



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción.**

“Mejora de la productividad mediante la elaboración de un plan de mantenimiento predictivo a una planta de laminación en caliente”.

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN
(PROYECTO DE GRADUACIÓN)**

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Presentado por:

WALTER XAVIER VÁSQUEZ ROLDAN

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

A Dios por su bendición, a mi madre Sonia por su apoyo y esfuerzo incondicional para el logro de mis objetivos.

A mis hermanas Mery y Jessica por brindar su apoyo en la culminación de este proyecto, y en especial al Ing. Víctor Guadalupe, Director del TFG, por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi hijo Tadeo quien se convirtió en el ser más especial de mi vida, que con su sonrisa y ternura me motivo a seguir adelante y no desfallecer, a mi esposa Johanna que desde el cielo nos protege y nos cuida.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Jorge Duque R.
DECANO DE FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Víctor Guadalupe E.
DIRECTOR DEL TFG

Dr. Kleber Barcia V.Ph D.
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente Trabajo Final de Graduación me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Walter Xavier Vásquez Roldan.

RESUMEN

La empresa donde se realizó el proyecto, se dedica a la fabricación y comercialización de productos largos de acero para el sector de la construcción, la rentabilidad de la empresa depende de la eficiencia de los procesos operacionales.

El mercado de productos de acero para la construcción es tan competitivo, para lo cual la empresa requiere que sus procesos estén controlados para evitar paradas de producción por problemas de funcionamiento de sus equipos.

El proyecto se desarrolla en el Departamento de Mantenimiento Mecánico de Laminación (MML), en donde se aprecia que los mantenimientos correctivos son los que se generan con mayor frecuencia provocando las interrupciones en la línea de producción, las fallas han sido detectadas cuando el equipo ha dejado de funcionar provocando tiempos de planificación durante la falla, el tiempo de reparación es mayor que cuando se planifica la intervención del equipo con anticipación.

El objetivo del proyecto es la generación de un plan de mantenimiento predictivo, que ayude a evaluar la condición de los equipos, con la finalidad de evitar que el equipo llegue a la falla imprevista.

Para conseguir los objetivos de este trabajo.

- Se realizó un diagnóstico situacional de la empresa, lo que permitió determinar el estado en el que se encuentra MML con el plan de mantenimiento predictivo.
- Se realizó el levantamiento de información concerniente a los equipos a cargo de MML, para lo cual se designó la codificación, por otro lado se desarrolló y se generó una matriz de criticidad que relaciona a cada equipo con la frecuencia a ser monitoreada.
- Se designó rutas de inspección.
- Se escogió la técnica de termografía infrarroja para conocer el estado de los equipos. Para ello se desarrolló la toma de imágenes con sus respectivos análisis, para luego generar informes de la condición de cada uno de los equipos.
- Se procedió a realizar el cálculo de los KPI'S correspondiente al mes de marzo, en donde se aprecia que se cumplieron las metas de mantenimiento.

La propuesta del diseño del plan de mantenimiento predictivo en MML dio como resultado el cumplimiento de las metas de los indicadores de gestión, además se observa que en el mes de marzo la productividad aumento comparando con los últimos 4 meses.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS	IX
SIMBOLOGÍA	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
ÍNDICE DE PLANOS	XVI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	
1 GENERALIDADES	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Objetivo General	5
1.3 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Metodología	5
1.5 Estructura del Proyecto de Graduación	7
1.6 Justificación	9

CAPÍTULO 2

2	MARCO TEÓRICO	14
2.1	FODA	14
2.2	Proceso Productivo	16
2.3	Orientación de Mantenimiento	21
2.3.1	Tipos de Mantenimiento.	22
2.3.2	Mantenimiento Predictivo.	23
2.4	Análisis de Vibración.....	27
2.5	Análisis de Aceite.....	40
2.6	Termografía Infrarroja	48
2.6.1	Temperatura y Calor.....	50
2.6.2	Escalas de Temperatura y Unidades.	51
2.6.3	Fundamentos de la Teoría Térmica.	52
2.6.4	Tipos de Termografía.	55
2.6.5	Aplicación de la Termografía Infrarroja.....	56
2.6.6	Cámara Termográfica.....	58
2.7	Sistemas Mecánicos.	62
2.8	Indicadores de Mantenimiento.	63

CAPÍTULO 3

3	DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DE LA EMPRESA	68
3.1	Situación Actual de la Empresa.	68
3.1.1	Descripción General de la Empresa.	68
3.1.2	Misión y Visión de la Empresa.	70
3.1.3	Productos	71
3.1.4	Estructura Organizacional	74
3.2	Análisis Situacional.	87
3.2.1	Análisis FODA.	88
3.3	Diagnóstico de la Situación Actual.	90
3.4	Cálculo de la eficiencia.	94
3.5	Identificación de Equipos.	97
3.6	Codificación de Equipos.....	99
3.7	Diagnóstico de Equipos.	100
3.8	Análisis del Sistema Actual de Mantenimiento.....	113
CAPÍTULO 4		
4	PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO APLICANDO TERMOGRÁFIA.....	116
4.1	Criterio de Diseño para el Plan de Mantenimiento Predictivo.	116

4.2	Análisis de Zonas de Fallas en Elementos Mecánicos.	125
4.3	Proceso de Inspección.....	125
4.4	Frecuencia de Inspección Termográfica.	127
4.5	Rutas de Inspección Termográfica.	127
4.6	Plan Operativo de Inspecciones Termográficas y Análisis de Imágenes.	129
4.7	Informes de los Resultados del Análisis de Termografía.	134

CAPÍTULO 5

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

	PREDICTIVO	223
5.1	Evaluación de Resultados.....	223
5.2	Análisis Cualitativo.....	230
5.3	Análisis Cuantitativo.....	231
5.4	Delta t o Variación de la Temperatura.	232
5.5	Verificación de Cámaras Termográficas	232

CAPÍTULO 6

6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	234
6.1	Conclusiones.	234
6.2	Recomendaciones.	236

APÉNDICE

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

CM	COSTOS DE MANTENIMIENTO
CMC	COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO
CMML	COSTO DE MANTENIMIENTO MECÁNICO LAMINACIÓN
CMP	COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
CONF	CONFIABILIDAD
CPNP	COSTOS DE PARADA NO PROGRAMADA
CTL	COSTO DE TRANSFORMACIÓN
CTPL	COSTO DE TRASNFORMACIÓN POR TONELADA DE VARILLA PROMEDIO
DISP	DISPONIBILIDAD
FY	ESFUERZO A LA FLUENCIA
IMP	ÍNDICE DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO
IR	INFRARROJO
ISSFA	INSTITUTO DE SEGURIDAD SOCIAL DE LAS FUERZAS ARMADAS
MML	MANTENIMIENTO MECÁNICO DE LAMINACIÓN
MTTO	MANTENIMIENTO

OT ORDEN DE TRABAJO
ROD RODAMIENTO
TDPL TIEMPO DISPONIBLE DE PRODUCCIÓN
TFML TIEMPO DE FALLA MECÁNICA LAMINACIÓN
THUL THROUGHPUT
TOL TONELADAS LAMINADAS
TPPMPL TIEMPO DE PARADA DE PRODUCCIÓN POR
MANTENIMIENTO PLANIFICADO

SIMBOLOGÍA

	Criticidad Alta
	Criticidad Media
	Criticidad Baja
	Meta Cumplida
	Valor por debajo de la Meta
	Valor muy por debajo de la Meta

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 METODOLOGÍA APLICADA	7
FIGURA 2.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS	20
FIGURA 2.2 TÉCNICAS A UTILIZAR EN EL DOMINIO DEL PREDICTIVO SEGÚN MODO DE FALLO	26
FIGURA 2.3 MASA SUSPENDIDA EN UN RESORTE	28
FIGURA 2.4 MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE	29
FIGURA 2.5 MEDIDAS DE AMPLITUD	31
FIGURA 2.6 DESFASE ENTRE MAGNITUDES	35
FIGURA 2.7 MAGNITUDES DE FRECUENCIA.....	36
FIGURA 2.8 ESCALAS EN UNA ONDA SINUSOIDAL	37
FIGURA 2.9 PROCESADO FFT DE UNA ONDA VIBRATORIA COMPLEJA	40
FIGURA 2.10 TIPOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.....	53
FIGURA 2.11 CÁMARA TERMOGRÁFICA.....	59
FIGURA 3.1 ORGANIGRAMA A NIVEL GERENCIAL Y UNIDADES DE APOYO.....	76
FIGURA 3.2 MAPA DE PROCESOS	77
FIGURA 3.3 ESTRUCTURA GERENCIA FINANCIERA	78
FIGURA 3.4 ESTRUCTURA GERENCIA DE OPERACIONES.....	80
FIGURA 3.5 ESTRUCTURA GERENCIA COMERCIAL.....	81
FIGURA 3.6 ESTRUCTURA GERENCIA LOGÍSTICA.....	82
FIGURA 3.7 ESTRUCTURA GERENCIA MATERIA PRIMA.....	83
FIGURA 3.8 ESTRUCTURA GERENCIA DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE	84
FIGURA 3.9 ESTRUCTURA GERENCIA TALENTO HUMANO.....	85
FIGURA 3.10 ESTRUCTURA GERENCIA DE MANTENIMIENTO	87
FIGURA 3.11 FODA	89
FIGURA 3.12 ESQUEMA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN	98
FIGURA 3.13 INTERIOR DEL REDUCTOR CAJA #2	101
FIGURA 3.14 VARIACIÓN DE $F(T)$; $F(T)$ Y $\lambda(T)$ EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA DISTINTOS VALORES DEL PARÁMETRO DE FORMA B	104
FIGURA 3.15 CURVA TÍPICA DE EVOLUCIÓN DE TASA DE FALLAS.....	105
FIGURA 3.16 VALORES DE $F(T)$	108
FIGURA 3.17 GRÁFICA EN PAPEL DE WEIBULL.....	109
FIGURA 3.18 LEY DE WEIBULL	110
FIGURA 3.19 GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN CON $B > 1$	111

FIGURA 3.20 GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN CON B <1.....	113
FIGURA 3.21 TIEMPO DE FALLA POR EQUIPO INTERVALO (OCTUBRE- FEBRERO)	115
FIGURA 4.1 ACTIVIDADES DE MTT0 PREDICTIVO EN PLAN GENERAL	124
FIGURA 4.2 PROCESO DE INSPECCIÓN.....	126
FIGURA 4.3 CAPTURA DE IMÁGENES EN VENTILADOR DE HORNO.	130
FIGURA 4.4 CAPTURA DE IMÁGENES EN SALA DE BOMBAS DE AGUA TIPO "A"	130
FIGURA 4.5 CAPTURA DE IMÁGENES DE REDUCTOR CAJA 4-5.....	131
FIGURA 4.6 ABRIR ARCHIVO DESDE SMART VIEW 3.4.....	132
FIGURA 4.7 ANÁLISIS DE IMAGEN.	133
FIGURA 4.8 UTILIZACIÓN DE MARCADORES.....	134
FIGURA 4.9 CHUMACERA VENTILADOR DEL HORNO LADO POLEA.....	137
FIGURA 4.10 CHUMACERA VENTILADOR DEL HORNO LADO VENTILADOR.....	138
FIGURA 4.11 BOMBA 2 NORTEK #1.....	139
FIGURA 4.12 BOMBA 3 NORTEK #1	140
FIGURA 4.14 BOMBA 1 NORTEK#2.....	142
FIGURA 4.15 BOMBA 2 NORTEK #2.....	143
FIGURA 4.16 CENTRAL AIRE- ACEITE	144
FIGURA 4.17 BOMBA NEUMÁTICA.....	145
FIGURA 4.18 VÁLVULAS AIRE ACEITE CAJA 1	146
FIGURA 4.19 VÁLVULAS AIRE-ACEITE CAJA 3.....	147
FIGURA 4.20 VÁLVULAS AIRE-ACEITE CAJA 7.....	148
FIGURA 4.21 VÁLVULAS AIRE-ACEITE CAJA 8.....	149
FIGURA 4.22 VÁLVULAS AIRE-ACEITE CAJA 9.....	150
FIGURA 4.23 VÁLVULAS AIRE-ACEITE CAJA 10.....	151
FIGURA 4.24 BOMBA 6 AGUA TIPO B.....	152
FIGURA 4.25 BOMBA 7 AGUA TIPO B.....	153
FIGURA 4.26 BOMBA 8 AGUA TIPO B.....	154
FIGURA 4.27 BOMBA 9 AGUA TIPO B.....	155
FIGURA 4.28 BOMBA 10 AGUA TIPO B.....	156
FIGURA 4.29 REDUCTOR STAND 2.	158
FIGURA 4.30 REDUCTOR STAND 3.	159
FIGURA 4.31 REDUCTOR STAND 4-5.	160
FIGURA 4.32 REDUCTOR STAND 6-7.....	162
FIGURA 4.33 REDUCTOR STAND 8.	163
FIGURA 4.34 REDUCTOR STAND 9.	165
FIGURA 4.35 REDUCTOR STAND 10.	166
FIGURA 4.36 REDUCTOR STAND 11.	167
FIGURA 4.37 REENVÍO STAND 11.	168
FIGURA 4.38 REDUCTOR STAND 12.	169
FIGURA 4.39 REDUCTOR STAND 13.	171

FIGURA 4.40 REENVÍO STAND 13.	172
FIGURA 4.41 ALARGADERA STAND 13.	173
FIGURA 4.42 REENVÍO STAND 15.	175
FIGURA 4.43 REDUCTOR LADO MOTOR STAND 16.....	177
FIGURA 4.44 REDUCTOR LADO CAJA STAND 16.....	178
FIGURA 4.45 REDUCTOR STAND 17.	179
FIGURA 4.46 REDUCTOR STAND 18.	180
FIGURA 4.47 REDUCTOR STAND 20.	181
FIGURA 4.48 REDUCTOR LADO MOTOR STAND 21.....	182
FIGURA 4.49 ARRASTRADOR 2.	184
FIGURA 4.50 BOMBA 1-2 AGUA A.	186
FIGURA 4.51 BOMBA 5 AGUA A.	187
FIGURA 4.52 BOMBA 2 AGUA B.	189
FIGURA 4.53 BOMBA 3 AGUA B.	190
FIGURA 4.54 BOMBA 4-5 AGUA B.	191
FIGURA 4.55 VENTILADOR 1 AGUA B.	192
FIGURA 4.56 VENTILADOR 2 AGUA B.	193
FIGURA 4.57 BOMBA 2 TEMPCORE.	195
FIGURA 4.58 BOMBA 4 TEMPCORE.	196
FIGURA 4.59 BOMBA 6 TEMPCORE.	197
FIGURA 4.60 SECADOR SALA DE COMPRESORES.....	199
FIGURA 4.61 SECADOR SALA DE COMPRESORES RESERVORIO.	200
FIGURA 4.62 SULLAIR UNIDAD COMPRESORA.	202
FIGURA 4.63 SULLAIR MOTOR.	203
FIGURA 4.64 KAESER MOTOR VENTILADOR.....	204
FIGURA 4.65 KAESER UNIDAD COMPRESORA.....	205
FIGURA 4.66 KAESER MOTOR UNIDAD COMPRESORA.....	206
FIGURA 4.67 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 1.	208
FIGURA 4.68 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 2.	209
FIGURA 4.69 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 3.	210
FIGURA 4.70 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 4.	211
FIGURA 4.71 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 5.	212
FIGURA 4.72 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 6 VISTA FRONTAL.	213
FIGURA 4.73 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 6 VISTA LATERAL.	214
FIGURA 4.74 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 7.	215
FIGURA 4.75 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 8.	216
FIGURA 4.76 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 9.	217
FIGURA 4.77 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 10.	218
FIGURA 4.78 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 11.	219
FIGURA 4.79 BLOCK DE VÁLVULAS AUXILIAR CAJA 11.	220
FIGURA 4.80 BLOCK DE VÁLVULAS PRINCIPAL CAJA 11.....	221

ÍNDICE DE TABLAS.

TABLA 1 RESUMEN DE FLUJO DE PROCESO	19
TABLA 2 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN SOBRE LA SUPERFICIE DE LAS MÁQUINAS.....	42
TABLA 3 INDICADORES DE DESEMPEÑO Y VALOR DE META	65
TABLA 4 FÓRMULAS PARA CÁLCULO DE INDICADORES	65
TABLA 5 INFORMACIÓN PARA CÁLCULO DE INDICADORES	66
TABLA 6 VALOR DE INDICADOR	67
TABLA 7 CRITERIOS DE CALIFICACIÓN	90
TABLA 8 RANGO MUNDIAL	91
TABLA 9 RESULTADOS DE AUDITORIA	92
TABLA 10 CANTIDAD DE OT SEGÚN TIPO DE MTTO.....	93
TABLA 11 INFORMACIÓN PARA CÁLCULO DE OEE.....	95
TABLA 12 RESULTADOS DE OEE	96
TABLA 13 VALORES DE INDICADORES DE MTTO.	96
TABLA 14 CÓDIFICACIÓN DE EQUIPOS.....	100
TABLA 15 FALLA DE BOMBAS DE AGUA TIPO B (2014).....	106
TABLA 16 VALORES DE TIEMPO ENTRE FALLOS ORDENADOS DE MENOR A MAYOR.....	107
TABLA 17 TIEMPO ENTRE FALLOS DE BOMBAS ENVÍO AL TEMPCORE ...	112
TABLA 18 MATRIZ DE CRITICIDAD	118
TABLA 19 VALORES DE LA MATRIZ DE CRITICIDAD	119
TABLA 20 FRECUENCIA DE OCURRENCIA.....	120
TABLA 21 IMPACTO DE CADA FALLA.....	121
TABLA 22 EQUIPOS CRITICIDAD ALTA.	122
TABLA 23 FRECUENCIA Y RUTA DE INSPECCIÓN.....	128
TABLA 24 INFORMACIÓN PARA CÁLCULO KPI'S DE MARZO.	224
TABLA 25 KPI'S MARZO.....	227
TABLA 26 COMPARACIÓN ECONÓMICA DE LA FALLA DE UN VENTILADOR NO MONITOREADO VERSUS EL MONITOREO TÉRMICO.	229

ÍNDICE DE PLANOS

DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.----- APÉNDICE A

INTRODUCCIÓN

La empresa en donde se realizó el presente proyecto se dedica a la fabricación y distribución de productos largos de acero, abasteciendo las necesidades de la construcción a nivel nacional.

El proyecto se desarrolla en el Departamento de Mantenimiento Mecánico de Laminación (MML), en donde se elabora un plan de mantenimiento predictivo para el monitoreo de cada equipo, la frecuencia de monitoreo depende de la criticidad designada basándose en el historial de fallas y la consecuencia que tiene frente a producción, seguridad y medio ambiente sin dejar de lado la importancia de la calidad del producto.

La aplicación de técnicas predictivas de mantenimiento ayuda sin lugar a duda a la toma de decisiones más acertadas a elementos que presentan anomalías en su funcionamiento.

Conocer con anticipación la falla de un equipo, mejora el tiempo de respuesta y disminuye el tiempo de reparación, debido a que se planifica con anterioridad el debido mantenimiento.

CAPÍTULO 1

1 GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

El presente proyecto se desarrolla en la empresa siderúrgica Acerías Nacionales del Ecuador. S.A, que se dedica a fabricar y comercializar productos de acero con certificados de calidad INEN 102, se fabrica en base a la norma técnica de Referencia NTE INEN 2 167, distribuyendo productos a nivel nacional para cubrir las necesidades del mercado de la construcción.

El trabajo se enfoca en MML siendo este el encargado de brindar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos concerniente a los elementos mecánicos, para que el proceso de laminación pueda cumplir con las metas propuestas de producción.

Debido al mercado cambiante y a la creación de nuevas empresas que ofrecen los mismos productos se había optado por realizar modificaciones en el proceso de producción, uno de los más importantes fue la inversión realizada en el Tren Laminador en el año 2006 con la finalidad de aumentar su productividad adquiriendo nuevas cajas laminadoras incluyendo un lecho de enfriamiento moderno, por otro lado en el año 2011 se instaló un termo proceso que sirve para mejorar las propiedades mecánicas de las varillas, especialmente la dureza, la resistencia y la tenacidad del material.

Estas modificaciones han dado lugar a la creación de nuevas metas de producción medidas en toneladas fabricadas, para alcanzar lo propuesto se requiere que los equipos estén en buenas condiciones, es aquí donde los departamentos de mantenimiento juegan un papel importante. Cualquier interrupción en el proceso de la fabricación de productos de acero son registrados diariamente en el informe del jefe de turno, en donde menciona los eventos que han provocado la parada de producción, estas se diferencian entre paradas operativas, paradas programadas, paradas no programadas.

Paradas operativas, se denomina a los sucesos que interfieren a la producción de manera inesperada, ocasionando pérdidas de materia prima, daños en accesorios de lubricación, e incluso daños en equipos.

Paradas programadas, son basadas en una planificación regularmente se aprovecha el cambio de producto, además puede ocurrir que el departamento Mecánico solicite tiempo para realizar el mantenimiento a un equipo luego de una evaluación del estado en el que se encuentra.

Paradas no programadas, son aquellas que han sido ocupadas luego del tiempo programado estimado, muy frecuentemente por existir actividades que se añaden a las planificadas.

La planificación de los trabajos por parte de MML se basa en los informes de las inspecciones realizadas por los técnicos de mantenimiento, y de los informes realizados por el jefe de turno donde detallan el inconveniente y los equipos que presentan anomalías en su funcionamiento.

1.2 Objetivo General

Desarrollar un plan de mantenimiento predictivo con la finalidad de monitorear las condiciones de funcionamiento de los equipos críticos de la planta de Laminación en Caliente.

1.3 Objetivos Específicos

- Determinar la criticidad de los equipos en la planta de Laminación en Caliente, determinando así las frecuencias de monitoreo.
- Conocer los tipos de monitoreo que el Departamento Mecánico está en la capacidad de realizar, considerando los recursos existentes para dichas actividades.
- Interpretar, analizar y evaluar resultados obtenidos por parte de los tipos de monitoreo, con la finalidad de determinar las condiciones de los equipos de la sección de estudio.
- Realizar una comparación económica entre la forma de intervenir el equipo que ha llegado a falla versus la planificación basado en un análisis de mantenimiento predictivo.

1.4 Metodología

Para el desarrollo del proyecto se recopila información de los informes diarios realizados por parte de los técnicos de

mantenimiento, además se revisa los registros y documentación de la empresa, la metodología a ser aplicada se desarrolla de la siguiente manera.

Diagnóstico de la Situación Actual: Se realiza un levantamiento de información del estado del plan de mantenimiento predictivo del Departamento Mecánico, además de los equipos y métodos que se aplica para la determinación de la condición de cada equipo.

Análisis de la Situación Actual: Se examinará cada uno de los puntos que conciernen a la metodología FODA para identificar las principales oportunidades de mejora del plan.

Especificación de los Requerimientos para la Implementación del Plan: Cuando se haya llegado a una conclusión de lo que se va a realizar se especifica lo necesario para su implementación, esto se refiere a información y recursos.

Implementación del Plan: Luego que se tenga los requerimientos para el nuevo plan se procederá con su implementación, en el

cual se determina alcanzar los objetivos del plan mejorando la productividad de la planta.

Determinación de las Nuevas Políticas: Se establecerá políticas para el seguimiento y control del mismo.

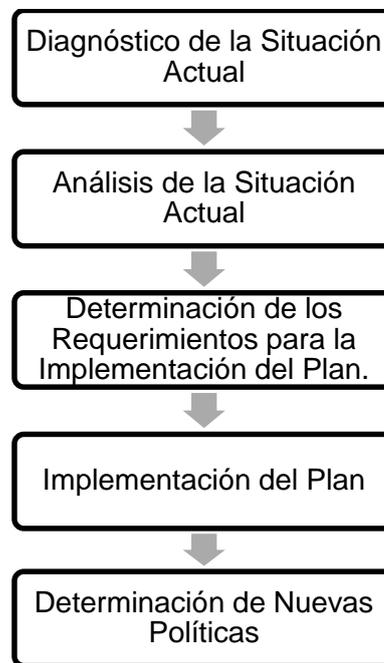


FIGURA 1.1 METODOLOGÍA APLICADA

1.5 Estructura del Proyecto de Graduación

El presente proyecto consta de 6 capítulos que se explican a continuación:

Capítulo 1.

Generalidades.

Se explica el propósito del proyecto especificando los objetivos a alcanzar, y define una metodología que se debe de llevar a cabo.

Capítulo 2.

Marco Teórico.

Este capítulo consta de la información indispensable para comprender el desarrollo del proyecto.

Capítulo 3.

Diagnóstico Situacional de la Empresa.

En este capítulo se presenta información de la empresa, para conocer la misión, visión, los productos que comercializa, el proceso en el cual se desarrolla el plan de mantenimiento predictivo, y el estado en el que se encuentra.

Capítulo 4.

Plan de Mantenimiento Predictivo Aplicando Termografía.

En este capítulo se determina los criterios de diseño de un plan de mantenimiento predictivo utilizando la técnica de la termografía infrarroja, generando rutas de inspección.

Capítulo 5.

Análisis de los Resultados del Plan de Mantenimiento Predictivo.

Este capítulo analiza los resultados de las imágenes térmicas obtenidas durante las inspecciones.

Capítulo 6.

Conclusiones y Recomendaciones.

Se redacta las conclusiones y recomendaciones del proyecto realizado en base a todo el estudio desarrollado.

1.6 Justificación

El desempeño de MML se mide y se controla mensualmente mediante indicadores en las que están inmersas, la disponibilidad y confiabilidad de los equipos de producción, para el cálculo de

estos indicadores las variables más significativas son el tiempo disponible de producción, y las toneladas producidas, en donde la paralización de un equipo que se haya encontrado operativo va a modificar los resultados finales, por lo tanto si no se cumple con el valor estipulado en cualquiera de los indicadores da lugar a una no conformidad, procediendo a realizar un plan de acción para corregir las fallas más significativas y desarrollar acciones preventivas para tratar de que no vuelva a ocurrir la misma falla.

Las fallas de elementos y sistemas mecánicos, generan tiempos improductivos que pueden acarrear costos financieros altos debido a la degradación y rotura de los elementos de las máquinas; luego de la falla se realiza mantenimientos correctivos, se considera que no siempre se cuenta con el repuesto a la mano por varios factores, entre los que se pueden mencionar algunos:

El Departamento no anticipó la falla, y no estaba listo para cubrir la contingencia.

Repuesto no se consigue localmente.

Proceso de compra muy extenso por políticas internas de la empresa, incrementando el lead time de los repuestos.

El Departamento en estudio no cuenta con un plan de mantenimiento predictivo establecido, además no posee una clasificación de la criticidad de los equipos en la línea de producción, se conoce también que los mantenimientos a los diferentes equipos más han sido del tipo correctivo, realizando curas parciales con la finalidad de tener el equipo en funcionamiento.

Dentro de la empresa en algunos equipos se lleva plan de mantenimiento preventivo en donde cumplen con ciertos cambios de piezas dependiendo de las horas de trabajo, se reemplaza: rodamientos, retenedores, sellos de válvulas, por registros de supervisión se han encontrado en buen estado pudiendo haber entregado más horas de trabajo sin ningún problema.

Con la finalidad de entregar confiabilidad de equipos a producción se debería de contar con un plan de mantenimiento predictivo, que permita tener información actualizada del estado en el que se encuentra, con la finalidad de detectar fallas en sus etapas iniciales para contar con suficiente tiempo para hacer la

planeación y programación de las acciones correctivas en paros programados y bajo condiciones controladas que minimicen notablemente los tiempos muertos y el efecto negativo sobre la producción además garantizar la calidad de las reparaciones.

Las técnicas del mantenimiento predictivo son en su mayor parte acciones en que las inspecciones se pueden realizar mientras el proceso se encuentra en condiciones normales de funcionamiento.

Dentro de la línea de producción existen sistemas auxiliares que sirven para incrementar la vida útil de los componentes de las máquinas como es el caso del sistema de aire-aceite que brinda lubricación por nebulización a ciertos rodamientos de las cajas laminadoras, rodamientos de cajas de soporte cardan, lubricación a rodamientos de guías colocadas antes de los rodillos laminadores, dentro de este sistema se encuentran válvulas de dos vías, dos posiciones normalmente cerradas que son accionadas mediante un bobina de 24 voltios, por lo tanto mientras la caja esté en funcionamiento esta válvula se encuentra encendida permitiendo el paso del lubricante, pero se observa que

en ocasiones este componente falla produciendo el deterioro prematuro del estado de los rodamientos, incurriendo en gastos significativos por todo lo que lleva un daño de esta índole, cabe mencionar que por resguardar la integridad física de los colaboradores no es recomendable revisar periódicamente el paso del lubricante de los diferentes puntos debido a que se encuentra pasando la barra, por lo tanto con la aplicación de técnicas de mantenimiento predictivo se puede realizar la intervención y revisión de forma inmediata de este sistema antes de que pueda dañar otros componentes.

CAPÍTULO 2

2 MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se presenta información relevante para el desarrollo del presente proyecto, en donde se incluyen conceptos de los tipos de mantenimientos existentes y las técnicas utilizadas en las actividades de mantenimiento predictivo.

2.1 FODA

El análisis FODA, es una herramienta que permite realizar un análisis de la situación actual de la organización, permitiendo obtener un diagnóstico preciso para poder tomar decisiones que ayuden al mejoramiento de los procesos y encaminar en conjunto hacia la misión, visión y objetivos estipulados por la organización. FODA proviene del acrónimo en inglés SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats), en español las siglas son FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas).

También se considera una herramienta sencilla que permite obtener una perspectiva general de la situación estratégica de una organización determinada. Thompson (1998) establece que “el análisis FODA estima el hecho de que una estrategia tiene que lograr un equilibrio o ajuste entre la capacidad interna de la organización y su situación de carácter externo”; es decir, las oportunidades y amenazas.

Una fortaleza de la organización es alguna función que ésta realiza de manera correcta, como son ciertas habilidades y capacidades del personal con atributos psicológicos y su evidencia de competencias. Otro aspecto identificado como una fortaleza es la capacidad competitiva de la organización.

Una debilidad de una organización se define como un factor considerado vulnerable o simplemente una actividad que la empresa realiza en forma deficiente, colocándola en una situación débil.

Las oportunidades constituyen aquellas fuerzas ambientales de carácter externo no controlables por la organización, pero que representan elementos potenciales de crecimiento o mejora. Las

oportunidades en el medio son factores de gran importancia que permite de alguna manera moldear las estrategias de la organización.

Las amenazas son lo contrario de lo anterior, y representan la suma de las fuerzas ambientales no controlables por la organización, pero representan fuerzas o aspectos negativos y problemas potenciales.

Las oportunidades y amenazas pueden influir en la interactividad del estado de una organización; ya que establecen la necesidad de emprender acciones de carácter estratégico, pero lo importante de este análisis es evaluar sus fortalezas y debilidades, las oportunidades y las amenazas y llegar a conclusiones.

2.2 Proceso Productivo

El Departamento de Mantenimiento Mecánico brinda sus servicios en el proceso de laminación en caliente en donde se modifica la sección transversal de un lingote de acero (palanquilla) de 4 metros de longitud.

El proceso inicia transportando la materia prima mediante un montacargas a un sitio designado para el almacenamiento temporal, luego se colocan las palanquillas en la mesa de abastecimiento mediante una grúa aérea, ingresan al horno con la ayuda de un sistema hidráulico, la materia prima tiene un tiempo promedio en el horno de 2.5 horas, saliendo a una temperatura promedio de 1000°C, pasan a un camino de rodillos y un sistema de transferidor de palanquilla, para luego ingresar al tren laminador.

La línea de producción consta de 21 cajas laminadoras divididas en tres secciones designadas de la siguiente manera.

Tren de desbaste: considerado desde la caja laminadora #1 hasta la #5 después se encuentra ubicada la cizalla #1 que se encarga de realizar un corte al inicio de la barra.

Tren Intermedio: se conoce como tren intermedio desde la caja # 6 hasta la #11, entre la caja #11 y #12 está ubicada la cizalla #2 que realiza cortes en la punta y en la cola de la barra, desde la caja #8 se encuentran otros equipos denominados bucleadores, los cuales se encargan de compensar la diferencia de velocidades tangenciales de cada rodillo laminador formando una curvatura

por el levantamiento de un rodillo que se acciona mediante sistema neumático.

Tren terminador: desde la caja #12 hasta la # 21 las últimas cajas se encargan de realizar resalte en la sección transversal.

Luego de pasar la barra por las cajas laminadoras entra a un termoproceso para mejorar sus propiedades mecánicas, el cambio brusco de temperatura le da la característica de ser soldable, sus dos estructuras principales se transforman en ferrita-perlita y martensita templada.

Después del termoproceso pasa por la cizalla #3 que realiza cortes a la varilla entregando producto de 48 metros de largo; por un camino de rodillos de aceleración pasa a la mesa de enfriamiento que consiste en vigas galopantes y carritos transportadores.

Por un camino de rodillos pasa por la cizalla de corte en frío (330 Tn) para entregar la longitud requerida por la planificación, luego ingresan a una mesa de transferencia de varillas en el que personal de la mesa cuenta las varillas para formar los paquetes, se amarra y se transporta hasta la báscula para confirmar el peso,

se etiqueta y se transporta a la zona de almacenamiento de despacho.

Se desarrolla el flujo del proceso ver figura 2.1, en la tabla 1 se resume la cantidad de actividades realizadas.

TABLA 1
RESUMEN DE FLUJO DE PROCESO

RESUMEN		
	Operación	14
	Transporte	6
	Demora	0
	Inspección	1
	Almacenamiento	2

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO					
Nombre la Empresa: Acerías Nacionales del Ecuador	Fecha: viernes 23 de enero del 2015				
Nombre del Proceso: Fabricación de varillas.	Análista: Xavier Vásquez				
Proceso Actual					
Descripción de la Actividad	●	→	⬇	■	▼
Almacenamiento de palanquilla	○	→	⬇	□	▼
Se coloca la palanquilla en la entrada del horno de calentamiento 150 seg.	●	→	⬇	□	▽
Introducción mecánica de las palanquillas al horno cada 4 palanquilla que salen en 15 seg.	●	→	⬇	□	▽
Pre calentamiento de Palanquilla en el horno	●	→	⬇	□	▽
Evacuación de palanquilla del horno	●	→	⬇	□	▽
La palanquilla es colocada por medio de un transferidor a la primera zona o tren de desbaste 16 seg.	○	→	⬇	□	▽
Ingreso de palanquilla al tren laminador sección desbaste cj 1-cj5	●	→	⬇	□	▽
Corte de punta de palanquilla por cizalla #1	●	→	⬇	□	▽
Barra pasa por la sección tren intermedio cj6-cj 11	●	→	⬇	□	▽
Corte de punta y cola por cizalla #2	●	→	⬇	□	▽
Barra pasa por la sección tren terminador cj12-cj 21	●	→	⬇	□	▽
Tratamiento térmico de varillas, ingreso al tempcore	○	→	⬇	□	▽
Corte de cola de varilla cada 48 metros por cizalla #3	●	→	⬇	□	▽
Transporte a mesa de enfriamiento	○	→	⬇	□	▽
Corte de producto terminado con cizalla 330 tn, a longitud comercial	●	→	⬇	□	▽
Toma de muestra para control de calidad	○	→	⬇	■	▽
Transporte de producto terminado a transferidor de mantos	○	→	⬇	□	▽
Conteo de varillas para paquetes	●	→	⬇	□	▽
Atado de paquetes, identificación de producto	●	→	⬇	□	▽
Transporte a báscula por transferidor de paquetes	○	→	⬇	□	▽
Transporte de paquetes a sección de despacho	○	→	⬇	□	▽
*Almacenamiento de los paquetes.	○	→	⬇	□	▼

FIGURA 2.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS

2.3 Orientación de Mantenimiento

El mantenimiento en los equipos de la planta de laminación en caliente, se debe orientar principalmente a la mantenibilidad y disponibilidad a la que se encuentra ajustada por los requerimientos del proceso productivo, para alcanzar los objetivos planteados la Gerencia de Mantenimiento tiene dos alternativas como son: el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), y el mantenimiento productivo total (TPM).

El RCM es una filosofía de gestión de mantenimiento que sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional, usado para determinar lo que debe hacerse para asegurar que cualquier recurso físico continúe realizando lo que sus usuarios desean que realice en su producción normal actual.

El TMP es un sistema de mantenimiento que tiene como objetivo principal cuidar y utilizar los sistemas productivos, manteniéndolos en su estado base (de origen o referencia) aplicando sobre ellos mejora continua, este sistema trata de

involucrar a todos los trabajadores de la empresa desde los altos directivos hasta los operadores.

En definitiva el mantenimiento corresponde al conjunto de las actividades realizadas en un equipo, sistema o componente con la finalidad de que se mantengan en un estado de funcionamiento, confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad adecuados a las necesidades del proceso productivo.

2.3.1 Tipos de Mantenimiento.

Entre los tipos de mantenimiento se citan los siguientes:

Mantenimiento Correctivo.

Cosiste aquel mantenimiento que se dedica a reparar el equipo después de sufrir una avería, volviendo a sus condiciones originales por medio de la restauración o reemplazo de componentes o partes del equipo provocado por desgastes, daños o roturas.

Mantenimiento Preventivo.

Es una actividad planificada en cuanto a inspección, detección y prevención de fallas, con la finalidad de mantener los equipos bajo condiciones específicas de operación. Se ejecuta frecuencias dinámicas, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante,

las condiciones operacionales y el historial de fallas de los equipos.

Mantenimiento preventivo se basa en los siguientes tipos:

Mantenimiento Periódico.

Mantenimiento Predictivo.

Mantenimiento Proactivo.

Se define como una metodología en la cual el diagnóstico y las tecnologías de orden predictivo son empleados para lograr aumentos significativos de la vida de los equipos y disminuir las tareas de mantenimiento, con el fin de erradicar o controlar las causas de fallas de las máquinas. Mediante esta metodología se busca encontrar la causa raíz, no solo el síntoma.

2.3.2 Mantenimiento Predictivo.

El mantenimiento Predictivo utiliza equipos de diagnóstico con modernas técnicas de procesamiento de señales para las mediciones de diversos parámetros, determinando las condiciones del equipo durante su operación normal asociando a la ocurrencia de fallas.

La inspección y evaluación de los parámetros se puede realizar en forma periódica o en forma continua dependiendo de diversos

factores como son: el tipo de equipo, los tipos de fallas por diagnosticar y la inversión que se quiera realizar. Una de las principales características de este tipo de mantenimiento es que no interfiere al funcionamiento normal de la planta mientras su aplicación.

Algunas de las ventajas del mantenimiento predictivo son:

- Reduce el tiempo de parada al conocer exactamente que elemento es el que presenta anomalía.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión de recursos de mantenimiento.
- Realiza la verificación de la condición del estado y monitoreo en tiempo real de la maquinaria, tanto de la que se hace de forma periódica como la que se hace en forma eventual.
- Maneja y analiza un registro de información histórica vital, definiendo límites de tendencias relativas a los tipos de falla o de aparición de condiciones no estándares.
- Posibilita la toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Facilita el análisis de las averías.
- Aplica el análisis estadístico del sistema.

El principal inconveniente del mantenimiento predictivo es el tipo económico.

Para cada máquina es necesario la instalación de equipos de medición de parámetros que puedan ser: presión, pérdidas de carga, caudales, consumos energéticos, variación de temperatura, ruidos, vibraciones, agrietamientos etc.

Para realizar este tipo de mantenimiento la empresa requiere disponer de personal técnico altamente calificado y con experiencia, que sea capaz de interpretar los datos que generan los equipos de monitoreo para luego emitir conclusiones en base a ellos y tomar decisiones de la planificación de mantenimiento.

La implantación de los equipos de monitoreo se justifica en máquinas, equipos o sistemas en donde los paros repentinos provocan pérdidas económicas significativas.

En el mantenimiento predictivo se puede aplicar varias técnicas de monitoreo entre las que se detalla a continuación

- Termografía Infrarroja.
- Ultrasonido.

- Análisis de Vibración.
- Análisis de aceite.
- Análisis espectral de intensidad de corriente.
- Ensayos no destructivos (END).

El mantenimiento basado en la condición se enfoca hacia soluciones puntuales y no hacia la intervención general de la maquinaria.

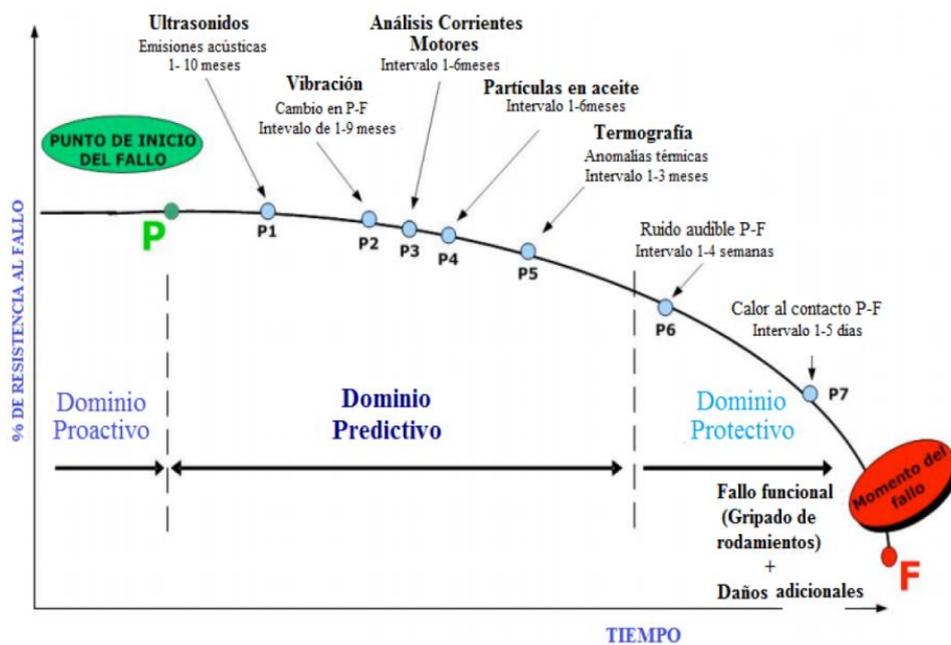


FIGURA 2.2 TÉCNICAS A UTILIZAR EN EL DOMINIO DEL PREDICTIVO SEGÚN MODO DE FALLO

Fuente: <http://www.predicted.com/repositorio/ca41/pdf>

En función del modo de fallo que este presentando el equipo, será necesario utilizar una u otra técnica o bien una combinación de ellas para asegurar la detección, entre mayor sea el tiempo de anticipación del fallo, mayor será el tiempo de planificación de las actividades y recursos para corregir la avería.

