajes ocasionan fatiga dentro del aislamiento que puede conducir a

agrietamiento y laminación del propio aislamiento, a menos que la maquinaria esté diseñada para uso interrumpido, cada paro y cada arranque afectarán desfavorablemente el proceso de envejecimiento del aislamiento.

### **Protección en motores eléctricos.**

Todos los motores deben resguardarse inexcusablemente, contra los efectos nocivos de las sobrecargas y los cortos circuitos. Esta protección se realizará mediante dispositivos que sean capaces de producir la desconexión del circuito en un tiempo apropiado, cuando la intensidad supere un valor preestablecido.

Los dispositivos previstos en el reglamento, capaces de cumplir esta función son:

- Protección contra sobrecargas
- Interruptores automáticos con relé térmico
- Fusibles de características y calibre apropiados
- Protección contra cortocircuitos
- Interruptores automáticos con relé magnético
- Protección contra contactos a tierra
- Dispositivos diferenciales

### **Aislamientos.**

Los sistemas de aislamiento se dividen en clases de acuerdo a la resistencia térmica. Cuatro clases de sistemas de aislamiento se utilizan en motores eléctricos, es decir, las clases A, B, F y H. Estas clases han sido establecidas de conformidad con el aislamiento que tiene cada uno de los motores que va de acuerdo con la fabricación y el tipo de trabajo que realizar, como se muestra en la Tabla N°2.4.

**Tabla 2.4** Clases y características de los aislamientos eléctricos.

<b>Clase de aislamientos</b>	<b>Descripción</b>
A	Aislamientos convenientemente impregnados que están sumergidos en un dieléctrico como el barniz aislante.
E	Aislamiento constituido por materiales o asociaciones de materiales que por su experiencia o por ensayos de reconocida garantía, demuestran que pueden funcionar a la temperatura máxima de funcionamiento anteriormente indicada.
B	Aislamiento constituido por materiales o asociaciones de materiales tales como mica, fibra de vidrio, amoníaco, etc., con alógenos adecuados.
F	Aislamiento constituido por materiales o asociaciones de materiales tales como la mica, fibra de vidrio, amoníaco, etc., con alógenos adecuados.
H	Aislamiento constituido por materiales tales como compuestos de silicona o asociaciones de materiales tales como la mica, fibra de vidrio, amoníaco, etc., con aglomerantes adecuados tales como resinas de silicona apropiadas.
C	Aislamiento constituido por materiales tales como compuestos de silicona o asociaciones de materiales tales como la mica, porcelana, cuarzo y vidrio con o sin aglomerante inorgánico. Esta clase dependerá de sus propiedades físicas químicas o eléctricas.

**Fuente:** (Normas NEMA MG-12.53).

Son muy importantes las consideraciones mecánicas y ambientales que influyen en la vida útil del aislamiento de un motor eléctrico, según las normas NEMA (Asociación nacional de fabricantes de equipos eléctricos), tienen una duración aproximada de 20 años, siempre y cuando el motor trabaje dentro de los límites de funcionamiento estimados por la placa y su tipo de aislamiento.

Una de las reglas empíricas de las industrias es que, por cada 10°C de aumento en la temperatura máxima nominal, la vida del motor se reduce a la mitad y se duplica por cada disminución de 10°C.

**Tabla 2.5** Incremento máxima de temperaturas de los aislamientos eléctricos.

Tipo de aislamiento	temperatura máximo	Incremento Máximo
Clase A	105 °C	65 °C
Clase E	120 °C	80 °C
Clase B	130 °C	90 °C
Clase F	155 °C	115 °C
Clase H	180 °C	140 °C
Clase N	200 °C	160 °C

**Fuente:** (Normas NEMA)

La IEEE (Instituto de ingenieros en electricidad y electrónica) basa el límite de temperatura para el aislamiento de los motores eléctricos, que establece una temperatura ambiente convencional equivalente a 40°C.

Inspecciones y análisis de mediciones bajo las normas ASNT-TC-1A. Dedicada a los ensayos no destructivos.

**Tabla 2.6** Tablas de prioridades normas ASNT-TC- 1A.

<b>AAA</b> mayor 100 °C	Severo sobrecalentamiento, realizar atención inmediata.
<b>A</b> 50°C - 99°C	Agudo sobrecalentamiento, realizar atención tan pronto sea posible.
<b>B</b> 30°C - 49°C	Desarrollado sobrecalentamiento, atender a la primera oportunidad.
<b>C</b> 10°C - 29°C	Paso de sobrecalentamiento, programar cuando sea posible.
<b>D</b> menor a 10°C	Siguiente mantenimiento programado.

**Fuente:** (Análisis Termográfico Nivel I, IVAN BOHMAN C.A.)

### 2.3.4 Tribología.

Es el estudio de tres fenómenos; la fricción entre dos cuerpos en movimiento, el desgaste como efecto natural de este fenómeno y la lubricación como un medio para evitar el desgaste.

#### a) Vibraciones.

Las elevadas temperaturas de servicio reducen la dureza de los materiales que resulta en drásticas pérdidas de capacidad de carga afectando a los rodamientos y por consiguiente al funcionamiento.

**Tabla 2.7** Velocidad de vibración.

Velocidad (mm/s)	Tipo de Máquina			
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV
0-0.28	A	A	A	A
0.28-0.45				
0.41-0.71				
0.71-1.12	B	B	B	B
1.12-1.8				
1.8-2.8	C	C	C	C
2.8-4.5				
4.5-7.1	D	D	D	D
7.1-11.2				
11.2-18				
18-28				
28-45				
>45				

**Fuente:** (Norma ISO 2372)

- Clase I para motores (potencia inferior a 15kW o 20hp).
- Clase II para motores (potencia entre 15~75kw o 20-100Hp).
- Clase III para motores de alta potencia (base rígida).
- Clase IV para motores de alta potencia (base flexible).

A, B, C, D son rango de vibraciones. "A" significa bueno, "B" significa satisfactoria, "C" significa no satisfactoria, "D" significa prohibido. La velocidad de vibración debe ser tomada de los tres ejes perpendiculares en la carcasa del motor. Norma ISO-2372 (Organización Internacional de normalización).

### 2.3.5 Diseño de elementos.

#### 2.3.5.1 Componentes móviles.

El balanceo en máquinas rotatorias es un requerimiento importante para un funcionamiento óptimo en la que se trata de que el eje de rotación coincida con uno de los principales ejes de inercia del cuerpo. (Marks, Avallone, E y Baumeister, T. 2007).



- Rodamientos.

Especificaciones técnicas del fabricante de rodamientos SKF y el tipo de lubricante se detalla a continuación.

Grasa NLGI 1 que consta de aceite mineral y grasa de litio.

Temperatura de servicio: -25 – 110°C.

Viscosidad del aceite mineral base a 40°C: (75–220) mm<sup>2</sup>/s.

- Vida útil de los rodamientos.

La norma DIN ISO 281 para rodamientos de carga dinámica, permite el cálculo del deterioro del rodamiento y la fórmula de vida es:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad \text{Ecuación 2.6}$$

Dónde:

$L_{10}$  = Vida nominal ( $10^6$  revoluciones).

C= capacidad de carga dinámica (KN).

P= capacidad dinámica equivalente.

p= exponente de vida.

Esta ecuación expresa sus valore en millones de revoluciones alcanzada o rebasa por lo menos de un 90% de un lote de rodamientos iguales, si la velocidad del rodamiento es constante la podemos interpretar en horas con las siguientes ecuaciones:

$$\sqrt[p]{\frac{L_h}{500}} = \sqrt[p]{\frac{33^{1/3}}{n} * \frac{C}{P}} \quad \text{Ecuación 2.7}$$

$$f_l = \sqrt[p]{\frac{L_h}{500}} \quad \text{Ecuación 2.8}$$

$$f_n = \sqrt[p]{\frac{33^{1/3}}{n}}$$

**Ecuación 2.9**

Dónde:

$f_l$  = Factor de esfuerzo dinámico.

$f_n$  = Factor de velocidad.

n= velocidad (revoluciones por minuto rpm)

Reemplazando las ecuaciones 2.8 y 2.9 en la 2.7 obtenemos la fórmula reducida de vida.

$$P = \frac{C * f_n}{f_l}$$

**Ecuación 2.10**

Los rodamientos obturados están lubricados con una grasa de base lítica, los cuales soportan 120°C durante periodos cortos, (catálogo WL 41 520/30SB 2000).

### **2.3.6 Mantenimiento.**

El mantenimiento en motores eléctricos, se orientar principalmente a la mantenibilidad y disponibilidad a la cual está ajustada a los requerimientos de los proceso de producción, En las empresas la mayor parte de los técnicos en diferentes áreas de mantenimiento coinciden en que un mantenimiento debe ser planificada. La herramienta que permite la planificación de las diferentes tareas de mantenimiento es el plan de mantenimiento, (Navarro, 2009).

#### **2.3.6.1 Tipos de mantenimiento.**

##### **a) Mantenimiento correctivo.**

El mantenimiento correctivo es aquel en que solo se interviene en la maquinaria antes de que ocurra una avería y son comunicados al departamento de mantenimiento por los

usuarios de los mismos. Este tipo de mantenimiento, es aplicado en muchas situaciones, tiene como principal ventaja la reducción de costos de inspecciones y reparaciones.

#### **b) Mantenimiento predictivo.**

El mantenimiento predictivo es planificado y programado de tal manera que se adelanta al suceso de fallas o averías de los componentes de una máquina, de manera que pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza. Existen muchas técnicas que se pueden aplicar en el área del mantenimiento predictivo, siendo algunas de ellas las siguientes:

- Termografía infrarroja.
- Ultrasonido.
- Análisis de vibraciones.
- Análisis espectral de intensidad de corriente.
- Análisis del flujo de dispersión.
- Ensayos no destructivos (END), entre otras.

### **2.3.7 Plantas industriales.**

#### **2.3.7.1 Métricas de producción.**

La evaluación de Proyectos, se ha creado una serie de métricas o mediciones de las actividades de producción que muestra si esta área está trabajando con eficiencia y productividad.

La disponibilidad de cada máquina se calcula como el tiempo de funcionamiento en que realmente se mantuvo y que está trabajando durante un cierto periodo, dividido entre el tiempo programado de producción. (Baca, 2013).

### **2.3.7.2 Organización de plantas industriales.**

Distribución y mantenimiento de máquinas y equipos:

Las técnicas de prevención de riesgos laborales de una empresa se basa en que exista un espacio alrededor de cada máquina o componente del equipo para facilitar un mantenimiento (Navarro, 2009).

- Facilitar el acceso para trabajar y supervisar.
- Facilitar el trabajo de mantenimiento, ajuste y limpieza.
- Facilitar los trabajos en curso.

**Desarrollo de contenidos de la variable dependiente.**

## **2.4 HIPÓTESIS.**

La Termografía Industrial en motores eléctricos de la planta SOGUAR S.A. permitirá determinar parámetros de mantenimiento predictivo.

## **2.5 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.**

### **2.5.1 Variable independiente.**

Termografía industrial en motores eléctricos.

### **2.5.2 Variable dependiente.**

Determinar parámetros de mantenimiento predictivo.

### **2.5.3 Término de relación.**

Para

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.**

El presente proyecto de investigación se realizó con un enfoque cuantitativo bajo una modalidad de nivel de campo experimental-bibliográfico; de campo porque se requiere datos sobre las condiciones que se encuentran las maquinarias y cómo influyen a los motores eléctricos, para así garantizar un correcto desempeño, experimental porque se tuvo que evaluar los parámetros que intervienen directamente en el funcionamiento, con procesos de investigación de pruebas eléctricas, toma de datos de las características en las placas, datos de variaciones de temperatura y horas de trabajo, esto con la finalidad de demostrar los objetivos planteados. Bibliográficos porque se tuvo que respaldar la información la misma que se recopiló de libros, catálogos, internet, tesis y además fue sustentado por la aplicación de normas las cuales brindaron la suficiente veracidad de información.

#### **3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

Los tipos de investigaciones que se van a utilizar para el proyecto son los siguientes;

##### **3.2.1 Exploratorio.**

Se realizó una investigación en libros, artículos y catálogos para determinar los parámetros que influyen en el funcionamiento de un motor eléctrico, de esta manera se detectó anomalías y además la utilización correcta de técnicas termográficas.

### 3.2.2 Descriptivo.

Se comparó los parámetros que intervienen en el proceso de funcionamiento de un motor eléctrico mediante una imagen termográfica.

### 3.2.3 Explicativo.

A través del análisis de las imágenes termográficas se logró evaluar los parámetros que influyen en el funcionamiento del motor eléctrico y fijar las causas del alto tiempo invertido en las operaciones de mantenimiento de la empresa.

## 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.

### 3.3.1 Población.

La planta SOGUAR S.A. cuenta con motores monofásicos, bifásicos y trifásicos con una totalidad de 29 motores eléctricos, de las cuales se realizarán la investigación a aquellos que se encuentren trabajando en condiciones extremas. En la tabla N°3.1, detalla las características de los motores de la planta.

**Tabla 3.1** Población.

N°	Unidades	Potencia (Hp)	Horas diarias de trabajo (h)	Voltaje	Tipo
1	Motor selladora 1	0.5	3	110	Monofásico
2	Motor selladora 2	0.5	3		
3	Cortadora 1	0.75	4		
4	Cortadora 2	0.75	4		
5	Bomba de agua 1	2	3	220	Bifásico
6	Bomba de agua 2	2	3		

**Tabla 3.1** (Continuación)

7	Bomba sumergible	3	2		Bifásico
8	Motor divididora 1	7.5	8	440	Trifásico
9	Motor divididora 2	3	8		
10	Motor divididora 3	3	8		
11	Motor divididora 4	2	8		
12	Bomba mezcladora	3	8	220	
13	Motor mezcladora	4	8		
14	Motor elevador	2	8		
15	Motor escurridora 1	10	8	440	
16	Motor escurridora 2	3	8		
17	Ventilador intercambiador	10	24	220	
18	Ventilador combustión	15	24		
19	Ventilador principal 1	5	24		
20	Ventilador principal 2	4.8	24		
21	Ventilador principal 3	5	5		
22	Ventilador principal 4	5	5		
23	Motor bomba combustible	0.4	24		
24	Motor bombo 1	9	8	440	
25	Motor bombo 2	9	8		
26	Motor bombo de pruebas	3	1	220	
27	Motor del compresor	7.5	4		
28	Motor molino húmedo	50	6		
29	Motor molino exterior	15	8		

**Fuente:** (Autor).

### 3.3.2 Muestra.

Por razones técnicas y de condiciones extremas de funcionamiento se ha considerado una muestra de 15 motores para el respectivo análisis, siendo un 52% de la totalidad de motores de la planta. La muestra para nuestro análisis detalla en la tabla N°3.2.

**Tabla 3.2** Muestra.

N°	Código	Potencia (Hp)	Voltaje (V)	Horas trabajo (h)	Áreas	Tipo
1	SG-SR-MB-01	9	440	8	Rivera	Trifásicos
2	SG-SR-ME-01	10	440	6		
3	SG-SR-ME-02	3	440	6		
4	SG-MA-MD-01	7.5	440	8	Máquinas auxiliares	
5	SG-MA-MD-04	2	440	8		
6	SG-BE-MM-01	4	220	8	Basteo y extruido	
7	SG-BE-ME-01	2	220	8		
8	SG-BE-MB-01	3	220	8		
9	SG-BE-MH.01	50	220	6		
10	SG-SQ-MB-01	0.4	220	12	Quemadores	
11	SG-SQ-MI-01	10	220	24		
12	SG-SQ-MC-01	12	440	24		
13	SG- SQ-MV-01	5	220	24	Túneles	
14	SG-SQ-MV-02	4.8	220	24		
15	SG-EX-MM-01	15	220	8	Exteriores	

**Fuente:** (Autor).



### 3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

#### 3.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE: Termografía industrial en motores eléctricos

Tabla 3.3 Operacionalización de la variable independiente.

Conceptualización	Categorías o Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas Instrumentos
<p>La termografía industrial es una técnica que permite visualizar a distancia y sin ningún contacto, temperaturas en superficie con precisión.</p>	Imágenes termográficas	¿Qué tipo de técnicas termográficas permitirá el análisis en los motores eléctricos?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparativa inicial</li> <li>• Cuantitativa final</li> </ul>	<p>Catálogos.</p> <p>Bibliografías.</p> <p>Ponderados</p>
<p>Un motor eléctrico es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas.</p>	Motores Eléctricos	¿Qué tipo de prioridades permitirán el análisis de temperaturas de los motores eléctricos?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Severo</li> <li>• Agudo</li> <li>• Desarrollado</li> <li>• Normal</li> </ul>	<p>Catálogos</p> <p>Bibliografías</p> <p>Internet.</p>

Fuente: (Autor)

### 3.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE: Parámetros de un mantenimiento predictivo.

Tabla 3.4 Operacionalización de la variable Dependiente.

Conceptualización	Categorías o Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas Instrumentos
Los parámetros de mantenimiento predictivo son variables que son permiten el diagnóstico del estado de componentes e instalaciones eléctricas y mecánicas.	Parámetros de Mantenimiento	¿Qué parámetros permitirá elaborar un mantenimiento predictivo?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura (°C)</li> <li>• Voltaje. (V)</li> <li>• Intensidad. (A)</li> <li>• Potencia. (Hp)</li> <li>• Velocidad.(rpm)</li> </ul>	Cámara termográfica. Equipos de medición eléctrica. Bibliografías. Internet.

Fuente:(Autor)

### **3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.**

En el desarrollo del siguiente proyecto de investigación se ha empleado las técnicas de la observación directa y el empleo de instrumentos electrónicos, para recopilar datos prácticos que ayuden en el análisis e interpretación de resultados y poder cumplir con los objetivos mencionados en este proyecto.

Los instrumentos y equipos que se utilizó en este proyecto fueron un cuaderno de apuntes, lista de chequeos, tablas de control, equipos como una cámara termográfica, un amperímetro, un voltímetro y tacómetro.

### **3.6 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.**

Una vez recolectada la información mediante las técnicas descritas anteriormente se procedió a la elaboración de tablas para interpretar mediante gráficas de dispersión, la variación de temperatura antes y después de un mantenimiento en el motor eléctrico, además del análisis de las tomas termográficas se pudo identificar parámetros para la elaboración de un plan de mantenimiento lo que reflejará en un buen funcionamiento de las maquinarias.