2.4 Análisis de Vibración.

El análisis de vibración es uno de los métodos concretos utilizados en un plan de mantenimiento predictivo, los cambios de condición de una máquina amenudo producen cambios en la vibración. Incluso una máquina en perfecto estado produce un cierto grado de vibración, y no resulta difícil establecer una relación medible e interpretable entre el tipo, intensidad y frecuencia de las vibraciones y algún aspecto del estado de la máquina.

La Física de la Vibración.

La vibración de la maquinaria es el movimiento de vaivén de sus componentes mecánicos a medida que reaccionan a las fuerzas internas y externas, las fuerzas internas son las producidas dentro de la máquina, tales como desbalanceo o desalineación, las fuerzas externas provienen de la maquinaria que la rodea a través del suelo, la tubería o incluso el aire.

La configuración masa-resorte representa un componente de la máquina, si una fuerza oscilante (desbalanceo) se aplica a la masa, esta oscilará hacia arriba y abajo sobre su posición de descanso.

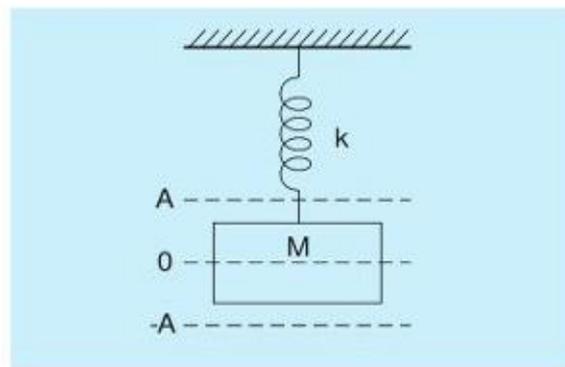


FIGURA 2.3 MASA SUSPENDIDA EN UN RESORTE

Si se coloca un esfero en la masa oscilante y luego se hala de una tira de papel a través del esfero a una velocidad constante, una onda sinusoidal casi perfecta seria trazada. Esta representación del movimiento de la máquina se conoce como una forma de onda, la onda sinusoidal representa la posición de la masa en función del tiempo. Medir la distancia entre los puntos más altos y más bajos de la onda sinusoidal corresponde a la distancia total que la masa se desplaza, esto demuestra que una medición puede representar con precisión lo que está sucediendo en una máquina real.

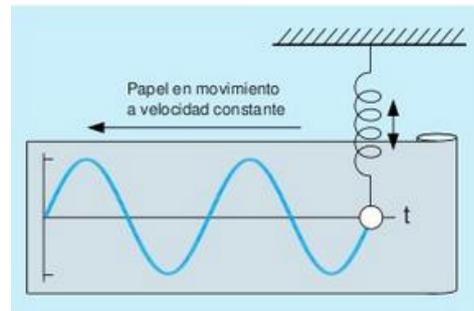


FIGURA 2.4 MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE

Fuente: http://www.sinais.es/Recursos/Curso-vibraciones/fundamentos/vibracion_simple.html

Para la vibración, el término “desplazamiento” es el cambio en la distancia o la posición de un objeto con respecto a un punto de referencia (en este caso, la posición neutra de la masa). La magnitud del desplazamiento se conoce como su amplitud, cuanto mayor es la amplitud de las señales de la vibración, más grave será la vibración.

Existen Tres Tipos Básicos de Fuerzas:

- Impacto-piezas sueltas, como martillazos en un sistema de tuberías, elementos rodantes en un rodamiento golpeando una fisura.
- Periódico-fuerza repetitiva, como desbalanceo o desalineamiento.

- Al azar- varía con el tiempo, por ejemplo la cavitación de una bomba o la turbulencia en la tubería de un sistema de fluidos

Cada una de estas fuerzas produce un tipo diferente de reacción en una máquina. En un impacto puro, la estructura o componente “timbrará” a diferentes frecuencias naturales y la amplitud de la vibración gradualmente decaerá a menos que el impacto se repita, un ejemplo de una fuerza de impacto y de crecimiento de la amplitud de la vibración es el golpe en una campana.

Fundamentos Básicos de una Onda Sinusoidal.

Para el movimiento sinusoidal puro, la amplitud pico por encima de la posición neutral es igual a la amplitud pico negativa por debajo de la línea cero.

En la figura 2.5 se puede apreciar el desplazamiento máximo o pico (p) y el desplazamiento de pico a pico (p-p).

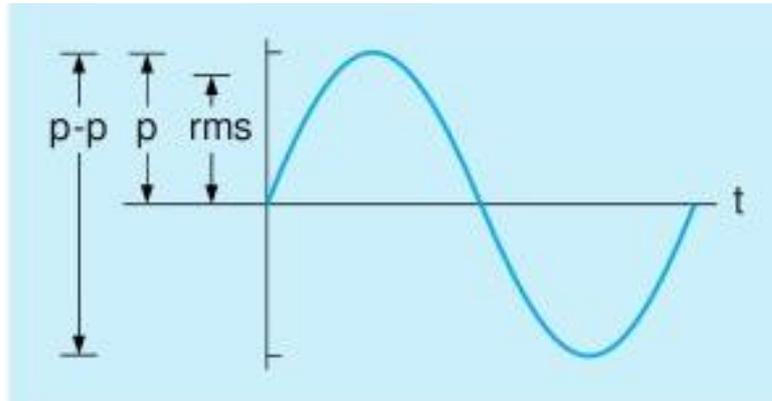


FIGURA 2.5 MEDIDAS DE AMPLITUD

Fuente: http://www.sinais.es/Recursos/Curso-vibraciones/fundamentos/vibracion_simple.html

Para la vibración, la distancia total recorrida por un componente o un eje dentro del juego de un rodamiento es importante, por lo tanto las amplitudes son consideradas como un valor pico-pico.

Un ciclo completo se considera cuando la onda sinusoidal ha partido desde el punto neutro y pasando por su pico positivo y negativo regresa nuevamente al punto cero.

El tiempo necesario para completar un ciclo completo se determina como período, este es importante en la búsqueda de eventos, como un elemento rodante impactando en un defecto de una pista de rodamiento, si el tiempo entre una serie de eventos es conocido, el analista busca un patrón en la señal de vibración con ese período en particular.

Amplitud, Período y Frecuencia.

Para describir completamente la vibración es importante hacer referencia a la amplitud, período y a la frecuencia.

Amplitud, distancia en la que se mueve.

Período, tiempo necesario para completar un ciclo de movimiento.

Frecuencia, número de ciclos completados en un período determinado de tiempo, esta expresado en ciclos por segundo (Hertz), Hz es más común en Europa, mientras que CPM (ciclos por minuto) es más común en Estados Unidos y América del Sur, cualquier unidad de frecuencia se puede utilizar, pero la clave para evitar confusión es trabajar con una o con otra.

La Relación Entre el Tiempo y Frecuencia.

Período (tiempo).

Cuando se dice que la frecuencia de línea AC es de 60 ciclos Hertz, esto significa que están presente 60 ciclos en un segundo.

Se puede medir el tiempo de un ciclo y calcular la frecuencia, también se puede calcular el período de tiempo para un ciclo si la frecuencia es conocida, el tiempo y la frecuencia son el recíproco del uno del otro, por ejemplo si 60 ciclos se presentan en un

segundo, se debe dividir 1 en 60 para obtener el periodo de tiempo para un ciclo.

$$F = 1/P$$

$$F = \frac{1}{60} = 0.0167$$

Frecuencia.

La frecuencia es el número de ciclos que se produce en un periodo de tiempo, generalmente en un segundo, normalmente se expresa en Hertz (ciclos por segundo) siendo esta la medida estándar de la frecuencia, la velocidad de la máquina se mide en revoluciones por minuto (rpm), pero las frecuencias generadas por las máquinas se miden en Hertz.

Órdenes.

Una orden es una manera adimensional de expresar la frecuencia, las órdenes son muy utilizadas porque los números de frecuencia suelen ser más pequeños y es más fácil ver la relación de varias frecuencias de velocidad de una máquina en movimiento.

Una vibración común de primer orden es la velocidad del motor o del eje conductor, esta es llamada frecuencia fundamental normalmente designada como 1X, si la velocidad de la máquina varía, las frecuencias que producen también varía cuando se usan

CPM o Hertz, mientras tanto cuando se trabaja con órdenes la relación sigue siendo la misma independiente de la variación de la velocidad.

Parámetros y Unidades de Medición para Describir Movimiento.

Existen tres formas de describir el movimiento.

Desplazamiento, es el cambio en la distancia o la posición de un objeto con respecto a un punto de referencia puede ser utilizado el punto neutro, la magnitud del desplazamiento se conoce como amplitud, se puede medir en mm, en la práctica de análisis de vibración se utiliza μm (1 micra= 1/1000mm).

Velocidad, es la tasa de variación en el desplazamiento, es un excelente indicador de problemas de vibraciones se expresa en mm/seg o pulgadas/seg.

Aceleración, es la tasa de variación de la velocidad, la aceleración es una herramienta valiosa en el análisis de maquinaria rotativa y es útil en la detección temprana y avanzada de rodamientos desgastados y problemas en cajas reductoras o multiplicadoras de gran velocidad, la aceleración se expresa en "g", donde 1g es la aceleración de un objeto en caída libre $g = 9,8\text{m/s}^2$ esta unidad internacional es estándar para la aceleración, pero para monitoreo de condición se utiliza g.

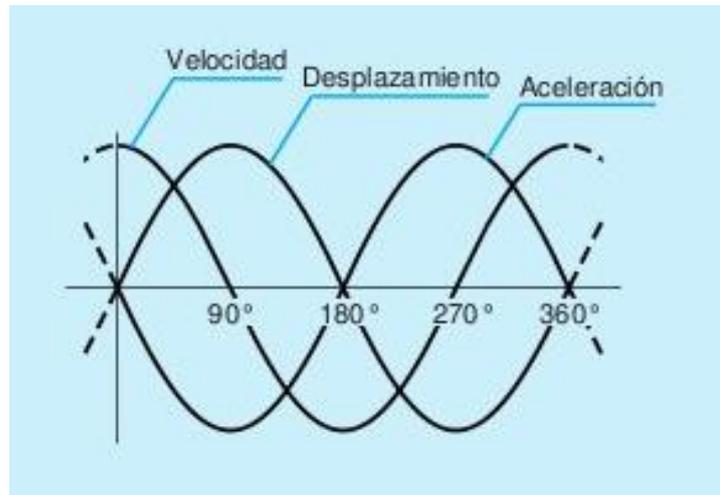


FIGURA 2.6 DESFASE ENTRE MAGNITUDES

Fuente: <http://www.sinais.es/Recursos/Curso-vibraciones/fundamentos/magnitudes.html>

El desplazamiento muestra sus mayores amplitudes en bajas frecuencias aproximadamente por debajo de 10 Hertz, la velocidad lo hace en un rango de frecuencia entre 10-1000 Hertz, y la aceleración se manifiesta a frecuencias por encima de los 1000 Hertz.

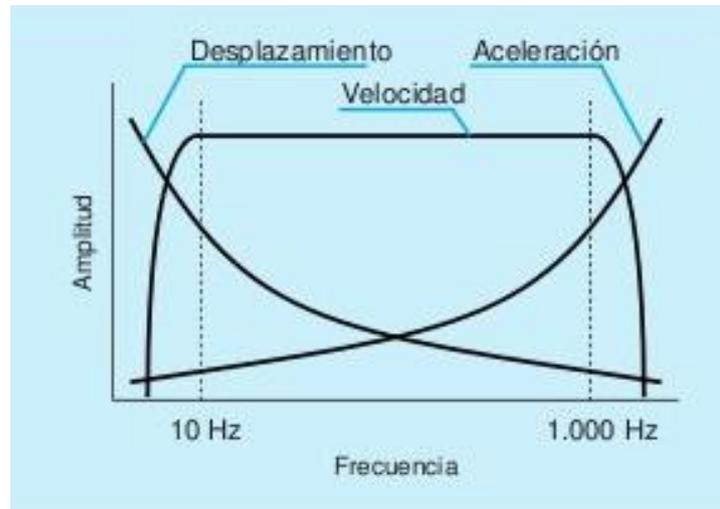


FIGURA 2.7 MAGNITUDES DE FRECUENCIA

Fuente: <http://www.sinais.es/Recursos/Curso-vibraciones/fundamentos/magnitudes.html>

Escala.

La amplitud ya sea en el desplazamiento, velocidad o aceleración se puede representar de diferentes formas denominadas escalas como son la pico (p), pico-pico (p-p) y Root mean square (RMS), a continuación se presenta un gráfico que ayude a la visualización de las escalas en una onda sinusoidal.

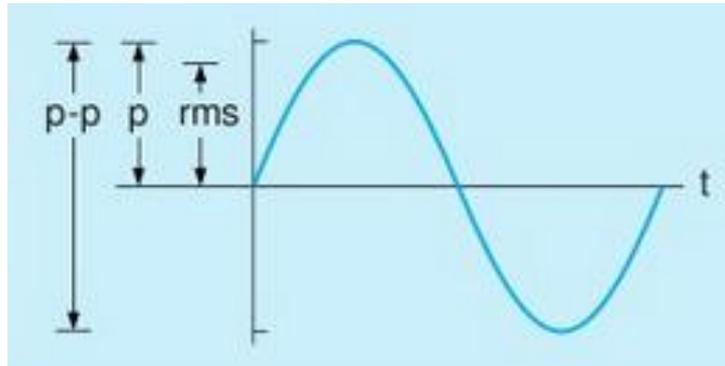


FIGURA 2.8 ESCALAS EN UNA ONDA SINUSOIDAL

Fuente: http://www.sinais.es/Recursos/Curso-vibraciones/fundamentos/vibracion_simple.html

Pico (p) se refiere a la máxima amplitud de la vibración durante un ciclo.

Pico-pico (p-p) se refiere al doble de la amplitud pico de un componente sinusoidal, representando el movimiento total de un extremo al otro.

RMS de uso común en mediciones de velocidad es una medida de la energía implicada en la vibración.

Las tres escalas están relacionadas entre sí de la siguiente manera:

- $Pico = \sqrt{2} * RMS = 1,414 * RMS$
- $Pico - Pico = 2 * Pico = 2\sqrt{2} * RMS$
- $Promedio = 0,637 * Pico$

- $Promedio = 0,9 * RMS$
- $Pico = 1,57 * Promedio$
- $RMS = 0,707 * Pico$
- $RMS = 1,11 * Promedio$

Combinaciones de Fuentes.

Las frecuencias forzadas vienen de cada componente de la máquina rotativa, cada componente de una línea de la máquina genera señales de vibraciones únicas. Cuando se mide vibraciones a una máquina el sensor o transductor lee la combinación de todas las señales de vibración que estén presentes.

Extracción de las Fuentes de Vibración.

En las máquinas reales, hay muchas fuentes de vibración que cuando se suman o se juntan pueden producir formas de ondas con patrones de tiempo muy complejos, las señales de vibración de maquinaria muy rara vez son sinusoidales (de un solo componente), generalmente se componen de vibraciones de diferentes frecuencias superpuestas.

Se puede examinar una señal de vibración con solo verla en un osciloscopio o guardarla como una forma de onda,

alternativamente se puede proyectar una medición global como un valor pico o RMS en un período de tiempo para detectar el desgaste, sin embargo se comprende mejor el comportamiento de la máquina al examinar la manera como la señal de vibración se forma a partir de las frecuencias emitidas por los diferentes componentes, en estas señales se encuentra plasmada toda la información en forma muy compleja resultando difícil distinguir a simple vista sus comportamientos característicos.

Para realizar otro estudio de vibraciones se encuentra analizar la información en el dominio de la frecuencia, empleando la gráfica de amplitud frente a la frecuencia conocida como espectro.

Fue precisamente el matemático francés Jean Baptiste Fourier (1768-1830) quien encontró la forma de representar una señal compleja en el dominio del tiempo por medio de series de curvas sinusoidales con valores de amplitud y frecuencia específica, entonces lo que hace un analizador de espectros que trabaja con la transformada rápida de Fourier es capturar una señal de la máquina, calcular todas las series de señales sinusoidales que contiene la señal compleja y lo muestra de forma individual en una gráfica de espectro.

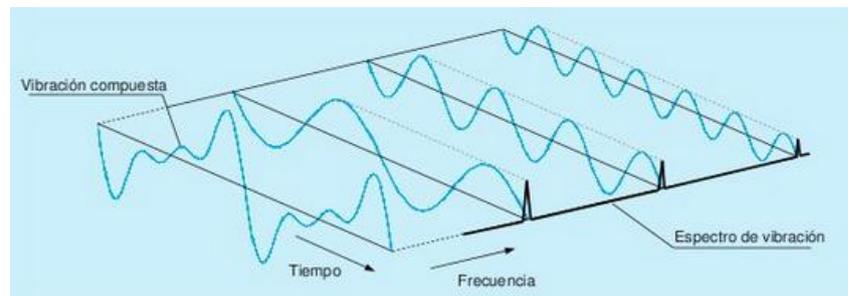


FIGURA 2.9 PROCESADO FFT DE UNA ONDA VIBRATORIA COMPLEJA

Fuente: http://www.sinais.es/Recursos/Curso-vibraciones/fundamentos/transformada_fourier.html

2.5 Análisis de Aceite.

El análisis de aceite es otra de las técnicas más importantes dentro de un mantenimiento predictivo, debido a que la presencia de partículas muy pequeñas de arena y polvo puede ser detectadas en una muestra de aceite con la finalidad de tomar las acciones correctivas para evitar que cause deterioro a las partes más delicadas del equipo por las que circula.

El análisis de aceite es una técnica simple que mide algunas propiedades químicas y físicas con la finalidad de otorgar información acerca de:

- La salud del aceite.
- Contaminación del aceite.
- Desgaste de los componentes de la maquinaria.

Principales Consecuencias Sobre la Superficie Metálica, Según el Tipo de Contaminante.

La contaminación es la principal razón de la disminución de la vida útil de los aceites y fallas de los equipos, la contaminación por partículas sólidas es la causante de provocar desgaste a los componentes del equipo, en estos análisis, los tipos de partículas pueden indicar la fuente de la contaminación, ayudando a identificar el problema del equipo, reduciendo de esta manera los costos de reparación.

TABLA 2
EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN SOBRE LA SUPERFICIE DE LAS MÁQUINAS

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos88/analisis-lubricantes-herramienta-diagnostico-tecnico/analisis-lubricantes-herramienta-diagnostico-tecnico.shtml>

Tipo de Contaminante	Efectos Sobre la Superficie de la Maquinaria
Partículas	Desgaste superficial por abrasión por fatiga.
Agua	Herrumbre y rayado
Combustible	Incremento del desgaste por pérdida de resistencia de la película del aceite.
Anticongelante	Herrumbre, corrosión, incremento del desgaste por pérdida de resistencia de la película de lubricante
Aire	Cavitación
Calor	Formación de barniz, incremento del desgaste por pérdida de resistencia de la película

Aceites Minerales.

Los aceites minerales proceden de la destilación del petróleo, por lo tanto su origen es 100% natural.

Los aceites poseen las siguientes características principales:

Viscosidad.

Es la propiedad más relevante del aceite para fines de lubricación pues aporta el espesor de la película necesaria para mantener separadas las superficies lubricadas.

Se define como la resistencia de un fluido a fluir, es la medida de fluidez a determinada temperatura, se expresa comúnmente con dos sistemas de unidades SAYBOLT (SUS) o en el sistema métrico CENTISTOKES (CST).

Punto de Fluidez.

Es la mínima temperatura a la cual este fluye sin ser perturbado bajo la condición específica de la prueba. Los aceites contienen ceras disueltas que cuando son enfriados se separan y forman cristales que se encadenan formando una estructura rígida atrapando el aceite en la red, el punto de fluidez de un aceite depende del uso que se va a dar, debido a que en motores que se utilizan en zonas frías debe ser bajo para que el aceite pueda fluir fácilmente.

Punto de Inflamación y Fuego.

Es la temperatura a la cual el aceite emana vapores que se inflaman cuando una llama abierta es aplicable, si la concentración de vapor en la superficie es lo suficientemente grande a la exposición de una llama, resultara fuego tan pronto como los vapores se enciendan, esta prueba debe de estar en condiciones específicas.

Índice de Neutralización de un Aceite.

Es la cantidad en miligramos de hidróxido de potasio necesario para neutralizar el ácido libre contenido en un gramo de aceite a la temperatura ambiente.

Recolección de Muestras de Aceite.

La toma de muestras es la más importante dentro del análisis de aceite, es por ello que se debe de seguir un procedimiento para el cumplimiento de esta actividad, una de las partes importantes que es necesario tener en cuenta es que el ejemplar que se va a analizar sea representativo del aceite que se encuentra en circulación dentro del equipo rotativo y que no se haya contaminado con agentes externos al momento de tomar la muestra.

Se debe de seleccionar el punto correcto donde va a ser tomada la muestra, ya que si se toma de cualquier lugar es muy probable que los resultados no presente la condición real del aceite.

Para la recolección de las muestras de aceite se recomienda seguir los siguientes pasos:

- Antes de comenzar un proceso de toma de muestra de aceite es necesario asegurar de que el punto de la toma de muestra este limpio en caso contrario se debe de realizar la limpieza con un trapo que no desprenda hilachas.
- Se utiliza un frasco de plástico transparente de 120 cc de capacidad, que cuente con una tapa hermética.
- Debe de contar con una etiqueta con la siguiente información.
 - Fecha de recolección.
 - Nombre de la empresa.
 - Nombre o código del equipo.
 - Tipo de lubricante.
 - Horas de operación del aceite.
- Utilizar una bomba de aspiración completamente limpia y tubo de polietileno desechable por cada muestra recolectada.

Criterios para la Interpretación de los Análisis Químicos.

Viscosidad.

La viscosidad se mide en 40°C y 100°C y deberían de mantenerse dentro de los rangos establecidos por el Api (Instituto Americano de Petróleo).

La pérdida de viscosidad causará mayor desgaste de rodamientos (plomo, estaño, bronce) por falta de lubricación.

Contaminación.

Existen varios contaminantes que pueden aparecer en la muestra de aceite, todos son dañinos y causarán desgaste, el análisis de aceite muestra la contaminación en partículas por millón (ppm). Las partículas grandes dañan al ingresar al equipo rayando, lijando los elementos internos y luego quedan en el filtro del equipo, las partículas menores siguen circulando por el sistema. Dentro de la muestra de aceite se puede encontrar con los siguientes contaminantes.

Silicio (tierra); el silicio se combina con elementos parecidos como la silicona de retenedores, silicona en los aditivos del aceite como antiespumante, y silicio ingresado del medio ambiente.

Un alto contenido de silicio requiere una revisión completa del sistema de entrada de aire, además al ingresar aceite al reservorio

se debe de tener cuidado en no permitir ingresar contaminantes suspendidos en el aire, no hay que dejar abiertos los tapones por más tiempo de lo necesario.

Agua: el agua causa herrumbre y aumenta el potencial corrosivo de los ácidos, también reacciona con ciertos aditivos para formar productos agresivos, el agua actúa como catalizador para promover oxidación en la presencia de metales de hierro, cobre y plomo, la presencia de agua provoca la creación de microorganismos que degradan el aceite y pueden tapan los filtros, además reduce la película lubricante e interfiere con la lubricación dejando piezas susceptibles al desgaste abrasivo, adhesivo y fatiga, en áreas de presión las gotas de agua colapsan causando cavitación esto se ve como corrosión o picado de la superficie donde hay diferencias de presiones, las burbujas de agua llegan al punto de presión de implosión, causando grietas pequeñas o puntos microscópicos en la superficie.

El agua puede ingresar por los retenedores, respiraderos del equipo, además se crea mediante la condensación (humedad del equipo cuando se enfría).

Desgaste.

Todos los análisis de aceite reportan partículas de materiales provocados por desgaste, es por tal motivo que debe tener conocimiento de los materiales internos de cada elemento de su equipo, como los rodamientos, bombas, válvulas, filtros.

2.6 Termografía Infrarroja

La termografía es una técnica de mantenimiento predictivo cada vez más utilizada en las industrias, se maneja imágenes infrarrojas y cámaras de medición para ver y medir la energía térmica emitida por un objeto, la energía térmica o infrarroja es la luz que no resulta visible debido a que su longitud de onda es demasiada larga como para ser detectada por el ojo humano; es la parte del espectro electro magnético que se percibe en forma de calor. A diferencia de la luz visible, en el mundo infrarrojo, cualquier cosa cuya temperatura este por encima del cero absoluto, emite calor. Aun los objetos que son muy fríos, como los cubos de hielo, emiten infrarrojo. Entre más alta sea la temperatura del objeto, mayor será la radiación IR emitida.

Las cámaras de IR producen imágenes de luz infrarroja invisibles o la irradiación de calor y suministran habilidades de medición de temperatura sin contacto, casi todos los objetos se calientan antes

de presentar fallas lo que hace que las cámaras de luz infrarroja sean extremadamente costo-efectivas, y valiosas herramientas de diagnóstico en muchas diversas aplicaciones, además a medida que la industria se esfuerza por mejorar los rendimientos de fabricación, administrar energía, mejorar la calidad de producto, y mejorar la seguridad de los trabajadores, nuevas aplicaciones para las cámaras infrarrojas emergen en forma continua.

La primera ley de la termodinámica establece que la energía mecánica de un sistema es constante si no están presentes fuerzas no consecutivas, como la fricción, también se conoce como la ley de la conservación de la energía mencionando que la energía no se crea ni se destruye solo se transforma.

La segunda ley de la termodinámica menciona que cuando existe una diferencia de temperatura entre dos objetos, la energía térmica se transfiere de las zonas más calientes hacia las más frías hasta alcanzar el equilibrio térmico.

La tercera ley de la termodinámica indica que el cero absoluto no se puede alcanzar por ningún procedimiento que conste de un

número finito de pasos, es posible acercarse indefinidamente al cero absoluto, pero nunca se llega a él.

Por lo tanto la energía no se crea ni se destruye solo se transforma.

2.6.1 Temperatura y Calor

La temperatura es una medida de la velocidad media de las moléculas y átomos que componen la materia.

La temperatura ayuda a definir en qué condiciones se encuentra un objeto, contrariamente a la energía, que es una medida absoluta, la temperatura es relativa: Nos dice como se encuentra un objeto en relación a otro.

El calor es la energía asociada al movimiento aleatorio de las moléculas y átomos de los que está compuesta la materia, la cantidad de energía calorífica de un objeto está relacionada con la energía cinética total de las moléculas que lo componen.

El calor depende de la velocidad de las partículas, su número, tamaño y tipo, la temperatura no depende de ninguna de las variables anteriores.

Tipos de calor: en la naturaleza cuando se transfiere calor a un cuerpo, este puede experimentar diferentes cambios los cuales definen el tipo de calor; los tipos de calor más comunes son:

Calor sensible: durante la transferencia de calor ocurre un cambio de entalpía directamente asociada a un cambio de temperatura.

Calor latente: el cambio de entalpía es caracterizado por un cambio de fase a temperatura constante.

Calor de reacción: el calor es liberado o requerido por una reacción química.

Calor eléctrico: es el calor que se transfiere a causa del paso de una corriente eléctrica a través de un material.

2.6.2 Escalas de Temperatura y Unidades.

Las escalas de la temperatura se dividen en dos tipos, escala absoluta y relativa.

Escala absoluta de temperatura: el cero absoluto es el punto de comienzo lógico para las escalas de temperatura absoluta, y así es como estas se definen, la escala Kelvin es el estándar mundial, y su unidad es el kelvin (K).

Escalas relativas de temperatura: si se construye una cinta métrica, no tiene mucho sentido colocar el cero en otro sitio que no sea uno de sus extremos, pues es eso lo que ocurre con las escalas de temperatura relativas.

En una escala relativa de temperatura se utiliza como cero un punto diferente al cero absoluto, por ejemplo el punto de

congelación de agua, el punto debe ser escogido de forma que pueda ser fácilmente accesible, y no debe estar afectado por factores externos como la presión o la altitud.

La escala de temperatura relativa más común es la escala Celsius, la unidad es el grado Celsius ($^{\circ}\text{C}$), en esta escala se realiza cien divisiones entre el punto de ebullición y su punto de congelación, en el sistema inglés se utiliza la escala Fahrenheit, la división en esta escala es de 180 divisiones entre el punto de congelación y de ebullición del agua, es decir desde los 32°F hasta los 212°F .

Entre las escalas relativas de grados Celsius y Kelvin son iguales eso quiere decir que la variación de un grado Celsius es igual a un grado Kelvin ($1^{\circ}\text{C}=1\text{K}$), por otro lado la escala de grados Fahrenheit tiene un tamaño diferente a la escala Celsius y Kelvin.

2.6.3 Fundamentos de la Teoría Térmica.

Transferencia de calor es el paso de la energía térmica desde un cuerpo con mayor temperatura a otro de menor temperatura.

Existen tres tipos en las que se puede transferir calor que son por conducción, convección y por radiación, ver figura 2.10.

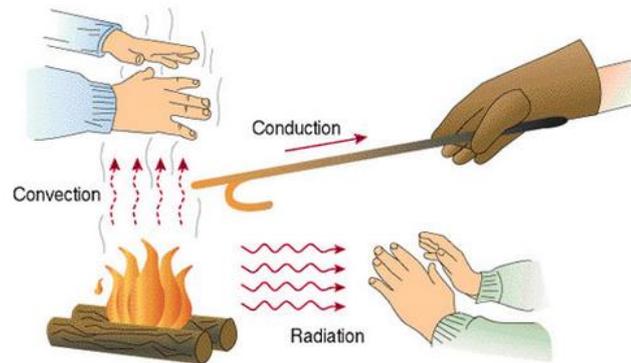


FIGURA 2.10 TIPOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Fuente: <http://nergiza.com/radiacion-conduccion-y-conveccion-tres-formas-de-transferencia-de-calor/>

Conducción: la transferencia de calor mediante la conducción es la transmisión directa de energía entre moléculas, cuando estas chocan entre sí.

Convección: es la transferencia de energía mediante la mezcla íntima de distintas partes del material se produce mezclando e intercambiando materia.

Existen dos tipos de convección la natural y la forzada.

Convección natural: el origen del mezclado es la diferencia de densidades que acarrearán una diferencia de temperatura.

Convección forzada: la causa del mezclado es un agitador mecánico o una diferencia de presión (ventiladores, compresores) colocado externamente.

Radiación: la transmisión de calor por emisión y absorción de radiación térmica se denomina transmisión de calor por radiación, esta energía es producida por el cambio de los átomos o moléculas transportadas por ondas electromagnéticas o fotones.

Radiación térmica: los cuerpos emiten radiación térmica como consecuencia de su temperatura a la que se encuentra, a una mayor temperatura mayor será la cantidad de radiación térmica emitida, fácilmente se propaga a través de los gases, pero con alta dificultad, o incluso bloqueada por la mayoría de los líquidos y sólidos.

Radiación infrarroja: se encuentran entre las zonas visibles e invisibles del espectro electromagnético, la principal fuente de radiación infrarroja es el calor o radiación térmica.

Cualquier tipo que tenga una temperatura por encima del cero absoluto emite una radiación en la zona de infrarrojos.

2.6.4 Tipos de Termografía.

Termografía comparativa: es un proceso utilizado para comparar componentes en condiciones similares para así evaluar el estado del equipo que se está inspeccionando.

Aspectos que influyen de forma directa en el valor de las medidas cuantitativas:

- La emisividad < 0.6
- Temperatura aparentemente reflejada.
- Estado de calibración de la cámara.
- Condiciones ambientales (velocidad del viento, lluvia etc.)
- Reflejo de objetos cerca del elemento analizado.

Termografía inicial: con una inspección inicial se pretende establecer un punto de referencia del equipo cuando funciona en condiciones normales y sin problemas.

Tendencia térmica: la tendencia térmica es un proceso utilizado por el analista para comparar la distribución de la temperatura en el mismo componente en función del tiempo, se utiliza sobre todo en inspecciones de equipos mecánicos en los que las formas térmicas habituales pueden resultar complejas.

Termografía cualitativa: se basa en el análisis de la imagen térmica para revelar y localizar la existencia de anomalías y evaluarlas, se basa en un método comparativo de sus rasgos anormales de operación.

Termografía cuantitativa: utiliza la medida de temperatura como criterio para determinar la gravedad del problema, y así establecer la prioridad de su reparación.

2.6.5 Aplicación de la Termografía Infrarroja.

Si se comprende la importancia de la temperatura y la gran versatilidad y la utilidad de la termografía, no sorprenderá el número de aplicaciones establecidas en los últimos tiempos siendo los más comunes en monitorizado de procesos, inspección eléctrica, edificación y otros procesos.

Monitorizado de procesos: la termografía se utiliza para el monitoreo de procesos con la finalidad de optimizar el mantenimiento consiguiendo producir con fiabilidad, seguridad y al mínimo coste.

Las siguientes son aplicaciones de monitorizado de procesos.

- Mecanismos mecánicos, fricción.

- Electricidad.
- Edificación.
- Hornos, calderas.
- Nivel de tanques y depósitos.
- Problemas de flujo de fluidos.

Investigación y desarrollo: La termografía ofrece posibilidades únicas para la investigación científica y el desarrollo de productos, un ejemplo importante es la verificación de diseño.

Medicina y veterinaria: la termografía al no necesitar tener contacto con el objeto a ser examinado la hace muy útil y completamente inofensiva para las aplicaciones médicas.

Control de calidad y monitorizado de procesos: las cámaras infrarrojas cada vez son más comunes en las fábricas para control de calidad y medida continua de temperatura durante el proceso de producción.

Ensayo no destructivo: la radiación térmica es siempre un fenómeno superficial, pero con un poco de imaginación, con la termografía se puede localizar fallos debajo de la superficie.

2.6.6 Cámara Termográfica.

Cuando se mide la temperatura mediante la cámara termográfica, la radiación IR emitida por el objeto converge debido a los lentes (óptica) de la cámara, el detector realiza un cambio de tensión o de resistencia eléctrica, la cual es leída por los elementos electrónicos de la cámara termográfica, la señal se convierte en una imagen conocida como termograma o mapa de temperatura.

Partes básicas de una cámara IR.

Una cámara termográfica consta de lentes, filtro detector o micro bolómetro, circuito de procesado de la imagen, interfaz de usuario (pantalla, salida de vídeo, memoria etc.), dependiendo de la marca y modelo las funciones de cada cámara varía de acuerdo a las necesidades de los usuarios.



FIGURA 2.11 CÁMARA TERMOGRÁFICA

Fuente:<http://es.slideshare.net/tecnojaume/introduccion-a-los-principios-de-la-termografia>

Termograma.

Es una imagen de un objeto electrónicamente procesado y mostrado en la pantalla en donde las distintas tonalidades de colores corresponden con la distribución de la radiación infrarroja que emite la superficie del objeto.

Rango de Temperatura.

Es el ajuste básico, muchos instrumentos tienen de 2 a 5 rangos de temperatura, el rango fija las temperaturas por debajo y por encima de las cuales no se puede medir, cuanto menos y más anchos sean los rangos más fácil será utilizar el instrumento, los

rangos de temperatura se pueden obtener de diferentes formas, algunas mediante combinación de métodos, la necesidad de disponer de diferentes rangos de temperatura es la misma por la que las cámaras fotográficas necesitan diferentes aperturas, se debe de limitar la radiación que llega al detector si no este se saturará, se sobrecargará de energía.

Nivel y Campo.

Campo es la parte del rango de temperatura que se está utilizando, se llama también contraste térmico.

Nivel es el punto medio del campo, se conoce también como el brillo térmico.

Funciones de Medida.

Las cámaras modernas ofrecen muchas funciones que se pueden utilizar para medir la temperatura, una de las más antiguas es la isoterma. La segunda invención históricamente es el medidor puntual. Es muy habitual y sencillo, las funciones de área puede mostrar la temperatura máxima, mínima y promedio.

Capturando una Imagen.

La captura de imagen se realiza congelando, almacenando, o mediante las dos en orden consecutivo.

Existen tres grandes reglas generales, independientes de la cámara que esté utilizando, que nunca se pueden modificar después de congelar o almacenar la imagen:

- Rango de temperatura, se tiene que fijar un rango de temperaturas que incluya el que pretende medir.
- Enfoque óptico, el correcto enfoque es primordial para la interpretación de la imagen y la exacta medición de temperatura del objeto, un mal enfoque impide distinguir correctamente el objeto bajo la observación y distorsiona la emisividad que llega a la cámara, por lo tanto la temperatura del objeto parecerá menor.
- Composición, es muy similar a tomar una fotografía digital, es importante mostrar la relación con el área circundante y asegurarse que se muestre el problema y sus causas.

Ahora las imágenes se pueden almacenar digitalmente en tarjetas, memorias flash.

2.7 Sistemas Mecánicos.

Dentro de las plantas industriales existen sistemas mecánicos en funcionamiento con la finalidad de realizar una transformación de materia prima en un producto terminado.

En la planta de estudio se cuenta con los siguientes sistemas:

- Sistemas oleo hidráulicos: que contienen motores, bombas, válvulas, intercambiadores de calor.
- Sistemas de fluidos: que contienen motores, bombas y válvulas de control.
- Sistema de transmisión de potencia que utilizan motores, reductores, sistemas de enfriamiento.

Todos los sistemas mecánicos tienden a elevar su temperatura a mayor de la temperatura ambiente por la energía que poseen, lo cual existe un rango determinado para su funcionamiento normal cualquier variación que sobrepase estos límites tendrá que ser revisado con mayor cuidado.

Los elementos y componentes a ser inspeccionados pueden presentar los siguientes síntomas.

- Errores de alineación.

- Motores recalentados.
- Rodillos sospechosos.
- Bombas sobrecargadas.
- Ejes de motores recalentados.
- Rodamientos calientes.
- Bobinas de válvulas recalentadas.

2.8 Indicadores de Mantenimiento.

Los indicadores ayudan al área de Mantenimiento a comparar como está el trabajo en relación con sus metas y objetivos estratégicos, indicando información del rendimiento de la gestión realizada hacia los demás departamentos.

Los indicadores que se lleva a cabo dentro de MML son los siguientes:

- % Costo de paradas no programadas.
- % Costo de Mantenimiento.
- % Costo Mantenimiento Preventivo.
- % Confiabilidad.
- % Disponibilidad.
- Índice de mantenimiento Productivo

Para la realización de los indicadores se obtiene información mensual del Departamento de Producción en donde se indica las toneladas producidas, tiempo disponible de producción, paradas no programadas por parte mecánica, además se recibe información de los costos realizados en mantenimientos correctivos y planificados.

Al inicio de cada año la Gerencia de Mantenimiento da a conocer los rangos de cada valor de los indicadores mencionados.

Para la mejor visualización de la importancia del rango de cada indicador se codifica por tres colores en donde el color verde demuestra que se está cumpliendo con la meta, color amarillo es un rango medio de cumplimiento que debe ser revisado, y el color rojo cuando definitivamente el indicador esta debajo del valor establecido, cuando el indicador ha llegado a un rango amarillo y rojo pasa a una no conformidad, MML debe de realizar el levantamiento de información determinando la causa raíz del no cumplimiento de la meta, en donde se genera acciones correctivas y preventivas designando un responsable para la ejecución y su control.

Anualmente se revisa los valores de las metas para cada indicador, se modifican si es el caso, se observa claramente que las metas designadas para el año 2015 diferencian de las metas del 2014, en la tabla 3 se puede observar el indicador de desempeño conjunto con el rango de valores.

TABLA 3
INDICADORES DE DESEMPEÑO Y VALOR DE META

Nombre de KPI (Indicador)	Frecuencia de Medición	Unidad de Medida	Línea base (valor actual)	Meta 2,015 (x)	Rojo 2,015	Amarillo 2,015	Verde 2,015
%Costos de paradas no programadas	Mensual	%	1,900	1,72	$x > 1.90$	$1.90 > X > 1.72$	$X \leq 1.72$
%Costo mantenimiento	Mensual	%	4,40	4,00	$X \geq 4,80$	$4,80 > X > 4,00$	$X \leq 4,00$
% Costo Mto Preventivo	Mensual	%	87,00	85,00	$X \leq 80$	$80.00 < X < 85.00$	$X \geq 85.00$
%Confiabilidad	Mensual	%	97,85	98,05	$X \leq 97,85$	$97,85 < X < 98,05$	$X \geq 98,05$
%Disponibilidad	Mensual	%	96,47	96,70	$X \leq 96,37$	$96,37 < X < 96,70$	$X \geq 96,70$
Índice de mantenimiento productivo (MML)	Mensual	%	6,30	5,72	$X > 6,86$	$6,86 > X > 5,72$	$X < 5,72$

Las fórmulas para obtener cada uno de los indicadores se presentan en la tabla 4.

TABLA 4
FÓRMULAS PARA CÁLCULO DE INDICADORES

Nombre de KPI (Indicador)	SIGLAS	Definición (descripción de la medida)
%Costos de paradas no programadas	CPNP	$((TFML * THUL + CMC) * 100 / (TOL * CTPL))$
%Costo mantenimiento	CM	$CMML / TOL$
% Costo Mto Preventivo	CMP	$(CMML - CMC) * 100 / CMML$
%Confiabilidad	CONF	$(TDPL - TFML) * 100 / TDPL$
%Disponibilidad	DISP	$(TDPL - TFML - TPPMMPL) * 100 / TDPL$
Índice de mantenimiento productivo (MML)	IMP	$(CMML / (CTL * TOL) + THUTL * TFML) * 100 / TOL * PL$

Se recopila información de parte del informe mensual de producción y de los costos realizados para el mantenimiento, la información presentada corresponde a cinco meses.

TABLA 5
INFORMACIÓN PARA CÁLCULO DE INDICADORES

INFORMACIÓN	Oct-15	Nov-14	Dic-14	Ene-15	Feb-15
TIEMPO DISPONIBLE PROD. (h)	749.1	692.3	428.2	700.0	203.0
TIEMPO FALLA MML (h)	8.8	14.6	9.0	36.7	6.9
TIEMPO PARADA PROGRAMADA MML (h)	2.0	2.0	0.6	3.2	0.3
TONELADAS OPTIMAS PRODUCIDAS (tn)	21814.2	22877.5	16887.2	19793.1	6384.2
COSTO CONTABILIDAD DE MML (\$)	65928.0	45681.2	40876.9	72624.2	57680.0
COSTO DE TRANSFORMACION (\$)	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0
COSTO MML (\$)	15311.3	18954.3	21494.3	19970.2	22600.0
COSTO MANT. PREVENTIVO MML (\$)	14253.0	17350.0	19917.3	17783.6	20687.0
COSTO MANT CORRECTIVO CON PERDIDA DE TIEMPO PRODUCTIVO (\$)	1058.3	1604.3	1576.9	2186.7	1913.0
THROUGHPUT	1224.6	1224.6	1224.6	1224.6	1224.6
PRODUCTIVIDAD	42.84	44.02	42.04	41.54	42.06

Con la información presentada en la tabla 5 se calculó el valor de cada indicador.

Los valores correspondientes a los indicadores medidos por parte de MML se muestran en la tabla 6, con ayuda gráfica de los códigos de colores se aprecia rápidamente el no cumplimiento de las metas.

TABLA 6
VALOR DE INDICADOR

Nombre de KPI (Indicador)	SIGLAS	Unidad de Medida	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15
%Costos de paradas no programadas	CPNP	%	● 0,72	● 1,14	● 1,00	● 3,18	● 2,16
%Costo mantenimiento	CM	%	● 4,03	● 2,66	● 3,23	● 4,89	● 9,03
% Costo Mto Preventivo	CMP	%	● 93,09	● 91,54	● 92,66	● 89,05	● 91,54
%Confiabilidad	CONF	%	● 98,82	● 97,89	● 97,90	● 94,76	● 96,60
%Disponibilidad	DISP	%	● 98,56	● 97,60	● 97,75	● 94,30	● 96,48
Indice de mantenimiento productivo (MML)	IMP	%	● 4,75	● 3,80	● 4,22	● 8,07	● 3,16

CAPÍTULO 3

3 DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DE LA EMPRESA

3.1 Situación Actual de la Empresa.

Al crearse varias empresas que se dedican a la fabricación de productos largos de acero, Acerías Nacionales del Ecuador S.A, se siente obligado a mejorar sus actividades para seguir en la lucha de mercado con un precio de productos competitivo.

Sus principales competidores son: Adelca, Novacero los cuales en los últimos años han ganado mercado en productos de acero

3.1.1 Descripción General de la Empresa.

La empresa Acerías Nacionales del Ecuador S.A esta ubicada en la Av. Clemente Huerta (las Esclusas), en el sector del Guasmo Sur, de la ciudad de Guayaquil, junto a la fábrica Novacero.

Esta empresa fue creada debido a la necesidad de satisfacer la demanda de la industria de la construcción para impulsar el desarrollo de nuestro país.

Acerías Nacionales del Ecuador, fue fundada el 08 de abril de 1964, según el registro mercantil del Cantón Guayas como compañía anónima, que es un tipo de sociedad muy difundida en los últimos tiempos cuyo capital se encuentra dividida en acciones negociables y está formado por la aportación de los accionistas que responden únicamente por el monto de sus acciones. Al momento de su constitución aparece como accionista el Sr. Jaby Coronel y otros, posteriormente el 19 de octubre de 1969 se realiza una venta de la mayor parte de acciones a favor del ejército de las Fuerzas Armadas del Ecuador, con lo cual queda un 92% de las acciones a favor del comprador, las mismas que después pasaron al Holding Dine S.A. y en el año 2010 estas acciones pasaron a manos del ISSFA (Instituto de Seguridad Social de las Fuerzas Armadas), con los antecedentes anteriormente mencionados en la actualidad las acciones se encuentran distribuidas como sigue: el 93,73% en poder del ISSFA, el 2,1% para el socio fundador Sr. Jaby Coronel, el 2,08% para el Sr. Oswaldo Coronel y el 2,08% para la Sra, Paola Coronel.

Se encuentran dos plantas industriales dentro de Andec. S.A, una de ellas es la planta de fundición de chatarra en donde el producto final es la palanquilla de acero, que son lingotes de sección cuadrada de 13*13 cm, de 4 m. de longitud que servirá como materia prima para la segunda planta que es la de Laminación en Caliente, en donde la palanquilla pasa por un horno de precalentamiento para luego entrar al Tren Laminador, para así al final entregar productos largos de acero.

3.1.2 Misión y Visión de la Empresa.

Andec S.A para enfocar a todos sus trabajadores hacia una misma meta optó por crear una misión y visión las cuales se presenta a continuación.

Misión.

“Producir y comercializar productos largos de acero, con calidad, eficiencia, y competitividad, para satisfacer al mercado de la construcción”.

Visión.

Ser la empresa siderúrgica más rentable del país, brindando soluciones constructivas integrales con productos largos de acero:

Contando con socios estratégicos en nuestra cadena de valor.

Fomentando la seguridad y respeto al medio ambiente.

3.1.3 Productos

Acerías Nacionales del Ecuador puede satisfacer las necesidades de la construcción entregando los siguientes productos:

Electro-mallas (FY=5000kg/cm²).

Las electro-mallas están compuestas por una serie de alambres de acero lisos o grafilados que se cruzan perpendicularmente y cuyos puntos de contacto se unen por el proceso de soldadura por resistencia eléctrica, se comercializa por unidades de 6.25mx2.4 m, con espaciamientos de alambre longitudinal=10, 15, 20, 25, 30 cm.

Alambrón.

El alambrón es un producto laminado en caliente, de sección circular maciza, de diámetro no inferior a 5,5 mm y se presenta en rollos, y por sus características mecánicas sirven para

aplicaciones de electro-mallas, clavos, remaches, alambres, cadenas, trefilación, grapas.

Se suministran en rollos de 515 kg atados en paquetes de 2000 kg. Identificado con etiqueta individual que incluye: calidad del acero, diámetro, nombre del fabricante y peso.

Varilla soldable (FY=4200kg/cm²).

Las varillas soldables son barras de acero de baja aleación, que ha recibido un tratamiento térmico controlado durante su proceso de laminación, de alta ductilidad y excelentes propiedades mecánicas, se usan en estructuras de hormigón armado para la construcción de diseño SISMORESISTENTE y donde se requiera empalmes para soldadura.

Estas varillas llevan una identificación exclusiva, en toda la longitud de la misma, a una distancia de aproximadamente un metro y consiste en un sobre relieve. Las secciones circulares son de 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32 mm. En longitudes de 6, 9 y hasta 12 metros dependiendo el producto.

Conformados.

El conformado de acero es un elemento compuesto por varillas longitudinales y estribos. Su principio es una electro-malla con diseño muy especial que al ser doblada con determinada geometría, resulta una armadura, son suministrados con diferente geometría y comercializados en unidades de 6,5m. Se fabrica con material laminado en frío (grafilado).

Este producto permite racionalizar el acero en obra, simplificando el armado y eliminando desperdicios con el beneficio de ahorro en costos al constructor; por ello goza de gran demanda entre las promotoras de vivienda y los constructores independientes.

Alambre Trefilado.

Es un alambre de acero obtenido por trefilación en frío, cuya sección es circular y de superficie lisa, se suministra en paquetes atados con alambre. Rollos compactados.

Paquetes: peso aproximado=2500kg.

Rollos: peso aproximado= 300 kg.

Diámetro interno del rollo=490mm.

Diámetro externo del rollo=690mm.

Alambre Grafilado.

El alambre grafilado es obtenido por trefilación y posterior conformación en frío. Su superficie presenta resaltes uniformemente distribuidos con el objetivo de aumentar su adherencia con el hormigón. Se usa como refuerzo en estructuras de hormigón armado y para la fabricación de mallas-electro soldadas, se distribuyen paquetes atados con alambre de longitud de 5.9m; al igual que todos los productos contienen una tarjeta de identificación.

Barra Redonda Lisa.

Las barras redondas lisas, son aquellas cuyo perfil corresponde al de una circunferencia, luego de ser laminada.

Se suministran en atados con alambres, con peso aproximado de 2500 kg. Los paquetes se identifican mediante etiqueta individual que incluye: nombre de fabricante, dimensiones, peso y grado de acero.

3.1.4 Estructura Organizacional

La finalidad de la estructura organizacional en Acerías Nacionales del Ecuador S.A es establecer un sistema de responsabilidades que se otorgarán a todos los miembros de la

entidad enfocados conjuntamente de forma óptima para alcanzar las metas fijadas en la planificación.

Podemos mencionar dos definiciones de Estructura Organizacional.

Mintzberg:(1984) “es el conjunto de todas las formas en que se divide el trabajo en tareas distintas y la posterior coordinación de las mismas”.

Stratton: (1988) “es el conjunto de las funciones y de las relaciones que determinan formalmente lo que cada unidad debe cumplir y el modo de comunicación entre cada unidad”.

El organigrama en la empresa nos permite visualizar de forma rápida los órganos que componen la estructura, las relaciones que existen entre ellos y los niveles jerárquicos, debido a que es un instrumento que tiene una representación gráfica, proporcionando una imagen formal de la organización. Facilitando el conocimiento de la misma y constituyendo una fuente de consulta.

En la figura 3.1 se presenta el Organigrama a nivel gerencial y unidades de apoyo.

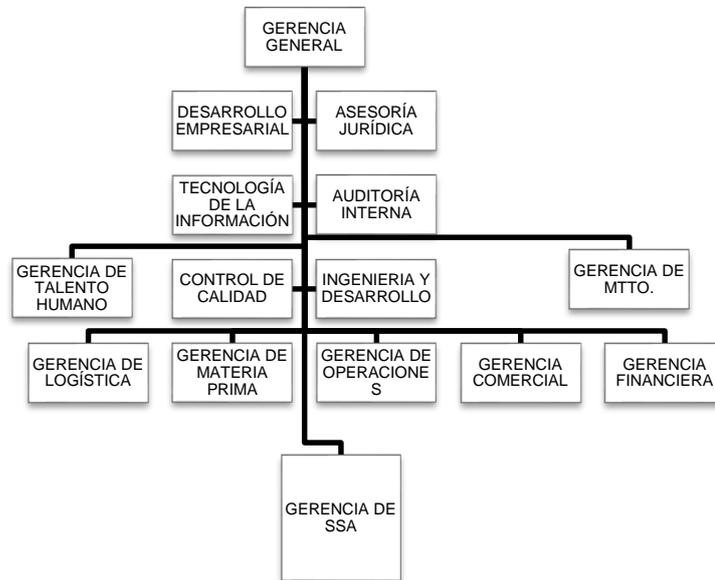


FIGURA 3.1 ORGANIGRAMA A NIVEL GERENCIAL Y UNIDADES DE APOYO

Debido a que en una organización se maneja con procesos que son conjuntos de actividades y recursos interrelacionados que transforman elementos de entrada en elementos de salida aportando valor agregado para el cliente y usuario. Los recursos pueden incluir: personal, finanzas, instalaciones, equipos técnicos, métodos.

Un mapa de procesos es un diagrama de valor; un inventario gráfico de los procesos de una organización, en el que está incluido los procesos claves, estratégicos y de apoyo.

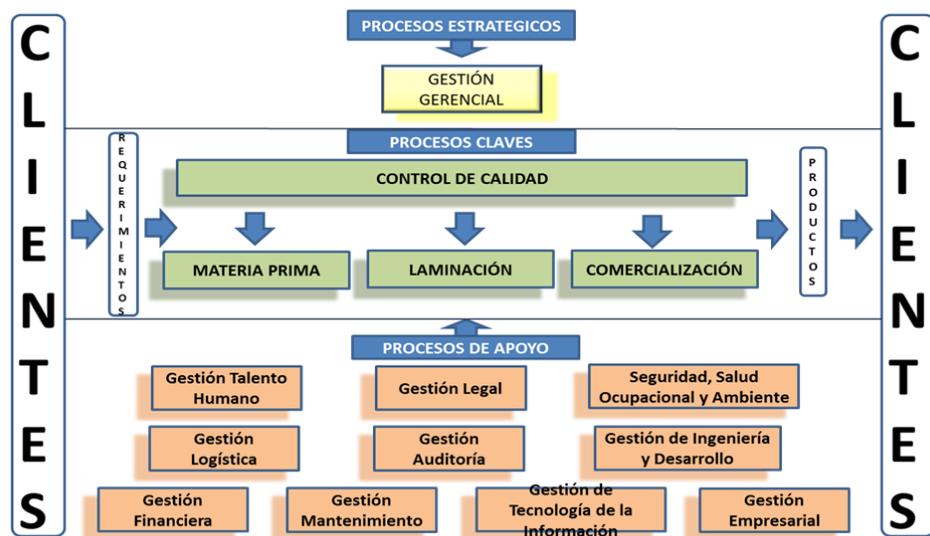


FIGURA 3.2 MAPA DE PROCESOS

Gerencia General.

La gerencia general de Andec S.A, es la que se encarga de representar la compañía frente a terceros, en este caso tendría que ofrecer.

- Al inversionista, una adecuada rentabilidad.
- Al trabajador, seguridad y bienestar.
- Al estado el apoyo a su desarrollo y crecimiento económico.

La gerencia general es responsable del éxito o del fracaso del negocio, este debe de aportar con liderazgo, para alcanzar los objetivos comunes de la organización.

Gerencia Financiera.

La gerencia financiera se encarga de la optimización del recurso financiero proveniente de diferentes fuentes: inversionistas que compran acciones, acreedores que le otorgan créditos y utilidades acumuladas en ejercicios fiscales anteriores, esto se designa a los siguientes usos.

- En activos fijos para la producción de bienes y servicio.
- En inventarios para garantizar la producción y las ventas.
- En cuentas por cobrar y en cajas o en valores negociables, para asegurar las transacciones y la liquidez necesaria.

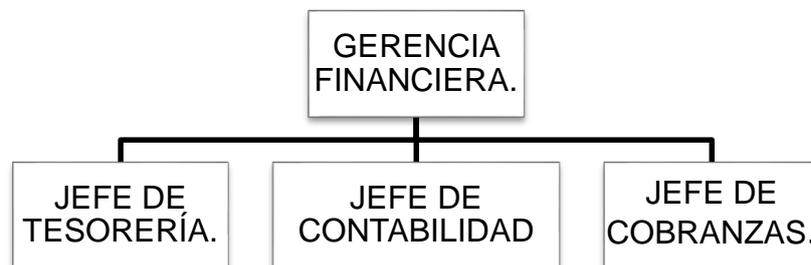


FIGURA 3.3 ESTRUCTURA GERENCIA FINANCIERA

Gerencia de Operaciones.

También denominada gerencia de producción, es quien tiene la responsabilidad mediante una secuencia de procesos de transformar la materia prima en un producto terminado que será luego comercializado, en este caso será para el consumo de la demanda de la construcción.

El gerente de operaciones determina las cantidades a fabricar de las diferentes referencias en base a estudios de máximos y mínimos o pedidos especiales basados en primera mano de históricos y de la información emitida de la gerencia de ventas, en base a esto realizan una planeación anual y las perspectivas y tendencias que se presentaran en el transcurso del año considerando lo siguiente:

- La capacidad instalada.
- La planificación del proceso.
- Un plan maestro.
- La planificación en cuanto a materiales requeridos.

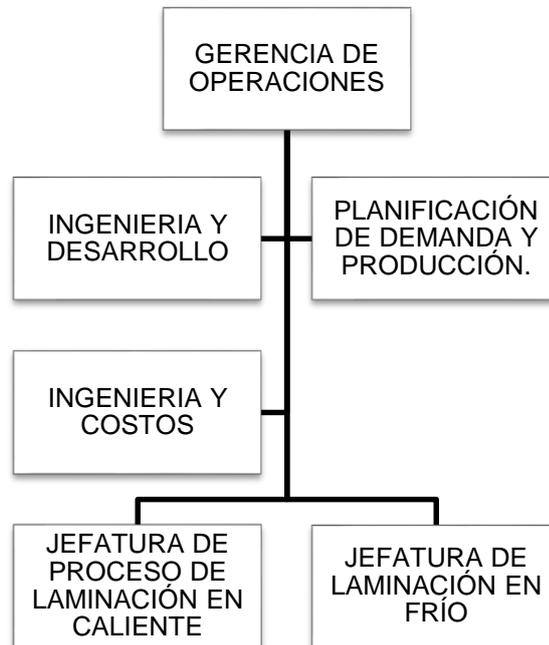


FIGURA 3.4 ESTRUCTURA GERENCIA DE OPERACIONES

Gerencia Comercial.

El objetivo a alcanzar por parte de esa gerencia es colocar en el mercado nacional e internacional los productos de acero fabricados en esta empresa, con el propósito de otorgar un excelente servicio al cliente, otorgando referencias que cumplan con la calidad requerida, entrega oportuna y con una atención personalizada y brindando servicio post venta generando así un valor agregado.

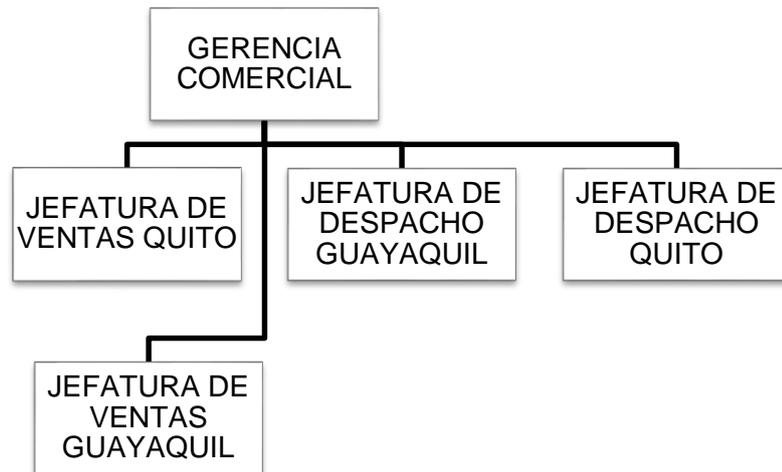


FIGURA 3.5 ESTRUCTURA GERENCIA COMERCIAL

Gerencia de Logística.

Esta gerencia es una de las más importantes dentro de la organización, debido a que la planificación se basa mucho en la entrega oportuna de la materia prima, repuestos, insumos, etc.

Esta gerencia se ha dividido en los siguientes departamentos.

- Adquisiciones Locales y Comercio Exterior.
- Activos fijos y control de inventarios.
- Transporte y servicios generales.

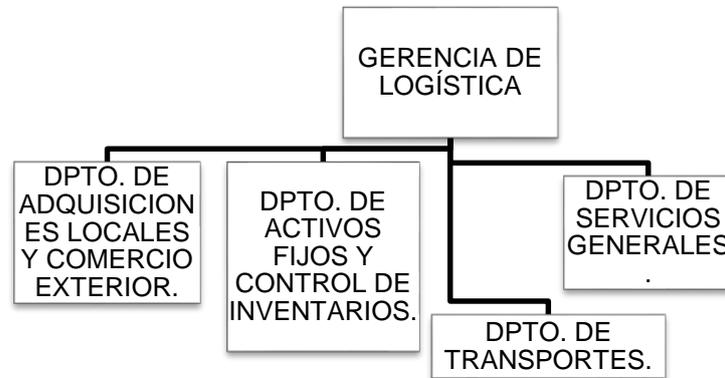


FIGURA 3.6 ESTRUCTURA GERENCIA LOGÍSTICA

Gerencia de Materia Prima (chatarra).

Esta gerencia se encarga de la captación de la chatarra en los diferentes puntos a nivel nacional, tomando en consideración que esta materia prima es indispensable para las siderúrgicas lo cual ha provocado un mercado muy competitivo entre ANDEC S.A; ADELCA y NOVACERO, la misión de esta gerencia es de abastecer chatarra procesada y seleccionada a la planta de Fundición siendo la capacidad productiva de 700 toneladas por día.

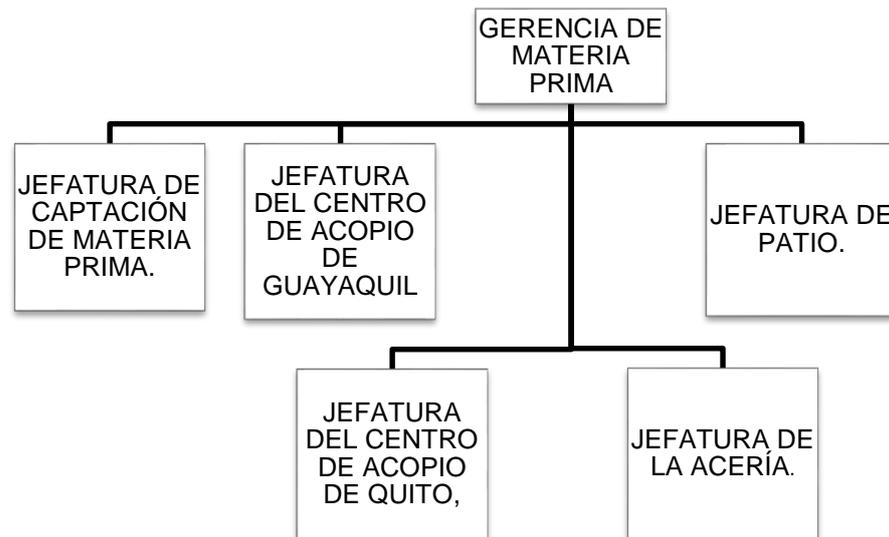


FIGURA 3.7 ESTRUCTURA GERENCIA MATERIA PRIMA

Gerencia de Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente.

Debido a la implementación de Sistemas Integrados de gestión los cuales deben de cumplir con la Norma de Calidad (ISO 9001), la norma de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHAS 18000) y la norma de Gestión Ambiental (ISO 14001), esto ha dado paso a la creación de procedimientos que identifiquen, reduzcan o mitiguen los aspectos ambientales provenientes de todas las actividades de la empresa, se ha implementado una planta de tratamientos de Humo que su función principal es la captura y mitigación de gases con pequeñas partículas sólidas provenientes del proceso de

fundición, la red contraincendios que servirá para la respuesta rápida en caso de ocurrir un incidente.

La gestión ambiental de todos los residuos que son nocivos para la salud de las personas o del medio ambiente deben de ser tomadas en consideración para evitar sanciones por parte de la municipalidad.

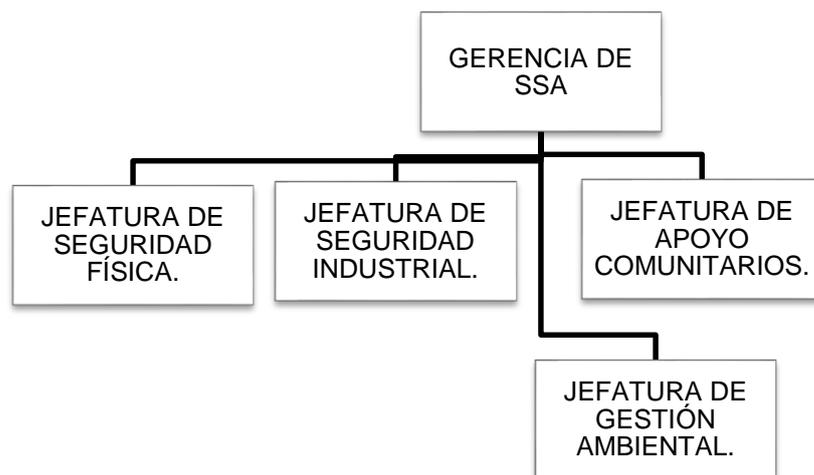


FIGURA 3.8 ESTRUCTURA GERENCIA DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE

Gerencia de Talento Humano.

Esta gerencia es la encargada del recurso humano de la empresa, el cual es de velar por el bienestar de cada uno de sus integrantes siendo el departamento de bienestar social el ente de dar el apoyo

necesario para la solución de los problemas presentados en el entorno familiar del trabajador para que de esta forma el desempeño en el trabajo no sea afectado.

Además esta gerencia se encarga de la selección, capacitación, el pago del salario a tiempo y el seguimiento de la salud del trabajador para tener gente motivada que sea capaz de rendir en las diferentes actividades de la empresa enfocadas siempre en un mismo horizonte dado por la misión y visión de la empresa.

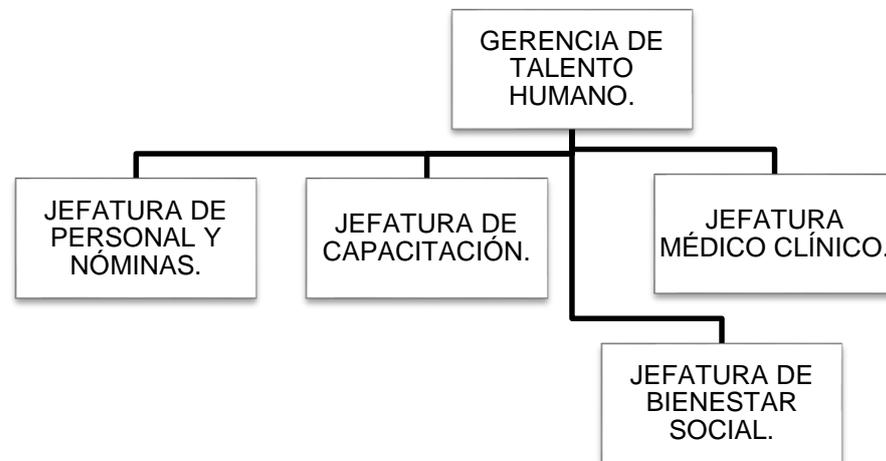


FIGURA 3.9 ESTRUCTURA GERENCIA TALENTO HUMANO

Gerencia de Mantenimiento.

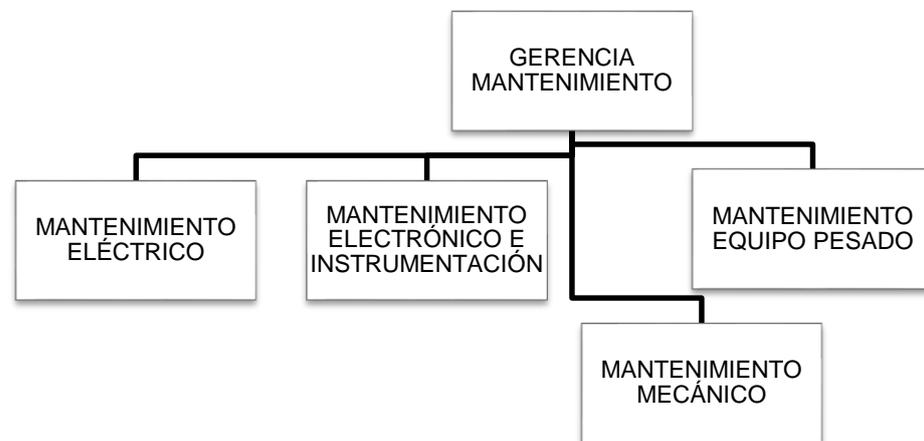
La gerencia de mantenimiento es uno de los procesos de apoyo de la empresa se encarga de prestar servicios que agrupa una serie de actividades, la ejecución permite alcanzar una mayor confiabilidad en los diferentes equipos, máquinas, instalaciones. Los principales objetivos de las actividades de mantenimiento son:

- Evitar, reducir, y reparar los fallos en los equipos.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o para de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

Para el cumplimiento de los objetivos mencionados anteriormente se rige a un plan de mantenimiento anual que va relacionado al plan de producción con la finalidad de coordinar las fechas y el tiempo que se va a intervenir los equipos.

El servicio de mantenimiento está relacionado a los temas de mecánica, eléctrica, electrónica e instrumentación. Las actividades de mantenimiento corresponden a mantenimientos predictivos, preventivos, y correctivos.

Estructura organizacional de la gerencia de mantenimiento.



**FIGURA 3.10 ESTRUCTURA GERENCIA DE
MANTENIMIENTO**

3.2 Análisis Situacional.

En esta sección se determina la situación que se encuentra el Departamento de Mantenimiento Mecánico con referencia a las actividades de mantenimiento predictivo.

3.2.1 Análisis FODA.

Se aplica el FODA debido a que es una herramienta que permite obtener un diagnóstico preciso que ayuda a tomar las mejores decisiones relacionadas con los objetivos de la empresa, ver figura 3.11.

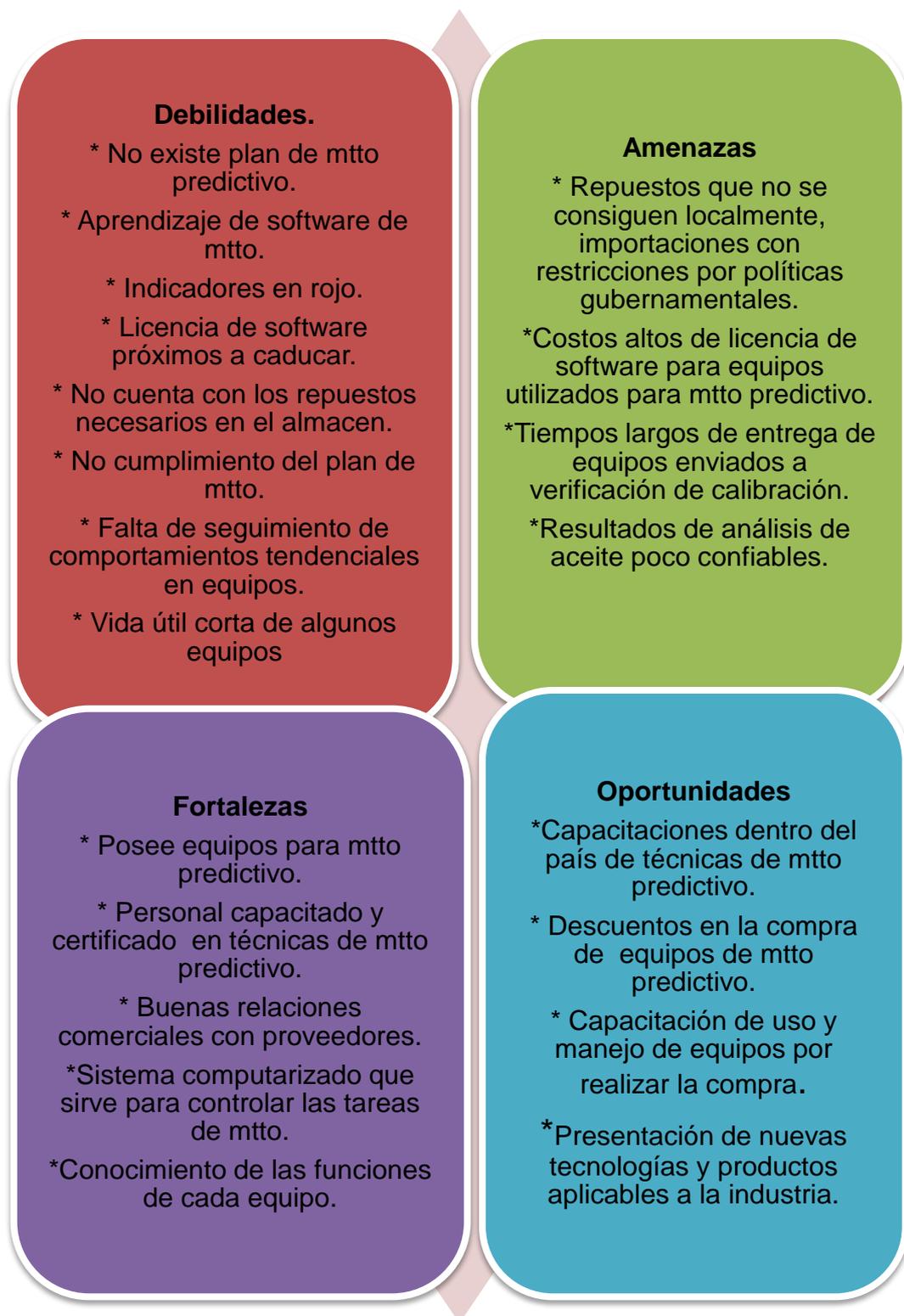


FIGURA 3.11 FODA

3.3 Diagnóstico de la Situación Actual.

Con la finalidad de determinar la situación actual de MML se aplica una metodología de auditoria semicuantitativa elaborado por Marshall Institute, consta de 60 preguntas, distribuidas en cinco áreas de mantenimiento, (ver apéndice G)

- Recursos Gerenciales.
- Gerencia de la Información.
- Mantenimiento Preventivo/ Predictivo.
- Planificación y Programación.
- Soporte del Mantenimiento.

Los entrevistados tienen tres opciones de respuestas que van del 1 al 3, ver tabla 7.

TABLA 7
CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

Criterios	
1	Por debajo del promedio
2	Promedio
3	Por arriba del promedio.

Las entrevistas para la auditoria se escoge a 8 personas del Departamento, de los resultados se realiza un promedio para conocer el puntaje final y determinar el rango de eficiencia de

mantenimiento, rango considerado para varias industrias se observa en la tabla 8.

TABLA 8
RANGO MUNDIAL

Rango	Eficiencia de mantenimiento
180-160	Clase Mundial/nivel de mejores prácticas operacionales
159-140	Muy bueno/ nivel de operaciones efectivas
139-120	Por arriba del nivel Promedio
119-100	Promedio/ oportunidades para mejorar
99-80	Por debajo del promedio/ muchas oportunidades para mejorar

TABLA 9
RESULTADOS DE AUDITORIA

n	1	2	3	4	5	6	7	8	Promedio	Total
Recursos Gerenciales	20	29	27	20	25	20	25	25	23.9	
Gerencia de la información	27	31	29	22	32	27	22	25	26.9	
Mtto Preventivo-Predictivo	27	17	27	22	29	25	20	22	23.6	
Planificación y programación	27	27	31	25	30	25	27	32	28.0	
Soporte de mtto.	22	20	23	21	32	20	23	22	22.9	125.3

Con el resultado de 125.3 de la tabla 9 se considera que MML se encuentra por arriba del nivel promedio.

Además se recopila información de las órdenes de trabajo (OT) generadas en los meses desde octubre hasta febrero, se ha dividido en tres categorías de tareas, correctivas, planificadas, predictivas ver tabla 10.

TABLA 10
CANTIDAD DE OT SEGÚN TIPO DE MTTO

Ordenes de Trabajo	Mes				
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Mtto. Correctivo	32	42	20	15	22
Mtto. Planificado	216	202	218	223	150
Mtto. Predictivo	10	18	15	12	4
Total	258	262	253	250	176

MML al no contar con un plan de mantenimiento predictivo la frecuencia de datos adquiridos es irregular, lo que el departamento busca es obtener información actualizada de la funcionabilidad de cada equipo y ver su comportamiento en relación al tiempo pero sin datos registrados es difícil predecir una falla, esto se observa en la tabla 10 en donde la cantidad de (OT) en mtto predictivo son reducidas, y por lo general solo cubre un equipo.

Existe una gran cantidad de mantenimientos correctivos afectando directamente a los indicadores de desempeño del departamento y al sistema de producción, el equipo al llegar a la falla puede incurrir en gastos excesivos, algunas de las fallas

ocurridas se pudieron evitar con el seguimiento de técnicas predictivas.

3.4 Cálculo de la Eficiencia.

Para el cálculo de la eficiencia del sistema de producción se utiliza el OEE (Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia General de los Equipos).

El OEE resulta de la multiplicación de tres ratios que son la disponibilidad, la calidad y la velocidad.

*OEE = disponibilidad * calidad * velocidad.*

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{tiempo operativo}}{\text{tiempo disponible}}$$

$$\text{Calidad} = \frac{\text{producción aprobada.}}{\text{producción real}}$$

$$\text{velocidad} = \frac{\text{producción real}}{\text{producción prevista}}$$

De los informes mensuales de producción se toma la información necesaria para el cálculo del OEE correspondiente a cinco meses desde octubre 2014 hasta febrero 2015.

TABLA 11
INFORMACIÓN PARA CÁLCULO DE OEE

DATOS	MES				
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Tiempo Operativo (h)	500,00	519,72	401,67	476,52	151,78
Tiempo Disponible (h)	744,00	692,34	600,42	700,01	203,00
Producción Aprobada (tn)	21814,23	21323,30	16884,94	19793,14	6384,22
Producción Real (tn)	21814,23	22877,53	16887,19	19793,14	6384,22
Producción Programada (tn)	21900,00	23000,00	18300,00	19540,00	6500,00

Con la información de la tabla 11 se calcula el OEE correspondiente al mes de octubre del 2014.

$$Disponibilidad = \frac{500}{744} * 100 = 67\%$$

$$Calidad = \frac{21814,23}{21814,23} * 100 = 100\%$$

$$velocidad = \frac{21814,23}{21900} * 100 = 99,6 \%$$

$$OEE = disponibilidad * calidad * velocidad.$$

$$OEE = 67\% * 100\% * 99,6\% = 66,9\%$$

Para calcular el OEE de los siguientes meses se sigue el mismo procedimiento, en la tabla 12 se observa los resultados desde octubre hasta febrero del 2015.

TABLA 12
RESULTADOS DE OEE

RATIOS	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Disponibilidad	67,2%	75,1%	66,9%	68,1%	74,8%
Calidad	99,6%	99,5%	92,3%	101,3%	98,2%
Velocidad	100,0%	93,2%	100,0%	100,0%	100,0%
CÁLCULO DE OEE.					
OEE	66,9%	69,6%	61,7%	69,0%	73,4%

En la tabla 12 la mayor eficiencia es en el mes de febrero, la producción es menor con referencia a los otros meses debido a que se realizó mantenimiento al horno de precalentamiento.

TABLA 13
VALORES DE INDICADORES DE MTTO.

Nombre de KPI (Indicador)	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15
%Costos de paradas no programadas	● 0,72	● 1,14	● 1,00	● 3,18	● 2,16
%Costo mantenimiento	● 4,03	● 2,66	● 3,23	● 4,89	● 9,03
% Costo Mto Preventivo	● 93,09	● 91,54	● 92,66	● 89,05	● 91,54
%Confiabilidad	● 98,82	● 97,89	● 97,90	● 94,76	● 96,60
%Disponibilidad	● 98,56	● 97,60	● 97,75	● 94,30	● 96,48
Indice de mantenimiento productivo (MML)	● 4,75	● 3,80	● 4,22	● 8,07	● 3,16

En la tabla 13 se presenta los valores de los indicadores correspondientes a los meses de octubre 2014 hasta febrero del 2015. El indicador más relevante es el índice de mantenimiento productivo debido a que se busca producir más con el menor costo.

3.5 Identificación de Equipos.

Para el respectivo plan de mantenimiento predictivo se debe tener en cuenta la funcionabilidad de cada uno de ellos y la función que desempeña en la línea de producción.

Los equipos se encuentran ubicados como muestra la figura 3.12.

Dividido en las siguientes áreas.

- A. Preparación de la materia prima.
- B. Proceso de calentamiento.
- C. Proceso de laminación.
- D. Termoproceso.
- E. Enfriamiento del proceso.
- F. Embalaje y Evacuación.
- G. Sistema de agua tipo A.
- H. Sistema de agua tipo B.
- I. Sistema de agua Tempcore.
- J. Sistema de aire comprimido.

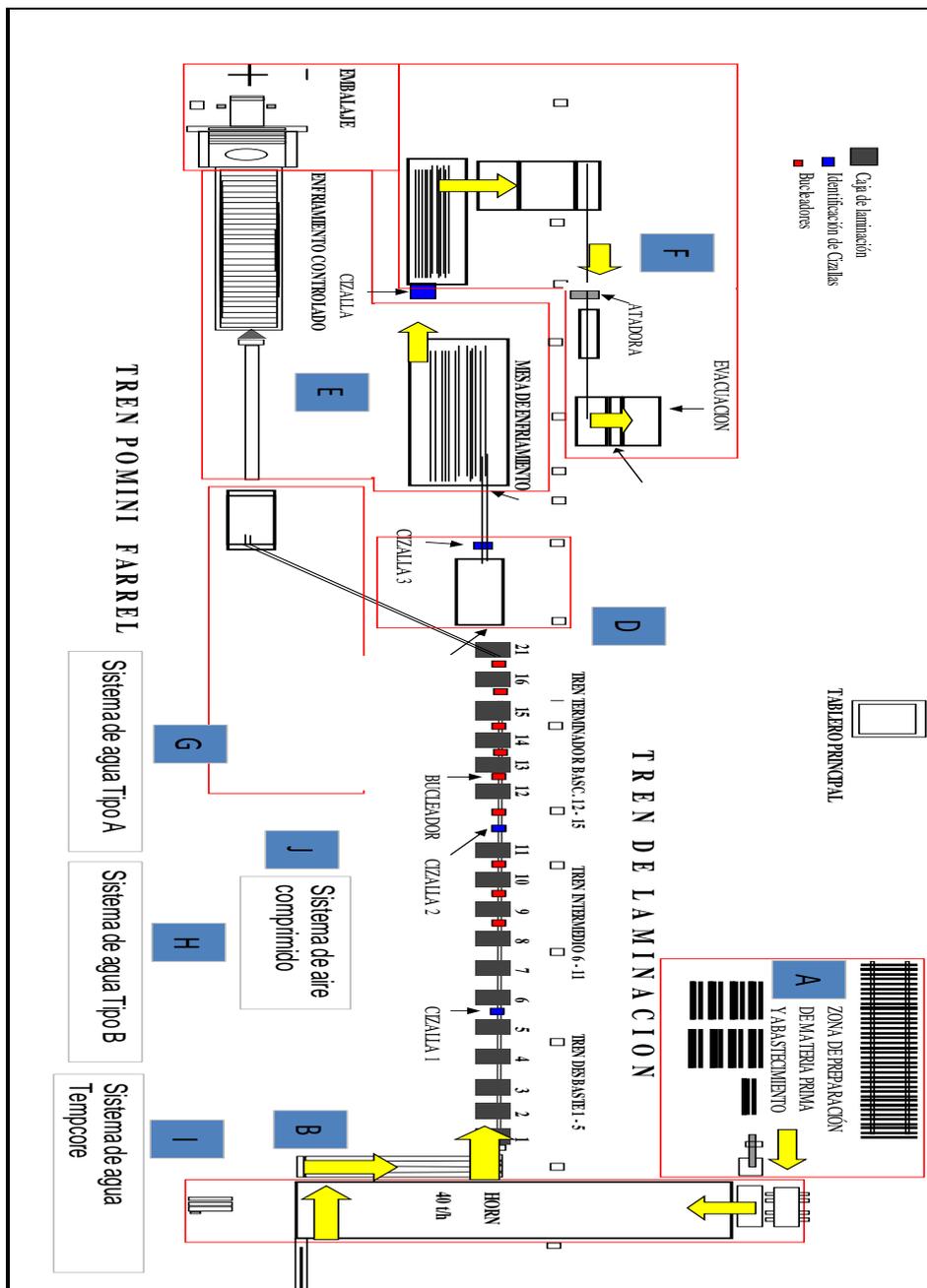


FIGURA 3.12 ESQUEMA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

3.6 Codificación de Equipos.

Todo activo tiene una sola ubicación, para este caso el espacio físico se lo conoce como ubicación técnica y esta se encuentra dentro de un centro de costo.