### **3.7 PLAN DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.**

Aplicados ya los instrumentos de medición y recolección de la información, es necesario el procesamiento y análisis de los datos obtenidos como son: revisión y codificación. Se revisó y se verificó que toda la información obtenida este completa y se procedió a la interpretación de resultados obtenidos mediante la elaboración de tablas, gráficas de comparación, imágenes termográficas e interpretaciones fundándose en el marco teórico, tratando de que tenga relevancia con la hipótesis y objetivos planteados, para por consiguiente poder tabularlas y establecer conclusiones y recomendaciones.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### **4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.**

Para tener una percepción real de la empresa se realizó una investigación de los equipos, maquinarias y motores eléctricos. Las imágenes termográficas se tomaron en condiciones extremas de funcionamiento en tres zonas específicas, la primera toma se realizó en el centro, donde se encuentra el núcleo ya que este genera un campo magnético produciendo un incremento de temperatura, la segunda fue tomada en la tapa frontal considerando que en el centro de éste se aloja el rodamiento y es donde se produce un incremento de temperatura por su acoplamiento a otros componentes mecánicos, y la tercera medición se realizó en la tapa posterior del motor donde se determinó que la temperatura es menor debido a que se encuentra cerca del ventilador. Por medio de estos resultados permitió conocer y evaluar cuáles de los equipos o maquinarias se encuentran en condiciones altas de severidad y por consiguiente llevar a cabo un análisis para detectar cualquier posible avería a posterior.

##### **4.1.1 Análisis de los procesos de inspección termográficos.**

Con el análisis de las imágenes termográficas y la aplicación del software de la cámara Flir E4, se determinó temperaturas máximas, mínimas y promedios, que afectan a las partes fijas y móviles de los motores, tomando en cuenta los parámetros de inspecciones termográficas. Con las normas ASNT-TC-1A mencionadas en la tabla 2.6 indica cómo asignar prioridades según el nivel de gravedad de trabajo.



**Figura 4.1** Selección de los puntos y áreas.  
**Fuente:** (SOGUAR S.A.)

Durante el funcionamiento el motor genera temperatura que se transmiten a diferentes zonas, estas temperaturas nos ayudan a interpretar anomalías de una manera rápida. En la figura 4.1 se visualizan las temperaturas que permitieron el análisis; el valor de la temperatura puntual se encuentra en la parte superior izquierda que es de 64.9°C, la temperatura máxima su valor se encuentra en la parte superior derecha que es de 66.8 °C y una temperatura mínima que su valor se encuentra en la parte inferior derecha que es de 28.3°C. En conclusión, se puede decir que estas temperaturas son generadas por el esfuerzo de trabajo de la maquinaria y si la temperatura es demasiada alta ésta deteriorará el aislamiento eléctrico y los rodamientos.

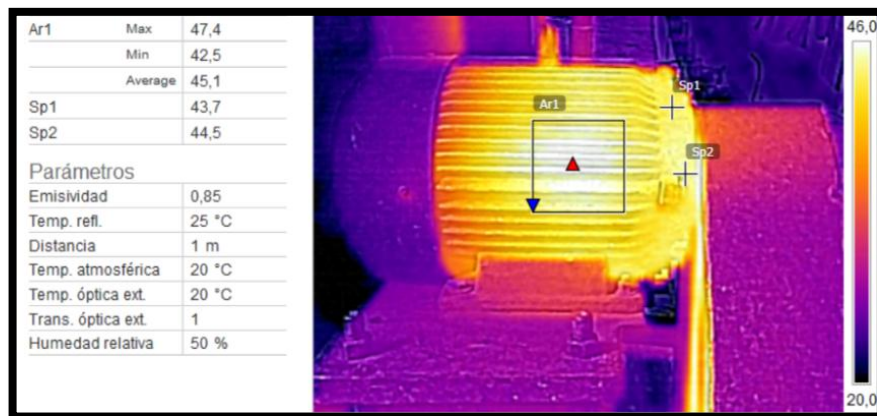
#### **4.1.2 Análisis de las Imágenes termográficas.**

#### 4.1.2.1 Motor del bombo giratorio 01 de la planta Soguar S.A.

**Fecha de inspección:** 02/03/15  
**Área:** Rivera  
**Unidad:** Bombo Giratorio  
**Código maquinaria-equipo:** SG-SR-MB-01  
**Equipo de inspección FLIR E4 N° Serie** 63926228



**Figura 4.2** Motor del bombo giratorio 01.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)



**Figura 4.3** Imagen termográfica de la carcasa del motor del bombo giratorio 01.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)

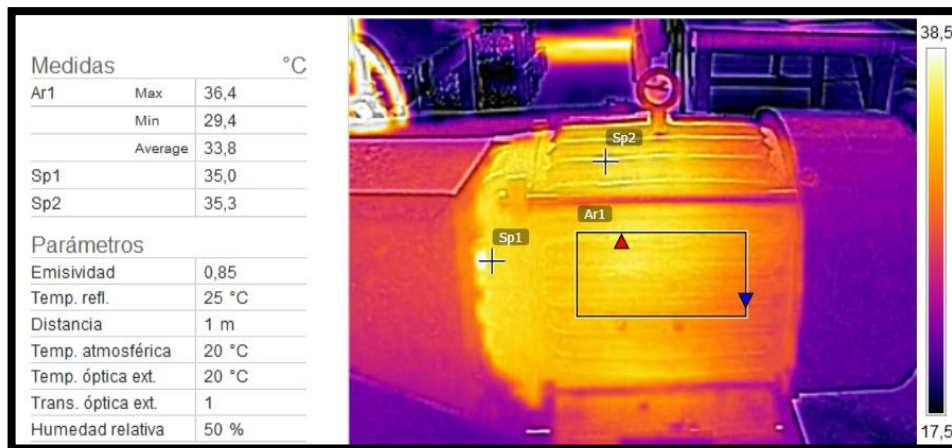
**Análisis:** En la imagen termográfica la temperatura alta se encuentra en un área Ar1 y de igual manera en el punto Sp2 de la tapa frontal, estas temperaturas afectan un 8 % al aislante, siendo este de clase B que tiene un máximo de incremento de 90°C según la tabla N°2.5, para que esta comience a deteriorarse. Esta temperatura no afecta a los componentes fijos ni móviles del motor.

#### 4.1.2.2 Motor de la escurridora 01 de la planta Soguar S.A.

**Fecha de inspección:** 02/03/15  
**Área:** Rivera  
**Unidad:** Escurridora  
**Código maquinaria-equipo:** SG-SR-ME-01  
**Equipo de inspección:** FLIR E4 N° Serie 63926228



**Figura 4.4** Motor de la escurridora 01.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)



**Figura 4.5** Imagen termográfica de la carcasa del motor 01 de la escurridora.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)

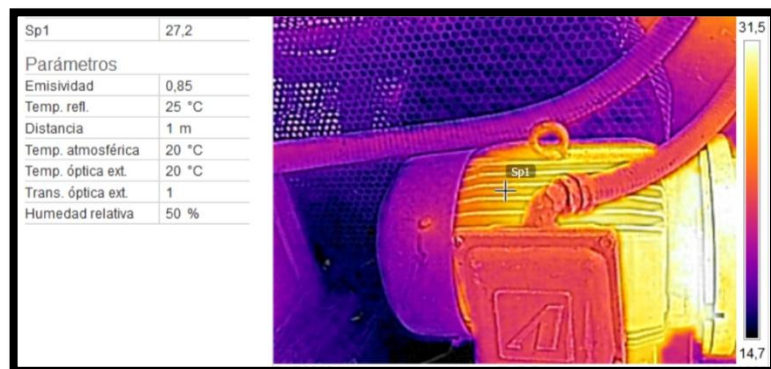
**Análisis:** En la imagen termográfica se determinó que el motor se encuentra trabajando en condiciones normales de funcionamiento. No excede el diferencial de temperatura del área Ar1 y su temperatura se encuentra menor a 10°C que según la tabla de prioridades (tabla N°2.6), ésta debe seguir con el mantenimiento programado por la planta.

#### 4.1.2.3 Motor de la escurridora 02 de la planta Soguar S.A.

**Fecha de inspección:** 02/03/15  
**Área:** Rivera  
**Unidad:** Escurridora  
**Código maquinaria-equipo:** SG-SR-ME-02  
**Equipo de inspección FLIR E4 N° Serie** 63926228



**Figura 4.6** Motor de la escurridora.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)



**Figura 4.7** Imagen termográfica de la carcasa del motor 02 de la escurridora.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)

**Análisis:** En el punto Sp1 de la figura N°4.7 no poseen ningún cambio o diferencia de temperatura, el motor se encuentra trabajando en condiciones normales de funcionamiento; para los motores eléctricos se establece una temperatura ambiente convencional equivalente de 40°C y este no sobrepasa los límites máximos de incremento de temperatura. También se observó una elevada temperatura en la bomba hidráulica que está acoplado al motor, por lo que se recomienda un chequeo para evitar una avería mecánica.

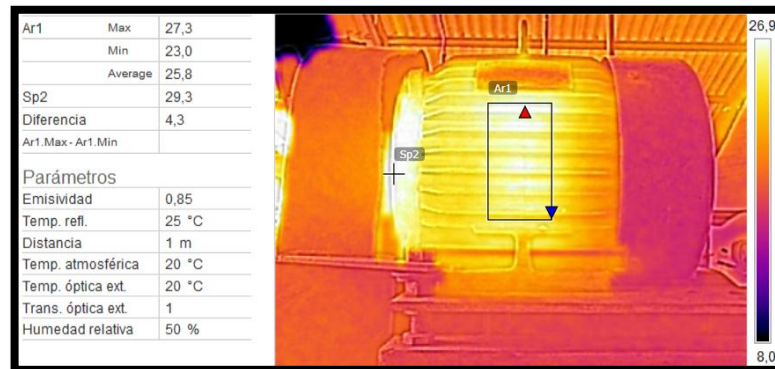


#### 4.1.2.4 Motor de la divididora 01 de la planta Soguar S.A.

**Fecha de inspección:** 12/03/15  
**Área:** Máquinas Auxiliares  
**Unidad:** Divididora  
**Código maquinaria-equipo:** SG-MA-MD-01  
**Equipo de inspección FLIR E4 N° Serie** 63926228



**Figura 4.8** Motor de la Divididora 01.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)



**Figura 4.9** Imagen termográfica de la carcasa del motor 01 de la divididora.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)

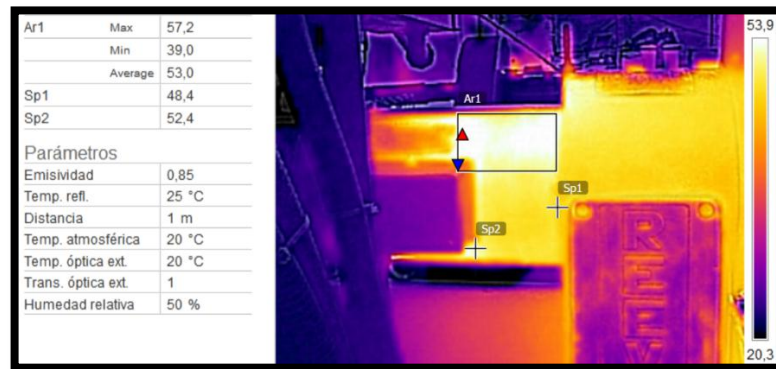
**Análisis:** En la figura N° 4.9, el punto Sp2 señalado representa el eje de la polea para bandas, donde alcanza una temperatura alta en referencia a la temperatura del resto del motor, en consecuencia la causa puede ser un desalineamiento por lo que se recomienda un chequeo en la polea y un reajuste de bandas. La imagen termográfica muestra en el área Ar1, una temperatura mínima y recomienda un mantenimiento semestral o programado.

#### 4.1.2.5 Motor de la divididora 04 de la planta Soguar S.A.

**Fecha de inspección:** 12/03/15  
**Área:** Máquinas Auxiliares  
**Unidad:** Divididora  
**Código maquinaria-equipo:** SG-MA-MD-04  
**Equipo de inspección FLIR E4 N° Serie** 63926228



**Figura 4.10** Motor de la divididora.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)



**Figura 4.11** Imagen termográfica de la carcasa del motor 04 de la divididora.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)

**Análisis:** En la figura N°4.11, el área seleccionada Ar1 posee un diferencial de temperatura mínimo, con respecto a los puntos Sp1 y Sp2, que se encuentran con una severidad tipo C según la tabla (2.6) de prioridades que es el paso al sobrecalentamiento, esta temperatura no sobrepasa los límites de deterioro para el aislamiento y se encuentra bajo la temperatura ambiente.

#### 4.1.2.6 Motor de la mezcladora de la planta Soguar S.A.

**Fecha de inspección:** 02/03/15

**Área:** Basteo Y Extruido

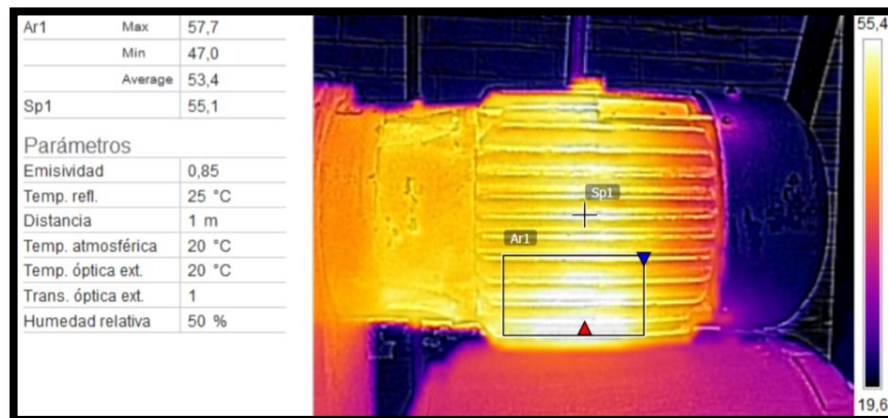
**Unidad:** Mezcladora

**Código maquinaria-equipo:** SG-BE-MM-01

**Equipo de inspección FLIR E4 N° Serie 63926228**



**Figura 4.12** Motor de la mezcladora.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)



**Figura 4.13** Imagen termográfica de la carcasa del motor de la mezcladora.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)

**Análisis:** En la figura N°4.13 de la imagen termográfica se observó que en el área Ar1 tiene un diferencial de temperatura mínimo, que se encuentra en un punto distante del centro de la carcasa, lo que se puede deducir que existe un ligero rozamiento del rotor contra el estator y se recomienda un chequeo de los rodamientos.

#### 4.1.2.7 Motor del elevador de la planta Soguar S.A.

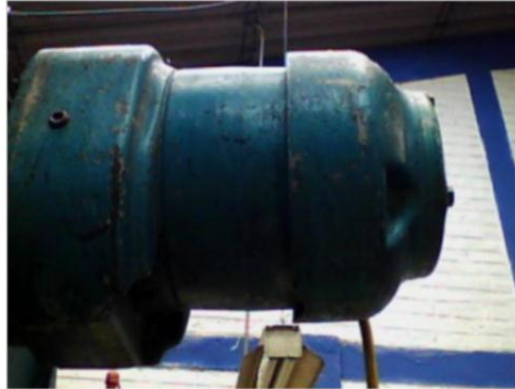
**Fecha de inspección:** 02/03/15

**Área:** Basteo Y Extruido

**Unidad:** Elevadora

**Código maquinaria-equipo:** SG-BE-ME-01

**Equipo de inspección FLIR E4 N° Serie 63926228**



**Figura 4.14** Motor del elevador.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)



**Figura 4.15** Imagen termográfica de la carcasa del motor del elevador.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)

**Análisis:** En la figura N°4.15 de la imagen termográfica se observó que el motor se encuentra en condiciones normales de funcionamiento ya que las temperaturas no sobrepasan los niveles críticos para diagnosticar un mantenimiento.

#### 4.1.2.8 Motor bomba del elevador de la planta Soguar S.A.

**Fecha de inspección:** 02/03/15

**Área:** Basteo Y Extruido

**Unidad:** Elevadora

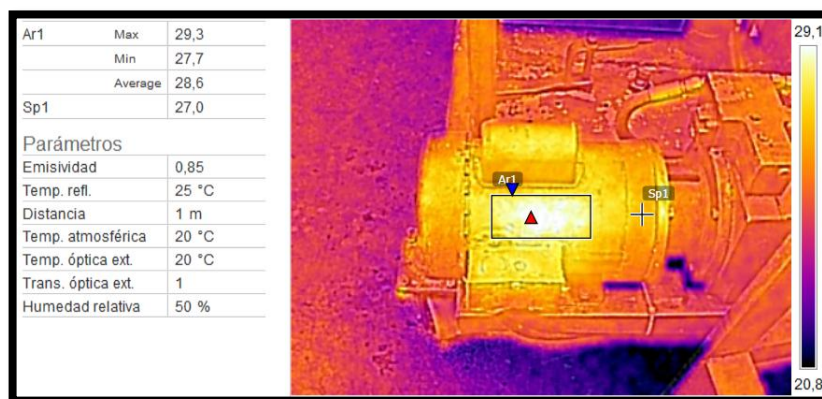
**Código maquinaria-equipo:** SG-BE-MB-01

**Equipo de inspección** FLIR E4 N° Serie 63926228



**Figura 4.16** Motor bomba del elevador.

**Fuente:**(SOGUAR S.A.)



**Figura 4.17** Imagen termográfica de la carcasa del motor bomba elevador.

**Fuente:**(SOGUAR S.A.)

**Análisis:** En la figura N°4.17 de la imagen termográfica se observó que el motor bomba del elevador tiene un ligero calentamiento en la parte del estator que no sobrepasa los niveles de temperatura para realizar un mantenimiento inmediato. También se observó que la temperatura está en el centro del estator, producto del calentamiento originado por el campo magnético que se produce en las bobinas.



#### 4.1.2.9 Motor del molino húmedo de la planta Soguar S.A.

**Fecha de inspección:** 10/03/15  
**Área:** Basteo Y Extruido  
**Unidad:** Molino  
**Código maquinaria-equipo:** SG-BE-MH.01  
**Equipo de inspección** FLIR E4 N° Serie 63926228



**Figura 4.18** Motor del molino húmedo.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)



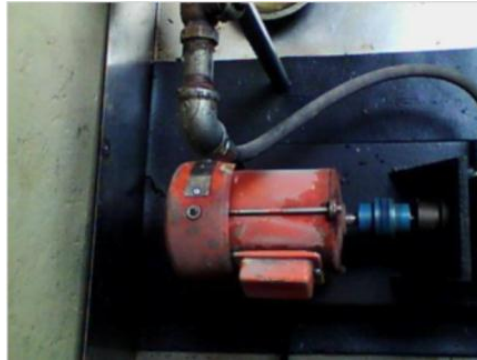
**Figura 4.19** Imagen termográfica de la carcasa del motor molino húmedo.

**Fuente:** (SOGUAR S.A.)

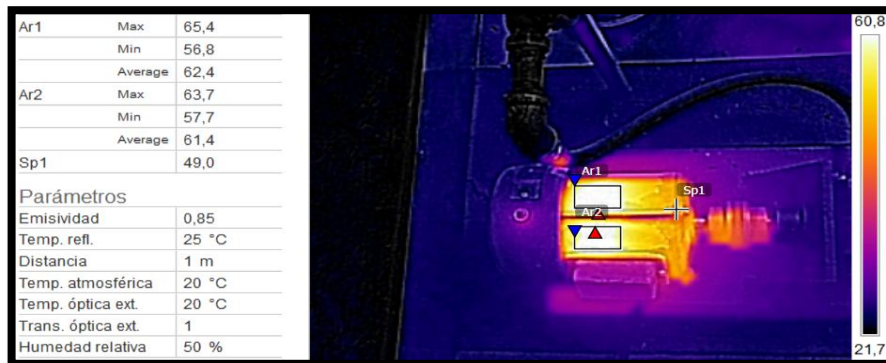
**Análisis:** En la figura N° 4.19, de la imagen termográfica se observó que en el punto Sp1, que se refiere al eje de la polea para bandas, tiene una temperatura alta en referencia a la temperatura del resto del motor donde se deduce que es producto de un desalineamiento o por causas de un reajuste de bandas. En este punto existe un incremento de temperatura que sobrepasa la temperatura ambiente de trabajo del motor, por lo que se recomienda seguir el mantenimiento programado por la planta.

#### 4.1.2.10 Motor bomba de combustible de la planta Soguar S.A.

**Fecha de inspección:** 02/03/15  
**Área:** Quemadores  
**Unidad:** Bomba de Combustible  
**Código maquinaria-equipo:** SG-SQ-MB-01  
**Equipo de inspección:** FLIR E4 N° Serie 63926228



**Figura 4.20** Motor bomba de combustible.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)

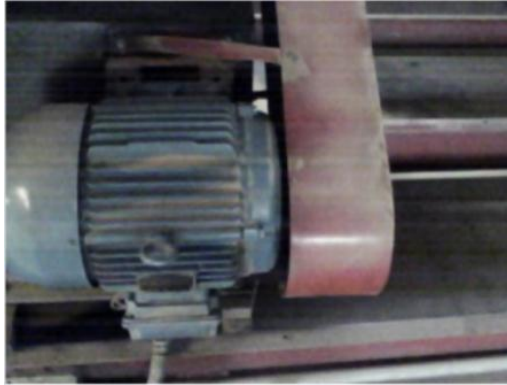


**Figura 4.21** Imagen termográfica de la carcasa del motor bomba de combustible.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)

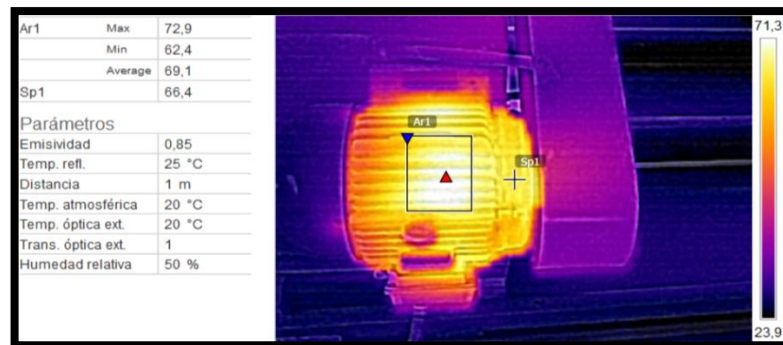
**Análisis:** En la figura N°4.21, en las áreas Ar1y Ar2 de la imagen termográfica se observó que estas temperaturas sobrepasa la temperatura ambiente de trabajo del motor con un 64% de éste. La temperatura alta se encuentra en la parte posterior del motor con una diferencia del 15% más, en relación a la temperatura del resto del motor, por lo que se puede deducir que el rodamiento posterior se encuentra defectuoso y se recomienda un mantenimiento a la primera oportunidad para así evitar la fricción entre el rotor contra el estator.

#### 4.1.2.11 Motor del ventilador intercambiador de la planta Soguar S.A.

**Fecha de inspección:** 10/03/15  
**Área:** Quemadores  
**Unidad:** Intercambiador  
**Código maquinaria-equipo:** SG-SQ-MI-01  
**Equipo de inspección FLIR E4 N° Serie** 63926228



**Figura 4.22** Motor del ventilador intercambiador.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)



**Figura 4.23** Imagen termográfica de la carcasa del motor intercambiador.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)

**Análisis:** De acuerdo a la figura N° 4.23, de la imagen termográfica en el área Ar1 se observó que la temperatura de la carcasa sobrepasa la temperatura ambiente convencional de trabajo del motor con un 80%, en donde también la temperatura afecta un 63% al aislante del motor que es de clase F y tiene un máximo de incremento de 115°C según la tabla N°2.5. El incremento de temperatura afecta no solo al aislante eléctrico sino también a los rodamientos.

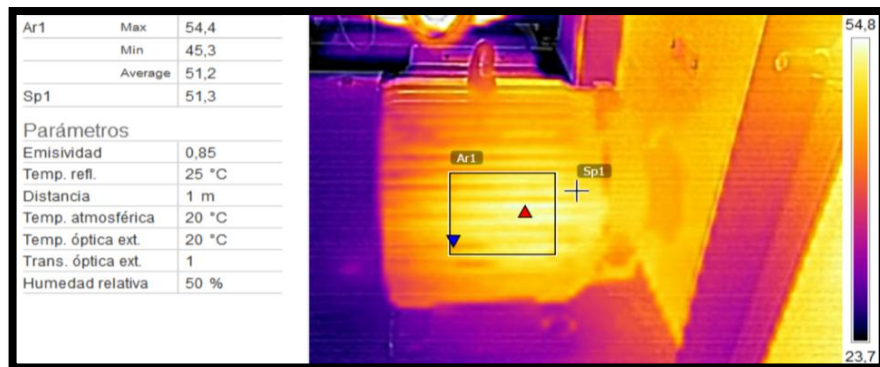


#### 4.1.2.12 Motor del ventilador de combustión de la planta Soguar S.A.

**Fecha de inspección:** 12/03/15  
**Área:** Quemadores  
**Unidad:** Caldero  
**Código maquinaria-equipo:** SG-SQ-MC-01  
**Equipo de inspección FLIR E4 N° Serie** 63926228



**Figura 4.24** Motor del ventilador de combustión.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)



**Figura 4.25** Imagen termográfica de la carcasa del motor de combustión.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)

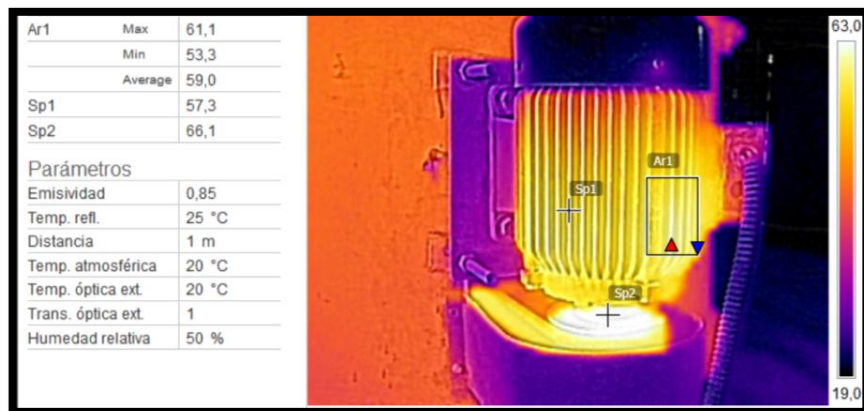
**Análisis:** En la figura N°4.25 de la imagen termográfica se observa que el motor se encuentra con una temperatura que no afecta a los componentes de internos, que se encuentra distribuida en la carcasa donde se puede deducir que está en condiciones normales de funcionamiento, ya que no hay incrementos que varíen con respecto al resto del motor y no sobrepasan los niveles críticos para diagnosticar un mantenimiento inmediato.

#### 4.1.2.13 Motor del ventilador principal 01 de la planta Soguar S.A.

**Fecha de inspección:** 03/03/15  
**Área:** Quemadores  
**Unidad:** Intercambiador  
**Código maquinaria-equipo:** SG- SQ-MV-01  
**Equipo de inspección FLIR E4 N° Serie** 63926228



**Figura 4.26** Motor del ventilador principal.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)



**Figura 4.27** Imagen termográfica de la carcasa del motor 01 ventilador principal  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)

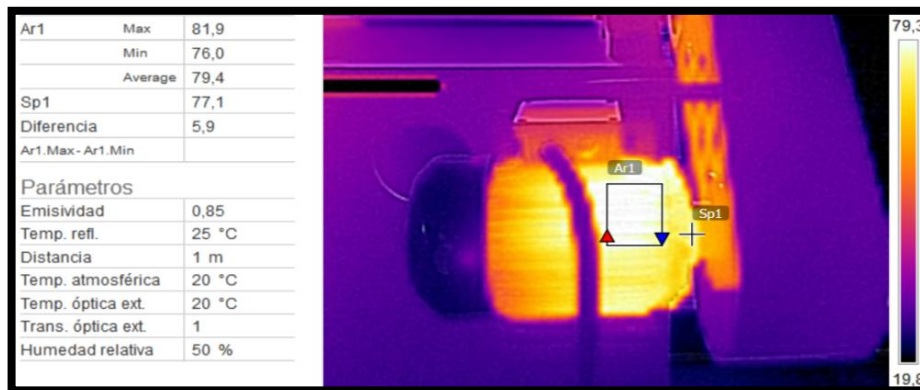
**Análisis:** En la figura N° 4.27, de la imagen termográfica, en el punto Sp2 que se encuentra en eje de la polea para bandas, tiene una temperatura alta que en referencia a la temperatura del motor, sobrepasa con un 48% en relación a la temperatura ambiente convencional de funcionamiento. Al analizar esta imagen termográfica se observó que el área de incremento de temperatura está cerca de la polea, esto puede ser causa para que los rodamientos se averíen.

#### 4.1.2.14 Motor del ventilador principal 02 de la planta Soguar S.A.

**Fecha de inspección:** 12/03/15  
**Área:** Túneles  
**Unidad:** Intercambiador  
**Código maquinaria-equipo:** SG-SQ-MV-02  
**Equipo de inspección FLIR E4 N° Serie** 63926228



**Figura 4.28** Motor del ventilador principal.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)

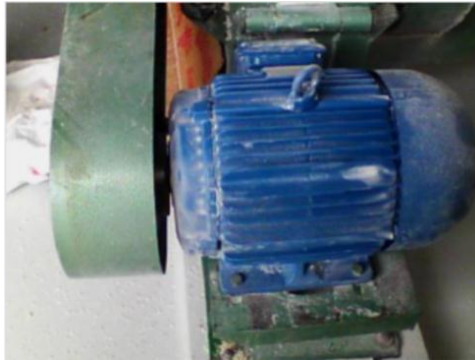


**Figura 4.29** Imagen termográfica de la carcasa del motor 02 ventilador principal.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)

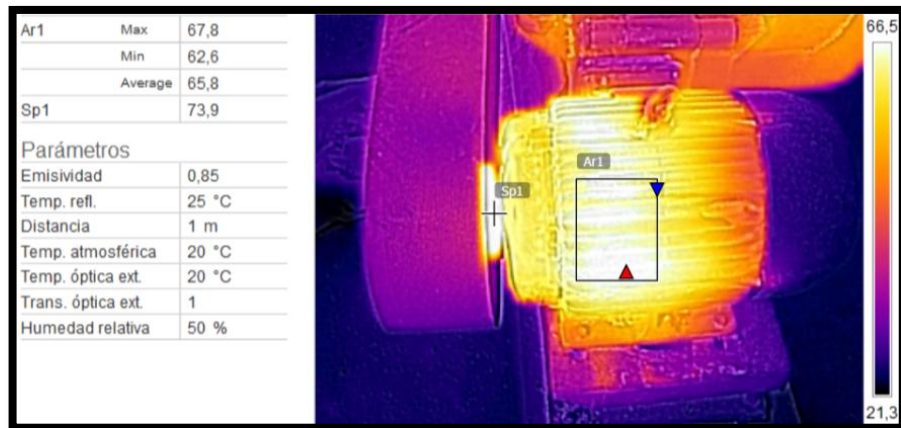
**Análisis:** En la figura N° 4.29, de la imagen termográfica en el área Ar1 tomada a la carcasa del motor tiene una temperatura crítica que sobrepasa la temperatura ambiente de trabajo, donde de se puede deducir que hay un 90% de probabilidad de que ocurra una avería en el aislamiento ya que se encuentra cerca del incremento máximo de temperatura siendo este de clase B. Este incremento de temperaturas también afecta a los rodamientos por lo que se recomienda un mantenimiento inmediato.

#### 4.1.2.15 Motor del molino seco de la planta Soguar S.A.

**Fecha de inspección:** 03/03/15  
**Área:** Exteriores  
**Unidad:** Molino Seco  
**Código maquinaria-equipo:** SG-EX-MM-01  
**Equipo de inspección:** FLIR E4 N° Serie 63926228



**Figura 4.30** Motor del molino seco.  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)



**Figura 4.31** Imagen termográfica de la carcasa del motor molino seco  
**Fuente:**(SOGUAR S.A.)

**Análisis:** En la figura N° 4.31, de la imagen termográfica en el punto Sp1 de la polea del motor tiene una temperatura crítica que puede afectar a los componentes internos y principalmente al rodamiento. Al analizar esta imagen termográfica se dedujo que el área donde se origina el incremento de temperatura, hay un 70% de probabilidad de que ocurra una avería en el aislamiento por transferencia de calor.

## **4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS.**

Para la evaluación e interpretación de los datos se tomó en cuenta los ítems cuantitativos y comparativos. Con datos obtenidos de las imágenes termográficas se realizó una comparación entre la temperatura de funcionamiento a plena carga con las temperaturas especificadas por los fabricantes y conjuntamente con las normas ASNT-TC-1A se evaluó y se dio una prioridad según nivel de gravedad, para así concluir si es, o no factible realizar un mantenimiento inmediato o programado. Las prioridades diagnosticadas para los motores se detallan en la tabla N°4.1

**Tabla 4.1** Interpretación de las imágenes Termográficas.

<b>DATOS TERMOGRÁFICOS</b>			
<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Código</b>	<b>Interpretación de los Reportes Termográficos</b>
1	Motor del bombo giratorio	SG-SR-MB-01	En la figura N°4.3 el área Ar1 identifica la parte más caliente de la carcasa del motor con un diferencial de temperatura de 4.9°C que nos indica un nivel de severidad tipo <b>D</b> , según la tabla ASNT-TC-1A, procediendo al siguiente mantenimiento programado por la empresa.
2	Motor de la escurridora	SG-SR-ME-01	La figura N°4.5 el Ar1 tenemos una deferencia de temperatura de 7°C y según la tabla ASNT-TC-1A se encuentra en un nivel de severidad <b>D</b> , que cuenta con un funcionamiento normal.
3	Motor de la escurridora	SG- SR-ME-02	En la figura N°4.7 en el punto Sp1 señalada una temperatura de 27.2°C, nos indica un nivel de severidad tipo <b>D</b> con respecto a la tabla ASNT-TC-1A.No posee problemas y se recomienda un chequeo siguiendo el mantenimiento programado.
4	Motor de la divididora	SG-MA-MD-01	En el área Ar1de la figura N°4.9 presenta una diferencia de temperatura de 4.3°C, que según la tabla ASNT-TC-1A, indica que se encuentra en un nivel de severidad <b>D</b> , no hay problemas.
5	Motor de la divididora	SG-MA-MD-04	En la figura N°4.11 el área Ar1 podemos identificar un calentamiento en la carcasa del motor con un diferencial de temperatura de 18.2°C, que según la tabla ASNT-TC-1A se encuentra en un nivel de severidad clase <b>C</b> , encontrándose en un proceso de sobrecalentamiento por lo que se considera para un mantenimiento programado.
6	Motor de la mezcladora	SG-BE-MM-01	En la figura N°4.13 en el área Ar1, identifica un incremento de temperatura en la parte inferior de la carcasa del motor con un diferencial de 10.7°C,que según la tabla ASNT-TC-1A tiene una prioridad tipo <b>C</b> , por lo que se considera un mantenimiento programado.
7	Motor del elevador	SG-BE-ME-01	El área Ar1 de la figura N°4.15 se encuentra con una temperatura puntual de 29.9°C, que con la tabla ASNT-TC-1A indica un nivel de severidad clase <b>D</b> , el componente se encuentra en funcionamiento normal.
8	Motor de la bomba del elevador	SG-BE-MB-01	La figura N°4.17 el Ar1 tenemos una deferencia de temperatura de 1.6°C que según la tabla ASNT-TC-1A se encuentra en un nivel de severidad <b>D</b> , se encuentra en funcionamiento normal.
9	Motor del molino húmedo	SG-BE-MH.01	En la figura N°4.19 el área Ar1 tiene un diferencial de temperatura de 9.6°C, encontrándose, según la tabla ASNT-TC-1A en un nivel clase <b>D</b> , está dentro de un rango de condiciones normales.