Centro de costo: es una subdivisión de la empresa, cuyo criterio de conformación dependerá de cada realidad empresarial, los activos de la planta en estudio están ligados a dos centros de costos que son el contable y el operativo.

La codificación empieza con las siglas LAC, designando a equipos de laminación en caliente, luego de la separación consta de siglas correspondientes al servicio que realiza, y al final una numeración para determinar la posición.

En la tabla 14 se muestra la codificación de 10 equipos con su descripción.

TABLA 14
CÓDIFICACIÓN DE EQUIPOS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
LAC-PCP-05-07	MOTO-VENTILADOR DEL HORNO
LAC-CAA-1-03	VÁLVULAS DE AIRE-ACEITE CJ1-CJ15
LAC-CAA-1-01	CENTRAL AIRE ACEITE DEL TREN BASCOTECNIA, CJ1...C15
LAC-CLB01-01	MOTO-BOMBA #1 NORTEK #1
LAC-CLB01-02	MOTO-BOMBA #2 NORTEK #1
LAC-CLB01-03	MOTO-BOMBA 3 NORTEK #1
LAC-CLB02-01	MOTO-BOMBA #1 NORTEK #2
LAC-CLB02-02	MOTO-BOMBA #2 NORTEK #2
LAC-CLB02-03	MOTO-BOMBA 3 NORTEK #2
LAC-CAA-1-02	BOMBA RATIO 1/50 #1

3.7 Diagnóstico de Equipos.

Para determinar el estado de los equipos se utiliza técnicas de mantenimiento predictivo para detectar los problemas de funcionamiento sin la necesidad de parar el proceso de producción, se utiliza el análisis de aceite para determinar el

estado de las centrales oleo hidráulicas, análisis de termografía infrarroja.

Existen inspecciones que se requieren hacer con la planta parada como es el caso de la revisión del estado de engranajes en las cajas reductoras, revisión de sistemas hidráulicos como la calidad superficial del vástago, pruebas de rendimiento de bombas centrifugas.



FIGURA 3.13 INTERIOR DEL REDUCTOR CAJA #2

MML no llevan un control del ciclo de vida útil de los equipos, la tasa de fallas se conoce por parte del informe de turno de producción.

Se requiere conocer la fiabilidad de los equipos de producción para lo cual se utiliza la distribución estadística de Weibull, ya que es utilizada en estudios de confiabilidad de sistemas mecánicos.

La tasa de fallas se puede escribir, en función de la fiabilidad.

$$\lambda(t) = -\frac{\frac{d(R(t))}{dt}}{R(t)}$$

O

$$R(t) = \exp(-\int \lambda(t) dt)$$

Siendo:

$\lambda(t)$ = tasa de fallos.

$R(t)$ = Fiabilidad

$F(t)$ = Función acumulada de fallos.

t = tiempo.

En 1951 Weibull propuso que la expresión empírica más simple que podía representar una gran variedad de datos reales es:

$$\int \lambda(t) dt = \left(\frac{t - t_0}{\eta}\right)^\beta$$

La fiabilidad será:

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t - t_0}{\eta}\right)^\beta\right]$$

Siendo;

t_0 = Parámetro de posición descrita en unidad de tiempo, define el punto de partida de la distribución.

η = parámetro de escala o vida característica igual a 63.2%

β = parámetro de forma y representa la pendiente de la recta describiendo el grado de variación de la tasa de fallas.

La distribución de Weibull se expresa normalmente como la función acumulativa de distribución de fallos $F(t)$.

$$F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t - t_0}{\eta} \right)^\beta \right]$$

La función de densidad de probabilidad se expresa de la siguiente manera;

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left[\left(\frac{t - t_0}{\eta} \right)^{\beta-1} \right] \exp \left[- \left(\frac{t - t_0}{\eta} \right)^\beta \right]$$

La tasa de fallos para esta distribución se expresa como;

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - t_0}{\eta} \right)^{\beta-1}$$

En la figura 3.14 se presenta las variaciones de las tres variables mencionadas anteriormente en función del tiempo.

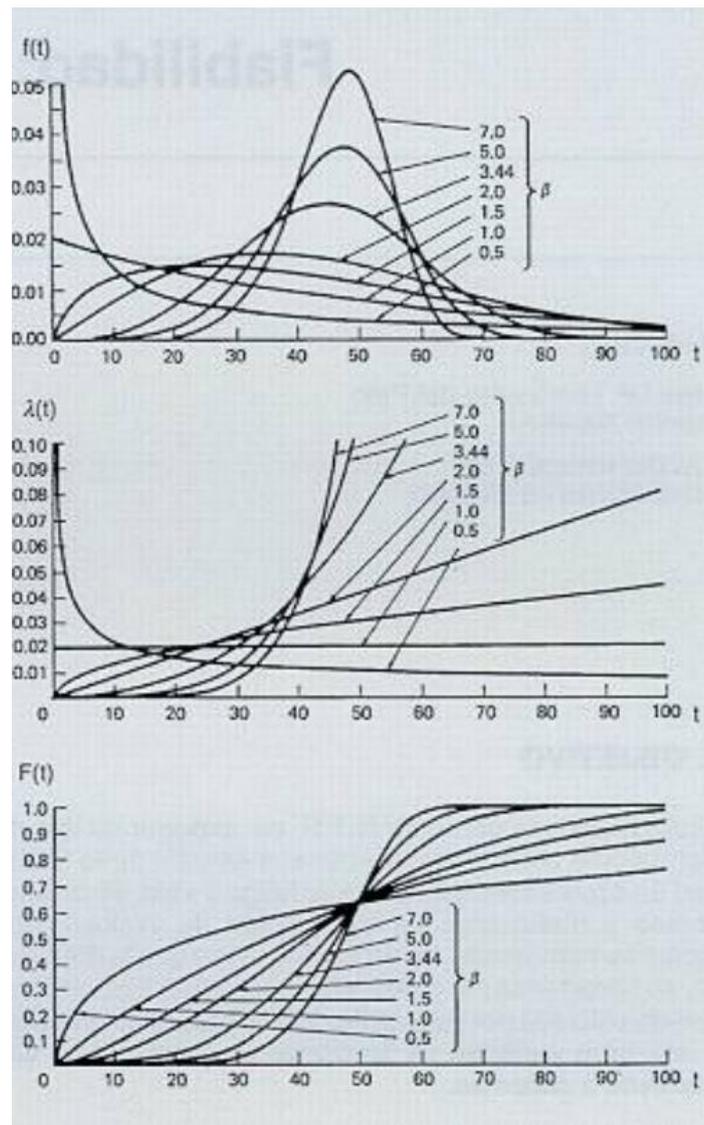


FIGURA 3.14 VARIACIÓN DE $F(t)$; $f(t)$ Y $\lambda(t)$ EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA DISTINTOS VALORES DEL PARÁMETRO DE FORMA B

Dado que la tasa de fallas varía respecto al tiempo, su representación típica tiene la forma de bañera, la vida de los

elementos tiene un comportamiento que viene reflejado por tres etapas diferenciadas.

- Fallos iniciales (tasa decrece); $\beta < 1$.
- Fallos normales (Tasa constante) $\beta = 1$.
- Fallos de desgaste (Tasa aumenta) $\beta > 1$.

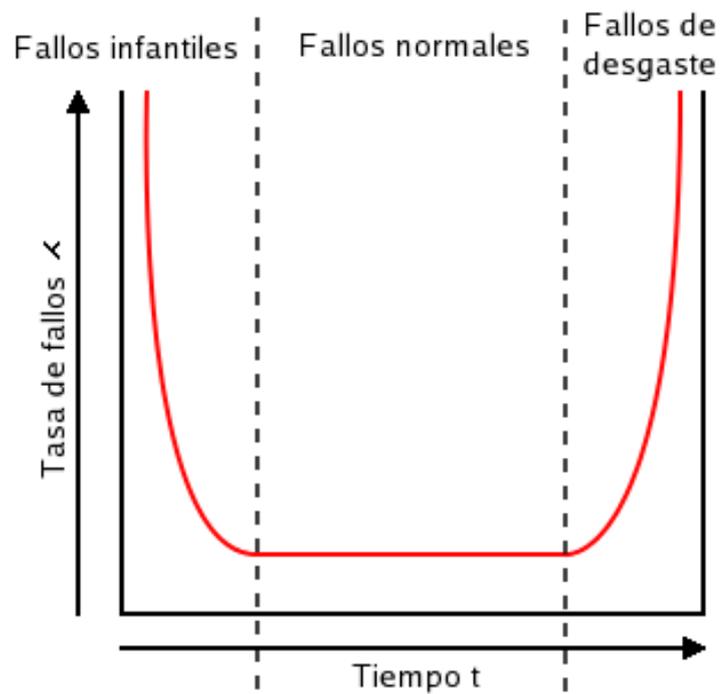


FIGURA 3.15 CURVA TÍPICA DE EVOLUCIÓN DE TASA DE FALLAS.

Fuente:[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3d/Curva](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3d/Curva_de_la_ba%C3%B1era.png)

[a_de_la_ba%C3%B1era.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3d/Curva_de_la_ba%C3%B1era.png)

La primera etapa de fallos infantiles corresponde a su mayoría a la existencia de elementos defectuosos instalados con una tasa de fallos superior a la normal.

La segunda etapa de fallos normales, se presentan de forma aleatoria e inesperada, el comportamiento de la tasa es constante.

La tercera etapa corresponde a fallos por desgaste, se observa un incremento rápido en la tasa de fallos.

Para la determinación de los parámetros de la distribución de Weibull (t_0 , β , η) se procede a determinar de manera gráfica utilizando el papel weibull descargado del siguiente link. <http://www.weibull.com/GPaper/index.htm>. Ver apéndice F.

Para la aplicación de este método se revisa el historial de fallas de las bombas de agua tipo B por ser uno de los sectores críticos dentro de la producción, ver tabla 15.

TABLA 15

FALLA DE BOMBAS DE AGUA TIPO B (2014)

Fecha de Falla	Tiempo entre falla (mes)	Tiempo de parada (min)
3/13/2014	1.22	68
4/9/2014	0.90	40
5/30/2014	1.70	63
7/12/2014	1.44	59
8/12/2014	1.05	5
9/27/2014	1.55	25
10/15/2014	0.58	11
12/17/2014	2.09	19

Se ordena de menor a mayor los valores medios clasificados de fallos en función del tamaño de la muestra y se determina el número medio de fallos acumulados utilizando la imagen 3.16 en donde se coloca el tamaño de la muestra realizada en este caso es de $n=8$.

TABLA 16
VALORES DE TIEMPO ENTRE FALLOS ORDENADOS DE MENOR A MAYOR

Tiempo de Fallo	Valores medios clasificados :
0.58	0.0830
0.90	0.2021
1.05	0.3213
1.22	0.4404
1.44	0.5596
1.55	0.6787
1.70	0.7979
2.09	0.9170

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	0,5000	0,2929	0,2063	0,1591	0,1294	0,1091	0,0943	0,0830	0,0741	0,0670	0,0611	0,0561	0,519	0,0483	0,0452	1
2		0,7071	0,5000	0,3864	0,3147	0,2655	0,2295	0,2021	0,1806	0,1632	0,1489	0,1368	0,1266	0,1178	0,1101	2
3			0,7937	0,6136	0,5000	0,4218	0,3648	0,3213	0,2871	0,2594	0,2366	0,2175	0,2013	0,1873	0,1751	3
4				0,8409	0,6853	0,5762	0,5000	0,4404	0,3935	0,3557	0,3244	0,2982	0,2760	0,2568	0,2401	4
5					0,8706	0,7345	0,6352	0,5596	0,5000	0,4519	0,4122	0,3789	0,3506	0,3263	0,3051	5
6						0,8909	0,7705	0,6787	0,6065	0,5481	0,5000	0,4596	0,4253	0,3958	0,3700	6
7							0,9057	0,7979	0,7129	0,6443	0,5878	0,5404	0,5000	0,4653	0,4350	7
8								0,9170	0,8194	0,7406	0,6756	0,6211	0,5747	0,5347	0,5000	8
9									0,9259	0,8368	0,7634	0,7018	0,6494	0,6042	0,5650	9
10										0,9330	0,8511	0,7825	0,7240	0,6737	0,6300	10
11											0,9389	0,8632	0,7987	0,7432	0,6949	11
12												0,9439	0,8743	0,8127	0,7599	12
13													0,9481	0,8822	0,8249	13
14														0,9517	0,8899	14
15															0,9548	15

	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	0,0424	0,0400	0,0378	0,0358	0,0341	0,0330	0,0315	0,0301	0,0288	0,0277	0,0266	0,0256	0,0247	0,0239	0,0231	1
2	0,1034	0,09775	0,0922	0,0874	0,0831	0,0797	0,0761	0,0728	0,0698	0,0670	0,0645	0,0621	0,0599	0,0579	0,0559	2
3	0,1644	0,1550	0,1465	0,1390	0,1322	0,1264	0,1207	0,1155	0,1108	0,1064	0,1023	0,0986	0,0951	0,0919	0,0888	3
4	0,2254	0,2125	0,2009	0,1905	0,1812	0,1731	0,1653	0,1582	0,1517	0,1457	0,1402	0,1351	0,1303	0,1259	0,1217	4
5	0,2865	0,2700	0,2553	0,2421	0,2302	0,2198	0,2099	0,2009	0,1927	0,1851	0,1781	0,1716	0,1655	0,1599	0,1546	5
6	0,3475	0,3275	0,3097	0,2937	0,2793	0,2665	0,2545	0,2437	0,2337	0,2245	0,2159	0,2081	0,2007	0,1939	0,1875	6
7	0,4085	0,3850	0,3641	0,3453	0,3283	0,3132	0,2992	0,2864	0,2746	0,2638	0,2538	0,2445	0,2359	0,2279	0,2204	7
8	0,4695	0,4425	0,4184	0,3968	0,3774	0,3599	0,3438	0,3291	0,3156	0,3032	0,2917	0,2810	0,2711	0,2619	0,2533	8
9	0,5305	0,5000	0,4728	0,4484	0,4264	0,4066	0,3884	0,3718	0,3566	0,3425	0,3295	0,3175	0,3063	0,2959	0,2862	9
10	0,5915	0,5575	0,5272	0,5000	0,4755	0,4533	0,4330	0,4145	0,3975	0,3819	0,3674	0,3540	0,3415	0,3299	0,3191	10
11	0,6525	0,6150	0,5816	0,5516	0,5245	0,5000	0,4776	0,4572	0,4385	0,4212	0,4053	0,3905	0,3767	0,3639	0,3519	11
12	0,7135	0,6725	0,6359	0,6032	0,5736	0,5466	0,5223	0,5000	0,4795	0,4606	0,4431	0,4270	0,4119	0,3979	0,3848	12
13	0,7746	0,7300	0,6903	0,6547	0,6226	0,5933	0,5669	0,5427	0,5204	0,5000	0,4810	0,4635	0,4471	0,4319	0,4177	13
14	0,8356	0,7875	0,7447	0,7063	0,6717	0,6400	0,6115	0,5854	0,5614	0,5393	0,5189	0,5000	0,4823	0,4659	0,4506	14
15	0,8966	0,8450	0,7991	0,7579	0,7207	0,6867	0,6561	0,6281	0,6024	0,5787	0,5568	0,5364	0,5176	0,5000	0,4835	15
16	0,9576	0,9025	0,8535	0,8095	0,7698	0,7334	0,7007	0,6708	0,6433	0,6180	0,5946	0,5729	0,5528	0,5340	0,5164	16
17		0,9600	0,9078	0,8610	0,8188	0,7801	0,7454	0,7135	0,6843	0,6574	0,6325	0,6094	0,5880	0,5680	0,5493	17
18			0,9622	0,9126	0,8678	0,8268	0,7900	0,7562	0,7253	0,6967	0,6704	0,6459	0,6232	0,6020	0,5822	18
19				0,9642	0,9169	0,8735	0,8346	0,7990	0,7662	0,7361	0,7082	0,6824	0,6584	0,6360	0,6151	19
20					0,9659	0,9202	0,8792	0,8417	0,8072	0,7754	0,7461	0,7189	0,6936	0,6700	0,6480	20
21						0,9669	0,9238	0,8844	0,8482	0,8148	0,7840	0,7554	0,7288	0,7040	0,6808	21
22							0,9684	0,9271	0,8891	0,8542	0,8218	0,7918	0,7640	0,7380	0,7137	22
23								0,9698	0,9301	0,8935	0,8597	0,8283	0,7992	0,7720	0,7466	23
24									0,9711	0,9329	0,8976	0,8648	0,8344	0,8060	0,7795	24
25										0,9722	0,9354	0,9013	0,8696	0,8400	0,8124	25
26											0,9733	0,9378	0,9048	0,8740	0,8453	26
27												0,9743	0,9400	0,9080	0,8782	27
28													0,9752	0,9420	0,9111	28
29														0,9760	0,9440	29
30															0,9768	30

FIGURA 3.16 VALORES DE F(T).

Los puntos de la tabla 16 se gráfica en la hoja de Weibull figura 3.17, se traza la recta para unir los puntos, se dibuja una línea paralela que pase por el valor de 0.1 en las ordenadas y por η en las abscisas, el valor de β es de 2.8, se grafica una línea vertical desde el punto A hasta el punto B determinando el valor de η para $F(t)= 63.2$.

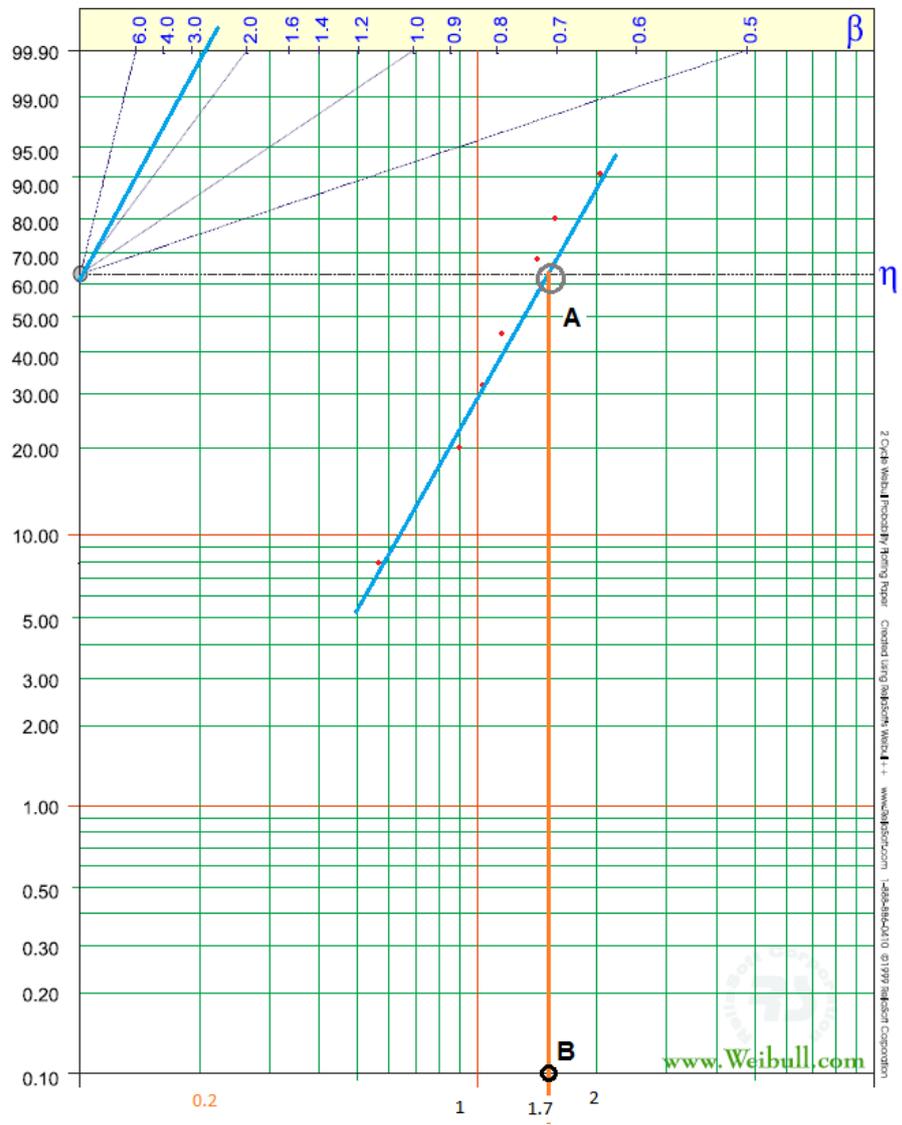


FIGURA 3.17 GRÁFICA EN PAPEL DE WEIBULL.

LEY DE WEIBULL:

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\eta} \right)^\beta \right]$$

$$MTBF = m = E(t) = \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad \sigma^2 = \eta^2 \left[\Gamma \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) - \Gamma^2 \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]$$

β	$m/\eta = \Gamma(1+1/\beta)$	σ/η	β	$m/\eta = \Gamma(1+1/\beta)$	σ/η
0	∞	∞	2,0	0,8862	0,463
0,1	10!	$\sqrt{20! - (10!)^2}$	2,1	0,8857	0,44
0,2	120	1901	2,2	0,8856	0,42
0,3	9,2605	47	2,3	0,8859	0,41
0,4	3,3234	10,43	2,4	0,8865	0,39
0,5	2,0000	4,472	2,5	0,8873	0,38
0,6	1,5046	2,645	2,6	0,8882	0,37
0,7	1,2658	1,851	2,7	0,8893	0,36
0,8	1,1330	1,428	2,8	0,8905	0,34
0,9	1,0522	1,171	2,9	0,8917	0,33
1,0	1,0000	1,000	3,0	0,8938	0,32
1,1	0,9649	0,878	3,1	0,8943	0,315
1,2	0,9407	0,785	3,2	0,8957	0,31
1,3	0,9235	0,716	3,3	0,8970	0,30
1,4	0,9114	0,659	3,4	0,8984	0,29
1,5	0,9028	0,613	3,5	0,8998	0,28
1,6	0,8966	0,594	3,6	0,9011	0,27
1,7	0,8922	0,530	3,8	0,9038	0,26
1,8	0,8893	0,512	4,0	0,9064	0,25
1,9	0,8874	0,486			

FIGURA 3.18 LEY DE WEIBULL

El valor de β indica que los tipos de fallos se deben al desgaste de sus componentes, la fiabilidad para 1.7 meses es de.

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{1.7}{1.7} \right)^{2.8} \right] = 36.79\%$$

La duración de vida media es:

$$E(t) = MTBF = \eta \Gamma(1+1/\beta)$$

$$MTBF = 1.7 \Gamma(1+1/2.8) = 1.7 * 0.8905 = 1.5 \text{ meses.}$$

La desviación tipo es:

De la figura 3.18 el valor de σ/η para β es = 0.340, y η es igual a 1.7 por lo tanto el valor de $\sigma= 1.7*0.340= 0.578$ meses.

Luego de la determinación de los valores de β y η se grafica la distribución, se aprecia que tiende a la forma de una distribución normal.

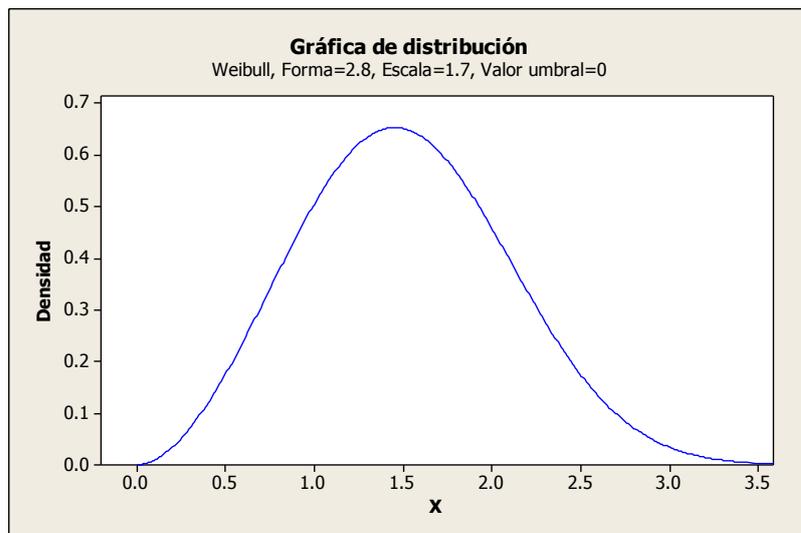


FIGURA 3.19 GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN CON $B > 1$

Para el sistema de agua tipo B el valor de β corresponde a un número mayor a 1 ubicando en la etapa de fallos por desgaste.

Se recolecta información del sistema de envío de agua al tempcore , ver tabla 17.

TABLA 17
TIEMPO ENTRE FALLOS DE BOMBAS ENVÍO AL TEMP CORE

Tiempo entre falla (mes) ordenado	Valores medios clasificados :
0.01	0.03
0.02	0.08
0.03	0.13
0.06	0.17
0.09	0.22
0.10	0.27
0.10	0.31
0.15	0.36
0.21	0.41
0.28	0.45
0.40	0.50
0.58	0.55
0.62	0.59
0.63	0.64
0.66	0.69
0.89	0.73
0.90	0.78
1.14	0.83
1.23	0.87
1.45	0.92
1.55	0.97

Los valores correspondientes al sistema de agua de envío al tempcore son $\beta = 0.9$ y $\eta = 0.45$, calculados de la misma manera que para el sistema de agua tipo B.

Con los valores obtenidos de β se observa que la distribución se parece a una exponencial, lo que indica que se encuentra en la

etapa 1 de fallo, posiblemente fallas ocurridas en su edad temprana.

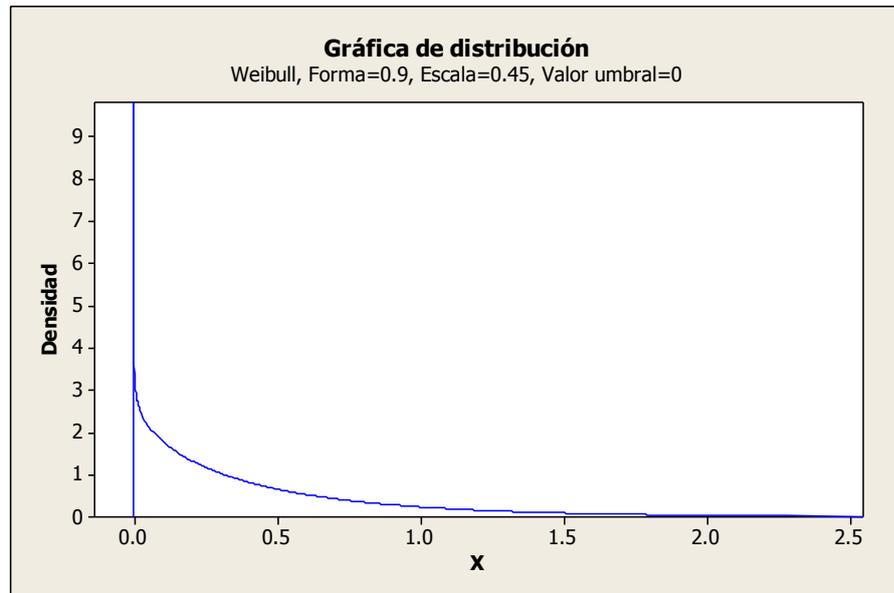


FIGURA 3.20 GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN CON $B < 1$

3.8 Análisis del Sistema Actual de Mantenimiento

El área de mantenimiento cuenta con un software de Gestión de Activos Empresariales EAM, (Enterprise Asset Management) que sirve para registrar el detalle de cada orden de trabajo, que contiene en su mayoría los materiales retirados desde la bodega principal, los técnicos que intervinieron en las actividades y el tiempo empleado, esta información es de vital importancia para la planificación de actividades posteriores cubriendo todos los inconvenientes registrados.

Las actividades correctivas realizadas han afectado en gran medida a la eficiencia de MML debido al tiempo prolongado de intervención esto ocurrido por la planificación urgente conllevando la búsqueda de los repuestos, designación de técnicos para la ejecución y la improvisación para poner operativo el equipo.

Se realiza una comparación entre el jefe de turno y las OT de los técnicos con la finalidad de conseguir información del comportamiento de los equipos si ocurrió una falla se revisa al detalle la solución desarrollada, y si fue una corrección parcial se planifica para un próximo mtto.

En la figura 3.21 se muestra el tiempo de parada de producción por fallas mecánicas durante octubre febrero, se realiza el diagrama de Pareto para determinar los equipos que tienen más representación en el retraso de producción.

La falla en la cizalla #2 tiene un tiempo considerable de parada de 547 minutos, corresponde el 22% del total del tiempo.

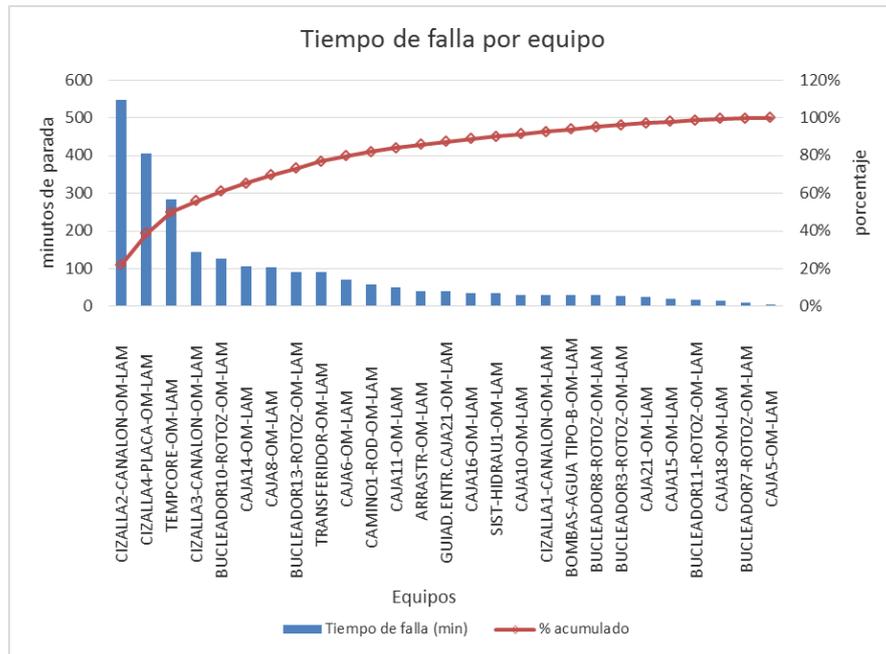


FIGURA 3.21 TIEMPO DE FALLA POR EQUIPO INTERVALO (OCTUBRE-FEBRERO)

Las fallas mecánicas son analizadas y llenadas en un formato de mapeo en donde se considera la causa raíz de la falla, las acciones correctivas, acciones preventivas, y responsables.

CAPÍTULO 4

4 PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

APLICANDO TERMOGRÁFIA

Luego de haber realizado el análisis de la empresa, equipos y maquinarias existentes, se debe de llevar un mantenimiento predictivo “basado en condición”.

Para la elaboración de un plan de mantenimiento predictivo se debe de analizar primero cuales son los equipos y elementos que presenta más severidad en la línea de producción, y luego realizar mediciones termográficas analizando cada una de ellas.

4.1 Criterio de Diseño para el Plan de Mantenimiento Predictivo.

Para el diseño del plan de mantenimiento predictivo se utiliza la matriz de criticidad la cual permite establecer jerarquías entre los equipos de la Planta de Laminación en Caliente, de acuerdo con el impacto total del negocio obtenido del producto de fallas por la severidad de su ocurrencia, sumándoles los daños al personal,

impacto ambiental, pérdida de producción y daños a las instalaciones, facilita la toma de decisiones para administrar esfuerzos en la gestión de mantenimiento, los criterios respectivos ubica a cada ítem en una de las siguientes posibilidades.

- Criticidad Baja.
- Criticidad Media.
- Criticidad Alta.

Para determinar la criticidad de un equipo o elemento se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla, en uno de los ejes se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en el que incurrirá. Ver tabla 18.

TABLA 18
MATRIZ DE CRITICIDAD

MATRIZ DE CRITICIDAD						
Categoría de Frecuencia	5	M	M	A	A	A
	4	M	M	A	A	A
	3	B	M	M	A	A
	2	B	B	M	M	A
	1	B	B	B	M	A
	Categoría de Consecuencias	1	2	3	4	5

A	Criticidad Alta
M	Criticidad Media
B	Criticidad Baja

La matriz tiene un código de colores que ayuda a visualizar la intensidad de riesgo relacionado con el valor de la criticidad del equipo.

Para designar la criticidad de los equipos se requiere que la matriz tenga valores numéricos que me permita ubicar a cada uno de ellos.

TABLA 19
VALORES DE LA MATRIZ DE CRITICIDAD

MATRIZ DE CRITICIDAD							
Categoría de Frecuencia	5	25	30	35	40	45	50
	4	20	24	28	32	36	40
	3	15	18	21	24	27	30
	2	10	12	14	16	18	20
	1	5	6	7	8	9	10
	Categoría de Consecuencias	1	2	3	4	5	6

Las ocurrencias de las fallas se categoriza dependiendo del tiempo medio entre ellas medido en un intervalo de tiempo anual, de esta manera es más fácil determinar la probabilidad de la ocurrencia de la falla.

TABLA 20
FRECUENCIA DE OCURRENCIA.

CRITERIOS PARA ESTIMAR LA FRECUENCIA			
Categoría	Tiempo Promedio entre Fallas, en años	Número de fallas por año	Interpretación
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurran varias fallas en un año.
4	$1 \leq TPEF < 10$	$0,1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurran varias fallas en 10 años, pero es poco probable que ocurra en un año.
3	$10 \leq TPEF < 100$	$0,01 < \lambda \leq 0,1$	Es probable que ocurran varias fallas en 100 años, pero es poco probable que ocurra en 10 años.
2	$100 \leq TPEF < 1000$	$0,001 < \lambda \leq 0,01$	Es probable que ocurran varias fallas en 1000 años, pero es poco probable que ocurra en 100 años.
1	$TPEF \geq 1000$	$0,001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurra en 1000 años.

En la tabla 21 se expresa el impacto que tiene cada falla hacia la seguridad de cada trabajador, efecto sobre el medio ambiente, incluye además la pérdida de producción, y los costos asociados a las instalaciones de la planta.

TABLA 21
IMPACTO DE CADA FALLA.

Matriz de Daño a las Instalaciones.					
Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción	Daños a la instalación.
5	Muerte o incapacidad total permanente.	Muerte o Incapacidad total permanente.	Daños irreversibles al ambiente.	Mayor a 200 mil	Mayor a 200 mil
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas.	Incapacidad parcial, permanente.	Daños irreversibles al ambiente pero que violan regulaciones.	De 100 mil a 200 mil	De 100 mil a 200 mil
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación.	Puede resultar en la hospitalización de al menos 3 personas.	Daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones	De 50 mil a 100 mil	De 50 mil a 100 mil
2	Tratamiento médico o primeros auxilios.	Tratamiento médico o primeros auxilios.	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 10 mil a 50 mil	De 10 mil a 50 mil
1	Sin impacto en el personal de la planta.	Sin efecto en la población.	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	Hasta 10 mil	Hasta 10 mil

Para la determinación de la criticidad de los equipos se utiliza las tablas 19, 20 y 21, además con ayuda de personal de mantenimiento se designa un valor de categoría a cada equipo.

En la tabla 22 se presentan los primeros 10 equipos de criticidad alta, la tabla completa se puede observar en la sección de anexos.

TABLA 22
EQUIPOS CRITICIDAD ALTA.

CODIGO	DESCRIPCIÓN	CRITICIDAD	CRITICIDAD CÓDIGO
LAC-PCP-05-07	MOTO-VENTILADOR DEL HORNO	45	CA
LAC-CAA-1-03	VÁLVULAS DE AIRE-ACEITE CJ1-CJ15	40	CA
LAC-CAA-1-01	CENTRAL AIRE ACEITE DEL TREN BASCOTECNIA, CJ1...C15	35	CA
LAC-CLB01-01	MOTO-BOMBA #1 NORTEK #1	28	CA
LAC-CLB01-02	MOTO-BOMBA #2 NORTEK #1	28	CA
LAC-CLB01-03	MOTO-BOMBA 3 NORTEK #1	28	CA
LAC-CLB02-01	MOTO-BOMBA #1 NORTEK #2	28	CA
LAC-CLB02-02	MOTO-BOMBA #2 NORTEK #2	28	CA
LAC-CLB02-03	MOTO-BOMBA 3 NORTEK #2	28	CA
LAC-CAA-1-02	BOMBA RATIO 1/50 #1	28	CA

MML cuenta con un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de la planta de laminación, pero no está incluidas actividades de mantenimiento predictivo.

Luego de haber categorizado los equipos se añade actividades de mantenimiento predictivo al plan general adjuntando las frecuencias para su ejecución ver apéndice H

.

SUB SISTEMAS	ELEMENTOS	TIPO DE ACTIVIDAD	GRUPO DE ACTIVIDAD	ACTIVIDAD	DURACIÓN DE ACTIVIDAD MINUTOS	DURACIÓN DE ACTIVIDAD (horas/hombre)	FRECUENCIA	TIPO DE FRECUENCIA	TOTAL AL AÑO	TOTAL H/H AL AÑO
BOMBA 1	RODAMIENTO LADO ACOUPLE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	3	MES	36	6.00
	RODAMIENTO LADO LIBRE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	3	MES	36	6.00
	ACOPLE	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOUPLE	5	0.08	4	MES	53	4.42
	ROTOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	IMPULSORES	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	EMPAQUETADURA	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION EMPAQUETADURA	5	0.08	4	MES	53	4.42
BOMBA 2	RODAMIENTO LADO ACOUPLE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	3	MES	36	6.00
	RODAMIENTO LADO LIBRE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	3	MES	36	6.00
	ACOPLE	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOUPLE	5	0.08	4	MES	53	4.42
	ROTOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	IMPULSORES	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	EMPAQUETADURA	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION EMPAQUETADURA	5	0.08	4	MES	53	4.42

FIGURA 4.1 ACTIVIDADES DE MTT0 PREDICTIVO EN PLAN GENERAL

4.2 Análisis de Zonas de Fallas en Elementos Mecánicos.

Los elementos mecánicos que forman parte del estudio de este proyecto son:

- Reductores.
- Bombas.
- Válvulas.
- Ventiladores.
- Compresores.

Lo que se busca en cada uno de ellos es la anomalía térmica en su parte externa y luego determinar la causa que la está provocando, las zonas de fallas de estos equipos pueden darse por problemas de lubricación afectando directamente a los elementos rodantes, en las válvulas del sistema de aire aceite se ha producido sobre temperatura en las bobinas ocasionando el trabamiento de los spull, mientras tanto en las bombas se ha detectado cambio de temperatura mediante cavitaciones del sistema, desalineación.

4.3 Proceso de Inspección.

El proceso de inspección consiste en cubrir los equipos seleccionados en el plan de mantenimiento predictivo aplicando termografía infrarroja, realizar el análisis de la imagen, si existe una

anomalía térmica se busca cual es el factor que causa la alteración, se emite un reporte técnico del estado del equipo, si este amerita pronta intervención se da seguimiento y apoyo a la planificación de las actividades a realizarse, se vuelve a realizar termografía para conocer el estado en el que arranca luego de haber alcanzado la temperatura normal de trabajo. Ver figura 4.2.

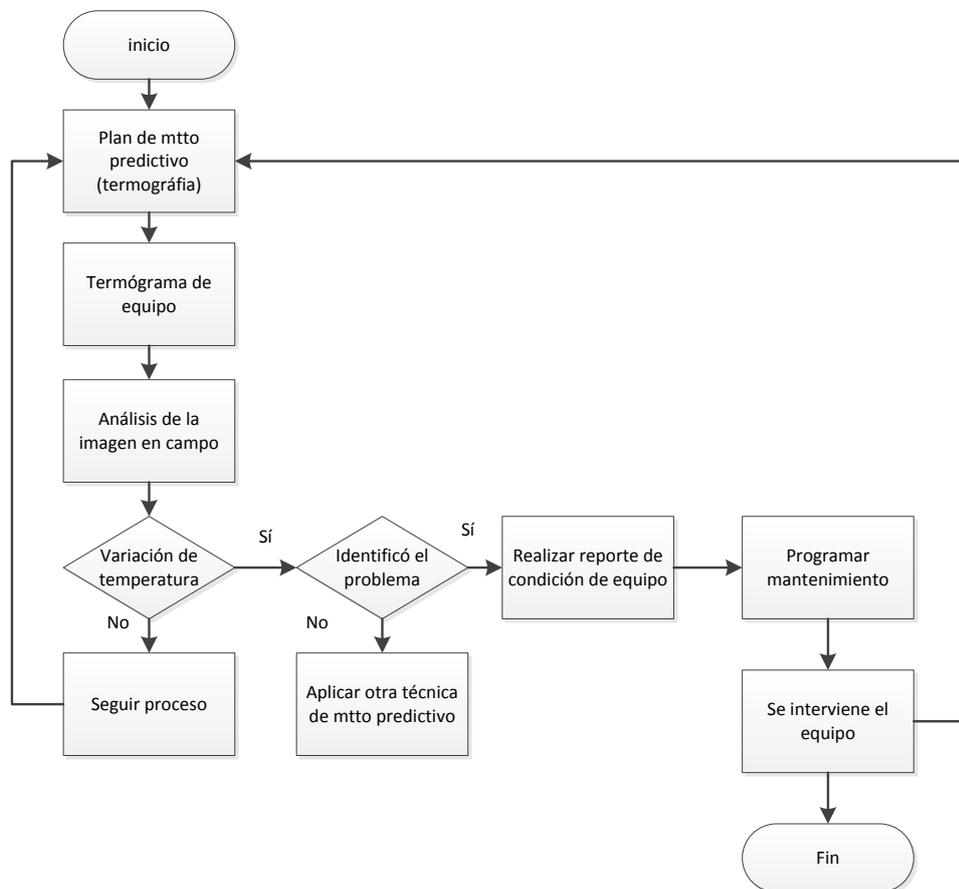


FIGURA 4.2 PROCESO DE INSPECCIÓN

4.4 Frecuencia de Inspección Termográfica

Las frecuencias recomendadas para la inspección tienen relación directa con la criticidad del equipo, la seguridad del inspector, el gasto de una falla y la frecuencia de problemas que han impactado a la producción y mantenimiento en el pasado.