10	Motor de la bomba de combustible	SG-SQ-MB-01	En la figura N°4.21 el área Ar1 presentan cambios drásticos de temperatura en la carcasa del motor con un diferencial de 13.4°C, según la tabla ASNT-TC-1A se encuentra con un nivel de severidad <b>C</b> , el componente tiene un sobrecalentamiento por lo que se recomienda la inspección programada cuando sea posible.
11	Motor del ventilador intercambiador	SG-SQ-MI-01	En la figura N°4.23 el área Ar1 presenta una temperatura de 72.9°C en referencia al resto del motor, ubicándose en un nivel de severidad tipo <b>B</b> según la tabla ASNT-TC-1A, que representa un desarrollado calentamiento lo cual recomienda un mantenimiento a la primera oportunidad de parada.
12	Motor del ventilador de combustión	SG-SQ-MC-01	En la figura N°4.25 el área Ar1 identifica la parte más caliente de la carcasa del motor con un diferencial de temperatura de 11.2°C que nos indica que se encuentra en un nivel de severidad tipo <b>C</b> , que según la tabla ASNT-TC-1A, proceder a un mantenimiento programado.
13	Motor del ventilador principal	SG-SQ-MV-01	En la figura N°4.27 el en punto Sp2 presenta una diferencia de temperatura de 66.1°C en referencia al resto del motor. El área Ar1 tiene un diferencial de temperatura de 7.8°C con un nivel de severidad <b>C</b> según la tabla ASNT-TC-1A, proceder al siguiente mantenimiento programado.
14	Motor del ventilador principal	SG-SQ-MV-02	En la figura N°4.29 el área Ar1 identifica la parte más caliente de la carcasa del motor con una temperatura promedio de 79.4°C, que se encuentra en un nivel de severidad tipo <b>B</b> según la tabla ASNT-TC-1A representa un desarrollado calentamiento lo cual recomienda un mantenimiento a la primera oportunidad de parada.
15	Motor del molino seco	SG-EX-MM-01	En la figura N°4.31 el en punto Sp1 presenta una diferencia de temperatura de 73.9°C, con un nivel de severidad tipo <b>B</b> según la tabla ASNT-TC-1A, posee problemas y se recomienda una inspección a la primera oportunidad.

### 4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

#### Hipótesis

La Termografía Industrial en motores eléctricos de la planta SOGUAR S.A. permitirá determinar parámetros de mantenimiento predictivo.

#### *Hipótesis Nula:*

$H_0$ : La Termografía Industrial en motores eléctricos de la planta SOGUAR S.A. no permitirá determinar parámetros de mantenimiento predictivo.

#### *Hipótesis Alternativa:*

$H_1$ : La Termografía Industrial en motores eléctricos de la planta SOGUAR S.A. permitirá determinar parámetros de mantenimiento predictivo.

La siguiente demostración se utilizó el método estadístico “t” de student, debido a que el número de observaciones es menor que 20. El objetivo de esta prueba es constatar que existe una variación significativa entre las temperaturas de los motores eléctricos antes y después del mantenimiento. Los datos para esta demostración son promedios de las temperaturas tomadas durante el tiempo de investigación.

El nivel de significancia que se tomó es de 5%; entonces  $\alpha= 0,05$  y los grados de libertad se calculó de la forma  $[N_1 + N_2- 2]$ , siendo:  $15+15-2= 28$ .

Fórmulas:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sigma_p * \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

**Ecuación 4.1**



Dónde:

t = Valor estadístico del t student.

$\bar{x}_1$  = Valor promedio del grupo 1.

$\bar{x}_2$  = Valor promedio del grupo 2.

$\sigma_p$  = Desviación estándar ponderada de ambos grupos.

$N_1$  = Tamaño de la muestra grupo 1.

$N_2$  = Tamaño de la muestra grupo 2.

Ecuación para la variación estándar ponderada.

$$\sigma_p * \sqrt{\frac{SC_1 + SC_2}{N_1 + N_2 - 2}}$$

**Ecuación 4.2**

Dónde:

$\sigma_p$  = Desviación estándar ponderada de ambos grupos.

SC = Suma de cuadrados de cada grupo.

N = Tamaño de la muestra 1 y 2.

**Tabla 4.2** Datos para la interpretación de la hipótesis.

Número de motores.	Temperaturas en los motores (°C)		Suma de cuadrados	
	Antes	Después	$(x - \bar{x}_1)^2$	$(x - \bar{x}_2)^2$
1	45,9	38,5	93,8315111	82,0836
2	29,7	25,1	670,119511	504,4516
3	28,8	26,5	717,525511	443,5236
4	30	25,1	654,677511	504,4516
5	54,9	43,7	0,47151111	14,8996
6	55,9	45,1	0,09817778	6,0516
7	38,6	36,7	288,546844	117,9396
8	51,2	47,7	19,2428444	0,0196
9	58,7	51,8	9,69284444	17,9776

**Tabla 4.2** (Continuación)

10	70,7	48,7	228,412844	1,2996
11	71,3	62,5	246,908844	223,2036
12	67,8	49,5	149,165511	3,7636
13	78,6	67,5	529,613511	397,6036
14	81,9	78,7	692,391511	969,6996
15	69,8	66,3	202,018844	351,1876
$\Sigma=$	833,8	713,4	300,181156	242,543733
	$\bar{x}_1 = 55,5866667$	$\bar{x}_2 = 47,56$		

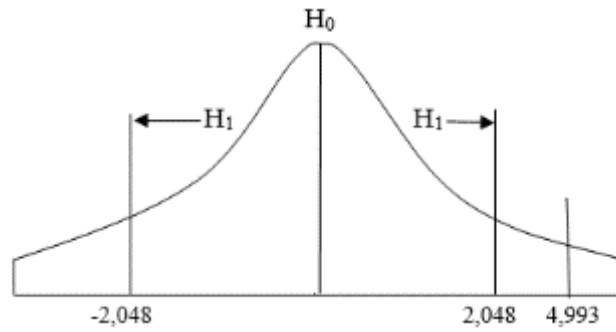
**Fuente:**(Autor).

Con los datos reflejados en la tabla anterior se calculó la variación estándar ponderada:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{300,181 + 242,543}{15 + 15 - 2}}$$
$$\sigma_p = 4,402$$

Con esto se obtuvo la “t” de student estadístico.

$$t = \frac{55,586 - 47,56}{4,402 * \sqrt{\frac{1}{15} + \frac{1}{15}}}$$
$$t = 4,993$$



**Figura 4.32** Gráfica de “t” de student  
**Fuente:** (Autor).

Se acepta  $H_0$  si  $t$  se encuentra dentro del intervalo  $-t_{.99}$  a  $t_{.99}$ ; el cual para 28 grados de libertad es el intervalo de  $-2,048$  a  $2,048$ .

Cómo  $2,048 < 4,993$ ; se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_1$ ; con un nivel de significancia de  $0,05$ . Es decir que con la termografía industrial permite establecer parámetros de mantenimiento predictivo y mejorar el rendimiento de los motores eléctricos.

**Tabla 4.3** Prioridades de los motores eléctricos de la planta SOGUAR S.A.

N°	Motor código	Tipo de severidad	Acción
1	SG-SR-MB-01	<b>D</b>	Siguiente mantenimiento programado
2	SG-SR-ME-01	<b>D</b>	Siguiente mantenimiento programado
3	SG- SR-ME-02	<b>D</b>	Siguiente mantenimiento programado
4	SG-MA-MD-01	<b>D</b>	Siguiente mantenimiento programado
5	SG-MA-MD-04	<b>C</b>	Programar cuando sea posible
6	SG-BE-MM-01	<b>C</b>	Programar cuando sea posible
7	SG-BE-ME-01	<b>C</b>	Programar cuando sea posible
8	SG-BE-MB-01	<b>D</b>	Siguiente mantenimiento programado
9	SG-BE-MH.01	<b>D</b>	Siguiente mantenimiento programado
10	SG-SQ-MB-01	<b>C</b>	Programar cuando sea posible
11	SG-SQ-MI-01	<b>B</b>	Realizar Atención primera oportunidad
12	SG-SQ-MC-01	<b>C</b>	Programar cuando sea posible
13	SG- SQ-MV-01	<b>C</b>	Programar cuando sea posible
14	SG-SQ-MV-02	<b>B</b>	Realizar Atención primera oportunidad
15	SG-EX-MM-01	<b>B</b>	Realizar Atención primera oportunidad

**Fuente:** (Autor)

**Análisis:** Cada uno de los motores presentan un grado de severidad, llegando a la conclusión que con el análisis de las imágenes termográficas se determinó que el 20% de estos se encuentran con temperaturas altas y el 40% con temperaturas media-alta, siendo estos uno de los factores fundamentales para la elaboración de un plan de mantenimiento predictivo.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES.

- La termografía industrial en los motores eléctricos es uno de los métodos más rápidos y sencillos para realizar inspecciones sin que se detuvieran las maquinarias.
- Con las imágenes termográficas se visualizó espectros donde se detectó niveles de sobrecalentamientos en diferentes zonas del motor, que sobrepasan las temperaturas específicas de placas y catálogos, ocasionando que los componentes internos se deterioren. Estas pérdidas de calor provocan grandes pérdidas económicas.
- Al aumentar la carga en la maquinaria, disminuyó la eficiencia del motor y elevó su temperatura hasta un 60% de la inicial, en un mínimo de tiempo, y unas de las condiciones óptimas de funcionamiento, son temperaturas que no excedan la temperatura ambiente convencional equivalente, de acuerdo con el análisis de las prioridades de la tabla N°2.6 para alargar su vida útil.
- Se determinó que el 20% de los motores analizados se encuentran en condiciones críticas de funcionamiento y el 40% de éstos con temperaturas media-altas, que son causas principales para realizar un mantenimiento inmediato.

- Se comparó la temperatura antes del mantenimiento con la temperatura después del mantenimiento y se determinó un decremento que varía entre el 10 y 20% con respecto a la temperatura inicial, porcentaje aceptables ya que mejoró el rendimiento de los motores eléctricos.

## **5.2 RECOMENDACIONES.**

- Para la medición de temperaturas termográficas, tener en cuenta los parámetros como: Emisividad, distancia a la que se realiza la medición, humedad relativa, temperatura reflejada y la luz directa del sol; que incluso ésta, horas antes de la medición puede calentar la superficie que va a ser inspeccionada.
- Los puntos calientes significan un inicio de falla por lo que al momento de realizar una toma termográfica, se debe aislar el cuerpo a inspeccionar para que no afecten a las lecturas de los equipos.
- Todos los parámetros que afecten directamente al funcionamiento de los motores deberán ser considerados e inspeccionados como parte rutinaria de un proceso de mantenimiento.
- Utilizar equipos de medición de precisión de preferencia calibrados para realizar las inspecciones antes y después del funcionamiento de los motores.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1 DATOS INFORMATIVOS.**

La propuesta para este estudio consiste en la elaboración de un software que permita la aplicación de la termografía industria para identificar parámetros y elaborar un plan de mantenimiento predictivo aplicado a motores eléctricos.

#### **TEMA:**

“TERMOGRAFÍA INDUSTRIAL EN MOTORES ELÉCTRICOS DE LA PLANTA SOGUAR S.A. PARA DETERMINAR PARÁMETROS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO.”

#### **Personal Ejecutorio**

- Tutor: Ing. Luis Escobar
- Ejecutor: Egd. Néstor Caiza

#### **Beneficiarios**

- Empresa: SOGUAR S.A.

#### **Ubicación**

Cantón Ambato provincia de Tungurahua.

## **Técnico responsable**

Egd. Néstor Caiza

### **6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.**

Para realizar esta propuesta nos enfocaremos básicamente en los datos obtenidos en el capítulo cuatro; en donde se detallan y establecen parámetros de severidad dependiendo el nivel de gravedad del funcionamiento de los motores eléctricos con los que se obtuvo datos para mejorar y planificar el mantenimiento de la maquinaria. Por lo tanto, la elaboración del software de mantenimiento predictivo para los motores deberá mantener las características técnicas para realizar las inspecciones, con el ingreso de datos de placa para posteriormente ser comparados y analizados con los datos obtenidos con los equipos de medición.

### **6.3 JUSTIFICACIÓN.**

La importancia de realizar este proyecto es con la finalidad de incorporar un software de mantenimiento predictivo para la maquinaria, que permita llevar un historial que facilite la interpretación y el análisis de datos para determinar fallas que puedan causar averías en los componentes y mejorar el desempeño de la planta. Este control industrial y mecánico permitirá que los equipos se encuentren en óptimo rendimiento aprovechando así la vida útil de los mismos, ya que, hoy en día las industrias cuentan con sistemas sofisticados y de alta tecnología, lo que les permite competir con el mercado.



## **6.4 OBJETIVOS.**

### **6.4.1 Objetivo general**

- Elaborar un software para el plan de mantenimiento predictivo para motores eléctricos de la planta SOGUAR S.A.”

### **6.4.2 Objetivos específicos**

- Realizar el análisis mecánico y eléctrico a los motores aplicando termografía industrial.
- Analizar las condiciones de funcionamiento de los motores eléctricos antes y después de los procesos de cada maquinaria.
- Implementar un soporte técnico para el personal de mantenimiento de la planta SOGUAR S.A.”

## **6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.**

La creación de un software para el plan de mantenimiento predictivo de los motores eléctricos utilizando termografía industrial, presenta una factibilidad técnica y económica; es técnica debido a que se requiere de un profesional debidamente capacitado para el manejo del software, que guíe al personal de mantenimiento dentro de la planta y de esa manera corregir fallas en los motores evitando el paro innecesario de las maquinarias e incrementando los niveles de producción. En lo económico porque el software desarrollado es gratuito y de fácil manejo.

## 6.6 FUNDAMENTACIÓN.

### 6.6.1 Codificación de la maquinaria.

Se empleará una codificación a motores, tableros de control y transformador para identificarlos, evaluarlos y corregirlos de tal manera que permita el proceso de datos en el programa. Este código está compuesto por 8 dígitos alfanuméricos.

**Tabla 6.1** Descripción de códigos.

N°	Símbolos	Descripción
1	SG	Empresa SOGUAR S.A.
2	SR	Sección de la maquinaria.
3	MB	Tipo de maquinaria.
4	01	Número de componente.

**Fuente:**(Autor).

Dónde:

- (1) Nombre de la empresa. (primeras dos posiciones y letras mayúsculas).
- (2) Sección en la que se encuentra la maquinaria. (tercera y cuarta posición en letras mayúsculas).
- (3) Tipo de maquinaria ya sea motor, tablero, o transformador. (quinta y sexta posición en letras mayúsculas).
- (4) Número de componente. (últimas dos posiciones en números).

### 6.6.2 Elaboración del plan de mantenimiento.

En esta parte se encuentra los procesos, precauciones y actividades para realizar un mantenimiento de la maquinaria. Hay que tener en cuenta que la rutina de un programa de mantenimiento puede prolongar la vida útil de la misma y sus componentes. Los elementos de cada maquinaria bien mantenidos tienen una duración más extendida y no requerirán reparaciones.

A continuación comenzaremos a identificar la maquinaria con la que cuenta la empresa SOGUAR S.A. y de este grupo se eligió un componente para su respectivo estudio, como se detallan a continuación.

### **Motores.**

La empresa cuenta con 29 motores según la maquinaria.

### **Tableros de control.**

Los tableros de control varían según el arrancador de cada motor.

### **Transformador.**

Cuenta con un transformador de trabajo en seco.

**Tabla 6.2** Componentes elegidos para el estudio

<b>Código</b>	<b>Tipo</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Serie</b>	<b>Año</b>
SG-SQ-MI-01	Motor	WEG	TE1BFOXO	1012699026	2013
SG-BE-TS-01	Transformador	FPE			1992
SG-SQ-CT-01	Arrancador	LS			2014

**Fuente:** (Autor)

### **6.6.3 Mantenimiento del motor eléctrico.**

El motor SG-SQ-MI-01 es un motor eléctrico trifásico del ventilador principal, que permitirá el análisis y el desarrollo de tareas de un plan de mantenimiento.

**Tabla 6.3** Características del motor SG-SQ-MI-01

SG-SQ-MI-01
<b>Número de fases:</b> 3
<b>Potencia:</b> 10Hp
<b>Voltaje:</b> 220V
<b>Amperaje:</b> 27,2 A
<b>Velocidad :</b> 1755rpm
<b>Frecuencia:</b> 60Hz
<b>Temperatura Ambiente:</b> 40°C
<b>Rodamiento delantero:</b> 6308
<b>Rodamiento posterior:</b> 6207
<b>Prioridad :</b> Alto

**Fuente:**(Autor)

Componentes involucrados en el mantenimiento:

- Estator.
- Rodamiento delantero.
- Rodamiento posterior.
- Tablero de conexiones del motor.

#### **6.6.4 Tareas de mantenimiento del motor SG-SQ-MI-01.**

**Acción:** Revisión voltaje, amperaje y temperatura.

**Frecuencia:** En cada arranque.

**Prioridad:** Alta.

**Equipos de medición:** Amperímetro, voltímetro, tacómetro y cámara termográfica.

**Equipo de seguridad:** Guantes, casco, calzado de seguridad, gafas.

**Observaciones:** No llevar prendas húmedas y verificar el procedimiento técnico.

**Repuestos:** Ninguna.

**Procedimientos:** Asegurar que la alimentación de la red se encuentre con los voltajes especificados de la maquinaria, posteriormente proceder con la medición del amperaje antes y después de la puesta en marcha del motor y finalmente realizar una toma termográfica, tomando en cuenta los parámetros de los equipos de inspección, para así garantizar un correcto funcionamiento.

**Acción:** Limpieza del estator.

**Frecuencia:** Al cambio de rodamientos.

**Prioridad:** Alta.

**Herramientas:** Juego de dados, juego de llaves, extractor mecánico, destornillador plano y estrella, llave maestra, martillo, guaípe, barniz, líquido de limpieza, brocha.

**Equipo de seguridad:** Guantes, casco, calzado de seguridad, gafas, mandil.

**Observaciones:** Para realizar la limpieza utilizar una área adecuada.

**Repuestos:** Ninguno.

**Procedimientos:**

- Inhabilitar la alimentación eléctrica por medio del breaker.
- Retirar la tapa de la caja de terminales con un destornillador de estrella.