Los resultados de las inspecciones darán paso a modificaciones de la frecuencia, para algunos equipos se pueden extender, se debe registrar toda la información adquirida para analizar en forma periódica.

Es de suma importancia la inspección térmica de los equipos debido a que por problemas de su funcionamiento lo primero que empieza a variar es la temperatura.

4.5 Rutas de Inspección Termográfica.

Se realiza un listado general de los equipos y elementos que son necesarios para la producción de productos largos de acero, considerando mayor frecuencia a los elementos críticos tanto para producción, seguridad y medio ambiente.

En la tabla 23 se presenta los equipos con criticidad alta, la finalidad de la creación de las rutas de inspección radica en cubrir la mayor cantidad de equipos en el menor tiempo posible debido a la ubicación física que se encuentran. Rutas y frecuencias de inspección se encuentra en el apéndice B.

TABLA 23
FRECUENCIA Y RUTA DE INSPECCIÓN.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CRITICIDAD	FRECUENCIA MENSUAL	RUTA
LAC-PCP-05-07	MOTO-VENTILADOR DEL HORNO	CA	8	1
LAC-CAA-1-03	VÁLVULAS DE AIRE-ACEITE CJ1-CJ15	CA	8	1
LAC-CAA-1-01	CENTRAL AIRE ACEITE DEL TREN BASCOTECNIA, CJ1...C15	CA	8	1
LAC-CLB01-01	MOTO-BOMBA #1 NORTEK #1	CA	8	1
LAC-CLB01-02	MOTO-BOMBA #2 NORTEK #1	CA	8	1
LAC-CLB01-03	MOTO-BOMBA 3 NORTEK #1	CA	8	1
LAC-CLB02-01	MOTO-BOMBA #1 NORTEK #2	CA	8	1
LAC-CLB02-02	MOTO-BOMBA #2 NORTEK #2	CA	8	1
LAC-CLB02-03	MOTO-BOMBA 3 NORTEK #2	CA	8	1
LAC-CAA-1-02	BOMBA RATIO 1/50 #1	CA	8	1

4.6 Plan Operativo de Inspecciones Termográficas y Análisis de Imágenes.

Para la toma de imágenes térmicas se fija la ruta de inspección de equipos, el inspector debe poseer el equipo de protección personal, antes de captar la imagen se debe de evaluar el espacio físico en el que se encuentra cada uno de los equipos con la finalidad de salvaguardar la integridad física.

Es necesario llevar consigo un deflector para determinar la temperatura aparentemente reflejada, en donde para determinar este valor se parametriza la cámara en emisividad 1 y distancia cero.

Si no se conoce la emisividad de la superficie del equipo a analizar se coloca pedazos de cinta aislante con emisividad conocida con un valor que corresponde a 0.95, luego se posiciona con el puntero sobre la cinta para conocer la temperatura a la que se encuentra esta sección, luego se coloca en una superficie en donde no está la cinta, la temperatura es diferente por lo tanto se manipula la emisividad en la cámara IR hasta que iguale a la temperatura encontrada anteriormente.

Se presenta imágenes mientras se realiza la inspección de equipos.



FIGURA 4.3 CAPTURA DE IMÁGENES EN VENTILADOR DE HORNO.



FIGURA 4.4 CAPTURA DE IMÁGENES EN SALA DE BOMBAS DE AGUA TIPO "A".



FIGURA 4.5 CAPTURA DE IMÁGENES DE REDUCTOR CAJA 4-5

Luego de realizar la toma de imágenes con la cámara IR se procede a descargar la información en el computador mediante una tarjeta, se abre el software Smart View 3.4 se posiciona el cursor en la ventana de comando se hace clic en fichero y se despliega un menú, se escoge abrir, y se busca el archivo que desea analizar.

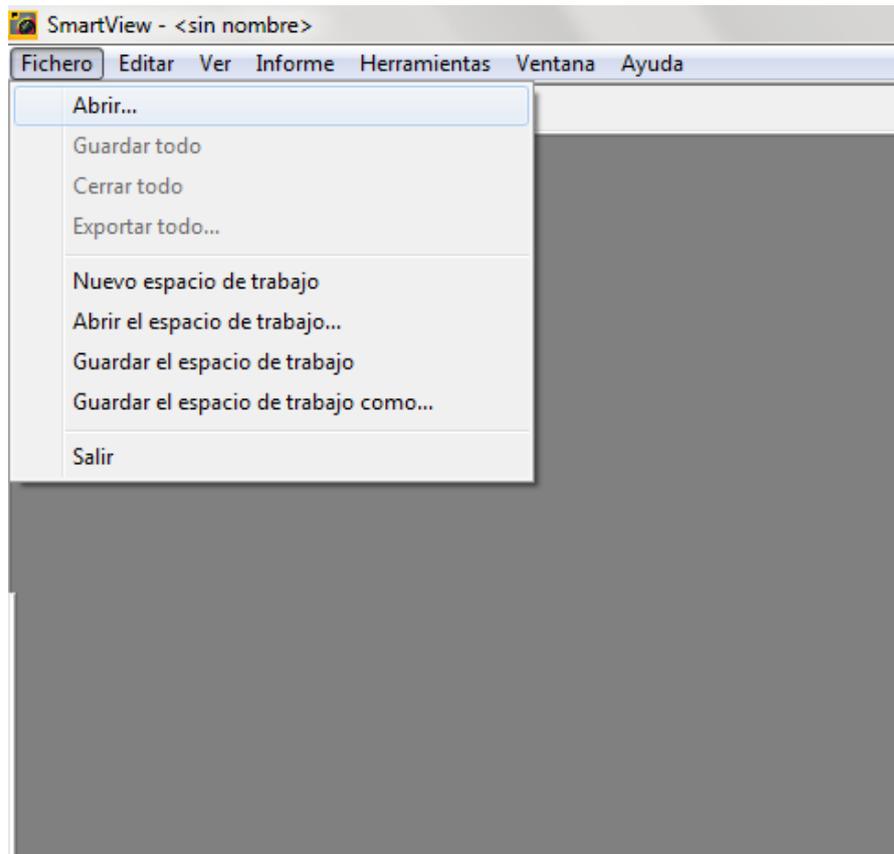


FIGURA 4.6 ABRIR ARCHIVO DESDE SMART VIEW 3.4.

Luego de que el archivo aparezca dentro de la página principal del software se realiza doble clic sobre él, se abre una nueva ventana que le permite utilizar todas herramientas para el análisis, la más utilizada es la paleta de colores que sirve para resaltar diferencias de temperatura.

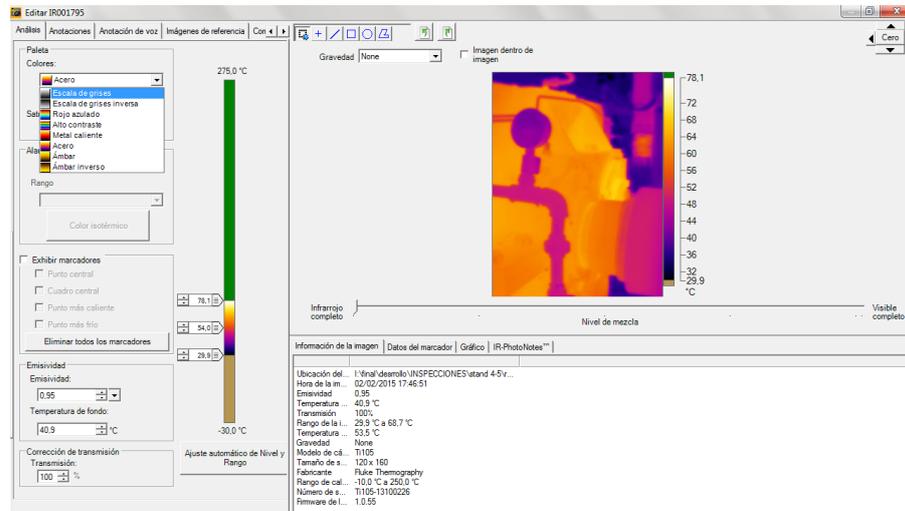


FIGURA 4.7 ANÁLISIS DE IMAGEN.

Se verifica los datos de corrección que son la emisividad y la temperatura aparentemente reflejada si varía con la estimada se modifica en la ventana, se mueve el cursor del campo y nivel para que la imagen muestre las tonalidades que permita observar detalles, se utiliza marcadores como el punto, área, línea para obtener información de la imagen.

Se hace clic en la ventana de comentarios para llenar información relevante de la imagen, el software genera reportes de las imágenes analizadas conteniendo toda la información ingresada.

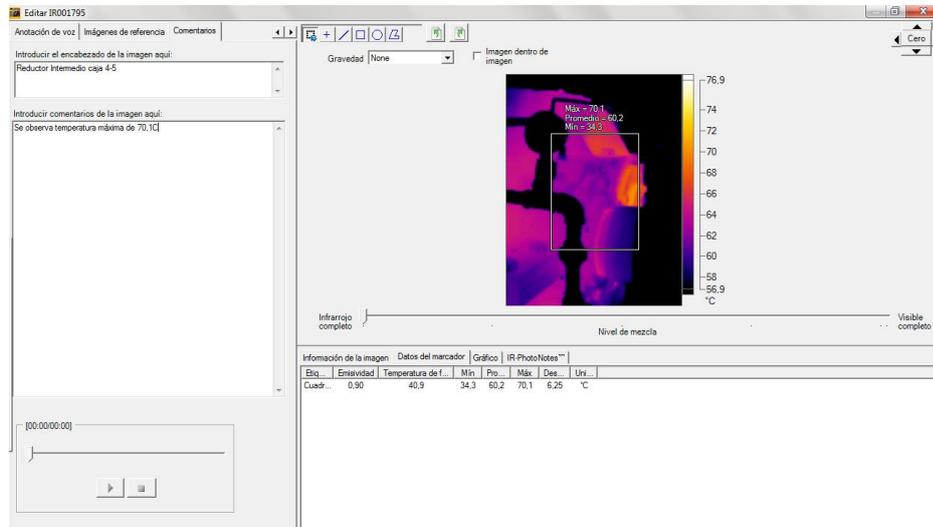


FIGURA 4.8 UTILIZACIÓN DE MARCADORES.

4.7 Informes de los Resultados del Análisis de Termografía.

Se cumple con el plan de mantenimiento predictivo, cubriendo las rutas designadas, se genera informes de los resultados de los análisis de cada uno de los equipos y elementos, este informe se envía mediante correo electrónico al Especialista de MML, supervisor de MML, la generación de informes posee una portada en donde se encuentra la orden de trabajo registrada en el EAM, área, equipos o elementos del sistema de producción, número de secuencia del reporte, dirección y contacto de la empresa, información del inspector de termografía.

**INFORME DE INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA
ANÁLISIS PREDICTIVO DE CONDICIONES**

ORDEN DE TRABAJO No (OT) EAM: 21348

ÁREA: PLANTA DE LAMINACIÓN EN CALIENTE.

NÚMERO DE REPORTE: LAM018

Enero-Abril, 2015

CLIENTE DE CONTACTO:

Tnlgo. Freddy Vásquez C.

Especialista Mtto. Mec. Laminación

ANDEC S. A.

Av. Raúl Clemente Huerta S/N vía a las Esclusas

Guayaquil, Guayas

PREPARADO POR:

Xavier Vásquez

Inspector de Termografía Infrarroja

Nivel I - Certificado Bajo Norma ISO 18436.2

Certificado No. 2014EC35N013-ITC

ASNT SNT-TC-1A

ANDEC S. A.

2015

Introducción.

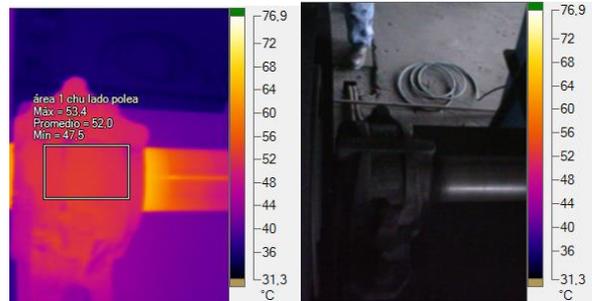
La toma de imágenes fue captada por medio de la cámara FLUKE modelo Ti105.

En el presente informe se presenta las imágenes termográficas y digitales de los elementos en análisis cubriendo las rutas establecidas, se inicia con la ruta 1 cubriendo en total 10 equipos, las imágenes cuentan con información relevante de las temperaturas ubicadas dentro de los marcadores, diferencia de tonalidades de colores que permita observar la diferencia de temperaturas entre superficies del mismo equipo.

Ruta 1.

Chumacera Ventilador Horno – Lado Polea

INFRAROJO-VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

Nombre	Mín	Máx
Área 1	47.5 °C	53,4°C

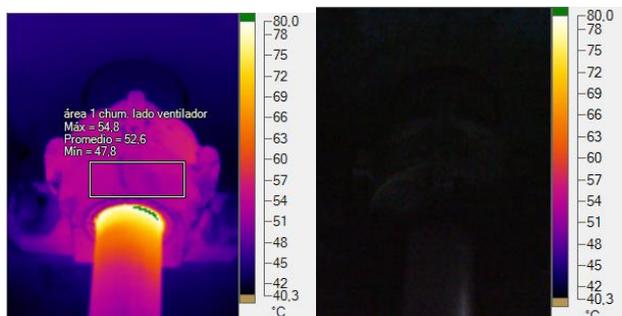
Información de la imagen

Temperatura de fondo	29,0°C
Emisividad	0,95
Rango de la imagen	31.3°C a 76.9°C
Modelo de cámara	Ti105
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti105-13100226
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	13/01/2015 16:21:32
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

FIGURA 4.9 CHUMACERA VENTILADOR DEL HORNO LADO POLEA.

Chumacera Ventilador Horno – Lado Ventilador.

INFRARROJO-VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

Nombre	Mín	Máx
Área 1	47.8 °C	54.8°C

Información de la imagen

Temperatura de fondo	29,0°C
Emisividad	0,95
Rango de la imagen	40.3°C a 80.0°C
Modelo de cámara	Ti105
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti105-13100226
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	13/01/2015 16:21:14
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

FIGURA 4.10 CHUMACERA VENTILADOR DEL HORNO LADO VENTILADOR.

Diagnóstico.

Perfil de temperatura sin anomalías térmicas para este tipo de elementos. La temperatura máxima registrada de las chumaceras (54.8°C) se encuentra dentro del rango normal de funcionamiento, en

las condiciones de trabajo, se establece como valor de alarma 80°C según las recomendaciones del fabricante.

Recomendaciones.

En los turnos de Mecánico de Guardia tomar datos de las temperaturas de las chumaceras mediante pirómetro infrarrojo.

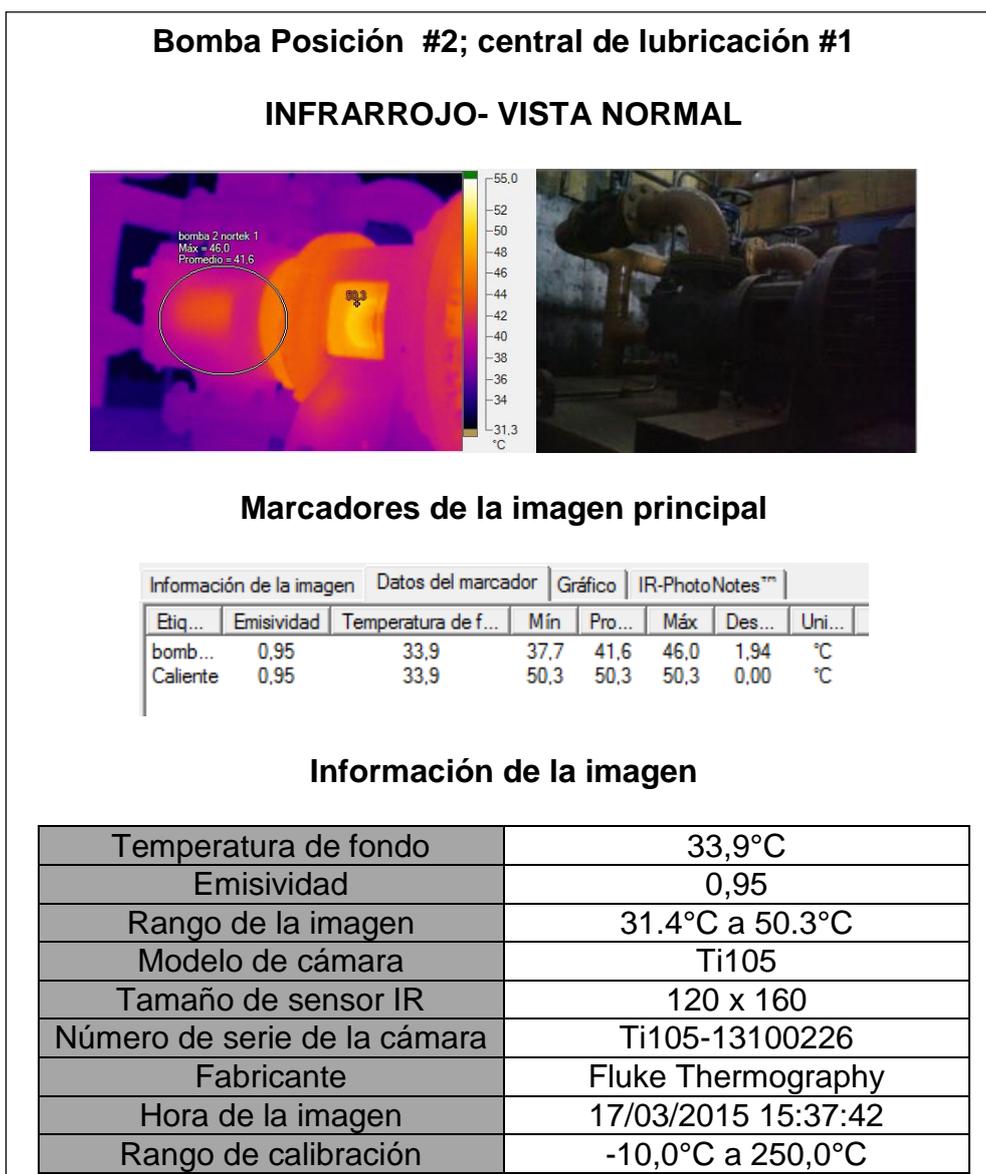
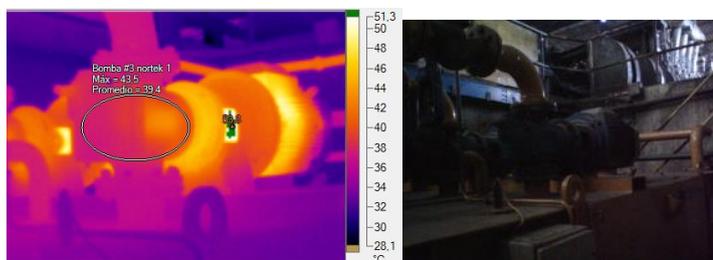


FIGURA 4.11 BOMBA 2 NORTEK #1.

Bomba Posición #3; central de lubricación #1

INFRARROJO-VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

Información de la imagen		Datos del marcador		Gráfico		IR-PhotoNotes™	
Etiqu...	Emisividad	Temperatura de f...	Mín	Pro...	Máx	Des...	Uni...
Bomb...	0,95	33,9	37,1	39,4	43,5	1,63	°C
Caliente	0,95	33,9	53,8	53,8	53,8	0,00	°C

Información de la imagen

Temperatura de fondo	33,9°C
Emisividad	0,95
Rango de la imagen	28,6°C a 53,8°C
Modelo de cámara	Ti105
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti105-13100226
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	17/03/2015 15:37:27
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

FIGURA 4.12 BOMBA 3 NORTEK #1

Diagnóstico.

Perfil de temperatura sin anomalías térmicas para este tipo de elementos. La temperatura máxima registrada en las bombas es de (46°C) se encuentra dentro del rango normal de funcionamiento, se

establece como valor de alarma 80°C según las recomendaciones del fabricante.

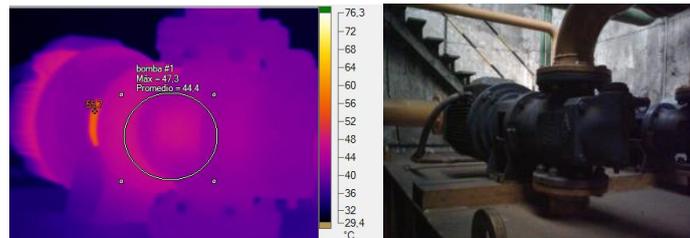
El motor de la bomba #1 se encuentra sin protección en el ventilador, este motor se encuentra apagado.

Recomendaciones.

Seguir monitoreando el nivel de la central, realizar inspecciones por parte del mecánico de turno tomando datos de las temperaturas de las cajas de la bomba utilizando pirómetro infrarrojo, se requiere que personal eléctrico coloque la guarda del motor 1.

Bomba posición 1, Central de Lubricación #2

INFRARROJO-VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

Información de la imagen		Datos del marcador		Gráfico		IR-PhotoNotes™	
Etiqueta	Emisividad	Temperatura de f...	Min	Pro...	Máx	Des...	Uni...
bomba #1	0,95	33,9	41,7	44,4	47,3	1,48	°C
Caliente	0,95	33,9	55,7	55,7	55,7	0,00	°C

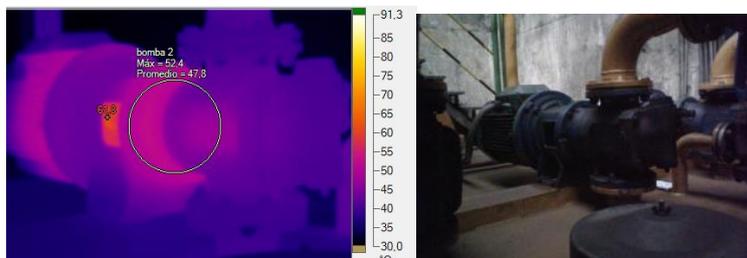
Información de la imagen

Temperatura de fondo	33,9°C
Emisividad	0,95
Rango de la imagen	29.8°C a 55.7°C
Modelo de cámara	Ti105
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti105-13100226
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	17/03/2015 15:49:55
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

FIGURA 4.13 BOMBA 1 NORTEK#2.

Bomba posición 2, Central de Lubricación #2

INFRARROJO-VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

Información de la imagen		Datos del marcador		Gráfico		IR-PhotoNotes™	
Etiqueta	Emisividad	Temperatura de f...	Mín	Pro...	Máx	Des...	Uni...
bomba 2	0,95	33,9	42,3	47,8	52,4	2,90	°C
Caliente	0,95	33,9	61,8	61,8	61,8	0,00	°C

Información de la imagen

Temperatura de fondo	33,9°C
Emisividad	0,95
Rango de la imagen	30,2°C a 61,8°C
Modelo de cámara	Ti105
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti105-13100226
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	17/03/2015 15:49:45
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

FIGURA 4.14 BOMBA 2 NORTEK #2.

Diagnóstico.

Perfil de temperatura sin anomalías térmicas para este tipo de elementos. La temperatura máxima registrada en la bomba es de (47.8°C) se encuentra dentro del rango normal de funcionamiento.

Recomendaciones.

En los turnos de Mecánico de Guardia tomar datos de las temperaturas de las cajas mediante pirómetro infrarrojo.

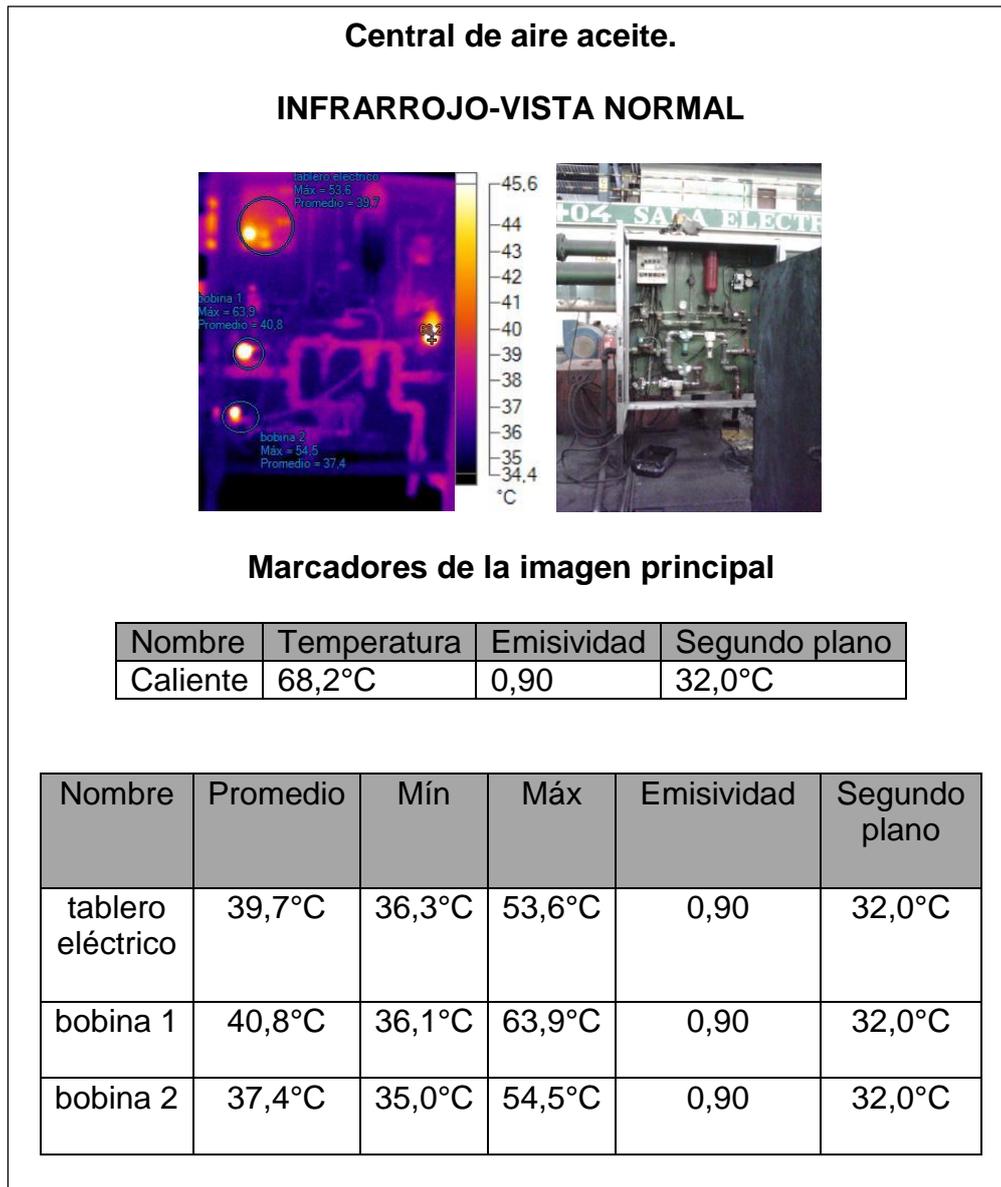
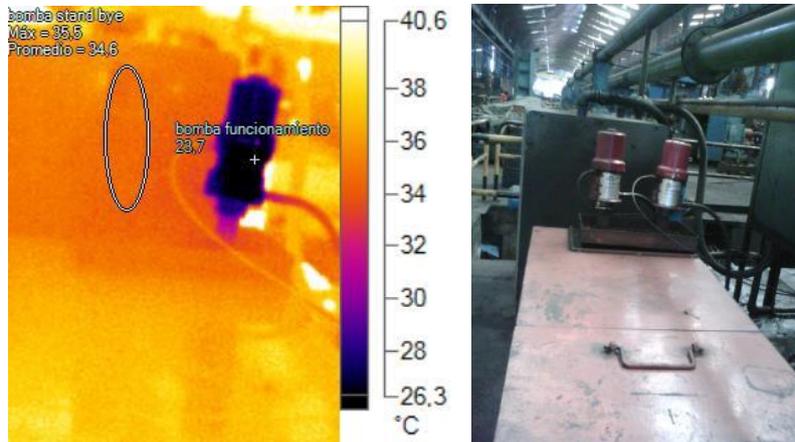


FIGURA 4.15 CENTRAL AIRE- ACEITE

Bomba Neumática Central Aire-Aceite Bascotecnia.

INFRARROJO-VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
bomba stand by	34,6°C	35,5°C	0,93	30,0°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
bomba funcionamiento	23,7°C	0,93	30,0°C

FIGURA 4.16 BOMBA NEUMÁTICA.

Diagnóstico.-

Perfil de temperatura sin anomalías térmicas para este tipo de elementos. La temperatura de la bomba es de 23.7°C, la temperatura baja se debe a la condensación del aire comprimido.

Recomendaciones.

Realizar purga de condensado en la línea de aire comprimido.

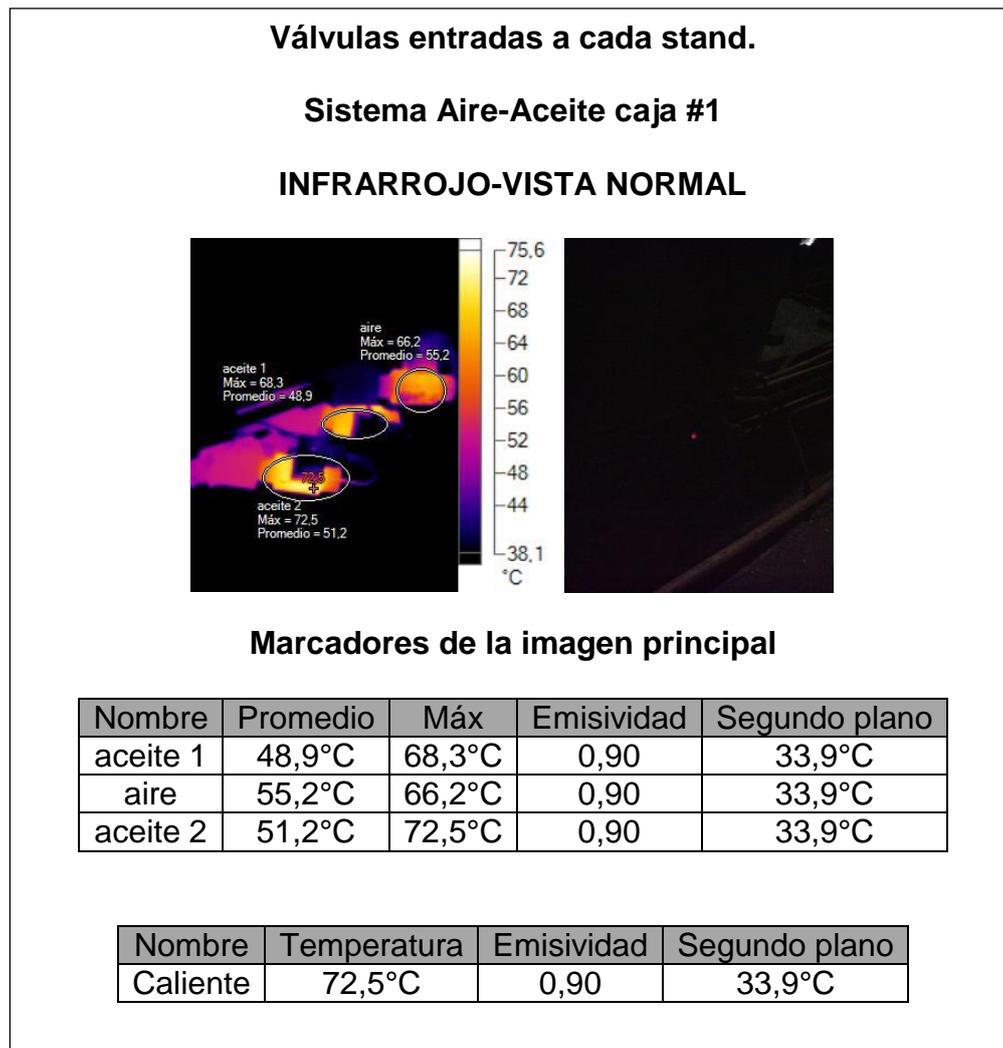
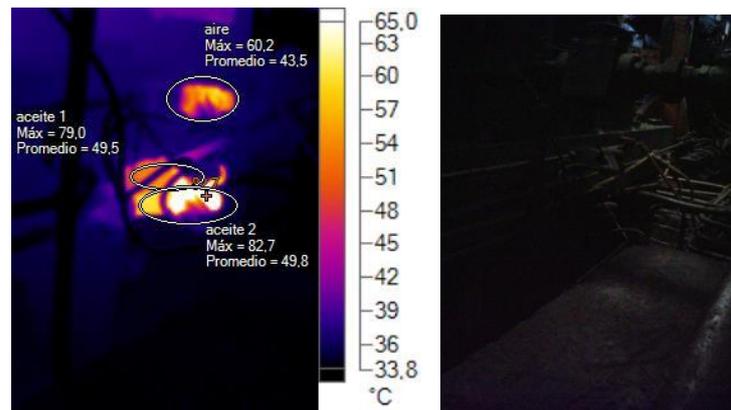


FIGURA 4.17 VÁLVULAS AIRE ACEITE CAJA 1

Sistema Aire-Aceite caja #3

INFRARROJO-VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

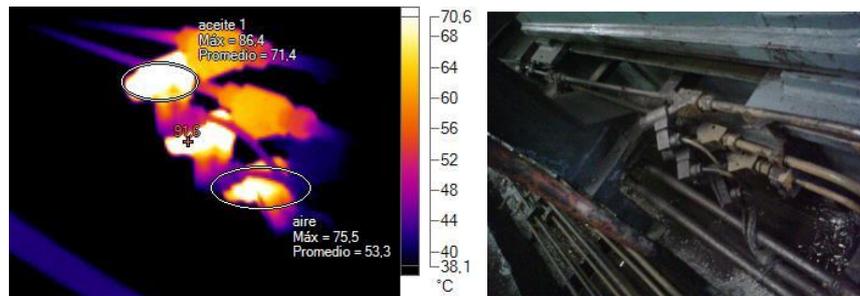
Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
aire	43,5°C	60,2°C	0,88	33,9°C
aceite 1	49,5°C	79,0°C	0,88	33,9°C
aceite 2	49,8°C	82,7°C	0,88	33,9°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Caliente	82,7°C	0,88	33,9°C

FIGURA 4.18 VÁLVULAS AIRE-ACEITE CAJA 3.

Sistema Aire-Aceite caja #7

INFRARROJO-VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

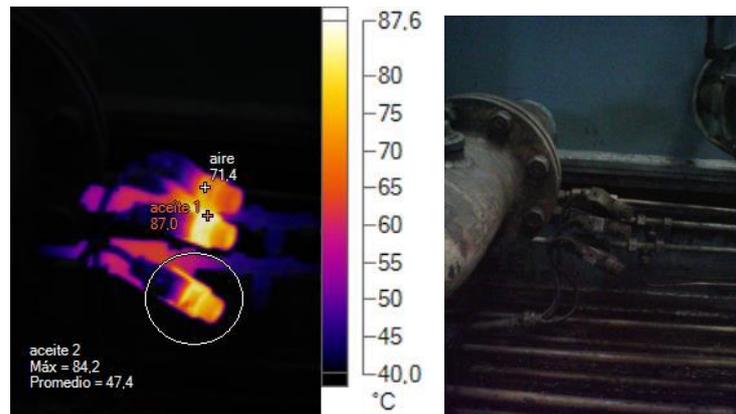
Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
L. aceite 1	71,4°C	86,4°C	0,89	33,9°C
L. aire	53,3°C	75,5°C	0,89	33,9°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
L. aceite 2	91,6°C	0,89	33,9°C

FIGURA 4.19 VÁLVULAS AIRE-ACEITE CAJA 7

Sistema Aire-Aceite caja #8

INFRARROJO-VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

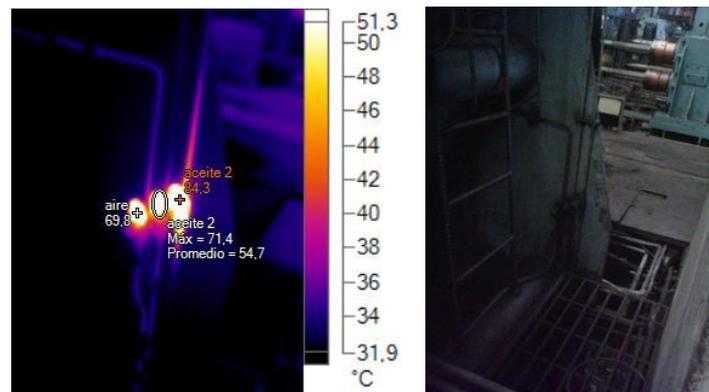
Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
aceite 2	47,4°C	84,2°C	0,89	33,9°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
aceite 1	87,0°C	0,89	33,9°C
aire	71,4°C	0,89	33,9°C

FIGURA 4.20 VÁLVULAS AIRE-ACEITE CAJA 8.

Sistema Aire-Aceite caja # 9

INFRARROJO-VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

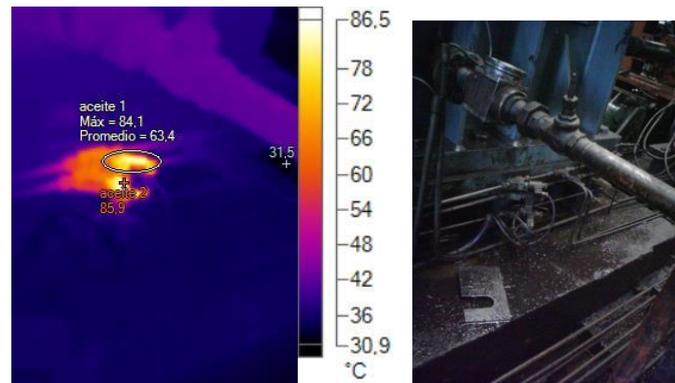
Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
aceite 2	54,7°C	71,4°C	0,89	33,9°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
aceite 2	84,3°C	0,89	33,9°C
aire	69,8°C	0,89	33,9°C

FIGURA 4.21 VÁLVULAS AIRE-ACEITE CAJA 9.

Sistema Aire-Aceite caja #10

INFRARROJO-VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
aceite 1	63,4°C	84,1°C	0,89	33,9°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
aceite 2	85,9°C	0,89	33,9°C
Frío	31,5°C	0,89	33,9°C

FIGURA 4.22 VÁLVULAS AIRE-ACEITE CAJA 10.

Diagnóstico.

Se puede apreciar que en la segunda línea de aceite en la caja #7 se encuentra la mayor temperatura encontrando un valor de 91.6°C haciendo comparación con las demás bobinas de las cajas, se revisa líneas de lubricación en las cajas, y pasa lubricante nebulizado.

Recomendaciones.

Revisar el funcionamiento de este elemento porque existe antecedente de quedarse pegada la válvula ocasionando que no pase aceite hasta los puntos de lubricación.

Ruta #2.

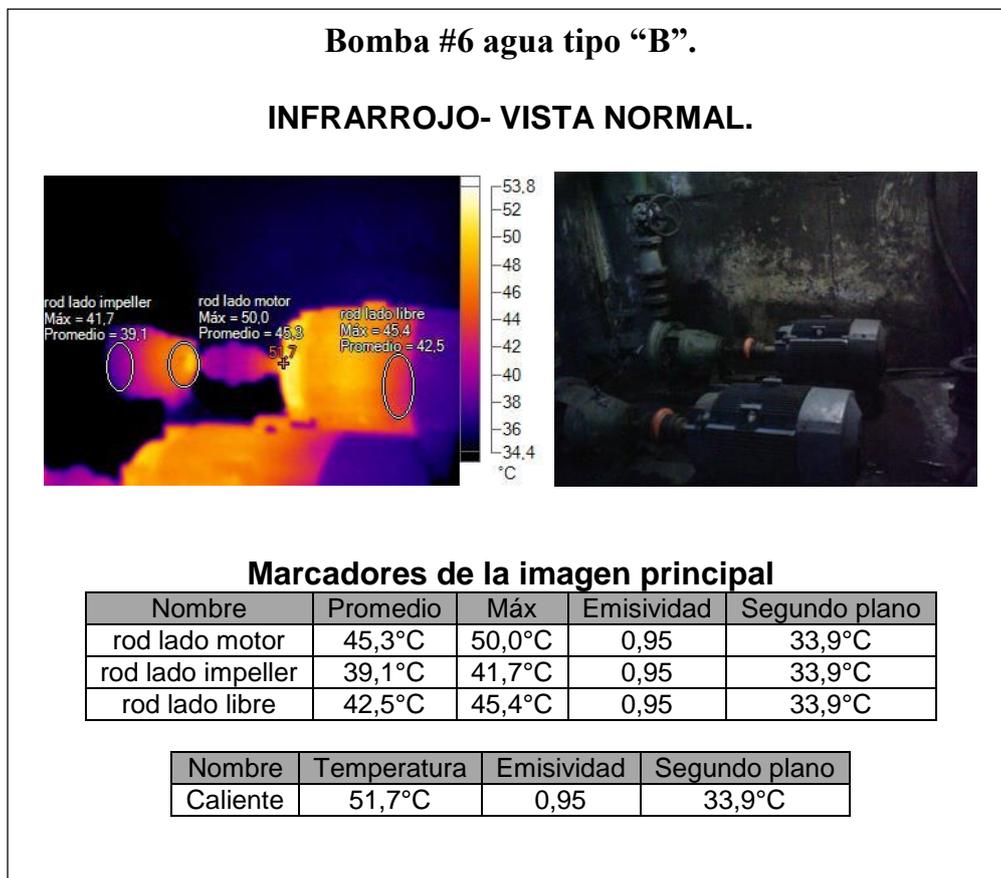
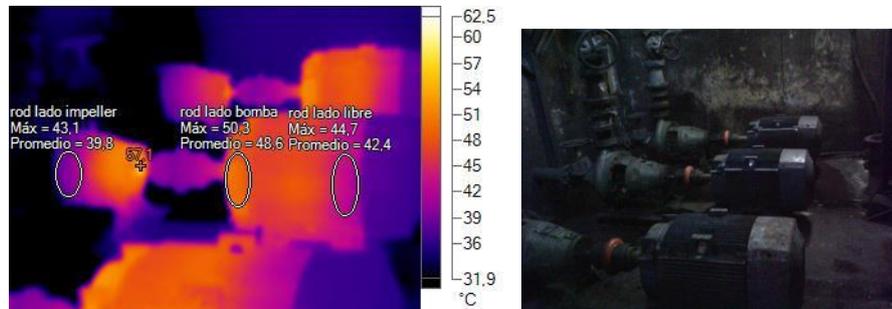


FIGURA 4.23 BOMBA 6 AGUA TIPO B.