- Retirar las líneas de alimentación de los terminal es utilizando un dado 5/16 pulgadas.
- Aflojar los pernos que sujetan la base del motor empleando una llave y un dado 9/16 pulgadas.
- Retirar las bandas conductoras de la polea.
- Ubicar el motor en el área adecuada para desarmarlo
- Aflojar el prisionero de la polea con una llave hexagonal 5/16 pulgadas.
- Con la ayuda del extractor mecánico extremos del eje, la polea.
- Retirar la tapa del ventilador utilizando un destornillador de estrella.
- Extraer el ventilador utilizando el extractor mecánico.
- Aflojar los pernos de las tapas delantera y posterior del motor utilizando un dado 10 mm.
- Con dos desarmadores planos separar las tapas del motor sin dañar las bobinas.
- Retirar el rotor con la ayuda de una persona en el otro extremo del eje sin topar las bobinas del estator.
- Limpiar el estator con aire del compresor, en el interior y el exterior.
- Una vez limpio la parte interna del estator verificar visualmente que no haya ninguna anomalía y proceder a barnizar.
- Limpiar el rotor empleando la brocha y guaípe.
- Limpiar los elementos del motor y proceder a armar.
- Montar el rotor con la ayuda de una persona sin topar las bobinas del estator.
- Ajustar los pernos de las tapas frontal y posterior del motor.
- Ubicar la polea en el eje del motor tomando en cuenta la distancia en la que se encontraba.
- Montar el motor en el puesto de trabajo.
- Ajustar los pernos de la base utilizando la llave y dado 9/16 pulgadas.
- Templar las bandas.
- Conectar las entradas de energía en los terminales del motor.

- Ajustar los tornillos de la caja de terminales.

**Acción:** Cambio de rodamientos.

**Frecuencia:** Según el análisis de temperatura y vibraciones.

El cambio de rodamientos se realizará dependiendo del análisis de vibraciones y temperatura previo a la alineación, reajuste, y vida útil del mismo.

**Prioridad:** Alta

**Herramientas:** Juego de dados, juego de llaves, extractor mecánico, destornillador plano y estrella, llave maestra, martillo, guaípe, barniz, líquido de limpieza, brocha.

**Equipo de seguridad:** Guantes, casco, calzado de seguridad puntas de acero, gafas, mandil.

**Observaciones:** Para realizar la limpieza utilizar un área adecuada para no topar al bobinado del estator.

**Repuestos:** Rodamientos.

**Procedimientos:**

- Suspender el trabajo del motor.
- Suspender las entradas de energía.
- Procedimientos anteriores para desarmarlo.
- Limpiar el Estator.
- Limpiar el rotor.

- Ubicar el rotor en un área de fácil manejo.
- Extraer los rodamientos con el extractor.
- No manipular excesivamente los rodamientos nuevos, por lo que pueda llenarse de impurezas.
- Colocar los rodamientos en el rotor con la ayuda de una prensa mecánica.
- Colocar el rotor con la ayuda de una persona, sin dañar las bobinas del estator.
- Ajustar los pernos de las tapas del motor utilizando un dado de ½ pulgada.
- Colocar la polea tomando en cuenta la distancia de origen.
- Montar el motor en el puesto de trabajo.
- Ajustar los pernos de la base utilizando la llave o dado 9/16 pulgadas.
- Templar las bandas.
- Conectar las entradas de energía en los terminales del motor.
- Ajustar los tornillos de la caja de terminales.

#### **6.6.5 Tareas de mantenimiento del tablero SG-SR-TE-01.**

Componentes:

- Contactor.
- Breaker.
- Relé.
- Temporizador.

**Acción:** Limpieza exterior.

**Frecuencia:** Según las mediciones de voltaje y amperaje.

**Prioridad:** Media.



**Herramientas:** Compresor, brocha, franela.

**Equipo de seguridad:** Guantes, casco, calzado de seguridad, gafas, mandil.

**Observaciones:** Para realizar la limpieza evitar el contacto con los componentes y las líneas de energía que se encuentren activos.

**Repuestos:** Ninguno.

**Procedimientos:**

- Ingresar al tablero con la llave correcta.
- Aplicar la pistola de aire del compresor en los componentes.
- Limpiar con la brocha todo tipo de suciedad.

**Acción:** Limpieza de componentes eléctricos.

**Frecuencia:** Cada seis meses.

**Prioridad:** Media.

**Herramientas:** Compresor, brocha, franela, limpiador de contactos tipo K.

**Equipo de seguridad:** Guantes, casco, calzado de seguridad, gafas, mandil.

**Observaciones:** Para realizar la limpieza asegurar que los componentes se encuentren desenergizados y evitar el contacto con las conexiones eléctricas.

**Repuestos:** Ninguno.

**Procedimientos:**

- Inhabilitar la alimentación eléctrica por medio del breaker.
- Descargar la conexión a tierra.
- Aplicar la pistola de aire del compresor en cada componente como en el breker, contactor o relé térmico.
- Aplicar el líquido limpiador en cada contacto de cada componente.
- Eliminar con la franela los residuos.

**Acción:** Reajuste de componentes.

**Frecuencia:** Cada seis meses.

**Prioridad:** Media.

**Herramientas:** Destornillador plano y de estrella juego hexagonales, juego de dados multímetro.

**Equipo de seguridad:** Guantes, casco, calzado de seguridad, gafas, mandil.

**Observaciones:** Para realizar el reajuste general asegúrese de suspender la entrada de energía.

**Repuestos:** Ninguno.

**Procedimientos:**

- Reajustar los tornillos, pernos y tuercas del tablero.
- Una vez reajustado, comprobar la continuidad en cada componente con el multímetro.
- Energizar.

**Acción:** Comprobación eléctrica.

**Frecuencia:** Después del reajuste de los componentes.

**Prioridad:** Alta.

**Herramientas:** Amperímetro, multímetro.

**Equipo de seguridad:** Guantes, casco, calzado de seguridad, gafas, mandil.

**Observaciones:** Para revisar la continuidad retirar completamente las líneas de energía conectadas al motor.

**Repuestos:** Ninguno.

**Procedimientos:**

- Verificar continuidad en las bobinas y contactos utilizando el multímetro.
- Medir el amperaje de arranque del motor.
- Medir el amperaje de trabajo del motor.
- Verificar en los motores trifásicos, los amperajes en las tres líneas y que estos sean iguales.

#### **6.6.6 Cálculos de la eficiencia del motor eléctrico.**

Para realizar un análisis profundo del rendimiento de los motores eléctricos una vez realizado el mantenimiento, se procedió a realizar cálculos de la eficiencia, de potencias y pérdidas térmicas. En la tabla 6.4 muestra los datos de placa y datos de tomados con los equipos de medición. Para este cálculo se tomó los datos del motor SG-SQ-MV-02.

**Tabla 6.4** Datos para el cálculo.

<b>Datos de placa</b>		
<b>Marca:</b> Siemens	<b>Rpm:</b> 1700	
<b>Potencia:</b> 4.8Hp – 3579W	<b>Frecuencia:</b> 60Hz	
<b>Amperaje:</b> 14A	<b>Temperatura Ambiente:</b> 40°C	
<b>Voltaje:</b> 220V	<b>cos φ:</b> 0.86	
<b>Datos</b>		
	Antes del mantenimiento.	Después del mantenimiento.
<b>Temperatura (°C)</b>	78.7	64.9
<b>T. Ambiente (°C)</b>	20	20
<b>Voltaje (V)</b>	223	221
<b>Amperaje (A)</b>	13.5	12.1

**Fuente:** (Autor)

**a) Cálculo de la eficiencia antes del mantenimiento.**

En este punto se procede a calcular la eficiencia antes del mantenimiento.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia mecánica de salida}}{\text{Potencia eléctrica de entrada}} \quad \text{Ecuación 6.1}$$

$$E_1 = \frac{3579 \text{ W}}{5214 \text{ W}}$$

$$E_1 = 0.69$$

Para el cálculo de la eficiencia tomamos la potencia mecánica de salida de los datos de placa del motor (tabla N°6.4) y los datos de la potencia eléctrica de entrada (Ecuación 6.2), luego reemplazar en la ecuación 6.1.

- Potencia activa.

Para determinar esta potencia se toma los datos de voltaje y amperaje del motor antes de realizar el mantenimiento (tabla N°6.4), reemplazando en la ecuación 6.2.

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos \varphi$$

**Ecuación 6.2**

Dónde:

P= potencia activa.

$\cos \varphi$ = coseno del ángulo.

V= voltaje de entrada.

I= amperaje de entrada.

$$P = \sqrt{3} * 223 * 13.5 * \cos 0.86$$

$$P = 5213 W$$

Este dato de potencia se reemplaza en la ecuación 6.1 para posteriormente realizar en cálculo de la eficiencia.

- Potencia reactiva.

$$Q = \sqrt{3} * V * I * \sin \varphi$$

**Ecuación 6.3**

Dónde:

Q = Potencia reactiva.

$$Q = \sqrt{3} * 223 * 13.5 * \sin 30.68$$

$$Q = 2660 VAR$$

- Potencia aparente.

La potencia aparente es el resultado de la raíz cuadrada de la suma de las potencias activa y reactiva.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

**Ecuación 6.4**

Dónde:

S = Potencia aparente.

$$S = \sqrt{5213.8^2 + 2660.6^2}$$

$$S = 5853 \text{ VA}$$

**b) Cálculo de la eficiencia después del mantenimiento.**

De igual manera procedemos con el cálculo de la eficiencia con las fórmulas de la ecuación 6.2, 6.3 y 6.4 con los datos tomados después del mantenimiento, (tabla N°6.1).

- Potencia activa

$$P = \sqrt{3} * 221 * 12.1 * \cos 0.86$$

$$P = 4631 \text{ W}$$

- Potencia reactiva.

$$Q = \sqrt{3} * 221 * 12.1 * \sin 30.68$$

$$Q = 2363 \text{ VAR}$$

- Potencia aparente.

$$S = \sqrt{4631.1^2 + 2363.3^2}$$

$$S = 5199 \text{ VA}$$

**c) Eficiencia después del mantenimiento.**

En este punto se calcula la eficiencia, considerando los datos de la (tabla N°6.4) y reemplazando en la ecuación 6.1 tenemos:

$$E_2 = \frac{3579 \text{ W}}{4631 \text{ W}}$$

$$E_2 = 0.78$$

Al comparar las eficiencias, éstas mejoraron significativamente después de realizar el mantenimiento.

$$E_1 = 0.69 > E_2 = 0.78$$

**d) Cálculo de transferencia de calor antes del mantenimiento.**

En este punto se procedió a calcular todas las pérdidas térmicas que existen en el proceso de funcionamiento del motor eléctrico, por convección natural y por radiación. En la figura 6.1 detalla las características técnicas del motor siemens para cálculos posteriores.

Pérdidas por convección forzada

$$P = 1280 V_a (t_2 - t_1)$$

**Ecuación 6.5**

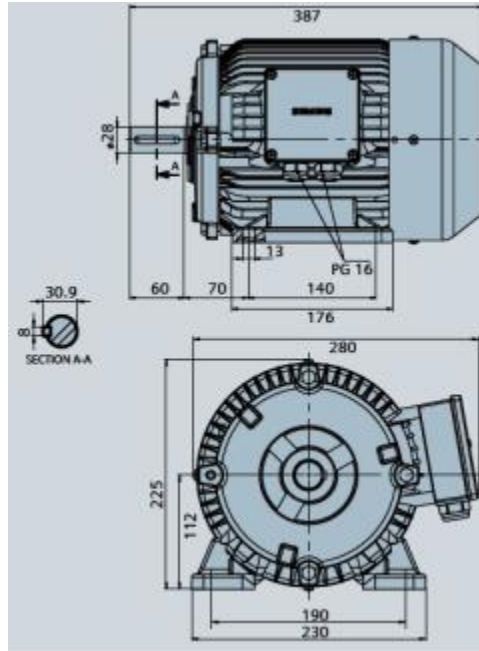
Dónde:

P= Pérdidas de calor por convección forzada (W).

$V_a$ = volumen del aire de enfriamiento ( $\frac{m^3}{s}$ )

$t_1$ = temperatura del aire fresco que entra (°C).

$t_2$ = temperatura del aire caliente que sale (°C).



**Figura 6.1** Características del motor de 4.8 Hp Siemens.  
**Fuente:** (Catálogo siemens.)

- Cálculo área de la superficie del motor.

Dónde:

A = Área de la superficie.

r = Radio

h = Altura de la superficie.

$$A = 2\pi r(r + h)$$

**Ecuación 6.6**

$$A = 2 * \pi * 0.099(0.099 + 0.362)$$

$$A = 0.280m^2$$

- Pérdidas por convección.



$$P = 3A (t_1 - t_2)^{1.25}$$

**Ecuación 6.7**

Dónde:

P= Pérdidas de calor por convección natural (W).

A= Superficie del cuerpo ( $m^2$ ).

$t_1$ = temperatura superficial del cuerpo ( $^{\circ}C$ ).

$t_2$ = temperatura ambiente ( $^{\circ}C$ ).

Reemplazando la ecuación 6.6 en la ecuación 6.7 se obtiene.

Datos:

$$A = 0.280m^2$$

$$\left. \begin{array}{l} t_1 = 78.7^{\circ}C \\ t_2 = 20^{\circ}C \end{array} \right\} \text{(Tabla N}^{\circ}\text{6.4)}$$

$$P = 3 * 0.280 (78.7 - 20)^{1.25}$$

$$P = 3 * 0.280 * (78.7 - 20)^{1.25}$$

$$P = 136 W$$

- Pérdidas por radiación.

$$P = K A (T_1^4 - T_2^4)$$

**Ecuación 6.8**

Dónde:

P= calor irradiado (W).

A= superficie del cuerpo ( $m^2$ ).

$t_1$ = temperatura absoluta del cuerpo ( $^{\circ}K$ ).

$t_2$ = temperatura absoluta de los objetos circundantes ( $^{\circ}K$ ).

k= constante de radiación.

Datos:

$$A = 0.280m^2$$

$$k = 5 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4} \quad (\text{Anexo N}^{\circ}9)$$

$$\left. \begin{array}{l} T_1 = 78.7^{\circ}C = 352^{\circ}K \\ T_2 = 20^{\circ}C = 293^{\circ}K \end{array} \right\} \quad (\text{Tabla N}^{\circ}6.4)$$

Reemplazando en la ecuación 6.8 se obtiene.

$$P = 5 \times 10^{-8} * 0.280 * (352_1^4 - 293_2^4)$$

$$P = 112 W$$

**e) Cálculo de transferencia de calor después del mantenimiento.**

- Pérdidas por convección.

Datos:

$$A = 0.280 m^2$$

$$\left. \begin{array}{l} t_1 = 64.9^\circ C \\ t_2 = 20^\circ C \end{array} \right\} \text{(Tabla N}^\circ\text{6.4)}$$

Reemplazando en la ecuación 6.7 se obtiene.

$$P = 3 * 0.28 (64.9 - 20)^{1.25}$$

$$P = 98 W$$

- Pérdidas por radiación.

Datos:

$$A = 0.280 m^2$$

$$k = 5 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 * K^4} \text{ (Anexo N}^\circ\text{ 9)}$$

$$\left. \begin{array}{l} T_1 = 64.9^\circ C = 338^\circ K \\ T_2 = 20^\circ C = 293^\circ K \end{array} \right\} \text{(Tabla N}^\circ\text{6.4)}$$

Reemplazando en la ecuación 6.8 tenemos:

$$P = 5 \times 10^{-8} * 0.280 * (338_1^4 - 293_2^4)$$

$$P = 79 W$$

La suma de pérdidas por convección y radiación antes del mantenimiento son 248W y la pérdida por convección y radiación después del mantenimiento suman 177W, dando como resultado una reducción del 28% de pérdidas.

**f) Cálculo del consumo eléctrico.**

Finalmente se calcula el consumo eléctrico del motor de acuerdo a los datos obtenidos anteriormente.

- Antes del mantenimiento

$$\text{consumo mensual} = \frac{\text{potencia}(W) * \text{horas de uso por día} * \text{uso al mes}}{1000}$$

$$\text{consumo} = \frac{5213 (W) * 12 \text{ Horas día} * 23 \text{ días}}{1000}$$

$$\text{consumo} = 1439 \text{ KVH}$$

- Antes del mantenimiento.

$$\text{consumo} = \frac{4631 (W) * 12 \text{ Horas día} * 23 \text{ días}}{1000}$$

$$\text{consumo} = 1278 \text{ KVH}$$

**g) Cálculo del costo por consumo eléctrico.**

- Antes del mantenimiento

$$\text{costo} = 1439 \text{ KVH/mes} * 0.08 \text{ dólares/KVH}$$

$$\text{costo} = 115 \text{ dólares/mes}$$

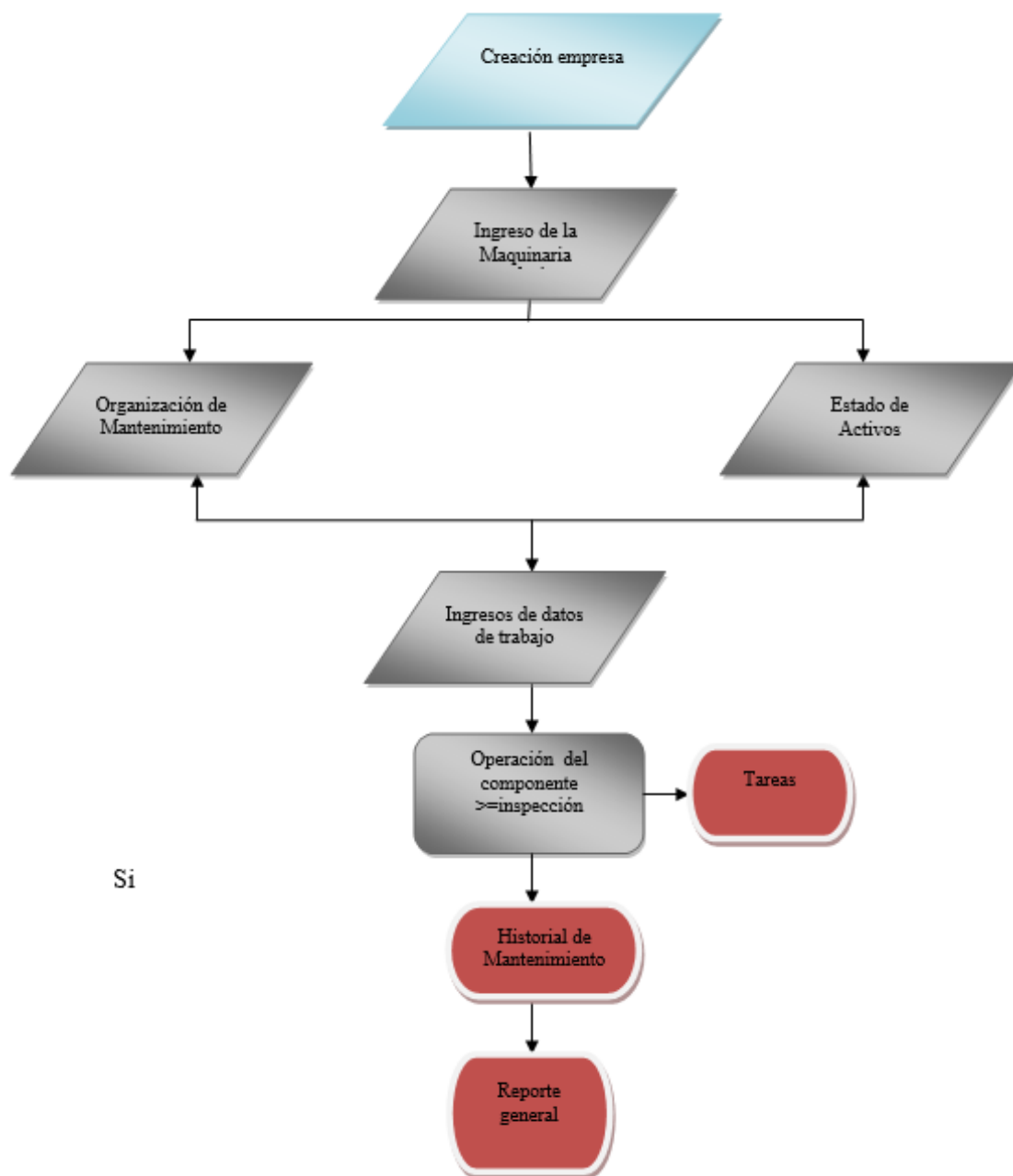
- Antes del mantenimiento.

$$\text{costo} = 1278 \text{ KVH/mes} * 0.08 \text{ dólares/KVH}$$

$$\text{costo} = 102 \text{ dólares/mes.}$$

El costo antes del mantenimiento es mayor que el costo después del mantenimiento, dándonos un ahorro del 11% del inicial.