Bomba #7 agua tipo "B".

INFRARROJO-VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

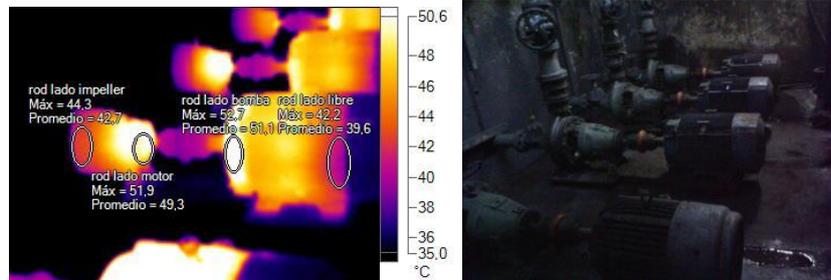
Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
rod lado impeller	39,8°C	43,1°C	0,95	33,9°C
rod lado bomba	48,6°C	50,3°C	0,95	33,9°C
rod lado libre	42,4°C	44,7°C	0,95	33,9°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Caliente	57,1°C	0,95	33,9°C

FIGURA 4.24 BOMBA 7 AGUA TIPO B.

Bomba #8 agua tipo "B"

INFRARROJO- VISTA NORMAL



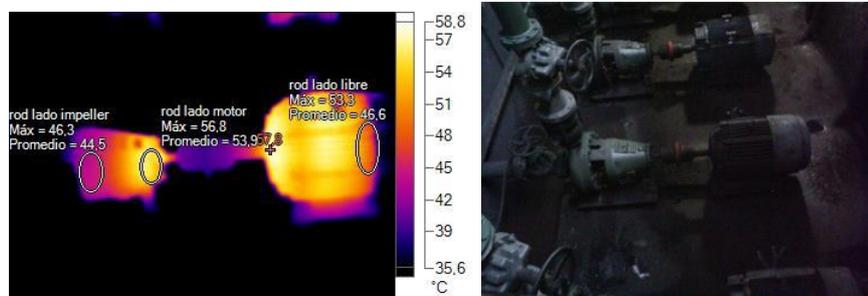
Marcadores de la imagen principal

Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
rod lado motor	49,3°C	51,9°C	0,95	33,9°C
rod lado impeller	42,7°C	44,3°C	0,95	33,9°C
rod lado bomba	51,1°C	52,7°C	0,95	33,9°C
rod lado libre	39,6°C	42,2°C	0,95	33,9°C

FIGURA 4.25 BOMBA 8 AGUA TIPO B.

Bomba #9 agua tipo "B".

INFRARROJO-VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

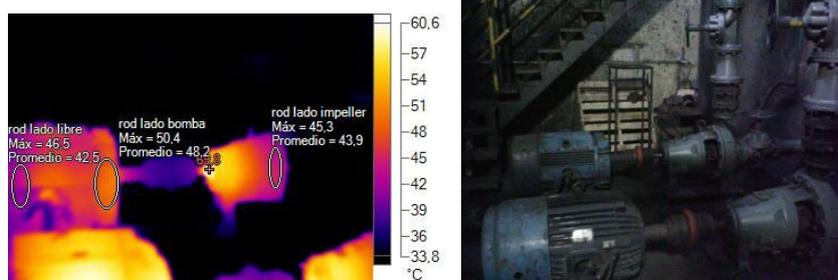
Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
rod lado libre	46,6°C	53,3°C	0,95	33,9°C
rod lado motor	53,9°C	56,8°C	0,95	33,9°C
rod lado impeller	44,5°C	46,3°C	0,95	33,9°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Caliente	57,8°C	0,95	33,9°C

FIGURA 4.26 BOMBA 9 AGUA TIPO B.

Bomba #10 agua tipo "B".

INFRARROJO-VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
rod lado libre	42,5°C	46,5°C	0,95	33,9°C
rod lado bomba	48,2°C	50,4°C	0,95	33,9°C
rod lado impeller	43,9°C	45,3°C	0,95	33,9°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Caliente	69,8°C	0,95	33,9°C

FIGURA 4.27 BOMBA 10 AGUA TIPO B.

Diagnóstico.

Se puede apreciar que las 5 bombas se encuentran en funcionamiento se encienden en forma automática dependiendo de la señal emitida por el sensor de nivel ubicado en la fosa principal, no se encuentran anomalías térmicas en los elementos de las bombas,

la máxima temperatura observada es de 57, 8°C en el rodamiento lado bomba del motor de la posición 9, la segunda temperatura alta es de 57,1°C en el rodamiento lado impeller de la bomba posición 7, las demás lecturas se encuentran sin novedad, las temperaturas en estos tipos de elementos se encuentran dentro de los rangos permisibles, dado por el fabricante estos elementos pueden trabajar con temperaturas hasta 80°C.

Recomendaciones.

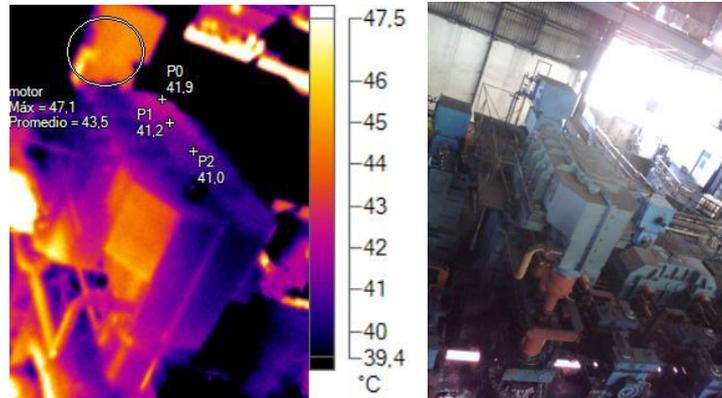
Realizar limpieza en la fosa principal debido a que suele acumular laminilla en los absorbentes, y esto ocasiona que la bomba pierda su eficiencia, existe fuga de agua por el sellado de las bombas, se solicita el cambio del mergollar.

Se utiliza el pasillo de visitas para capturar imágenes de los reductores del tren laminador, la distancia entre el equipo y la cámara IR es aproximadamente de 10 metros.

Se revisa la presión de aceite a la entrada de cada reductor y este oscila entre 2 a 3 bares.

Reductor Stand 2 motor-reductor

INFRARROJO- VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
motor	43,5°C	47,1°C	0,93	36,0°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
P0	41,9°C	0,93	36,0°C
P1	41,2°C	0,93	36,0°C
P2	41,0°C	0,93	36,0°C

FIGURA 4.28 REDUCTOR STAND 2.

Diagnóstico.

Perfil de temperatura sin anomalías térmicas, el valor de alarma se considera superior a los 75°C, temperatura máxima registrada es de 47.2°C.

Recomendación.

Realizar limpieza de la superficie del equipo debido a que se nota presencia de polvo producto de la laminación.

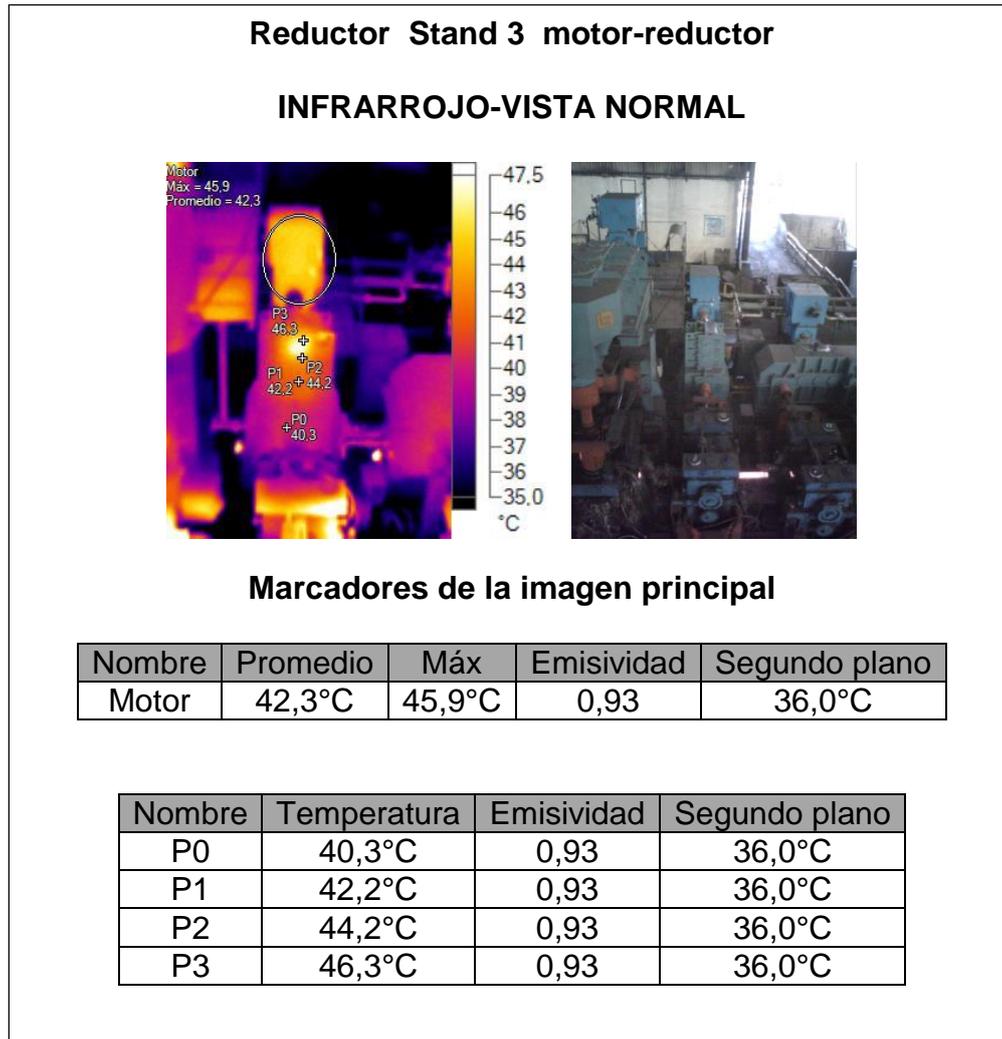


FIGURA 4.29 REDUCTOR STAND 3.

Diagnóstico.

Perfil de temperatura sin anomalías térmicas, el valor de alarma se considera superior a los 75°C. Temperatura máxima registrada es de 46.3°C.

Recomendación.

Realizar limpieza de la superficie del equipo debido a que se nota presencia de polvo producto de la laminación.

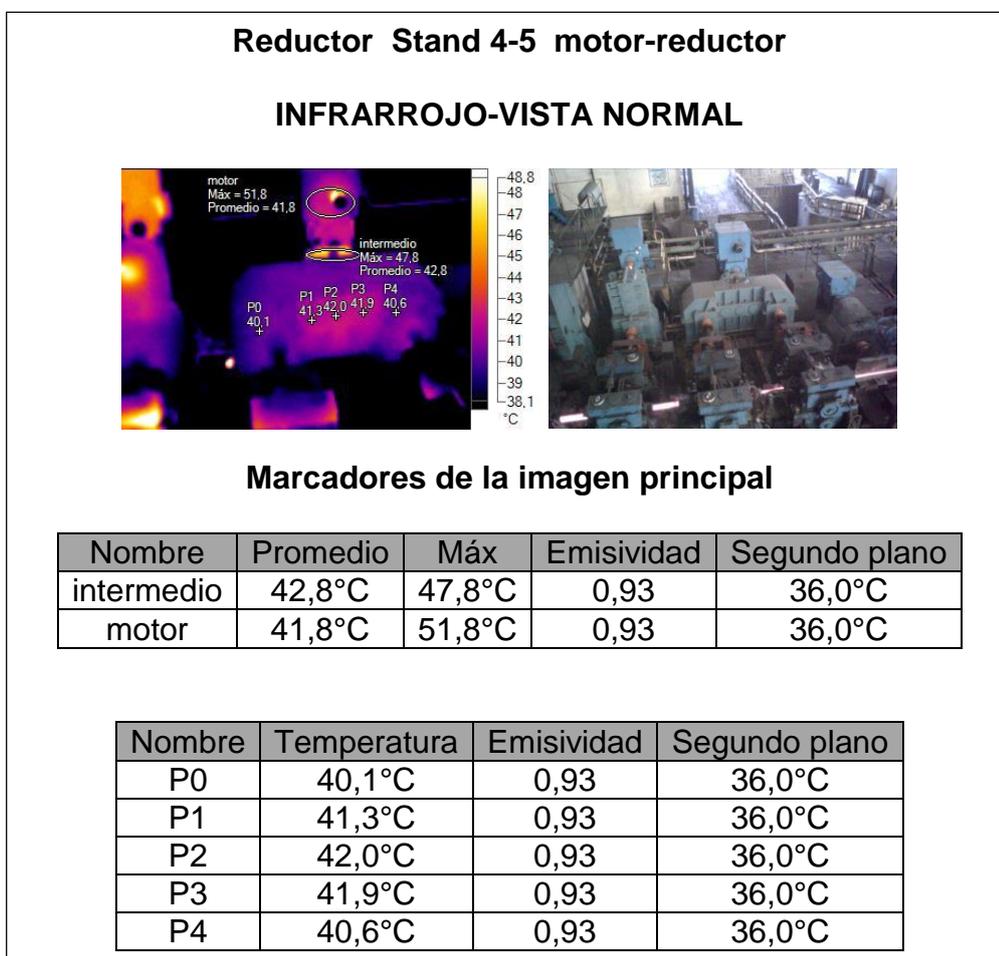


FIGURA 4.30 REDUCTOR STAND 4-5.

Diagnóstico.

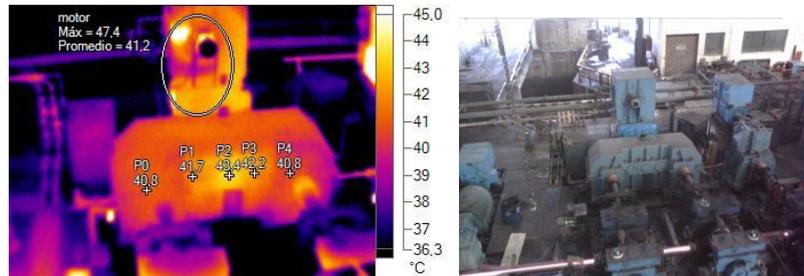
La temperatura en las cajas de los rodamientos se encuentra dentro de los parámetros normales de funcionamiento, la mayor temperatura registrada corresponde a 42°C, el valor de alarma se encuentra desde los 75 °C.

Recomendación.

Se nota la presencia de lubricante en el piso del reductor intermedio, lo cual se recomienda realizar la limpieza, seguir monitoreando el reductor intermedio

Reductor Stand 6-7 motor-reductor

INFRARROJO-VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
motor	41,2°C	47,4°C	0,93	36,0°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
P0	40,8°C	0,93	36,0°C
P1	41,7°C	0,93	36,0°C
P2	43,4°C	0,93	36,0°C
P3	42,2°C	0,93	36,0°C
P4	40,8°C	0,93	36,0°C

FIGURA 4.31 REDUCTOR STAND 6-7.

Diagnóstico.

Perfil de temperatura sin anomalías térmicas, el valor de alarma se considera superior a los 75°C, temperatura máxima registrada en el reductor es de 43.4°C.

Recomendación.

Seguir recolectando datos de temperatura de las cajas de los rodamientos.

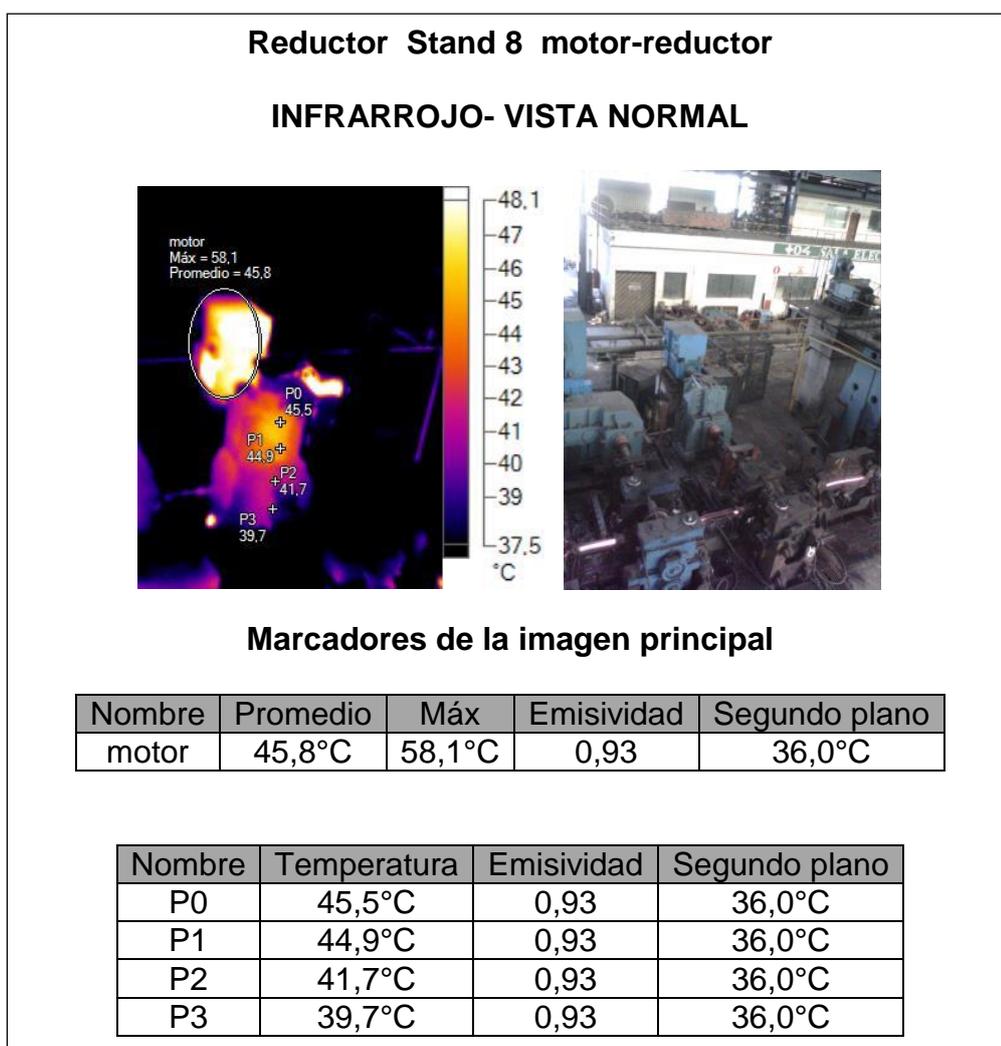


FIGURA 4.32 REDUCTOR STAND 8.

Diagnóstico.

Perfil de temperatura sin anomalías térmicas, el valor de alarma en las cajas de los rodamientos se considera superior a los 75°C, temperatura máxima registrada en el reductor es de 45.5°C.

Se observa temperatura del motor que alcanza 58.1°C, esta temperatura está dentro de sus rangos normales de funcionamiento considerando crítico cuando alcanzan temperaturas mayores a 80°C. Un objeto a lado del reductor que está emitiendo temperatura es la que corresponde a la bomba de la central hidráulica del tren Bascotecnia.

Recomendación.

Realizar análisis de vibración debido a los antecedentes que tiene este equipo con la finalidad de determinar las condiciones de los elementos internos del equipo.

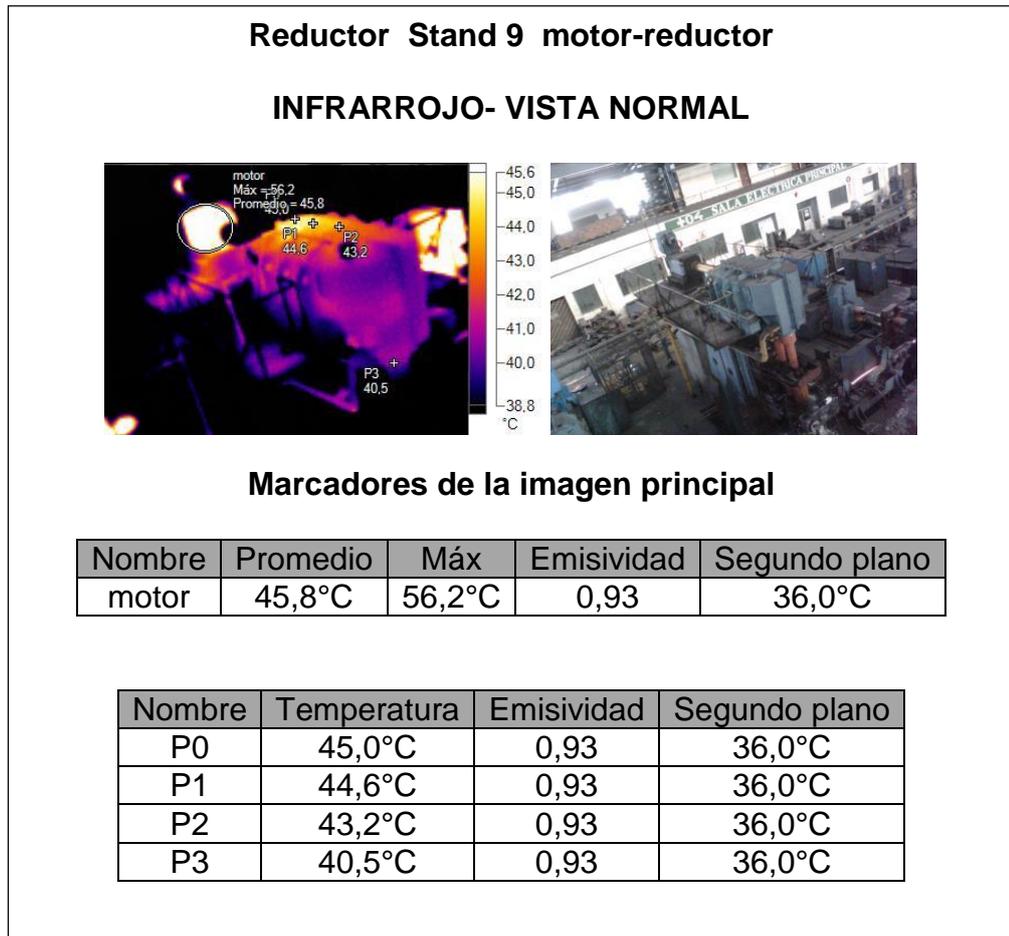


FIGURA 4.33 REDUCTOR STAND 9.

Diagnóstico.

Perfil de temperatura sin anomalías térmicas, el valor de alarma en las cajas de los rodamientos se considera superior a los 75°C, la mayor temperatura de las cajas es de 45°C.

Recomendación.

Seguir recolectando datos de temperatura de las cajas de los rodamientos y del motor, realizar análisis de vibración debido al histórico de fallas.

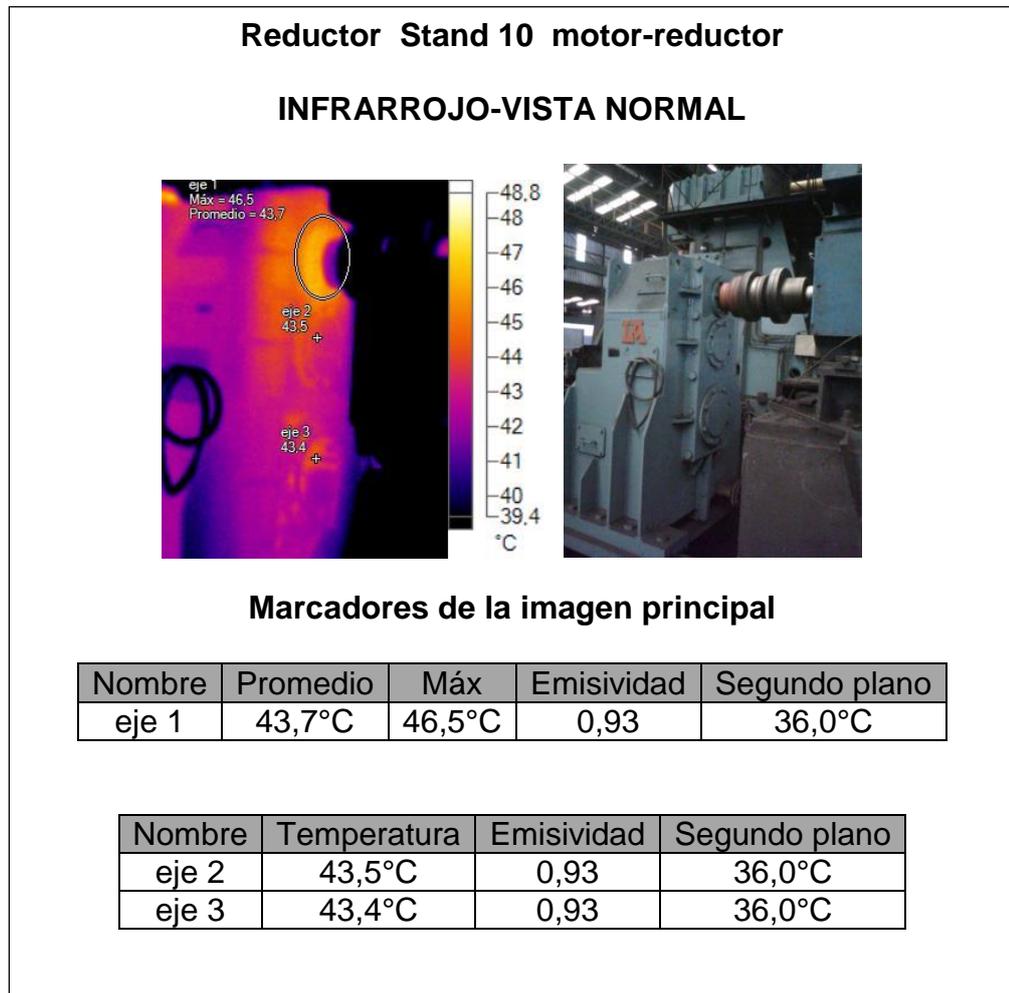


FIGURA 4.34 REDUCTOR STAND 10.

Diagnóstico.

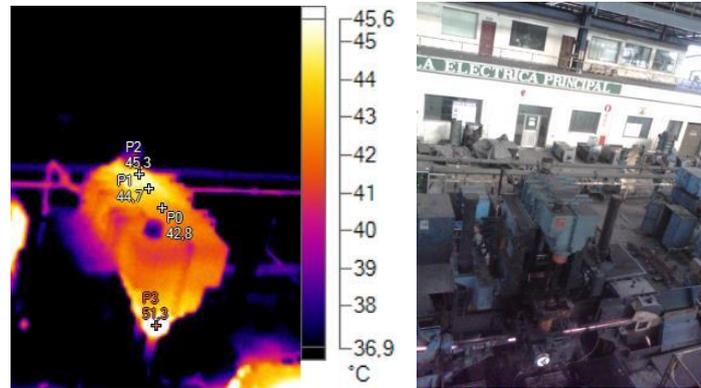
Perfil de temperatura sin anomalías térmicas, el valor de alarma en las cajas de los rodamientos se considera superior a los 75°C, la mayor temperatura de las cajas es de 46.5°C.

Recomendación.

Seguir recolectando datos de temperatura de las cajas de los rodamientos y del motor.

Reductor Stand 11 motor-reductor

INFRARROJO-VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
P3	51,3°C	0,93	35,0°C
P0	42,8°C	0,93	35,0°C
P1	44,7°C	0,93	35,0°C
P2	45,3°C	0,93	35,0°C

FIGURA 4.35 REDUCTOR STAND 11.

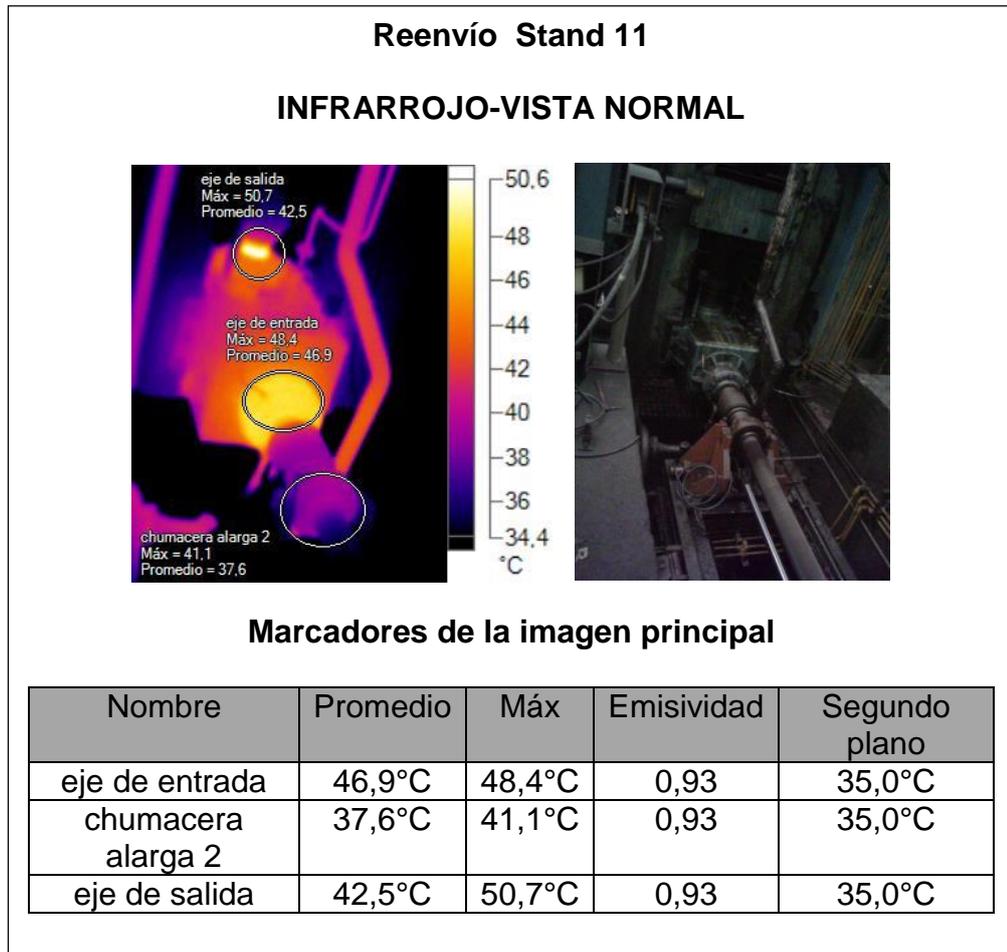


FIGURA 4.36 REENVÍO STAND 11.

Diagnóstico.

Perfil de temperatura sin anomalías térmicas, el valor de alarma en las cajas de los rodamientos se considera superior a los 75°C, el eje de salida presenta la mayor temperatura que es de 50.7°C.

Recomendación.

Seguir recolectando datos de temperatura del reenvío, realizar limpieza de la parte superficial porque se observa presencia de aceite, debido a los antecedentes de falla se debe de realizar análisis de vibración para determinar el estado de los componentes internos.

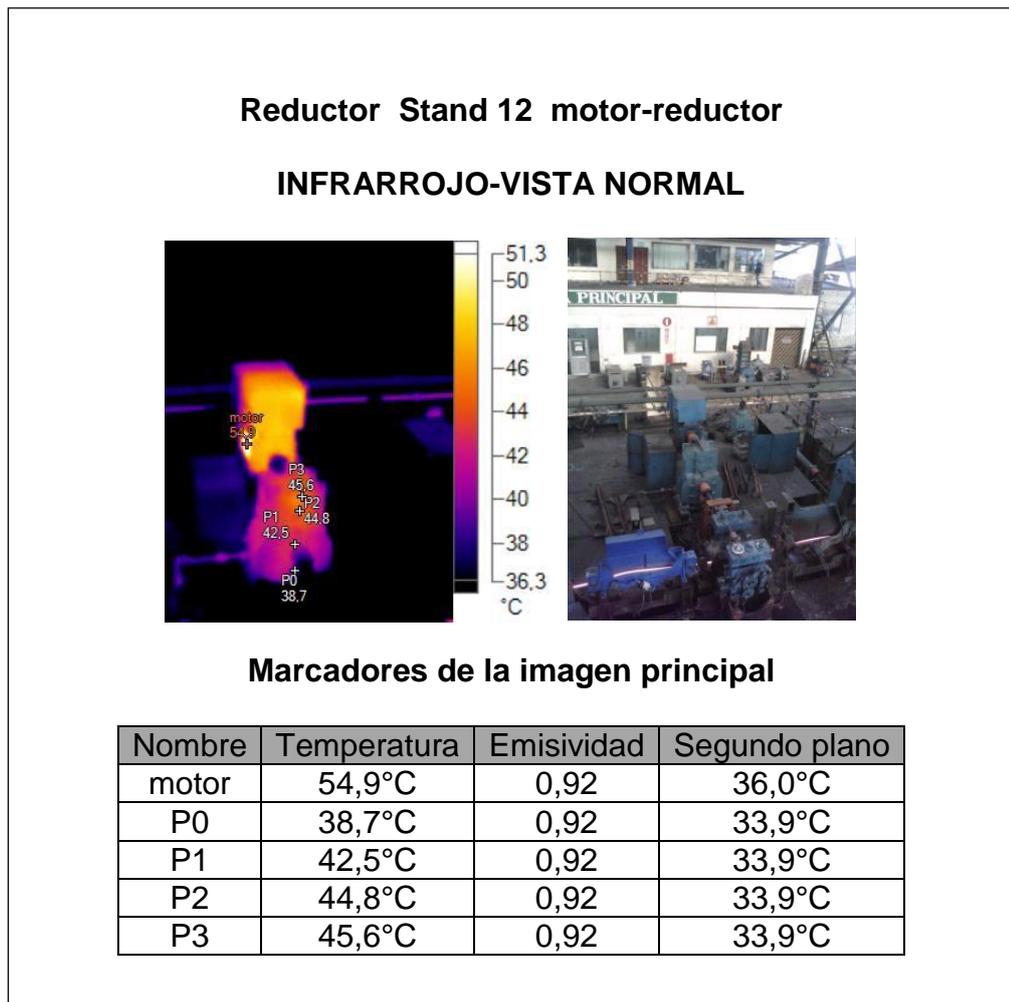


FIGURA 4.37 REDUCTOR STAND 12.

Diagnóstico.

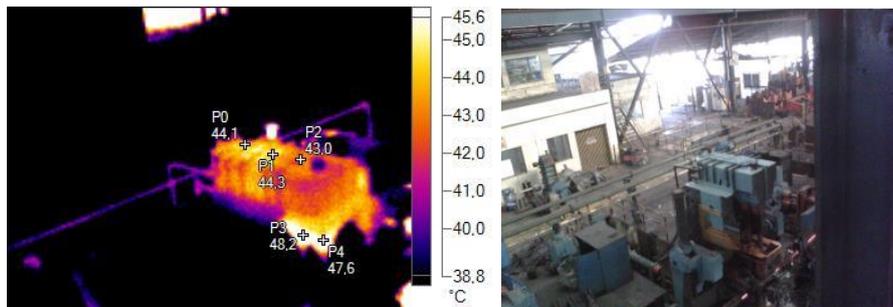
Perfil de temperatura sin anomalías térmicas, el valor de alarma en las cajas de los rodamientos se considera superior a los 75°C, el punto 3 con 45.6°C presenta la mayor temperatura en el reductor, el motor se encuentra a 54.9°C temperatura normal de trabajo.

Recomendación.

Seguir recolectando datos de temperatura del reductor y del motor.

Reductor Stand 13 motor-reductor

INFRARROJO-VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
P0	44,1°C	0,95	33,9°C
P1	44,3°C	0,95	33,9°C
P2	43,0°C	0,95	33,9°C
P3	48,2°C	0,95	33,9°C
P4	47,6°C	0,95	33,9°C

FIGURA 4.38 REDUCTOR STAND 13.

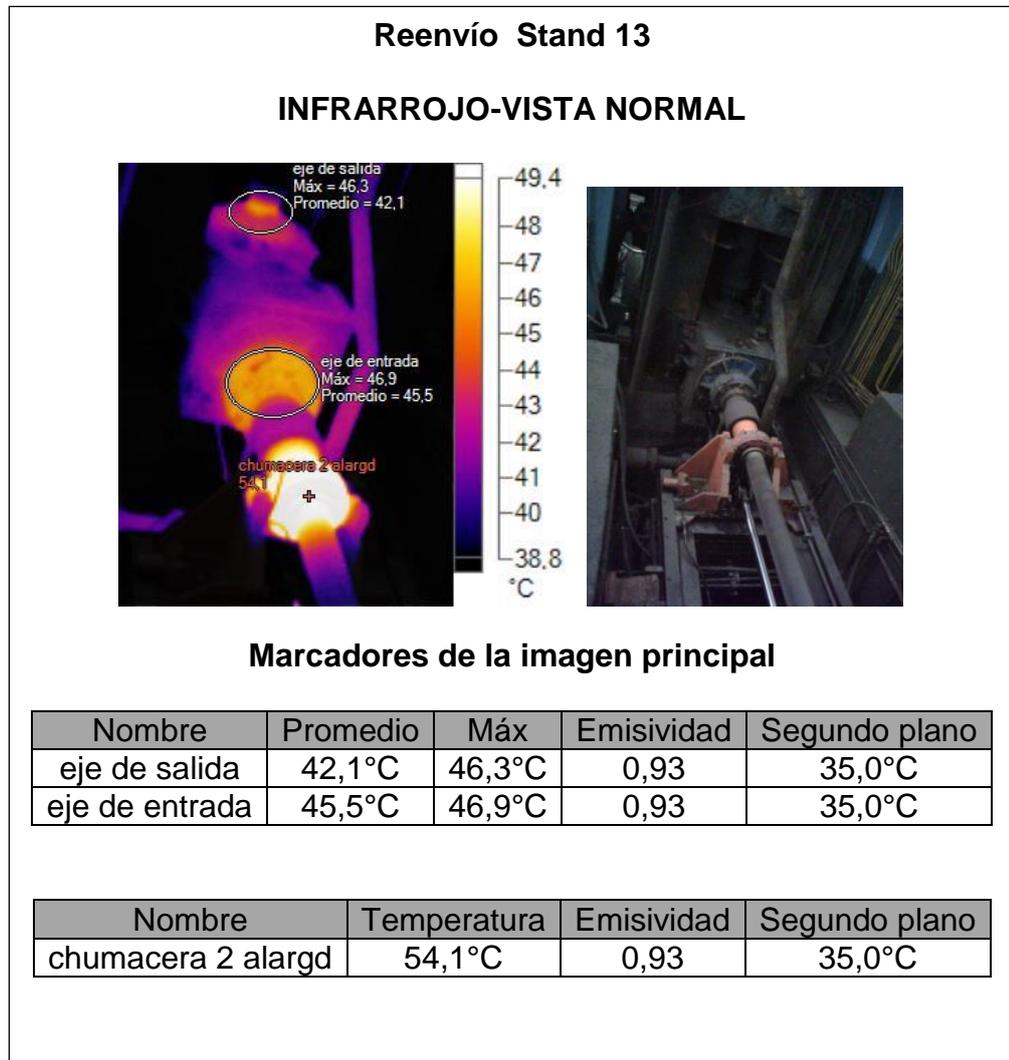


FIGURA 4.39 REENVÍO STAND 13.

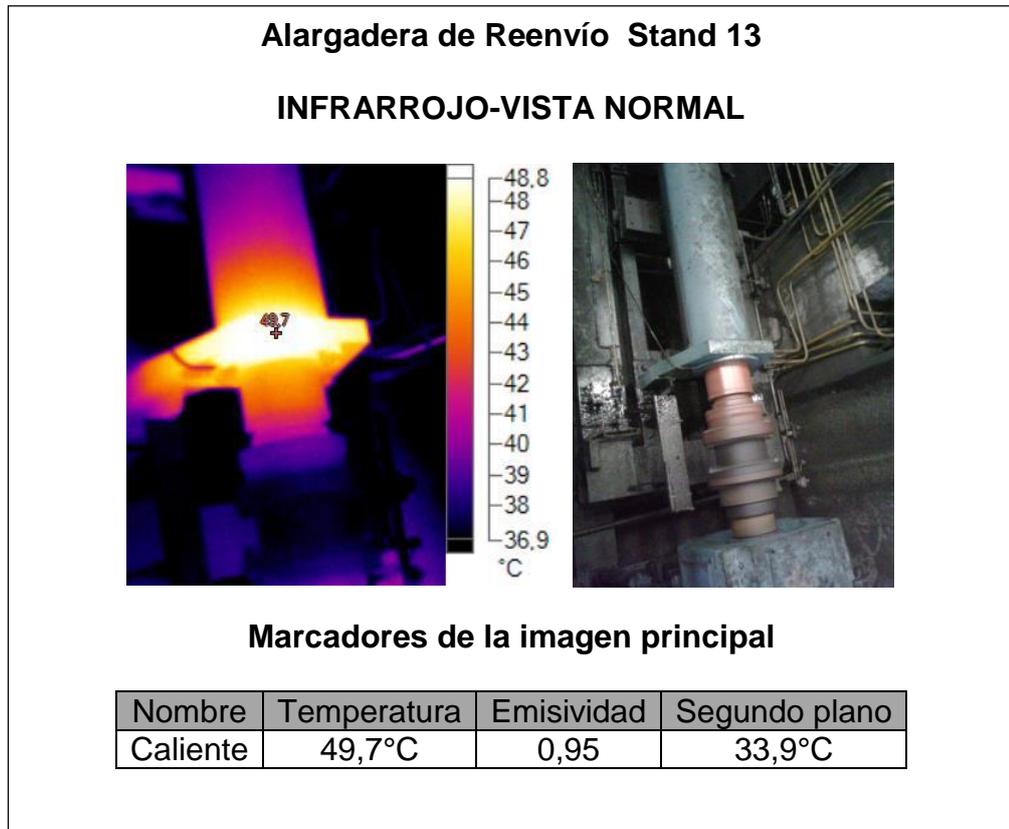


FIGURA 4.40 ALARGADERA STAND 13.

Diagnóstico.

Perfil de temperatura en el reductor sin anomalías térmicas, el valor de alarma en las cajas de los rodamientos se considera superior a los 75°C, el punto 3 es el que presenta la mayor temperatura dando un valor de 48.2°C, en el reenvío de este sistema se observa que la temperatura mayor se encuentra en la chumacera de la alargadera presentando una temperatura de 54.1°C, este punto se lubrica con el sistema de aire-aceite, al momento de la recolección de la imagen se nota por la manguera de 6mm el paso del lubricante, existe una

diferencia de 13°C con respecto a la chumacera del reenvío de la caja 11.

Recomendación.

Seguir recolectando datos de temperatura del reenvío, verificar en cada turno la presencia de aceite proveniente del sistema de aire-aceite, realizar movimiento de árbol de transmisión para mover la chumacera de la alargadera, porque se encuentra ajustada hacia el reenvío.

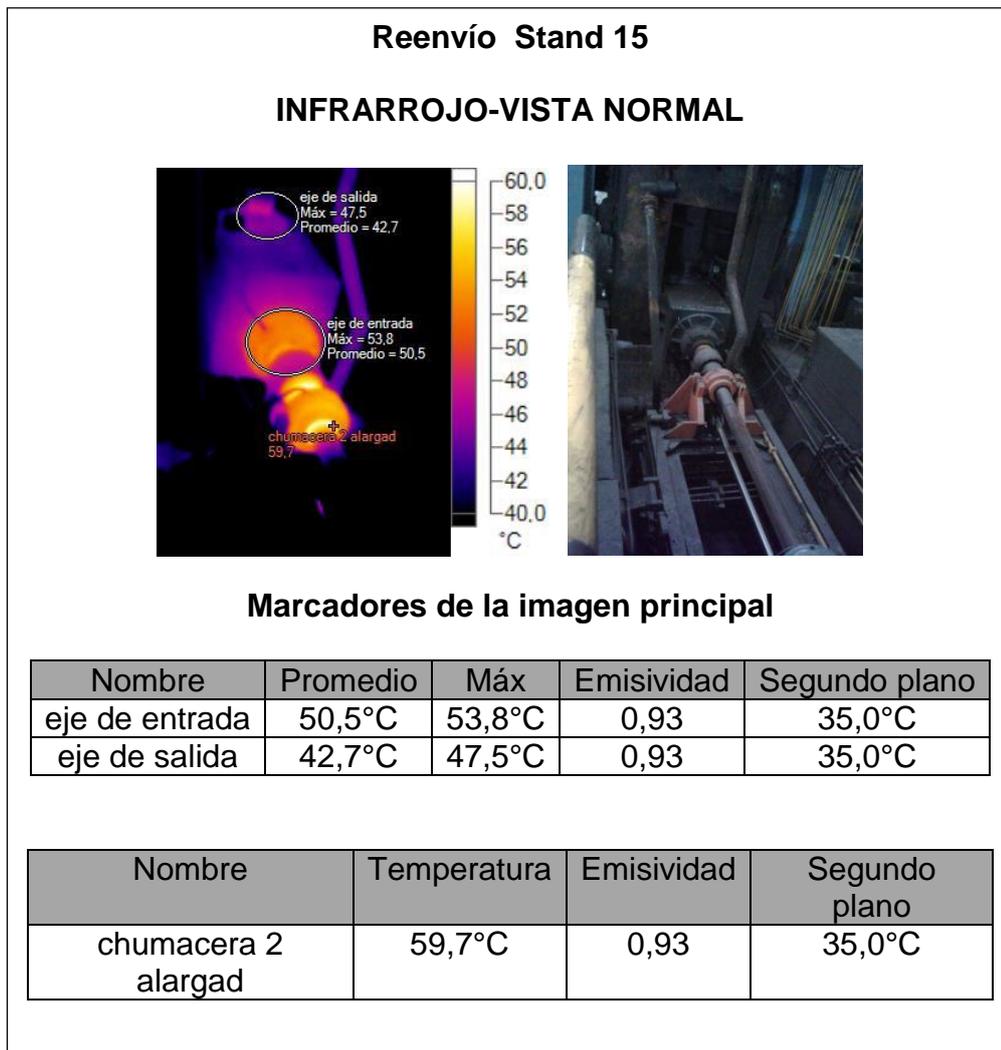


FIGURA 4.41 REENVÍO STAND 15.

Diagnóstico.

Perfil de temperatura en el reenvío sin anomalías térmicas, la mayor temperatura registrada en este elemento es en el eje de entrada con un valor de 53.8°C, la lubricación en este punto es forzada mediante la central Nortek #2, la presión de entrada es de 2.6 bares.

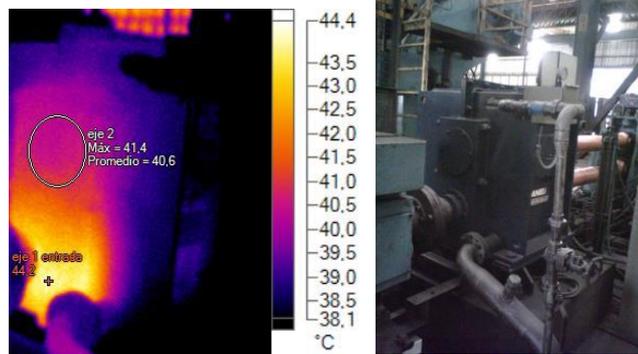
La chumacera de la alargadera presenta mayor temperatura de la imagen llegando a 59.7°C, este valor sobrepasa a la medida de la chumacera de la caja 13 en 5.6°C.

Recomendación.

Seguir recolectando datos de temperatura del reenvío, verificar en cada turno la presencia de aceite proveniente del sistema de aire-aceite, revisar el estado de los conectores de lubricación cuando la planta se encuentre parada.

Reductor Stand 16 motor-reductor

INFRARROJO- VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
eje 2	40,6°C	41,4°C	0,95	33,9°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
eje 1 entrada	44,2°C	0,93	36,0°C

FIGURA 4.42 REDUCTOR LADO MOTOR STAND 16.

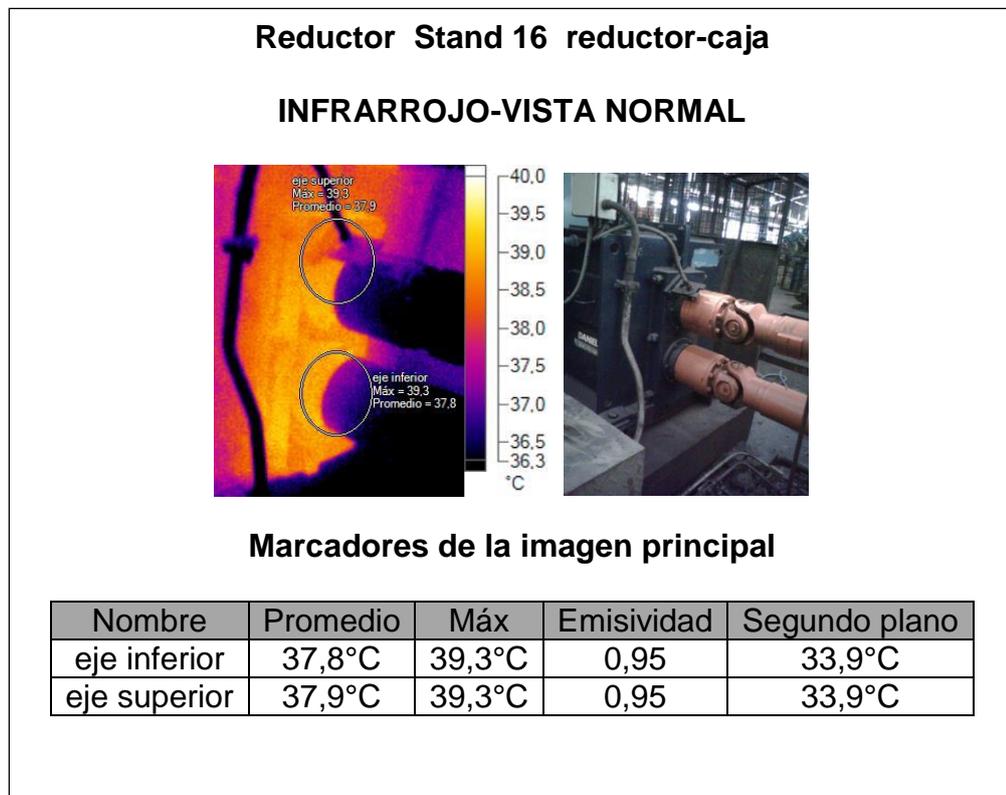


FIGURA 4.43 REDUCTOR LADO CAJA STAND 16.

Diagnóstico.

Perfil de temperatura sin anomalías térmicas para este tipo de elementos. La temperatura máxima registrada de las cajas de los rodamientos es de (44.2°C) se encuentra dentro del rango normal de funcionamiento, se establece como valor de alarma 75°C según las recomendaciones del fabricante.

Recomendaciones.

En los turnos de Mecánico de Guardia tomar datos de las temperaturas de las cajas mediante pirómetro infrarrojo.

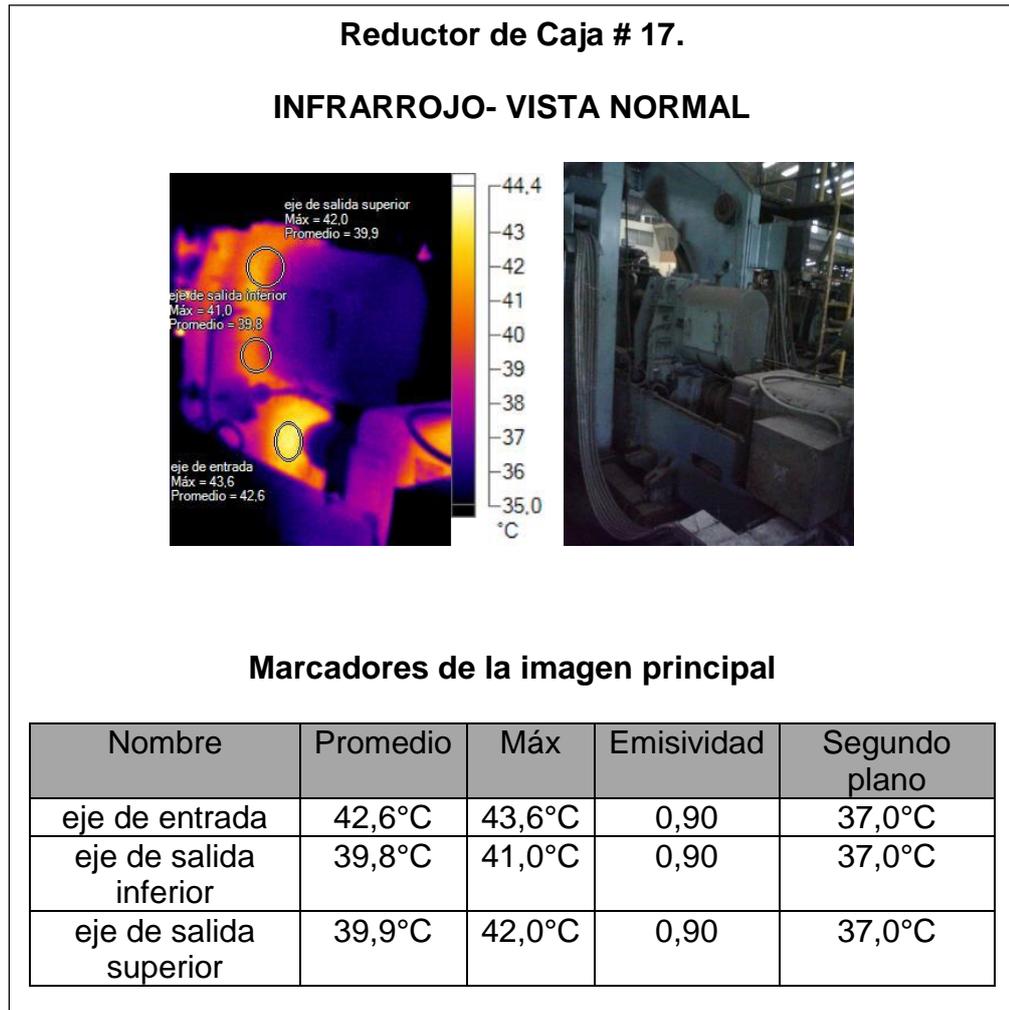


FIGURA 4.44 REDUCTOR STAND 17.

Diagnóstico.

Termograma no presenta anomalías térmicas en las cajas de los rodamientos, la máxima temperatura registrada está en el eje de entrada al reductor con una lectura de 43,6C

Recomendaciones.

Realizar análisis de vibración para determinar estado de elementos internos del equipo.

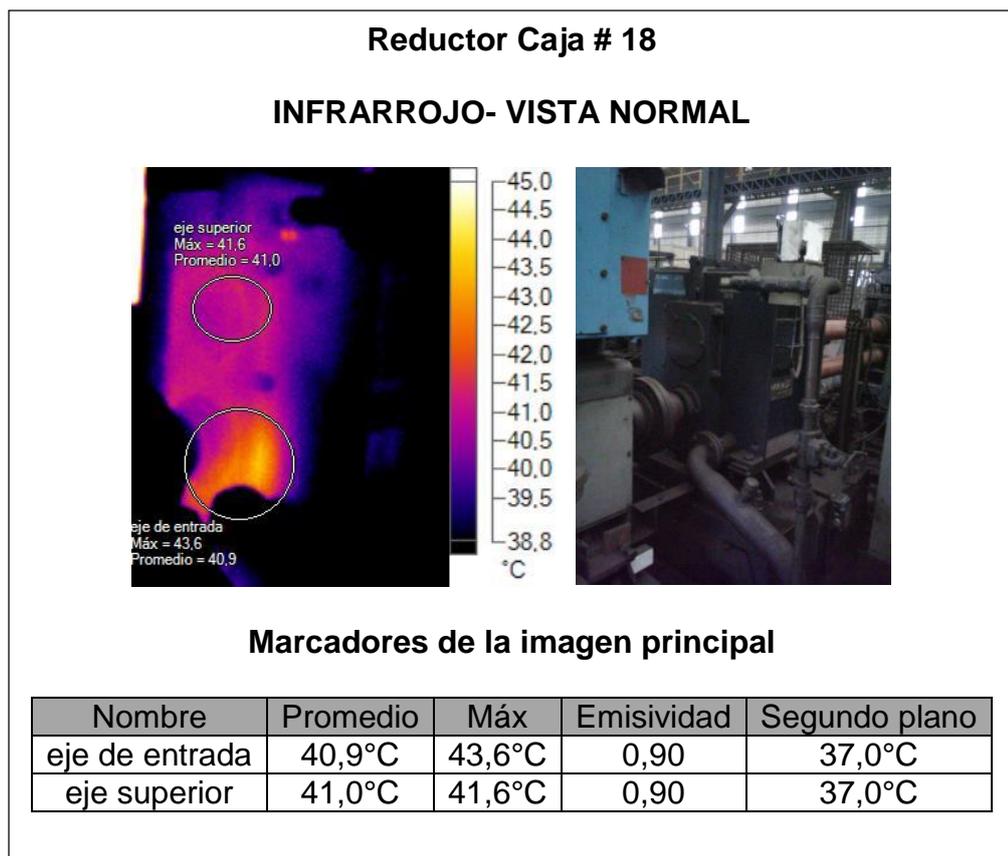


FIGURA 4.45 REDUCTOR STAND 18.

Diagnóstico.

Termograma no presenta anomalías térmicas, la máxima temperatura registrada es de 43,6C, lo cual se establece que se encuentra dentro de los rangos permisibles de funcionamiento.

Recomendaciones.

Realizar análisis de vibración para determinar estado de elementos internos.

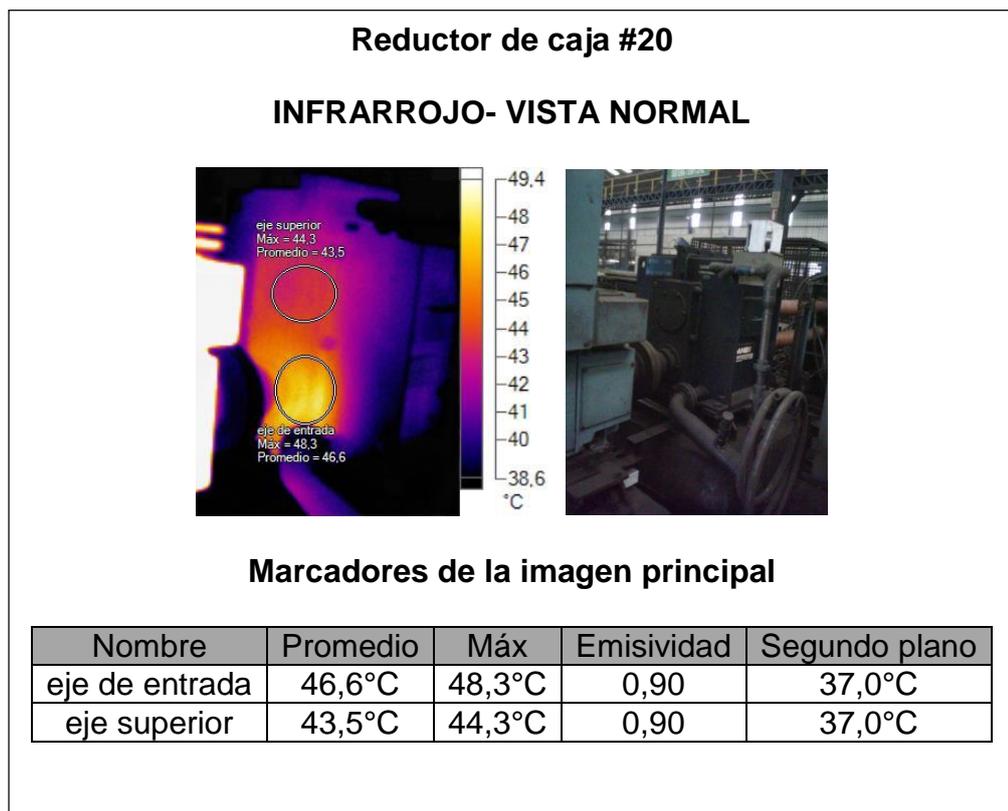


FIGURA 4.46 REDUCTOR STAND 20.

Diagnóstico.

Termograma no presenta anomalías térmicas, máxima temperatura registrada es de 48,3°C, la temperatura de alarma corresponde a valores mayores de 75°C.

Recomendaciones.

Realizar análisis de vibración para determinar estado de elementos internos.

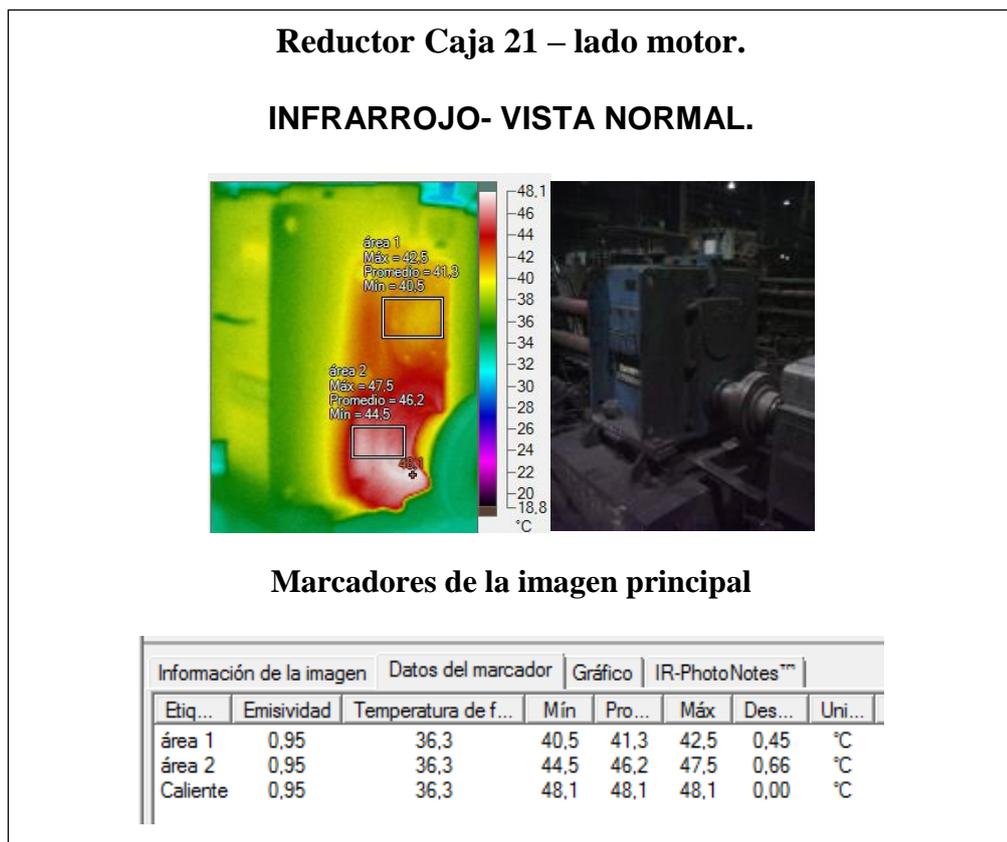


FIGURA 4.47 REDUCTOR LADO MOTOR STAND 21.

Diagnóstico.

Perfil de temperatura sin anomalías térmicas para este tipo de elementos. La temperatura máxima registrada de las cajas de los rodamientos es de (48.1°C) se encuentra dentro del rango normal de funcionamiento, se menciona que la temperatura crítica es de 75°C

Recomendaciones.

En los turnos de Mecánico de Guardia verificar mediciones e inspecciones a equipos, realizar análisis de vibraciones para determinar estado de elementos internos.

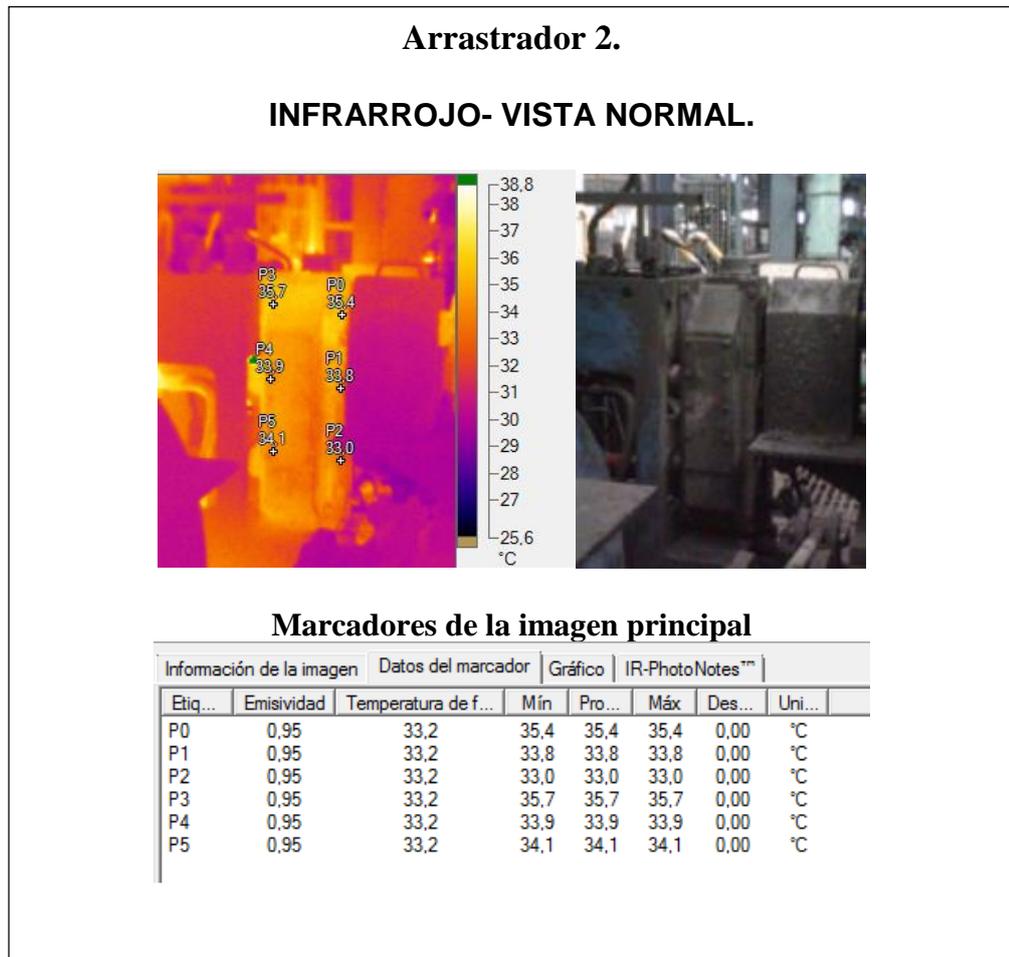


FIGURA 4.48 ARRASTRADOR 2.

Diagnóstico.

Perfil de temperatura sin anomalías térmicas para este tipo de elementos. La temperatura máxima registrada de las cajas de los rodamientos es de (35.7°C) se encuentra dentro del rango normal de funcionamiento, donde se establece como valor de alarma 75°C según las recomendaciones del fabricante.

La mayor temperatura registrada en el motor de enfriamiento del motor del reductor es de 54.1°C, estando en condiciones normales de trabajo.

Recomendaciones.

Se recomienda realizar análisis de vibración para determinar el estado de los elementos internos y condición del equipo.

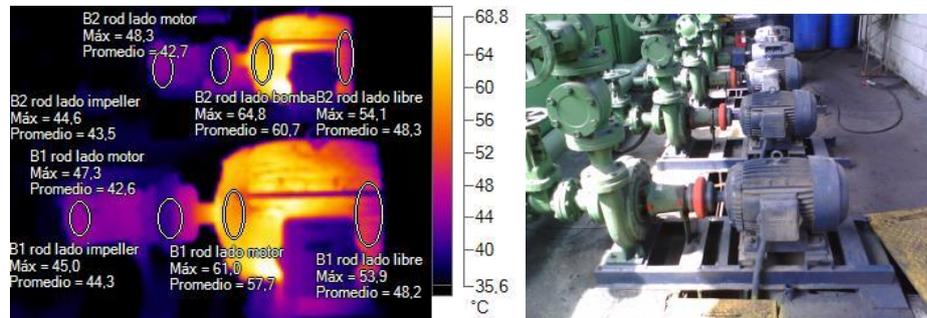
Se decide revisar el interior del reductor debido a la vibración que se presenta en el arrastrador no se encuentra desprendimiento de canastillas de rodamientos, se revisa el estado de los dientes de engranaje se encuentran completos, se revisa la calibración de los rodillos, en donde se observa que el cardán superior sobrepasa el ángulo de diseño que es de 5,7° con referencia a la horizontal, se solicita a personal de producción que regule estos cilindros.

Ruta #3.

Se toma imágenes térmicas de las bombas 1, 2 y 5 de agua tipo "A", la última bomba de 400 GPM con un motor que gira a 1800rpm, y una potencia de 30 HP, este equipo envía agua al enfriamiento del horno y la válvula de tiro.

Bomba #1 y #2 de agua tipo "A".

INFRAROJO- VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
B1 rod lado impeller	44,3°C	45,0°C	0,95	33,9°C
B1 rod lado motor	42,1°C	47,0°C	0,95	33,9°C
B1 rod lado motor	58,0°C	61,0°C	0,95	33,9°C
B1 rod lado libre	48,2°C	53,9°C	0,95	33,9°C
B2 rod lado impeller	43,6°C	44,6°C	0,95	33,9°C
B2 rod lado motor	42,1°C	46,9°C	0,95	33,9°C
B2 rod lado bomba	60,7°C	64,2°C	0,95	33,9°C
B2 rod lado libre	48,3°C	54,1°C	0,95	33,9°C

FIGURA 4.49 BOMBA 1-2 AGUA A.

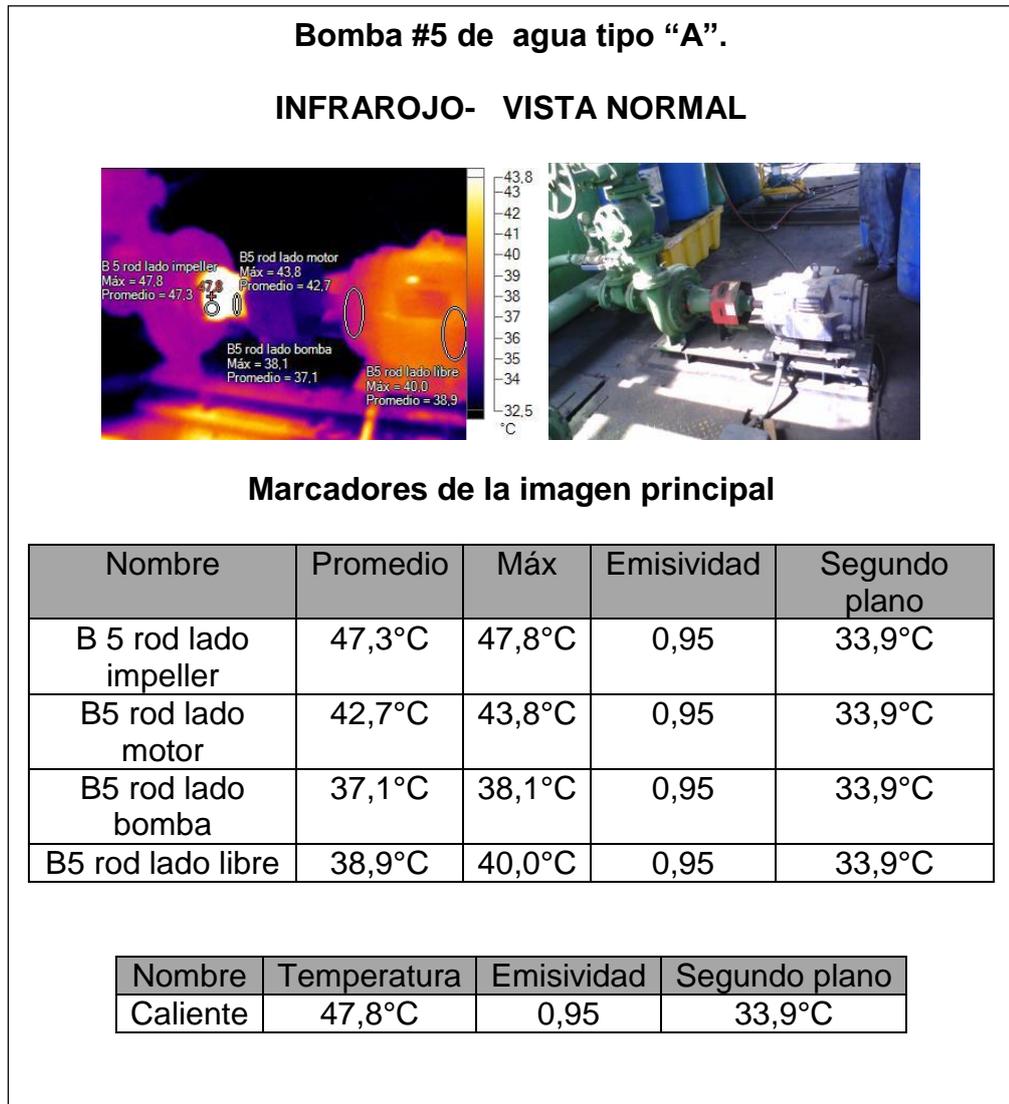


FIGURA 4.50 BOMBA 5 AGUA A.

Diagnóstico.

Se revisa las tres bombas con sus respectivos motores los cuales no presentan ninguna anomalía térmica la mayor temperatura encontrada es en el motor de la bomba #2 en el eje de salida, alcanzando una temperatura de 64,2 °C teniendo como datos alarmantes motores que trabajen más de 80 °C, la bomba #5 tenía

antecedente de haber trabajado sin bombear agua debido a la falta de líquido en la piscina, se vuelve a tomar la imagen térmica y se aprecia que la mayor temperatura es de 47,8 °C lado impeller esto se debe a que se restringe la salida de fluido por la tubería de 4" para enviar líquido por la tubería de 2".

Recomendaciones.

Al observar las condiciones presentadas en estos equipos se sugiere revisar el motor de la bomba #2 porque presenta diferencia con las lecturas del motor de la bomba #1, dar seguimiento a este sistema tomar datos con el pirómetro infrarrojo, actividades a ser realizadas por mecánico de fluidos.

Se realiza la toma de imágenes térmicas a las bombas 2-3-4-5 del sistema de agua tipo "B", la bomba 1 se encuentra fuera de servicio hasta que se corrija la base de la cimentación.

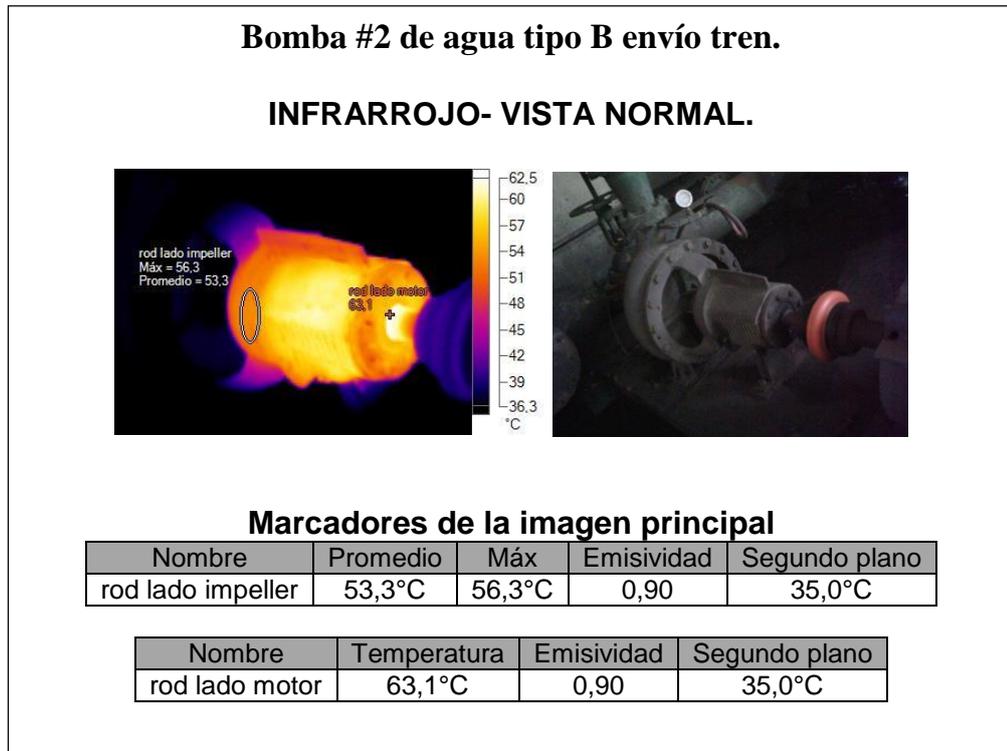


FIGURA 4.51 BOMBA 2 AGUA B.

Diagnóstico.

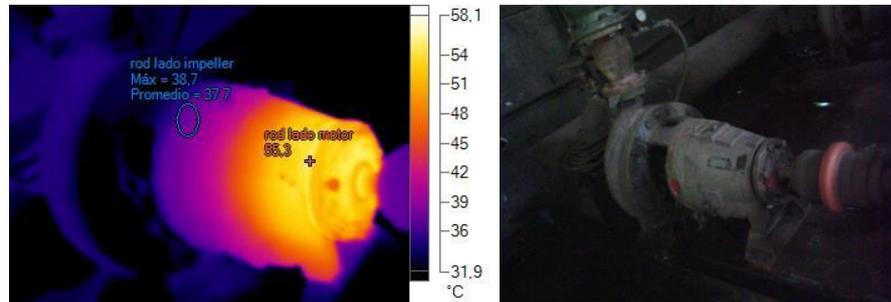
Se aprecia un valor de temperatura de 63,1 °C en la caja del rodamiento lado motor, la bomba presenta una uniformidad de temperatura en su estructura.

Recomendaciones.

Se requiere realizar un análisis de vibración para determinar el estado del equipo, buscando si hay presencia de desalineamiento.

Bomba #3 de agua tipo B envío tren.

INFRARROJO- VISTA NORMAL.



Marcadores de la imagen principal

Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
rod lado impeller	37,7°C	38,7°C	0,90	36,0°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
rod lado motor	55,3°C	0,90	36,0°C

FIGURA 4.52 BOMBA 3 AGUA B.

Diagnóstico.

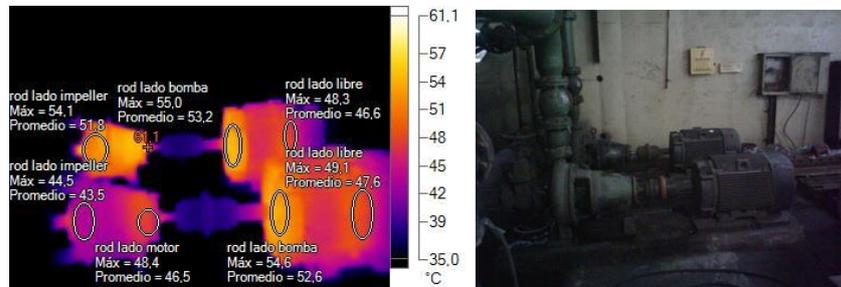
Presión de salida de 4.5 bares, no presenta anomalías térmicas la mayor temperatura es de 55.3°C en la caja del rodamiento de la bomba lado motor, se encuentra dentro del rango permisible de estos equipos, considerando en rango de alarma 75 °C, se aprecia fuga de agua por el sellado de la bomba.

Recomendaciones.

Reemplazar el mergollar de la bomba.

Bomba # 4-5 agua tipo "B"

INFRARROJO- VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
rod lado impeller	51,8°C	54,1°C	0,95	33,9°C
rod lado bomba	53,2°C	55,0°C	0,95	33,9°C
rod lado libre	46,6°C	48,3°C	0,95	33,9°C
rod lado motor	46,5°C	48,4°C	0,95	33,9°C
rod lado impeller	43,5°C	44,5°C	0,95	33,9°C
rod lado bomba	52,6°C	54,6°C	0,95	33,9°C
rod lado libre	47,6°C	49,1°C	0,95	33,9°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Caliente	61,1°C	0,95	33,9°C

Diagnóstico.

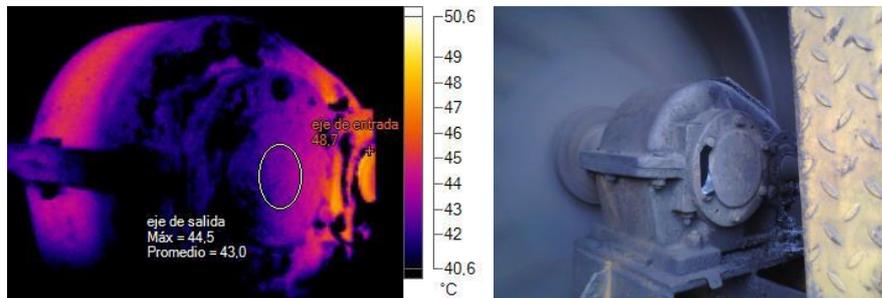
Se encuentra que en la bomba #5 se aprecia una temperatura máxima de 61,1°C en la caja de la bomba lado motor, se revisa la bomba y se encuentra que existe aceite en su estructura, se revisa el nivel de aceite y se encuentra con el nivel requerido.

Recomendaciones.

Se requiere realizar limpieza del aceite en la estructura de la bomba.

Reductor 1 del ventilador torre de enfriamiento de agua tipo B.

INFRARROJO- VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
eje de salida	43,0°C	44,5°C	0,90	35,0°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
eje de entrada	48,7°C	0,90	35,0°C

FIGURA 4.54 VENTILADOR 1 AGUA B.

Diagnóstico.

Reductor no presenta anomalías térmicas, la mayor temperatura registrada se nota en el eje de entrada con un valor de 48,7 C, lo que se aprecia es que el reductor muestra corrosión en parte de su estructura.

Elastómero en buen estado.

Las guardas de seguridad presentan corrosión excesiva.

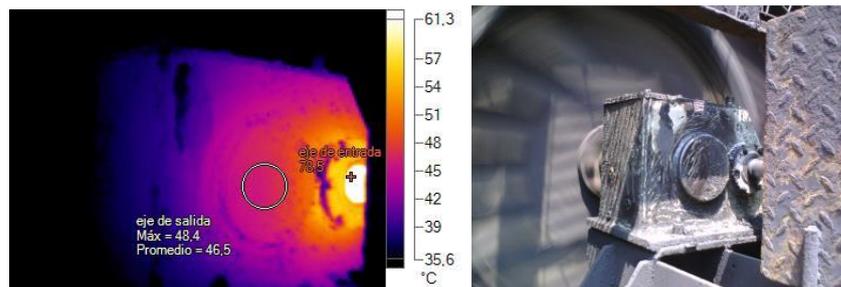
Recomendaciones.

Realizar limpieza y pintura de elemento, enviar a construir la guarda de seguridad del ventilador.

Reductor # 2 del ventilador de la torre de enfriamiento de agua

Tipo B

INFRARROJO- VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
eje de salida	46,5°C	48,4°C	0,90	35,1°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
eje de entrada	78,5°C	0,90	35,1°C

FIGURA 4.55 VENTILADOR 2 AGUA B.

Diagnóstico.

La superficie del reductor se encuentra cubierta de partículas sólidas mezcladas con aceite, se observa un valor de temperatura de 78,5 C en la cajera de rodamiento lado motor, esta temperatura deterioro el material del retenedor provocando la fuga de aceite.

Recomendaciones.

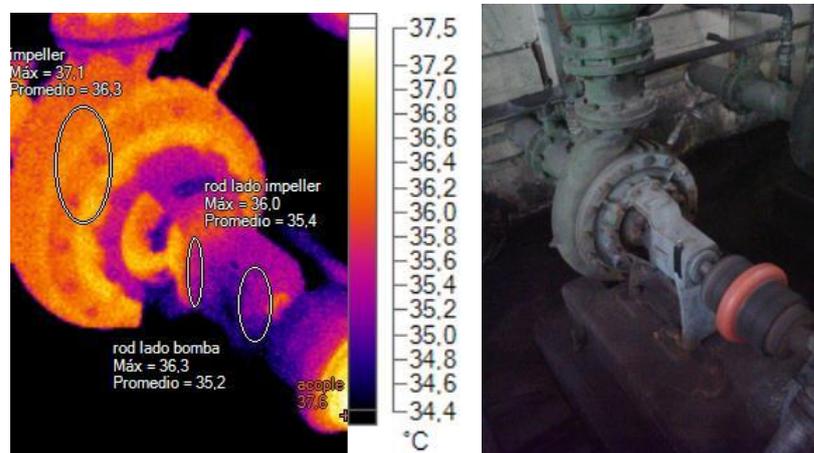
Reemplazar el reductor para realizar mantenimiento del reductor por la presencia de deterioro del retenedor.