## 6.7 METODOLOGÍA.



**Figura 6.2** Metodología  
**Fuente:** (Autor)

### 6.7.1 Creación de la empresa.

En esta sección permite el ingreso de la información de la empresa y posteriormente se incluirán los datos de las maquinarias.



**Figura 6.3** Ventana de la creación de una empresa  
**Fuente:** (Autor)

### 6.7.2 Flujo grama de la creación de la terminal de trabajo.



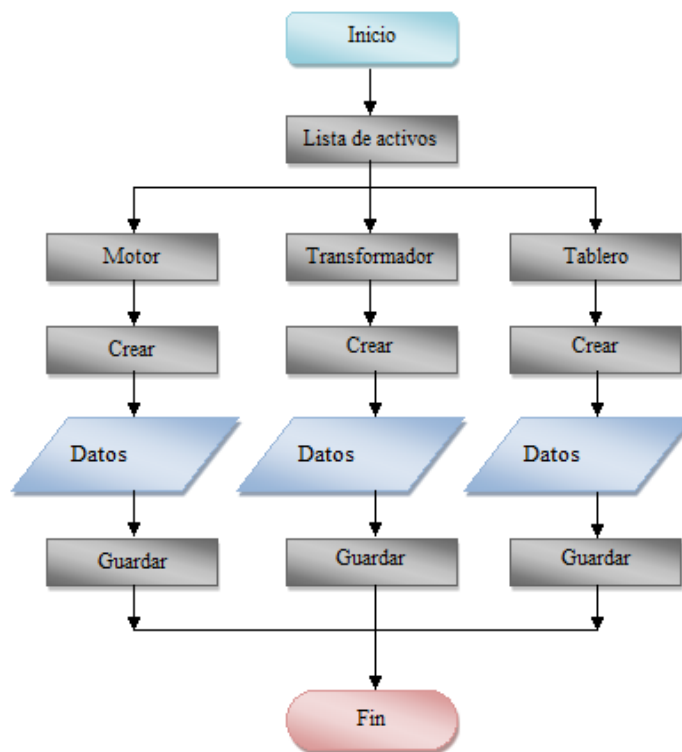
**Figura 6.4** Flujograma de la creación de la terminal de trabajo  
**Fuente:**(Autor)

### 6.7.3 Ingreso de la maquinaria.

Este sitio permite crear los principales activos de las maquinarias que existen en la empresa SOGUAR S.A. los motores eléctricos, arrancadores y transformador respectivamente.

Este proceso permite agiliza el momento de pedir el cambio de un repuesto de la maquinaria y al traslado del mismo.

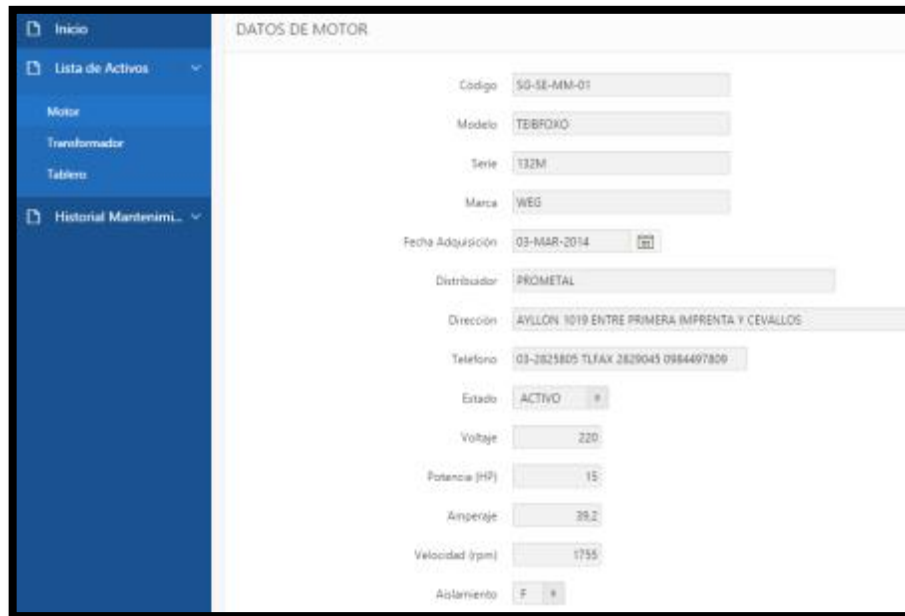
### 6.7.4 Flujograma del registro de tipo de la maquinaria.



**Figura 6.5** Flujograma del registro de tipo de la maquinaria  
**Fuente:**(Autor)

### 6.7.5 Ingreso de datos de los motores eléctricos.

Permite el ingreso detallado de datos técnicos de placa, distribuidores y parámetros de medición termográfica, para posteriormente ser guardados y analizados. A demás de los datos alfanuméricos podemos ingresar una imagen de cada componente.



DATOS DE MOTOR	
Código	SQ-SE-MM-01
Modelo	TEBFDXO
Serie	T32M
Marca	WEG
Fecha Adquisición	03-MAR-2014
Distribuidor	IRONMETAL
Dirección	AYLLON 1019 ENTRE PRIMERA IMPRENTA Y CEVALLOS
Telefono	03-2825805 TLFAX 2829043 0984497809
Estado	ACTIVO
Voltaje	220
Potencia (HP)	15
Amperaje	39.2
Velocidad (rpm)	1755
Aislamiento	F

**Figura 6.6** Ventana del ingreso datos placa motor.  
**Fuente:**(Autor)



Imagen Motor | Seleccionar archivo | Ningún archivo seleccionado



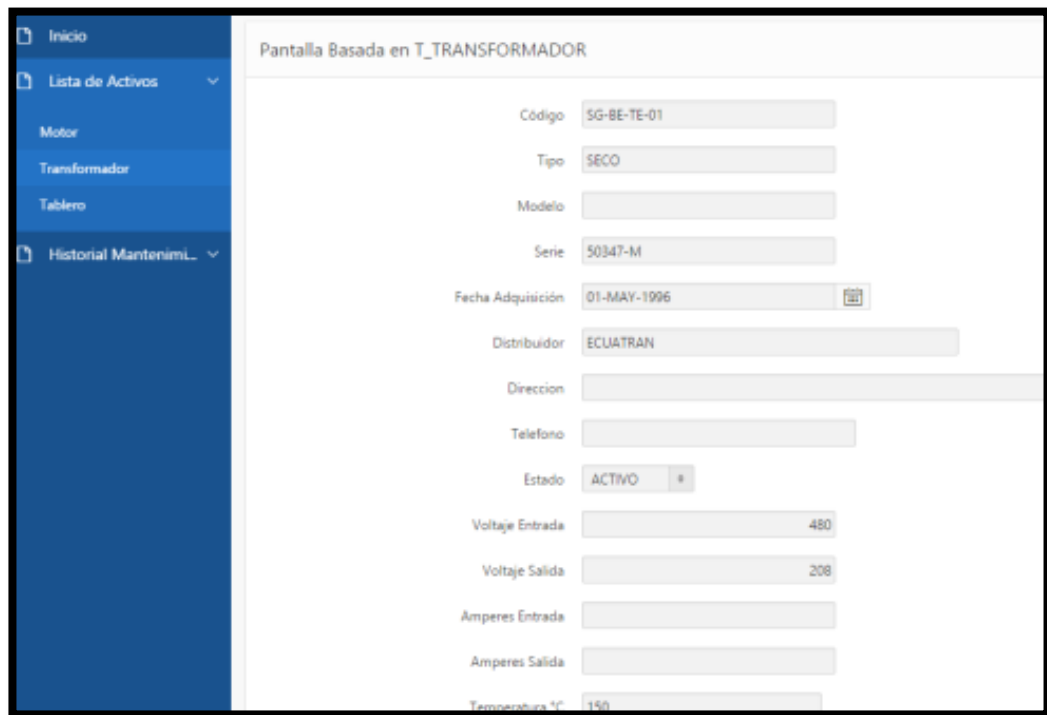
Cancelar | Suprimir | Aplicar Cambios

**Figura 6.7** Ventana del ingreso imagen motor  
**Fuente:**(Autor)



### 6.7.6 Ingreso de datos del transformador.

Este ingreso permite el registro de los datos de placa del transformador.



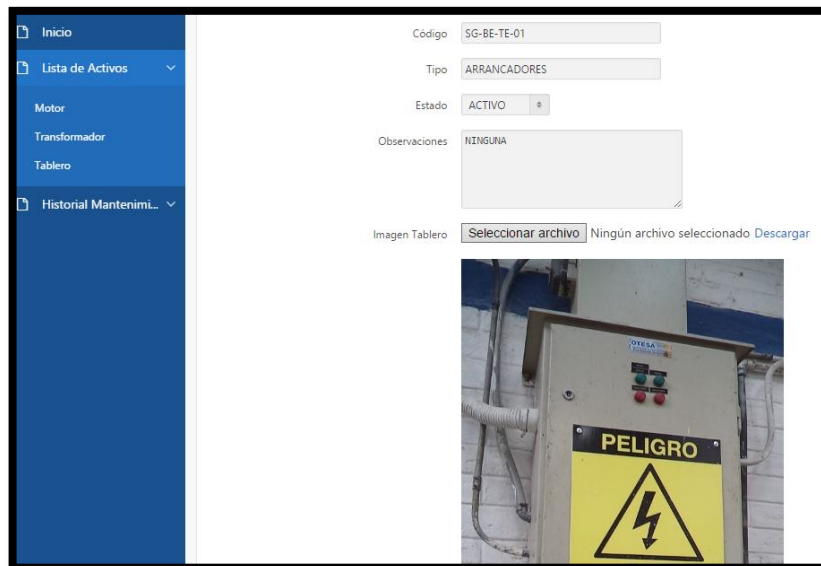
Campo	Valor
Código	SG-BE-TE-01
Tipo	SECO
Modelo	
Serie	50347-M
Fecha Adquisición	01-MAY-1996
Distribuidor	ECUATRAN
Dirección	
Teléfono	
Estado	ACTIVO
Voltaje Entrada	480
Voltaje Salida	208
Amperes Entrada	
Amperes Salida	
Temperatura °C	190

**Figura 6.8** Ventana del ingreso imagen transformador  
**Fuente:**(Autor)

### 6.7.7 Ingreso de datos del tablero eléctrico.

En este sitio permite el ingreso de datos de cada componente de los tableros de control.

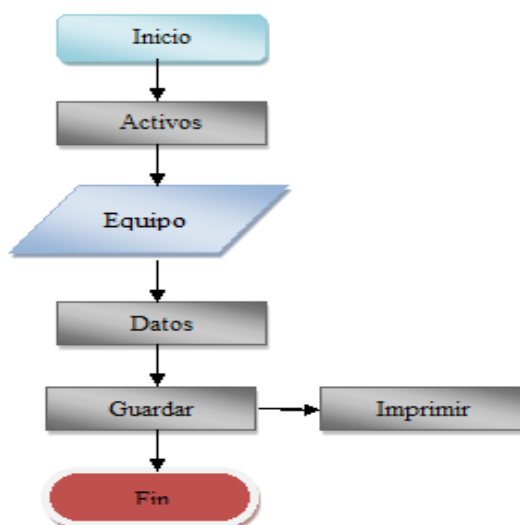
Los tableros contienen dispositivos eléctricos de protección, maniobras o mandos que tienen la finalidad de salvaguardar la seguridad de los equipos y trabajadores tratando de mantener la mejor funcionalidad en la operación de la planta.



**Figura 6.9** Ventana del ingreso datos tablero.  
**Fuente:**(Autor)

### 6.7.8 Elaboración de la planificación del mantenimiento.

Permite ingreso de datos e identifica las tareas de mantenimiento para las distintas maquinarias y componentes de control, de manera que los motores, transformadores y tableros eléctricos mediante el software permita la activación de avisos de alertas e imprima las actividades.



**Figura 6.10** Flujograma de la planificación del mantenimiento  
**Fuente:**(Autor)

### **6.7.9 Reporte de mantenimiento.**

En este reporte se mostrará las actividades o tareas realizadas con el objeto de conocer fechas, horas y de ese modo planificar la intervención de manera que no afecten al proceso de cada maquinaria.

### **6.7.10 Historial de mantenimiento.**

En este sitio permite conocer los distintos mantenimientos realizados anteriormente como fechas, horas y año, para que el operario identifique y analice los posibles problemas de las maquinarias.

Cada dato de medición que se ingresó al software es almacenado, procesado y posteriormente guardado, de tal manera que al abrir nuevamente éste mantenga su codificación de origen, para ser analizados inmediatamente. El software por medio de mensajes alerta al operario si una maquinaria se encuentra defectuosa dando lugar a que la inspección sea de manera rápida y sencilla. Estos indicadores se detallan paso a paso en manual del usuario que se encuentra en el anexo N°10.


## BIBLIOGRAFÍA

- Baca, G. (2013). *Evaluación de Proyectos*. México : McGraw-Hill .
- Bray, G., & Huseyin, H. (2010). *Máquinas Eléctricas y Transformadores*. México: Universidad Iberoamericana.
- Cortes, J. (2012). *Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales*. . Madrid: TEBAR.
- Garcia, V. (2013). Obtenido de Cámaras termográficas con campo visual ampliado: <http://www.instrumentacionhoy.com/camaras-termograficas-con-campo-visual-ampliado/>
- Cengel, Y. (2004). *Transferencia de calor*. México: McGraw-Hill Interamericana editores S.A. de C.V.
- Navarro, L. (2009). *Gestión integral de mantenimiento*. Barcelona: UADE.
- Rosaler, R. (2005). *Manual del Ingeniero de Planta*. México : Mc Graw Hill Interamericana .
- Saez, D. (2011). Obtenido de Motor electrico : <http://praktikum2011etsii.blogs.upv.es/category/iluminacion-led/>
- Termografía. (2012). *Termografía*. Obtenido de <http://www.nivelatermografía.net/termografía>
- Vilaboa, J. (2005). *Gestión de la automatización de plantas industriales en Chile* . Chile: Universidad de Tarapacá.
- LAWRIE, R.J. (1997). *Biblioteca práctica de motores eléctricos*. Barcelona: McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU.

- Holman, J. (1998). *Transferencia de Calor*. Madrid: McGraw-Hill /Interamericana de España, S. A. U.
- AVALLONE, E. & BAUMEISTER, T. (2007). *Manual del ingeniero mecánico*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. DE C.V. Novena edición.
- TESTO AG. (2008). *Termografía de bolsillo*. copyright TestoAG, 48-49.
- LARBURU, N. (2008). *Máquinas prontuario*. Madrid: Learning Paraninfo, S.A. Treceava edición.

# **ANEXOS**

**Anexo N°1: Cámara Termografía FLIR E4.**

<b>Código</b>	137421
<b>Referencia</b>	FLIR E4
<b>Rango de Temperatura</b>	-20 a 250 °C
<b>Sensibilidad Termica</b>	<0.15°C
<b>Resolucion Infrarroja IR</b>	80x60 pixeles
<b>Formato(s) Archivo(s) / Almacenamiento</b>	JPEG / 500 imagenes
<b>Pantalla / Resolucion / Frecuencia Imagen</b>	LCD 3" / 320x240 pix / 9 Hz
<b>Memoria</b>	N/A
<b>Software</b>	Descarga y analisis de datos incluido
<b>Precision</b>	±2% o 2°C
<b>Enfoque del Lente</b>	Foco libre
<b>Modos de Medicion Visual</b>	Punto (Centro)
<b>Campo de vision / Distancia de Enfoque Minima</b>	45°x34°
<b>Caracteristicas</b>	Rango Espectral: 7.5 - 13 µm Paleta de Colores: Hierro, Arcoiris, Gris. Tipo Detector: Microbolometro Refrigerado
<b>Alimentacion</b>	Bateria Recargable Ion de Litio con Adaptador de carga AC
<b>Marca</b>	
<b>Existencia</b>	10 DIAS

**Anexo N°2: Valores predeterminados de factor de velocidad  $f_n$  para rodamientos de bolas FAG,**

**Catálogo WL 41 520/3 SB.**

▼ Valores  $f_n$  para rodamientos de bolas

$$f_n = \sqrt[3]{\frac{33 \cdot V}{n}}$$

n	$f_n$	n	$f_n$	n	$f_n$	n	$f_n$	n	$f_n$
min <sup>-1</sup>		min <sup>-1</sup>		min <sup>-1</sup>		min <sup>-1</sup>		min <sup>-1</sup>	
10	1,49	55	0,846	340	0,461	1800	0,265	9500	0,152
11	1,45	60	0,822	360	0,452	1900	0,26	10000	0,149
12	1,41	65	0,8	380	0,444	2000	0,255	11000	0,145
13	1,37	70	0,781	400	0,437	2200	0,247	12000	0,141
14	1,34	75	0,763	420	0,43	2400	0,24	13000	0,137
15	1,3	80	0,747	440	0,423	2600	0,234	14000	0,134
16	1,28	85	0,732	460	0,417	2800	0,228	15000	0,131
17	1,25	90	0,718	480	0,411	3000	0,223	16000	0,128
18	1,23	95	0,705	500	0,405	3200	0,218	17000	0,125
19	1,21	100	0,693	550	0,393	3400	0,214	18000	0,123
20	1,19	110	0,672	600	0,382	3600	0,21	19000	0,121
22	1,15	120	0,652	650	0,372	3800	0,206	20000	0,119
24	1,12	130	0,635	700	0,362	4000	0,203	22000	0,115
26	1,09	140	0,62	750	0,354	4200	0,199	24000	0,112
28	1,06	150	0,606	800	0,347	4400	0,196	26000	0,109
30	1,04	160	0,593	850	0,34	4600	0,194	28000	0,106
32	1,01	170	0,581	900	0,333	4800	0,191	30000	0,104
34	0,993	180	0,57	950	0,327	5000	0,188	32000	0,101
36	0,975	190	0,56	1000	0,322	5500	0,182	34000	0,0993
38	0,957	200	0,55	1100	0,312	6000	0,177	36000	0,0975
40	0,941	220	0,533	1200	0,303	6500	0,172	38000	0,0957
42	0,926	240	0,518	1300	0,295	7000	0,168	40000	0,0941
44	0,912	260	0,504	1400	0,288	7500	0,164	42000	0,0926
46	0,898	280	0,492	1500	0,281	8000	0,161	44000	0,0912
48	0,886	300	0,481	1600	0,275	8500	0,158	46000	0,0898
50	0,874	320	0,471	1700	0,27	9000	0,155	50000	0,0874



**Anexo N°3:** Valores predeterminados de factor de velocidad  $f_n$  para rodamientos de rodillos FAG, Catálogo WL 41 520/3 SB.

▼ Valores  $f_n$  para rodamientos de rodillos

$$f_n = \frac{10}{3} \sqrt{\frac{33}{n}}$$

n	$f_n$	n	$f_n$	n	$f_n$	n	$f_n$	n	$f_n$
min <sup>-1</sup>		min <sup>-1</sup>		min <sup>-1</sup>		min <sup>-1</sup>		min <sup>-1</sup>	
10	1,44	55	0,861	340	0,498	1800	0,302	9500	0,183
11	1,39	60	0,838	360	0,49	1900	0,297	10000	0,181
12	1,36	65	0,818	380	0,482	2000	0,293	11000	0,176
13	1,33	70	0,8	400	0,475	2200	0,285	12000	0,171
14	1,3	75	0,784	420	0,468	2400	0,277	13000	0,167
15	1,27	80	0,769	440	0,461	2600	0,270	14000	0,163
16	1,25	85	0,755	460	0,455	2800	0,265	15000	0,16
17	1,22	90	0,742	480	0,449	3000	0,259	16000	0,157
18	1,2	95	0,73	500	0,444	3200	0,254	17000	0,154
19	1,18	100	0,719	550	0,431	3400	0,25	18000	0,151
20	1,17	110	0,699	600	0,42	3600	0,245	19000	0,149
22	1,13	120	0,681	650	0,41	3800	0,242	20000	0,147
24	1,1	130	0,665	700	0,401	4000	0,238	22000	0,143
26	1,08	140	0,65	750	0,393	4200	0,234	24000	0,139
28	1,05	150	0,637	800	0,385	4400	0,231	26000	0,136
30	1,03	160	0,625	850	0,378	4600	0,228	28000	0,133
32	1,01	170	0,613	900	0,372	4800	0,225	30000	0,13
34	0,994	180	0,603	950	0,366	5000	0,222	32000	0,127
36	0,977	190	0,593	1000	0,36	5500	0,216	34000	0,125
38	0,961	200	0,584	1100	0,35	6000	0,211	36000	0,123
40	0,947	220	0,568	1200	0,341	6500	0,206	38000	0,121
42	0,933	240	0,553	1300	0,333	7000	0,201	40000	0,119
44	0,92	260	0,54	1400	0,326	7500	0,197	42000	0,117
46	0,908	280	0,528	1500	0,319	8000	0,193	44000	0,116
48	0,896	300	0,517	1600	0,313	8500	0,19	46000	0,114
50	0,885	320	0,507	1700	0,307	9000	0,186	50000	0,111

**Anexo N° 4:** Valores predeterminados de  $f_1$  FAG, Catálogo WL 41 520/3 SB.

Lugar de aplicación	Valor $f_1$ que debe alcanzarse	Valores usuales de cálculo
<b>Construcciones navales</b>		
Rodamientos de empuje para barcos	3 ... 4	Empuje máximo de la hélice; velocidad nominal
Rodamientos del eje principal	4 ... 6	Peso proporcional del eje; velocidad nominal $f_2 = 2$
Transmisiones grandes	2,5 ... 3,7	Potencia nominal; velocidad nominal
Transmisiones pequeñas	2 ... 3	Potencia nominal; velocidad nominal
Accionamientos de botes	1,5 ... 2,5	Potencia nominal; velocidad nominal
		<b>Rodamientos del timón</b>
		cargados estáticamente por la presión del timón, el peso y el accionamiento
<b>Maquinaria agrícola</b>		
Tractores agrícolas	1,5 ... 2	igual que vehículos
Maquinaria autopropulsada	1,5 ... 2	igual que vehículos
Maquinaria de temporada	1 ... 1,5	Potencia máxima; velocidad nominal
<b>Maquinaria de construcción</b>		
Niveladoras, cargadoras	2 ... 2,5	igual que vehículos
Excavadoras / equipo tractor	1 ... 1,5	par medio del motor hidrostático;
Excavadoras / equipo giratorio	1,5 ... 2	velocidad media
Apisonadoras vibratorias, excitadoras	1,5 ... 2,5	Fuerza centrífuga - $f_2$ (Factor $f_2 = 1,1$ a $1,3$ )
Compactadoras	1 ... 1,5	
<b>Motores eléctricos</b>		
Motores eléctricos para aparatos electrodomésticos	1,5 ... 2	peso del rotor - $f_1$ ; velocidad nominal
Motores estándar	3,5 ... 4,5	factor $f_1 = 1,5$ a $2$ para máquinas estacionarias
Motores grandes	4 ... 5	$f_1 = 1,5$ a $2,5$ para motores de tracción
Motores de tracción	3 ... 3,5	para accionamientos por piñón; grupos de cargas con velocidades correspondientes
<b>Instalaciones siderúrgicas y de laminación</b>		
Laminadoras	1 ... 3	carga media de laminado; velocidad de laminación valor $f_1$ según tipo de laminador y programa de laminado
Accionamiento de laminadores	3 ... 4	Par nominal o máximo; velocidad nominal
Tren de rodillos	2,5 ... 3,5	Peso del material, golpes; velocidad de laminación
Máquinas de fundición por centrifugación	3,5 ... 4,5	Peso, masa excéntrica; número de revoluciones nominal
		<b>Convertidores</b>
		solicitados estáticamente por el peso máximo
<b>Máquina-herramienta</b>		
Husillos de tornos y fresadoras	3 ... 4,5	Fuerza de corta, par motor, precarga peso de la pieza a mecanizar; velocidad de servicio
Husillos de taladradoras	3 ... 4	
Husillos de rectificadoras	2,5 ... 3,5	
Husillos porta-piezas en rectificadora	3,5 ... 5	
Transmisiones de máquina-herramienta	3 ... 4	Potencia nominal; velocidad nominal
Prensas / volante	3,5 ... 4	Peso de volante; velocidad nominal
Prensas / eje excéntrico	3 ... 3,5	Fuerza de prensado, tiempos alicuotes; velocidad nominal
Herramientas eléctricas y	2 ... 3	Fuerza de corte y accionamiento; velocidad nominal

### Anexo N°5: Emisividad de la pintura.

1	2	3	4	5	6
Nickel oxide		500-650	T	0.52-0.59	1
Oil, lubricating	0.025 mm film	20	T	0.27	2
Oil, lubricating	0.050 mm film	20	T	0.46	2
Oil, lubricating	0.125 mm film	20	T	0.72	2
Oil, lubricating	film on Ni base: Ni base only	20	T	0.05	2
Oil, lubricating	thick coating	20	T	0.82	2
Paint	8 different colors and qualities	70	SW	0.88-0.96	9
Paint	8 different colors and qualities	70	LW	0.92-0.94	9
Paint	Aluminum, vari- ous ages	50-100	T	0.27-0.67	1
Paint	cadmium yellow		T	0.28-0.33	1
Paint	chrome green		T	0.65-0.70	1
Paint	cobalt blue		T	0.7-0.8	1
Paint	oil	17	SW	0.87	5
Paint	oil based, aver- age of 16 colors	100	T	0.94	2
Paint	oil, black flat	20	SW	0.94	6
Paint	oil, black gloss	20	SW	0.92	6
Paint	oil, gray flat	20	SW	0.97	6
Paint	oil, gray gloss	20	SW	0.96	6
Paint	oil, various colors	100	T	0.92-0.96	1
Paint	plastic, black	20	SW	0.95	6
Paint	plastic, white	20	SW	0.84	6
Paper	4 different colors	70	SW	0.68-0.74	9
Paper	4 different colors	70	LW	0.92-0.94	9
Paper	black		T	0.90	1
Paper	black, dull		T	0.94	1
Paper	black, dull	70	SW	0.86	9
Paper	black, dull	70	LW	0.89	9
Paper	blue, dark		T	0.84	1
Paper	coated with black lacquer		T	0.93	1
Paper	green		T	0.85	1
Paper	red		T	0.76	1
Paper	white	20	T	0.7-0.9	1
Paper	white bond	20	T	0.93	2
Paper	white, 3 different glosses	70	SW	0.76-0.78	9
Paper	white, 3 different glosses	70	LW	0.88-0.90	9
Paper	yellow		T	0.72	1
Plaster		17	SW	0.86	5

### Anexo N°6: Emisividad hierro fundido.

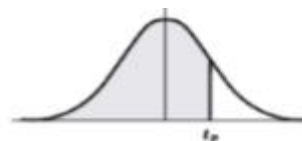
1	2	3	4	5	6
Iron and steel	wrought, carefully polished	40-250	T	0.28	1
Iron galvanized	heavily oxidized	70	SW	0.64	9
Iron galvanized	heavily oxidized	70	LW	0.85	9
Iron galvanized	sheet	92	T	0.07	4
Iron galvanized	sheet, burnished	30	T	0.23	1
Iron galvanized	sheet, oxidized	20	T	0.28	1
Iron tinned	sheet	24	T	0.064	4
Iron, cast	casting	50	T	0.81	1
Iron, cast	ingots	1000	T	0.95	1
Iron, cast	liquid	1300	T	0.28	1
Iron, cast	machined	800-1000	T	0.60-0.70	1
Iron, cast	oxidized	100	T	0.64	2
Iron, cast	oxidized	260	T	0.66	4
Iron, cast	oxidized	38	T	0.63	4
Iron, cast	oxidized	538	T	0.76	4
Iron, cast	oxidized at 600°C	200-600	T	0.64-0.78	1
Iron, cast	polished	200	T	0.21	1
Iron, cast	polished	38	T	0.21	4
Iron, cast	polished	40	T	0.21	2
Iron, cast	unworked	900-1100	T	0.87-0.95	1
Krylon Ultra-flat black 1602	Flat black	Room temperature up to 175	LW	≈ 0.96	12
Krylon Ultra-flat black 1602	Flat black	Room temperature up to 175	MW	≈ 0.97	12
Lacquer	3 colors sprayed on Aluminum	70	SW	0.50-0.53	9
Lacquer	3 colors sprayed on Aluminum	70	LW	0.92-0.94	9
Lacquer	Aluminum on rough surface	20	T	0.4	1
Lacquer	bakelite	80	T	0.83	1
Lacquer	black, dull	40-100	T	0.96-0.98	1
Lacquer	black, matte	100	T	0.97	2
Lacquer	black, shiny, sprayed on iron	20	T	0.87	1
Lacquer	heat-resistant	100	T	0.92	1
Lacquer	white	100	T	0.92	2
Lacquer	white	40-100	T	0.8-0.95	1
Lead	oxidized at 200°C	200	T	0.63	1
Lead	oxidized, gray	20	T	0.28	1
Lead	oxidized, gray	22	T	0.28	4
Lead	shiny	250	T	0.08	1
Lead	unoxidized, polished	100	T	0.05	4

Anexo N°7: Emisividad cobre.

1	2	3	4	5	6
Chipboard	untreated	20	SW	0.90	6
Chromium	polished	50	T	0.10	1
Chromium	polished	500-1000	T	0.28-0.38	1
Clay	fired	70	T	0.91	1
Cloth	black	20	T	0.98	1
Concrete		20	T	0.92	2
Concrete	dry	36	SW	0.95	7
Concrete	rough	17	SW	0.97	5
Concrete	walkway	5	LLW	0.974	8
Copper	commercial, burnished	20	T	0.07	1
Copper	electrolytic, carefully polished	80	T	0.018	1
Copper	electrolytic, polished	-34	T	0.006	4
Copper	molten	1100-1300	T	0.13-0.15	1
Copper	oxidized	50	T	0.6-0.7	1
Copper	oxidized to blackness		T	0.88	1
Copper	oxidized, black	27	T	0.78	4
Copper	oxidized, heavily	20	T	0.78	2
Copper	polished	50-100	T	0.02	1
Copper	polished	100	T	0.03	2
Copper	polished, commercial	27	T	0.03	4
Copper	polished, mechanical	22	T	0.015	4
Copper	pure, carefully prepared surface	22	T	0.008	4
Copper	scraped	27	T	0.07	4
Copper dioxide	powder		T	0.84	1
Copper oxide	red, powder		T	0.70	1
Ebonite			T	0.89	1
Emery	coarse	80	T	0.85	1
Enamel		20	T	0.9	1
Enamel	lacquer	20	T	0.85-0.95	1
Fiber board	hard, untreated	20	SW	0.85	6
Fiber board	masonite	70	SW	0.75	9
Fiber board	masonite	70	LW	0.88	9
Fiber board	particle board	70	SW	0.77	9
Fiber board	particle board	70	LW	0.89	9
Fiber board	porous, untreated	20	SW	0.85	6
Gold	polished	130	T	0.018	1
Gold	polished, carefully	200-600	T	0.02-0.03	1
Gold	polished, highly	100	T	0.02	2

Anexo N°8 Tabla de distribución “t” con “v” grados de libertad.

Valores percentiles ( $t_p$ )  
correspondientes a  
la distribución t de Student  
con  $\nu$  grados de libertad  
(área sombreada =  $p$ )



$\nu$	$t_{.995}$	$t_{.99}$	$t_{.975}$	$t_{.95}$	$t_{.90}$	$t_{.85}$	$t_{.80}$	$t_{.75}$	$t_{.70}$	$t_{.65}$
1	63.66	31.82	12.71	6.31	3.08	1.376	1.000	.727	.325	.158
2	9.92	6.96	4.30	2.92	1.89	1.061	.816	.617	.289	.142
3	5.84	4.54	3.18	2.35	1.64	.978	.765	.584	.277	.137
4	4.60	3.75	2.78	2.13	1.53	.941	.741	.569	.271	.134
5	4.03	3.36	2.57	2.02	1.48	.920	.727	.559	.267	.132
6	3.71	3.14	2.45	1.94	1.44	.906	.718	.553	.265	.131
7	3.50	3.00	2.36	1.90	1.42	.896	.711	.549	.263	.130
8	3.36	2.90	2.31	1.86	1.40	.889	.706	.546	.262	.130
9	3.25	2.82	2.26	1.83	1.38	.883	.703	.543	.261	.129
10	3.17	2.76	2.23	1.81	1.37	.879	.700	.542	.260	.129
11	3.11	2.72	2.20	1.80	1.36	.876	.697	.540	.260	.129
12	3.06	2.68	2.18	1.78	1.36	.873	.695	.539	.259	.128
13	3.01	2.65	2.16	1.77	1.35	.870	.694	.538	.259	.128
14	2.98	2.62	2.14	1.76	1.34	.868	.692	.537	.258	.128
15	2.95	2.60	2.13	1.75	1.34	.866	.691	.536	.258	.128
16	2.92	2.58	2.12	1.75	1.34	.865	.690	.535	.258	.128
17	2.90	2.57	2.11	1.74	1.33	.863	.689	.534	.257	.128
18	2.88	2.55	2.10	1.73	1.33	.862	.688	.534	.257	.127
19	2.86	2.54	2.09	1.73	1.33	.861	.688	.533	.257	.127
20	2.84	2.53	2.09	1.72	1.32	.860	.687	.533	.257	.127
21	2.83	2.52	2.08	1.72	1.32	.859	.686	.532	.257	.127
22	2.82	2.51	2.07	1.72	1.32	.858	.686	.532	.256	.127
23	2.81	2.50	2.07	1.71	1.32	.858	.685	.532	.256	.127
24	2.80	2.49	2.06	1.71	1.32	.857	.685	.531	.256	.127
25	2.79	2.48	2.06	1.71	1.32	.856	.684	.531	.256	.127
26	2.78	2.48	2.06	1.71	1.32	.856	.684	.531	.256	.127
27	2.77	2.47	2.05	1.70	1.31	.855	.684	.531	.256	.127
28	2.76	2.47	2.05	1.70	1.31	.855	.683	.530	.256	.127
29	2.76	2.46	2.04	1.70	1.31	.854	.683	.530	.256	.127
30	2.75	2.46	2.04	1.70	1.31	.854	.683	.530	.256	.127
40	2.70	2.42	2.02	1.68	1.30	.851	.681	.529	.255	.126
60	2.66	2.39	2.00	1.67	1.30	.848	.679	.527	.254	.126
120	2.62	2.36	1.98	1.66	1.29	.845	.677	.526	.254	.126
$\infty$	2.58	2.33	1.96	1.645	1.28	.842	.674	.524	.253	.126

Anexo N°9: Tabla de constantes de radiación.

Tipo de superficie	Constante $k$ $W/(m^2 \cdot K^4)$
plata pulida	$0.2 \times 10^{-8}$
cobre brillante	$1 \times 10^{-8}$
cobre oxidado	$3 \times 10^{-8}$
pintura aluminizada	$3 \times 10^{-8}$
Nicromo oxidado	$2 \times 10^{-8}$
tungsteno	$2 \times 10^{-8}$
hierro oxidado	$4 \times 10^{-8}$
materiales aislantes	$5 \times 10^{-8}$
pintura o esmalte no metálico	$5 \times 10^{-8}$
emisor perfecto (cuerpo negro)	$5.669 \times 10^{-8}$

Anexo N°10: Software de mantenimiento predictivo.

# Manual del usuario



**Elaborado por:** Néstor Caiza



- Inicio.

Este manual ayudará de una manera útil y sencilla, para encontrar consejos adecuados relacionados con el control del mantenimiento predictivo aplicado a los motores, tableros eléctricos y transformador.

- Instalación del software.

Este software se la realiza mediante una página web de una manera gratuita

- Página principal.

En esta página se encuentra el ingreso del nombre de usuario y una contraseña que permite las opciones de ingreso o cambio de usuario.

- Botones principales.

Estos botones principales permiten interactuar con el software.

- Inicio: Donde se encuentran las listas de los activos
- Motor: Se ubican los motores con sus respectivos datos.
- Transformador: Determina los datos del transformador.
- Tablero: Se detalla cada uno de los componentes eléctricos.
- Historial de mantenimiento: Ingreso los datos de las tomas de mantenimiento de la maquinaria y donde encuentran los historiales de cada componente.
- Ingreso mantenimiento motor: Ingreso de datos de los motores
- Ingreso mantenimiento transformador: Permite el ingreso de datos del transformador
- Ingreso mantenimiento tablero: Permite el ingreso de datos de los componentes del tablero eléctrico.

## Botones de interfaz.

Permiten interactuar con el software por acciones, de tal manera que se puede aplicar a cada componente.



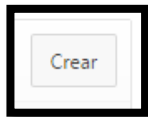
Acciones.



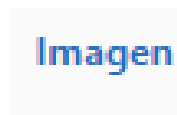
Ingreso de fecha.



Ingreso a los datos guardados.



Crear un nuevo componente.



Crear imagen.

### **Página principal.**

Esta opción permite el ingreso de imágenes de la empresa o el lugar donde se quiera instalar el programa.



### **Lista de activos.**

Visualiza las opciones de creación de componentes que se encuentran activos y listos para el funcionamiento.



## Motor.

En esta parte visualiza el ingreso de datos de las placas de los motores y el área en la que se encuentran como también parámetros de funcionamiento e imágenes.

MOTORES

Q [ ] Ir 2.CODIG001 Acciones [v] [Crear]

► [CODIG001] [Area Trabajo]

Area Trabajo : EXTERIORES

	Código	Estado	Potencia	Voltaje	Amperaje	Velocidad	Aislamiento	Horas trabajo	Modelo	Serie	Eficiencia	Temperatura Ambiente	Rodamiento Delantero
	SG-SE-MVA-01	ACTIVO	15	220	39.2	1755	F	8	TEBFOXO	132M	0.85	40	6308

Area Trabajo : MAQUINAS AUXILIARES

	Código	Estado	Potencia	Voltaje	Amperaje	Velocidad	Aislamiento	Horas trabajo	Modelo	Serie	Eficiencia	Temperatura Ambiente	Rodamiento Delantero
	SG-MA-MD-02	ACTIVO	3	440	12.2	1720	B	8	-	-	0.85	40	-

Para ingresar; seleccionar la opción “crear” donde se abrirá una ventana que permitirá el ingreso de los datos técnicos.

**DATOS DE MOTOR**

Código: SG-SE-MM-01

Modelo: TEIBFOXO

Serie: 132M

Marca: WEG

Fecha Adquisición: 03-MAR-2014

Distribuidor: PROMETAL

Dirección: AVLLON 1019 ENTRE PRIMERA IMPRENTA Y CEVALLOS

Teléfono: 03-2825805 TLFAX 2829045 0984497809

Estado: ACTIVO

Voltaje: 220

Potencia (HP): 15

Amperaje: 39,2

Velocidad (rpm): 1755

Aislamiento: F

### Transformador.

La opción transformadora visualiza el número de componentes. Para el ingreso de datos seleccionar la opción “crea”.

**TRANSFORMADORES**

Q  Ir Acciones

	Código	Tipo	Modelo	Serie	Distribuidor	Dirección	Teléfono	Estado	Voltaje Entrada	Voltaje Salida	Amperes Entrada	Amperes Salida	KVA	Eficiencia	Aceite	Fes adqui
	SG-BE-TE-01	SECO	-	50347-M	ECUATRAN	-	-	ACTIVO	480	208	-	-	75	-	-	01-1-19

< 1-1 >

Ingreso de datos seleccionar opción “crear”.

Pantalla Basada en T\_TRANSFORMADOR

Código: SG-BE-TE-01

Tipo: SECO

Modelo:

Serie: 50347-M

Fecha Adquisición: 01-MAY-1996

Distribuidor: ECUATRAN

Dirección:

Teléfono:

Estado: ACTIVO

Voltaje Entrada: 480

Voltaje Salida: 208

Amperes Entrada:

Amperes Salida:

Temperatura °C: 150

**Tablero.**

En esta opción esta los datos de los diferentes componentes eléctricos.

TABLEROS

Editar	Código	Tipo	Estado	Observaciones
	SG-BE-TE-01	ARRANCADORES	ACTIVO	NINGUNA

1 - 1

Para el ingreso de datos elegir la opción “crear”.

Código: 5G-BE-TE-01

Tipo: ARRANCADORES

Estado: ACTIVO

Observaciones: NINGUNA

Imagen Tablero:  Ningún archivo seleccionado [Descargar](#)



## PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LOS COMPONENTES.

### Mantenimiento.

Se visualiza el ingreso de mantenimiento de cada componente para la evaluación con los datos de inspecciones.

### Mantenimiento motor.

Selecciona la opción “crear” para el ingreso de datos tomados con los equipos de medición. Es necesario aclarar que los equipos indispensables para el análisis del programa es la cámara termográfica, amperímetro, voltímetro y el tacómetro, esto para garantizar el funcionamiento óptimo del software.

PROCESAR

Q v | Acciones v | Crear

	Area trabajo	Código	Indicación temperatura	Indicación voltaje	Indicación amperaje	Cambio Rodamiento Delantero (Horas)	Cambio Rodamiento Posterior (Horas)	Fecha registro	Temperatura Termográfica °C	Voltaje	Amperaje
	RIVERA	SG-SQ-ME-02	SEVERO SOBRECALENTAMIENTO, REALIZAR ATENCIÓN INMEDIATA	NORMAL	NORMAL	TEMPERATURA ELEVADA	TEMPERATURA ELEVADA	30-NOV-2015	116	450	4
	QUEMADORES	SG-SQ-MI-01	DESARROLLADO SOBRECALENTAMIENTO, ATENDER A LA PRIMERA OPORTUNIDAD	NORMAL	NORMAL	14838	13890	30-NOV-2015	72,2	226	25
	MAQUINAS AUXILIARES	SG-MA-MD-01	SIGUIENTE MANTENIMIENTO PROGRAMADO	REVISAR SALIDA DE VOLTAJE	AMPERAJE ALTO	32859	32315	30-NOV-2015	37,5	470	10

1 - 3

Seleccionar la opción “procesar” para evaluar los datos del motor y de esta manera es de fácil interpretación para el usuario.

Código Motor: SG-SQ-ME-02

Fecha Registro: 30-NOV-2015

Voltaje: 450


Temperatura Termográfica °C: 116

Amperaje: 4

Velocidad (rpm): 1750

Observaciones:

[Imágenes Motor](#)



### Mantenimiento transformador.

En esta pantalla visualiza el estado del transformador.



PROCESAR												
<input type="text" value="Q"/> <input type="button" value="Ir"/> <input type="button" value="Acciones"/> <input type="button" value="Crear"/>												
	Código	Voltaje Entrada	Voltaje Salida	Amperaje Entrada	Amperaje Salida	Temperatura	Indicador Voltaje Entrada	Indicador Voltaje Salida	Indicador Amperaje Entrada	Indicador Amperaje Salida	Observaciones	Fecha registro
	SG-BE-TE-01	440	220	34	100	70	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NINGUNA	30- NOV- 2015

Selección de ingreso de datos.

Código Transformador: **SG-BE-TE-01**

Fecha Registro:

Voltaje Entrada:

Voltaje Salida:


Amperaje Entrada:

Amperaje Salida:

Temperatura:

Observaciones:

**Imagen Transformador**



### Mantenimiento tablero.

Visualiza los componentes del tablero y evalúa los datos.

PROCESAR

Q  Ir Acciones

	Código Tablero	Código Motor	Nombre	Marca	Capacidad	Amperaje	Indicación amperaje	Fecha Cambio	Observaciones	Indicador temperatura entrada	Indicador temperatura salida
	SG-BE-TE-01	SG-SQ-MI-01	BGRKER	LG	38	40	CAMBIO DE COMPONENTE	30-NOV-2015	NINGUNA	NORMAL	REAJUSTE DE TERMINAL
	SG-BE-TE-01	SG-SQ-MI-01	CONTACTOR	SL	25	40	CAMBIO DE COMPONENTE	30-NOV-2015	NINGUNA	NORMAL	REAJUSTE DE TERMINAL

Selección del ingreso de datos.

DATOS COMPONENTE

Código Motor: SG-SQ-MI-01

Nombre:

Marca:

Capacidad:

Amperaje:

Temperatura Termográfica Terminal 1:       Temperatura Termográfica Terminal 4:

Temperatura Termográfica Terminal 2:       Temperatura Termográfica Terminal 5:

Temperatura Termográfica Terminal 3:       Temperatura Termográfica Terminal 6:

Fecha Cambio:



Emisividad:


Observaciones:


Cada ingreso de datos es comparado y evaluado según el nivel de gravedad para luego ser almacenado, donde usuario podrá hacer uso de ella cuando lo desee.

Anexo °N11: Datos técnicos de los motores.


Motor del bombo giratorio.	
<b>Marca:</b> Siemens	<p>Imagen.</p> 
<b>Potencia:</b> 9Hp	
<b>Voltaje:</b> 440V	
<b>Amperaje:</b> 12.2A	
<b>rpm:</b> 1720	
<b>Frecuencia:</b> 60Hz	
<b>cosφ:</b> 0.86	
<b>IP:</b> 44	
<b>Rodamientos:</b> 6308 - 6206	
<b>Temperatura Ambiente:</b> 40°C	
Motor de la escurridora 01	
<b>Marca:</b> Ironhorse	<p>Imagen.</p> 
<b>Potencia:</b> 10Hp	
<b>Amperaje:</b> 12.8A	
<b>Voltaje:</b> 440V	
<b>RPM:</b> 1745	
<b>Frecuencia:</b> 60Hz	
<b>cosφ:</b> 0.78	
<b>IP:</b> 44	
<b>Temperatura Ambiente:</b> 40°C	
<b>Rodamientos:</b> 6308 -6207	
Motor de la escurridora 02	
<b>Marca:</b> Vanguard	<p>Imagen</p> 
<b>Potencia:</b> 3Hp	
<b>Amperaje:</b> 4.2A	
<b>Voltaje:</b> 440V	
<b>RPM:</b> 1720	
<b>cosφ:</b> 0.78	
<b>IP:</b> 44	
<b>Frecuencia:</b> 60Hz	
<b>Temperatura Ambiente:</b> 40°C	
<b>Rodamientos.:</b> 6306-6206	
Motor de la divididora 01	
<b>Marca:</b> Toshiba	<p>Imagen</p> 
<b>Potencia:</b> 7,5Hp	
<b>Amperaje:</b> 9,7A	
<b>Voltaje:</b> 440V	
<b>cosφ:</b> 0.86	
<b>IP:</b> 44	
<b>RPM:</b> 1740	
<b>Frecuencia:</b> 60Hz	
<b>Rodamientos.:</b> 6308-6208	


Motor de la Divididora 02	
<b>Marca:</b> Lesson	<p style="text-align: center;">Imagen</p> 
<b>Potencia:</b> 2Hp	
<b>Amperaje:</b> 3,4 A	
<b>Voltaje:</b> 440V	
<b>cosφ:</b> 0.74	
<b>IP:</b> 44	
<b>RPM:</b> 1740	
<b>Frecuencia:</b> 60Hz	
<b>Temperatura Ambiente:</b> 40°C	
<b>Rodamientos.:</b> 6207-6205	
Motor de la Mezcladora	
<b>Marca:</b> N/A	<p style="text-align: center;">Imagen</p> 
<b>Potencia:</b> 7.5Hp	
<b>Amperaje:</b> 22.5A	
<b>Voltaje:</b> 220V	
<b>cosφ:</b> N/A	
<b>IP:</b> N/A	
<b>RPM:</b> 1760	
<b>Frecuencia:</b> 60Hz	
<b>Temperatura Ambiente:</b> 40°C	
<b>Rodamientos.:</b> 6309-6308	
Motor del Elevador	
<b>Marca:</b> Sterling	<p style="text-align: center;">Imagen</p> 
<b>Potencia:</b> 2Hp	
<b>Amperaje:</b> 3,4A	
<b>Voltaje:</b> 220V	
<b>cosφ:</b> 0.86	
<b>IP:</b> 44	
<b>RPM:</b> 1200	
<b>Frecuencia:</b> 60Hz	
<b>Temperatura Ambiente:</b> 40°C	
<b>Rodamientos.:</b> 6309-6309	
Motor Bomba del Elevador	
<b>Marca:</b> N/A	<p style="text-align: center;">Imagen</p> 
<b>Potencia:</b> 2Hp	
<b>Amperaje:</b> 6	
<b>Voltaje:</b> 220V	
<b>cosφ:</b> N/A	
<b>IP:</b> N/A	
<b>RPM:</b> 3600	
<b>Temperatura Ambiente:</b> 40°C	
<b>Rodamientos.:</b> 6205-6302	


Motor del Molino Húmedo	
<b>Marca:</b> N/A	<p style="text-align: center;">Imagen</p> 
<b>Potencia:</b> 50 Hp	
<b>Amperaje:</b> 120 A	
<b>Voltaje:</b> 220V	
<b>cosφ:</b> N/A	
<b>IP:</b> N/A	
<b>RPM:</b> 1220	
<b>Frecuencia:</b> 60Hz	
<b>Temperatura Ambiente:</b> 40°C	
<b>Rodamientos.:</b> N/A	


Motor de la Bomba de Combustible	
<b>Marca:</b> Siemens	<p style="text-align: center;">Imagen</p> 
<b>Potencia:</b> 0,4Hp	
<b>Amperaje:</b> 1,7A	
<b>Voltaje:</b> 220V	
<b>cosφ:</b> 0.77	
<b>IP:</b> 44	
<b>RPM:</b> 1640	
<b>Frecuencia:</b> 60Hz	
<b>Temperatura Ambiente:</b> 40°C	
<b>Rodamientos.:</b> 6202-6202	

Motor del Ventilador Intercambiador	
<b>Marca:</b> WEG	<p style="text-align: center;">Imagen</p> 
<b>Potencia:</b> 10Hp	
<b>Amperaje:</b> 27,2A	
<b>Voltaje:</b> 220V	
<b>cosφ:</b> 0.83	
<b>IP:</b> 55	
<b>RPM:</b> 1755	
<b>Frecuencia:</b> 60Hz	
<b>Temperatura Ambiente:</b> 40°C	
<b>Rodamientos:</b> 6308-6207	

Motor del Ventilador de Combustión	
<b>Marca:</b> Siemens	<p style="text-align: center;">Imagen</p> 
<b>Potencia:</b> 12Hp	
<b>Amperaje:</b> 32A	
<b>Voltaje:</b> 220V	
<b>cosφ:</b> 0.86	
<b>IP:</b> 44	
<b>RPM:</b> 3525	
<b>Temperatura Ambiente:</b> 40°C	
<b>Rodamientos:</b> 6208-6208	

Motor del Ventilador Principal 01	
Marca: Siemens	Imagen
<b>Potencia:</b> 5,0Hp	
<b>Amperaje:</b> 14,6A	
<b>Voltaje:</b> 220V	
<b>cosφ:</b> 0.85	
<b>IP:</b> 54	
<b>RPM:</b> 1720	
<b>Frecuencia:</b> 60Hz	
<b>Temperatura Ambiente:</b> 40°C	
<b>Rodamientos:</b> 6207-6205	

Motor del Ventilador Principal 02	
Marca: Siemens	Imagen
<b>Potencia:</b> 4,8Hp	
<b>Amperaje:</b> 14A	
<b>Voltaje:</b> 220V	
<b>cosφ:</b> 0.86	
<b>IP:</b> 44	
<b>RPM:</b> 1700	
<b>Frecuencia:</b> 60Hz	
<b>Temperatura Ambiente:</b> 40°C	
<b>Rodamientos:</b> 6207-6207	

Motor del Molino Seco	
Marca: WEG	Imagen
<b>Potencia:</b> 15Hp	
<b>Amperaje:</b> 12.2A	
<b>Voltaje:</b> 220V	
<b>cosφ:</b> 0.83	
<b>IP:</b> 55	
<b>RPM:</b> 1750	
<b>Frecuencia:</b> 60Hz	
<b>Temperatura Ambiente:</b> 40°C	
<b>Rodamientos:</b> 6308-6207	