Se toma imágenes térmicas a las bombas de agua tipo "B" envió al tempcore, se observa que las bombas 1, 5 se encuentran fuera de servicio, bomba #3 en stand by.

El fluido que se encuentra en este sistema es agua con partículas sólidas suspendidas debido al contacto con el producto laminado.

Bomba #2 envió al tempcore tipo B.

INFRARROJO- VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
impeller	36,3°C	37,1°C	0,90	35,8°C
rod lado impeller	35,4°C	36,0°C	0,90	35,8°C
rod lado bomba	35,2°C	36,3°C	0,90	35,8°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
acople	37,6°C	0,90	35,8°C

FIGURA 4.56 BOMBA 2 TEMPCORE.

Diagnóstico.

No presenta anomalías térmicas, se nota temperatura regular en toda la bomba.

Temperatura promedio	33,7°C
Rango de la imagen	27,1°C a 37,6°C
Modelo de cámara	Ti105
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Hora de la imagen	09/04/2015 10:46:00
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Recomendaciones.

Se requiere revisar sistema debido a que presenta temperaturas cercanas a las del ambiente.

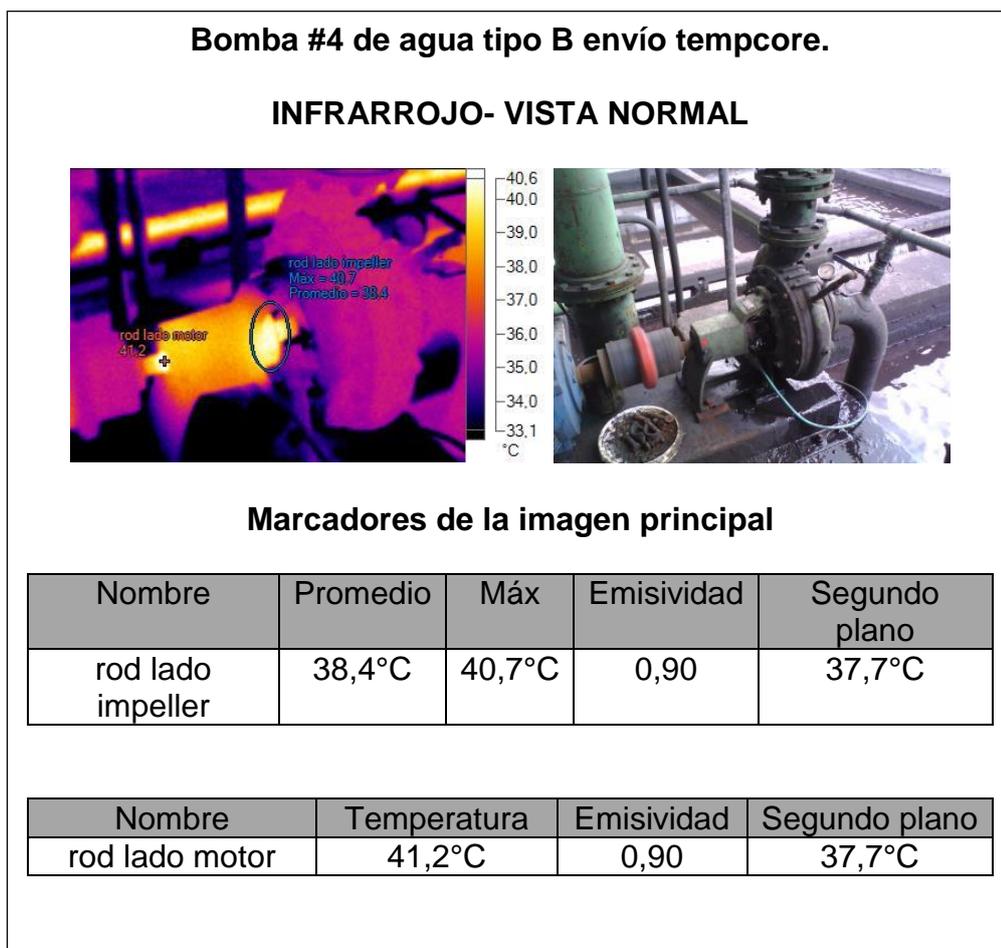


FIGURA 4.57 BOMBA 4 TEMPCORE.

Diagnóstico.

No se encuentra anomalías térmicas, la máxima temperatura registrada es de 41.2°C lado motor, la presión del manómetro de

Temperatura promedio	33,7°C
Rango de la imagen	27,1°C a 37,6°C
Modelo de cámara	Ti105
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Hora de la imagen	09/04/2015 10:46:00
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C
Gravedad	Baja.

salida es de 5 bares, el elastómero del acople no presenta deformaciones ni roturas.

Recomendaciones.

Seguir monitoreando el equipo.

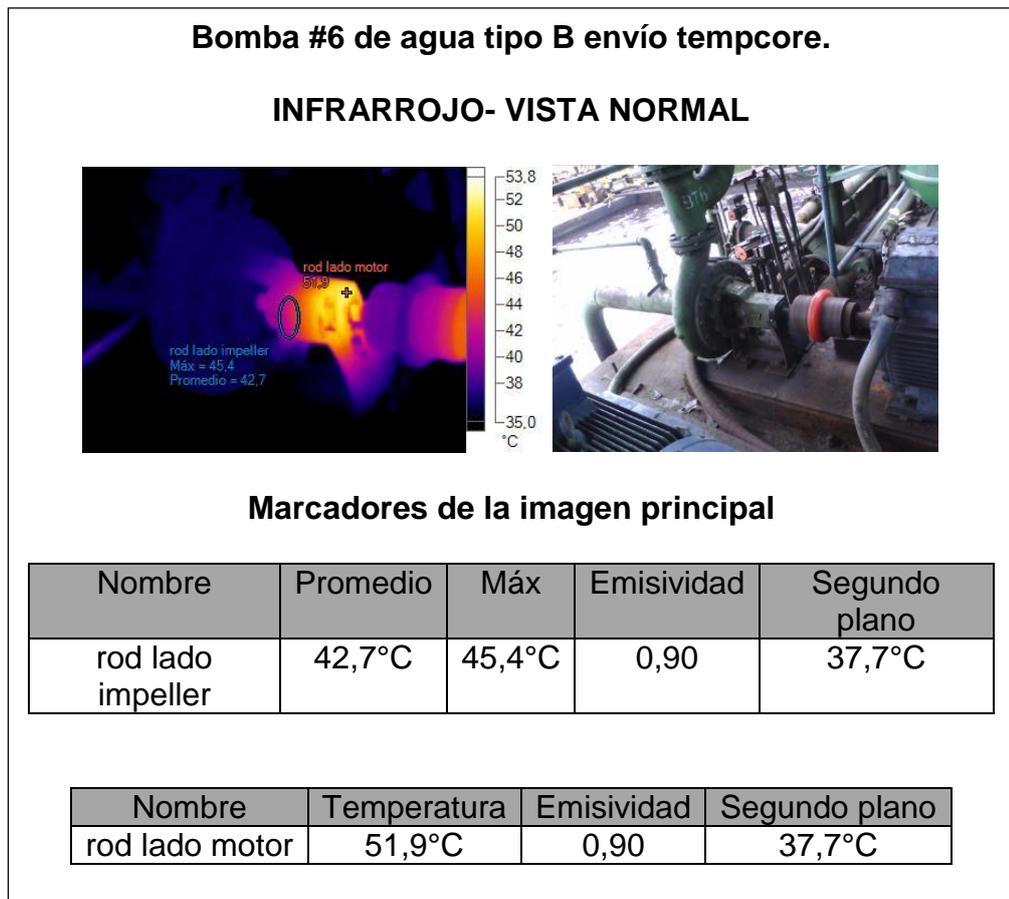


FIGURA 4.58 BOMBA 6 TEMPCORE.

Diagnóstico.

Se observa que esta bomba no tiene un manómetro instalado a la salida, la mayor temperatura se encuentra en la caja del

rodamiento lado motor con un valor de 51.9°C, la temperatura se encuentra por debajo de la temperatura de alarma que es de 75°C.

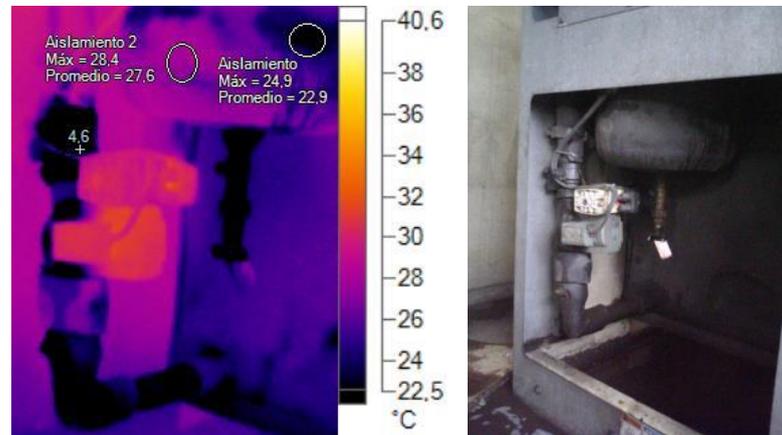
Recomendaciones.

Se requiere instalar un manómetro a la salida de la bomba para conocer la presión que se encuentra la bomba, realizar análisis de vibración para conocer estado de funcionamiento del equipo.

Se toma imágenes térmicas al secador de la sala de compresores de marca Ingersollrand.

Descarga de condensado, Secador sala de compresores.

INFRARROJO- VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
Aislamiento	22,9°C	24,9°C	0,90	33,0°C
Aislamiento 2	27,6°C	28,4°C	0,90	33,0°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Frío	4,6°C	0,90	33,0°C

FIGURA 4.59 SECADOR SALA DE COMPRESORES.

Diagnóstico.

En la zona de descarga de condensado se observa que la válvula se encuentra desconectada, la llave de paso rápido se encuentra abierta en un 10%, siendo continua la descarga de condensado.

Se aprecia que el aislamiento en una de las zonas presenta degradación existiendo una diferencia de 4.7 C.

Recomendaciones.

Realizar mantenimiento a válvula de drenaje retirada hace 6 meses para proceder a reemplazar.

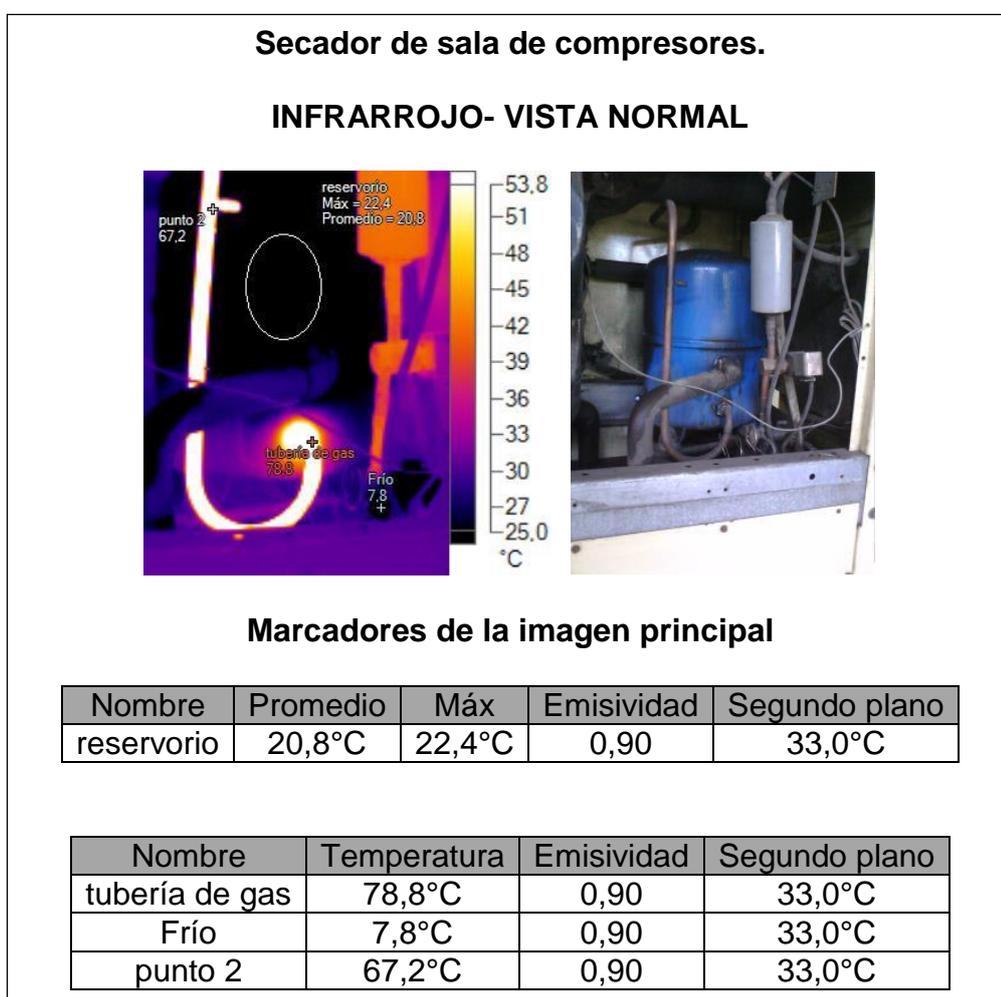


FIGURA 4.60 SECADOR SALA DE COMPRESORES RESERVORIO.

Diagnóstico.

Se puede apreciar que la tubería donde contiene gas se encuentra a una temperatura de 78,8°C.

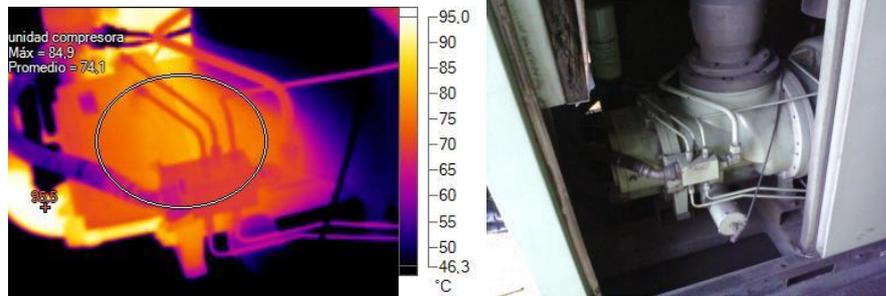
Recomendaciones.

Se requiere seguir monitoreando punto caliente para determinar temperatura normal de trabajo.

Se toma imágenes térmicas en la sala de compresores de laminación, en este sitio se encuentran ubicados tres compresores en los cuales están trabajando dos, el compresor Kaeser SFC 110 y el compresor Sullair, el compresor Bético se encuentra de stand by.

Compresor Sullair, unidad compresora

INFRARROJO- VISTA NORMAL.



Marcadores de la imagen principal

Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
unidad compresora	74,1°C	84,9°C	0,95	33,9°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Caliente	95,5°C	0,95	33,9°C

FIGURA 4.61 SULLAIR UNIDAD COMPRESORA.

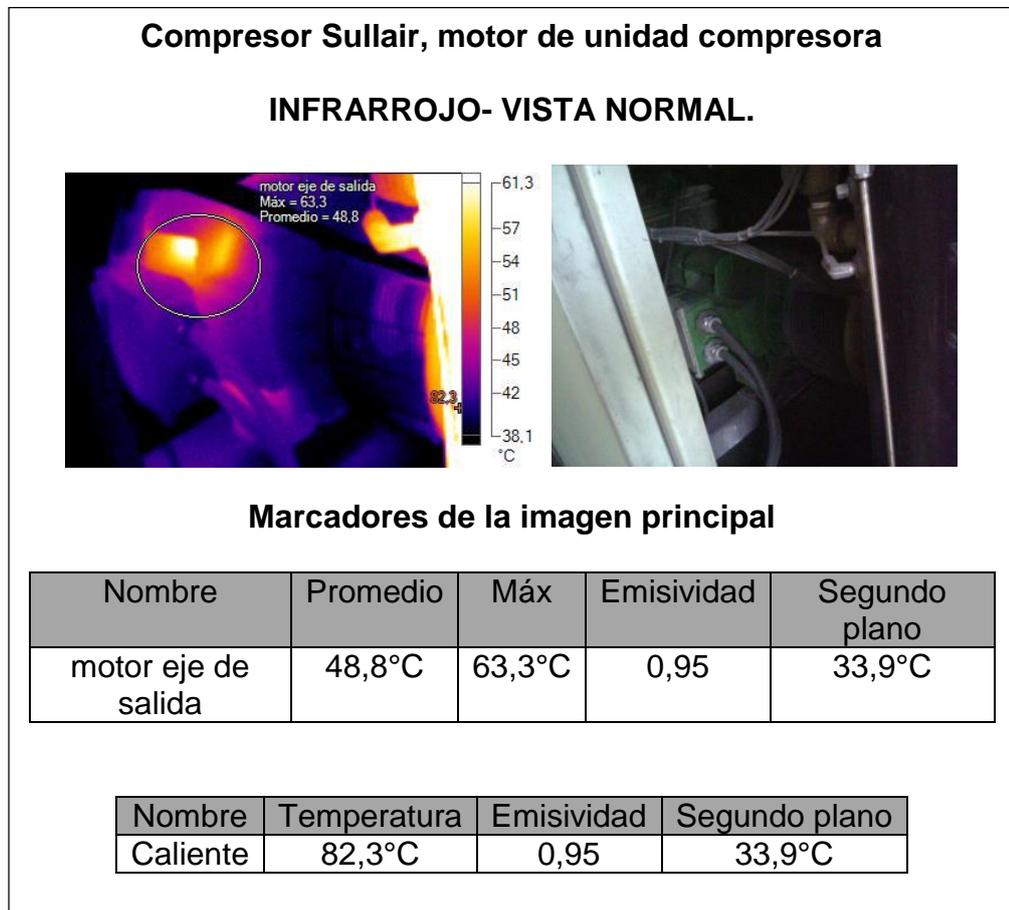


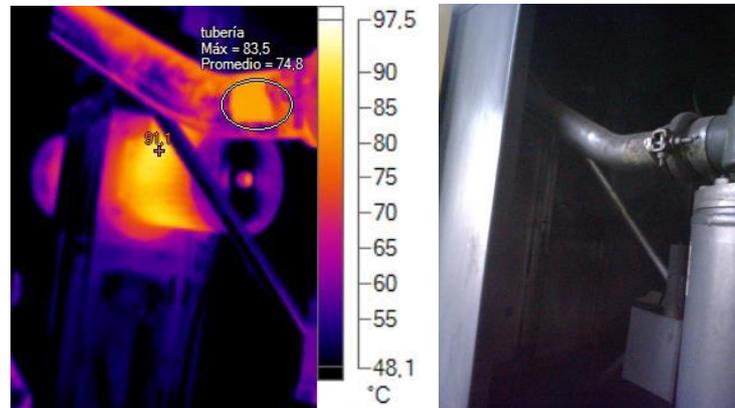
FIGURA 4.62 SULLAIR MOTOR.

Diagnóstico.

Perfil de temperatura sin anomalías térmicas para este tipo de elementos, la lectura de la temperatura de sensores en cada equipo llevan similitud con los datos adquiridos con la cámara infrarroja.

Compresor Kaeser SFC 110, motor del ventilador

INFRARROJO- VISTA NORMAL



Marcadores de la imagen principal

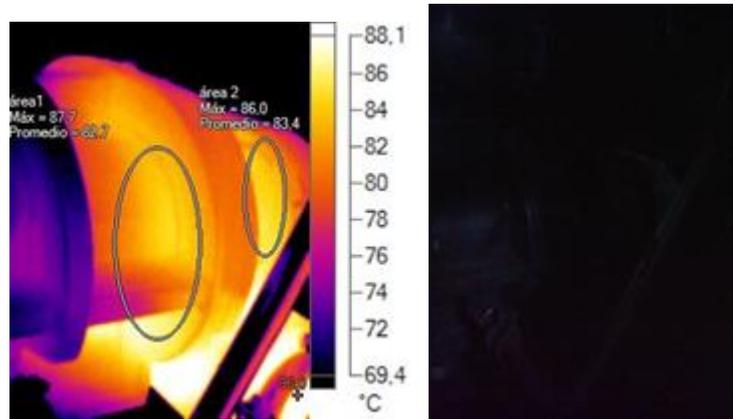
Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
tubería	74,8°C	83,5°C	0,95	38,0°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Caliente	91,1°C	0,95	38,0°C

FIGURA 4.63 KAESER MOTOR VENTILADOR.

Compresor Kaeser SFC 110, unidad compresora

INFRARROJO- VISTA NORMAL.



Marcadores de la imagen principal

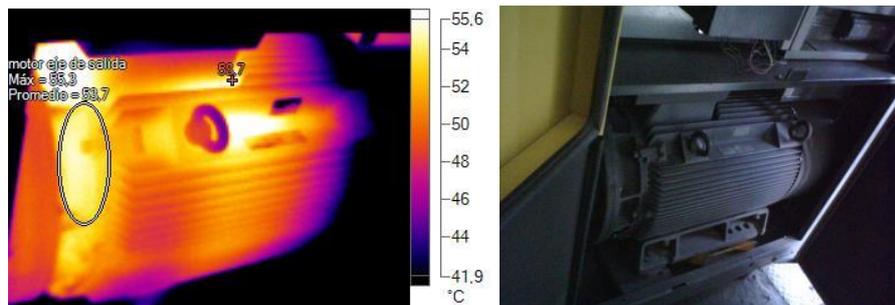
Nombre	Promedio	Máy	Emisividad	Segundo plano
área1	82,7°C	87,7°C	0,95	33,9°C
área 2	83,4°C	86,0°C	0,95	33,9°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Caliente	90,0°C	0,95	36,0°C

FIGURA 4.64 KAESER UNIDAD COMPRESORA.

Compresor Kaeser SFC 110, motor de unidad compresora

INFRARROJO- VISTA NORMAL.



Marcadores de la imagen principal

Nombre	Promedio	Máx	Emisividad	Segundo plano
motor eje de salida	53,7°C	55,3°C	0,95	33,9°C

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Caliente	58,7°C	0,95	33,9°C

FIGURA 4.65 KAESER MOTOR UNIDAD COMPRESORA.

Diagnóstico.

Se revisa los elementos del compresor Kaeser se aprecia que existe temperatura de 91,1°C en el motor del ventilador, la unidad compresora presenta datos similares a los sensores del equipo, encontrando en temperaturas normales de trabajo.

Recomendaciones.

Revisar consumo de corriente en el motor del ventilador, proceder a limpiar acceso de aire, seguir monitoreando.

La lectura de los compresores se presenta a continuación.

Para el compresor Sullair.

Unidad compresora 84,9°C.

Motor de unidad compresora 63,3°C.

Compresor Kaeser SFC 110.

Motor ventilador 91,1°C.

Unidad de compresora 87,7°C.

Motor de unidad compresora 58,7°C.

Recomendaciones.

Se debe de limpiar el equipo por lo menos dos veces a la semana, se encuentra con polvo principalmente en las entradas de aire que sirve para ventilación de la parte interna del equipo, además se recomienda revisar diariamente los parámetros que se pueden apreciar en el supervisor de cada equipo.

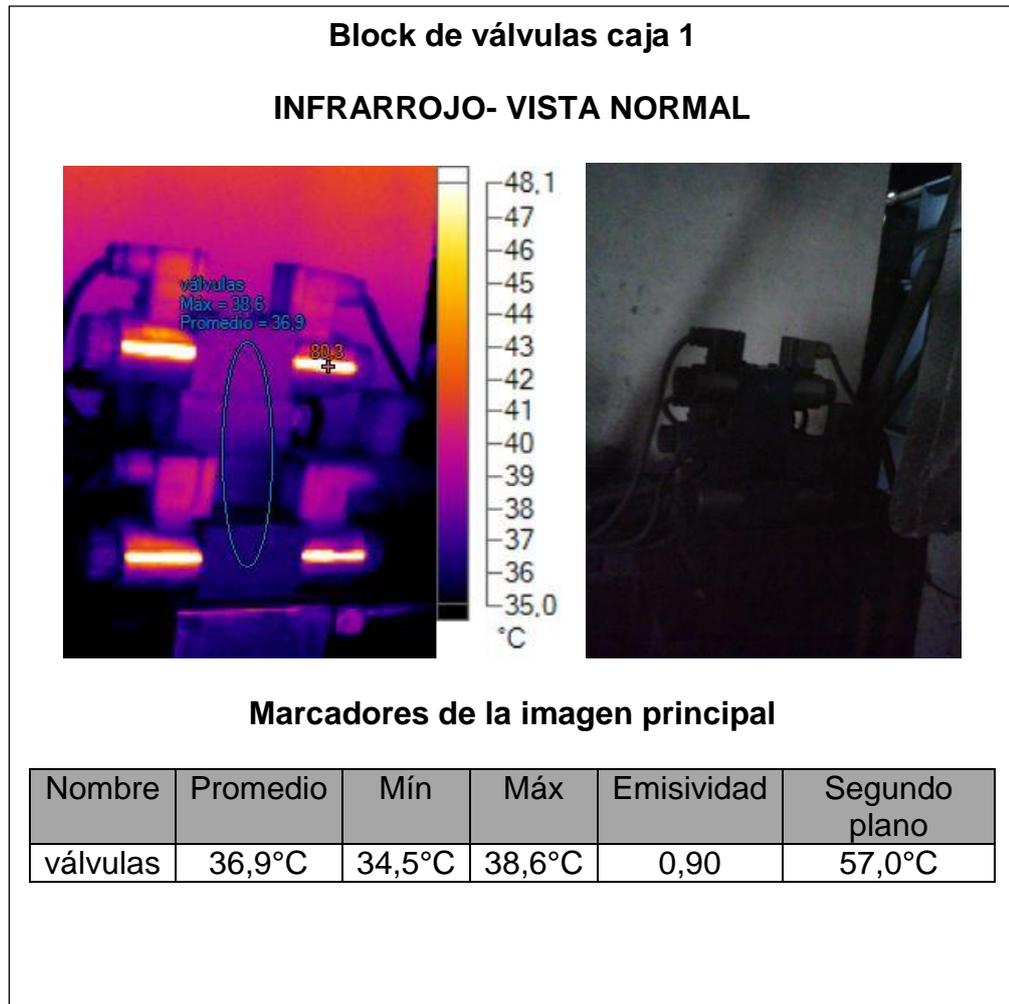


FIGURA 4.66 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 1.

Diagnóstico.

El block de válvulas de la caja #1 al estar cerca del transferidor de palanquilla recibe directamente la radiación que proviene de la palanquilla que sale del horno a una temperatura promedio de 1000°C, el cuerpo de las válvulas no presenta anomalías térmicas.

Recomendaciones.

Se recomienda colocar guarda de protección al block de válvulas y seguir monitoreando el equipo.

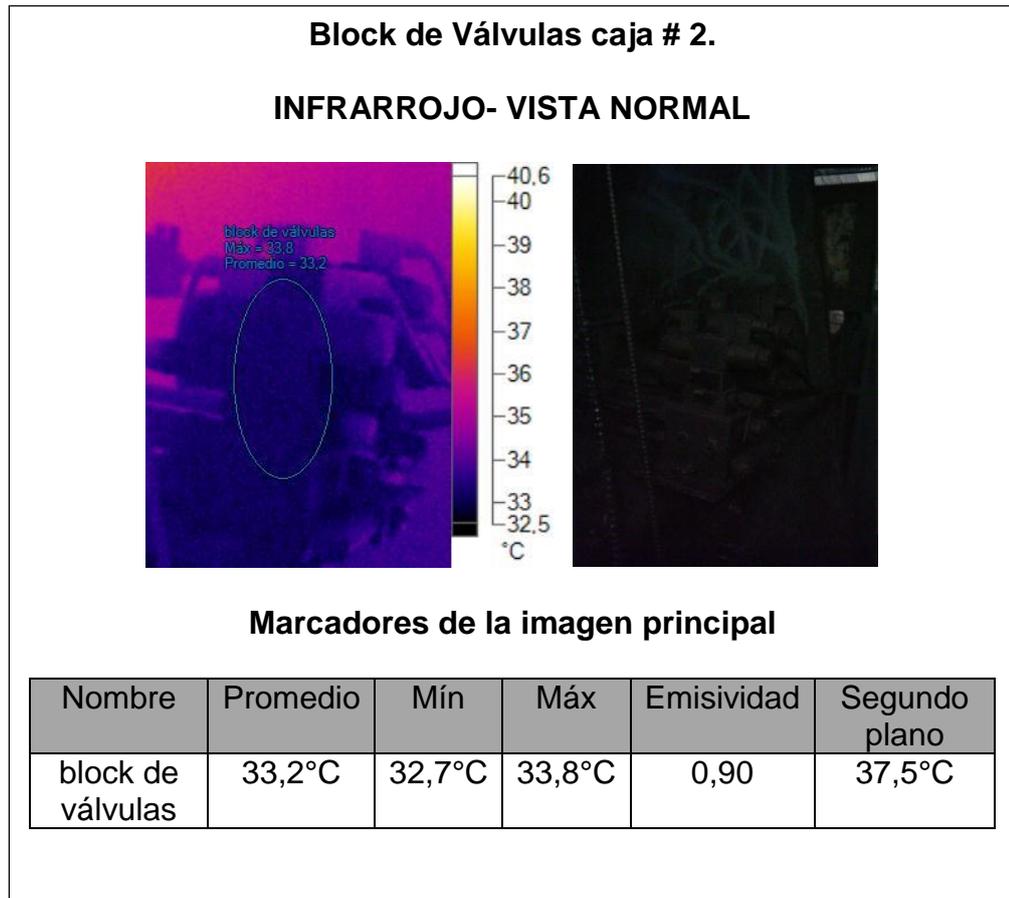


FIGURA 4.67 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 2.

Diagnóstico.

El block de válvulas en la caja #2 se encuentra en la parte posterior de la estructura de la base del reductor en donde no se aprecia anomalías térmicas en las válvulas están a temperatura promedio de 33.2°C.

Recomendaciones.

Realizar limpieza del block por encontrarse con presencia de polvo y aceite, además se debe de seguir monitoreando los elementos hidráulicos.

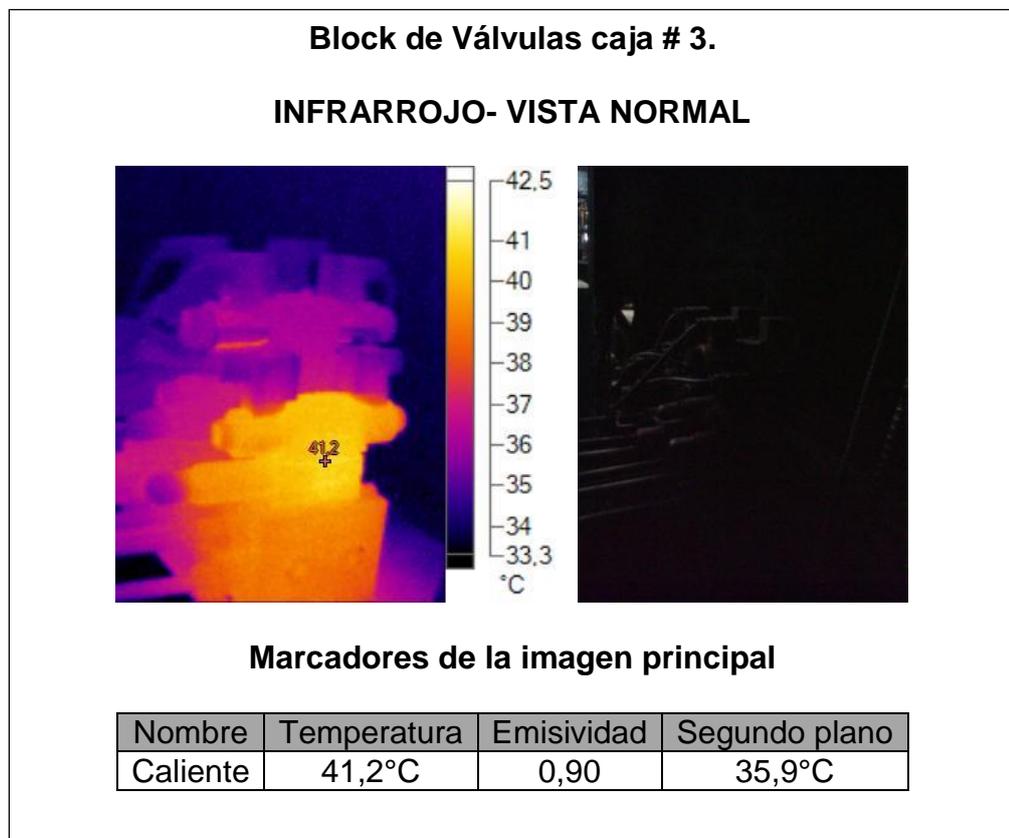


FIGURA 4.68 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 3.

Diagnóstico.

El block de válvulas se encuentra ubicado detrás de la estructura de la base del reductor de la caja #2, la mayor temperatura encontrada

es de 41.2°C, el aceite a la salida de la central se ubica en 43°C, no presenta anomalías térmicas.

Recomendaciones.

Realizar limpieza de block de válvulas porque se encontrar con residuos de aceite y polvo, seguir monitoreando elementos hidráulicos.

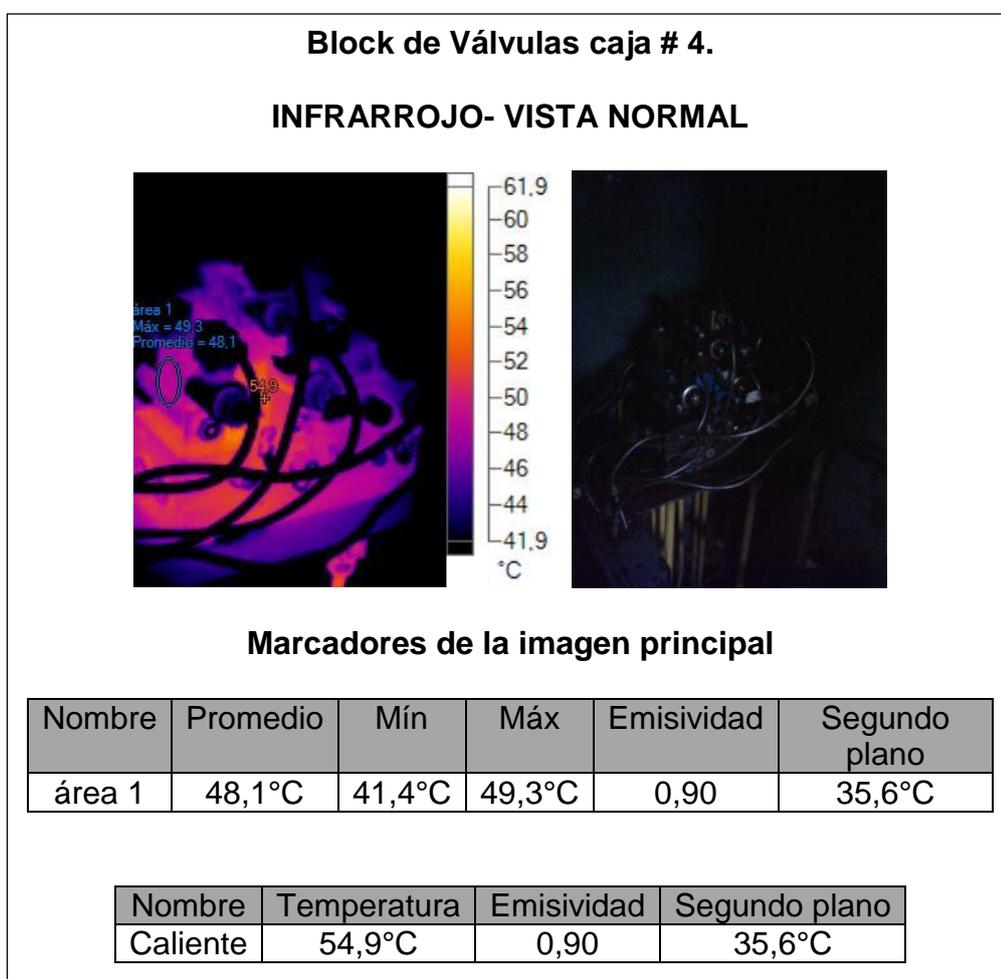


FIGURA 4.69 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 4.

Diagnóstico.

La máxima temperatura registrada en este block es de 54.9°C en la válvula del sensor de presión.

Recomendaciones.

Proceder a revisar sistema hidráulico debido a la temperatura observada.

Seguir monitoreando elementos para observar comportamientos.

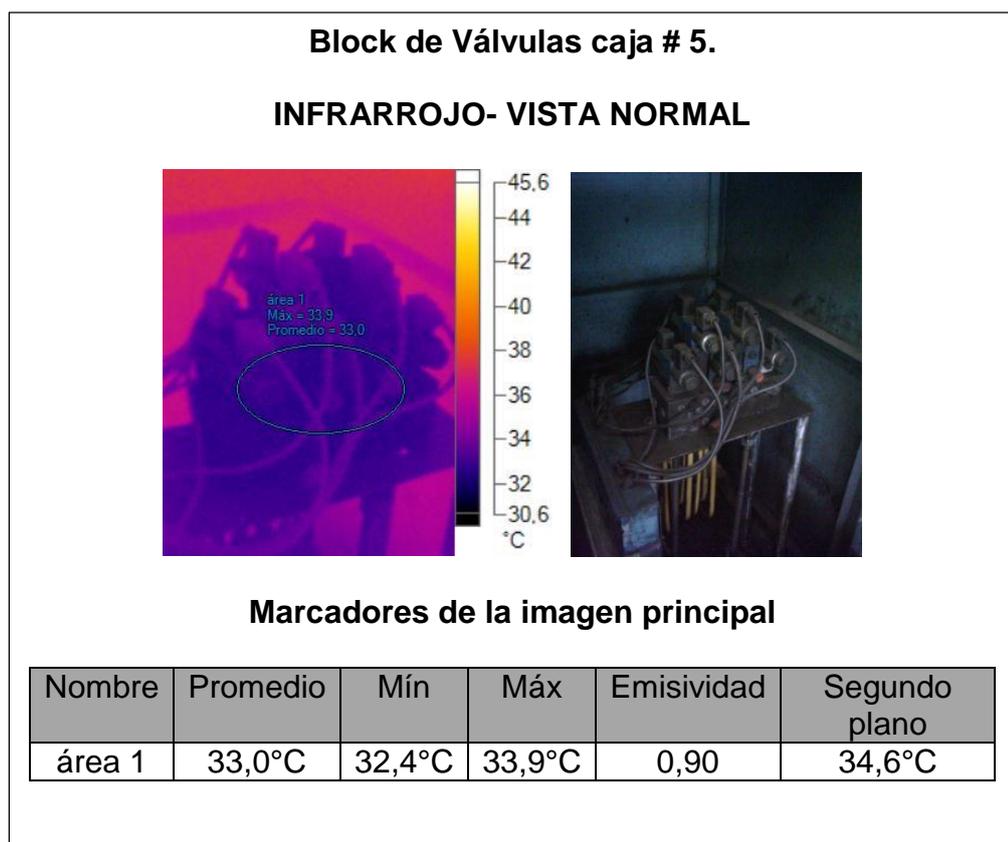


FIGURA 4.70 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 5.

Diagnóstico.

No se encuentra anomalías térmicas en la imagen, todas las electroválvulas se encuentran a una temperatura promedio de 33°C, la caja se encuentra operativa.

Recomendaciones.

Realizar limpieza de las válvulas por contener polvo y aceite en su superficie.

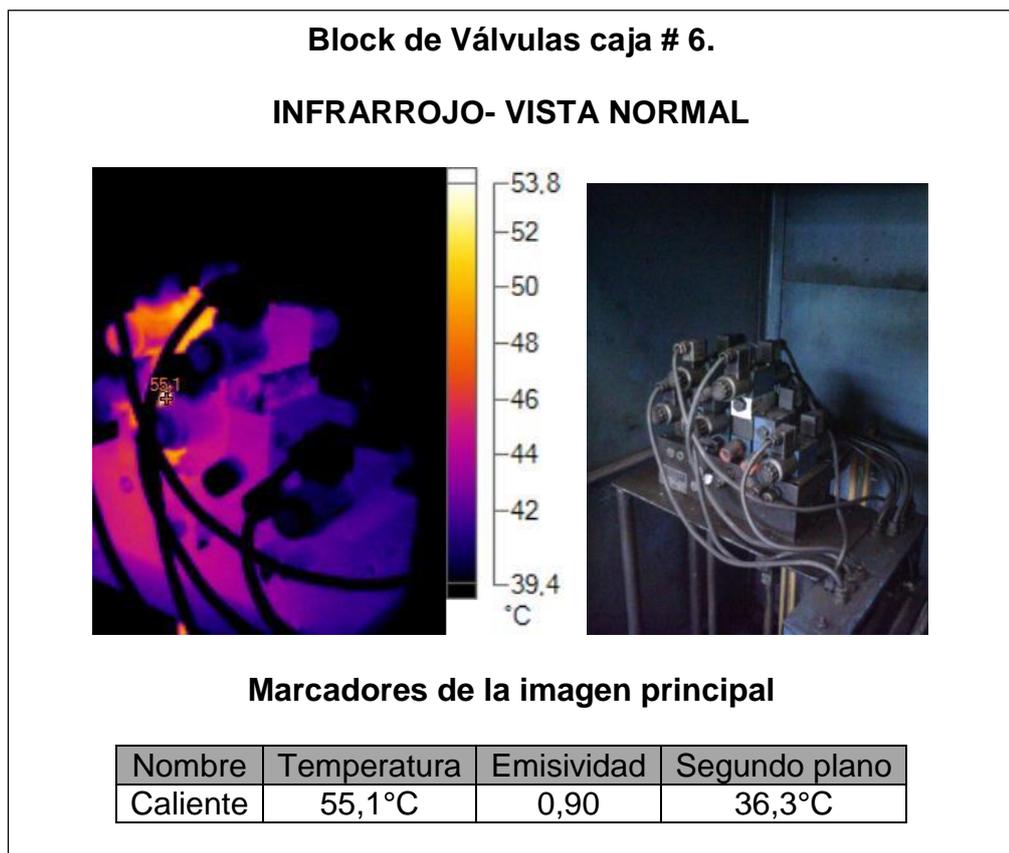


FIGURA 4.71 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 6 VISTA FRONTAL.

Diagnóstico.

Se observa que un juego de válvulas presenta temperatura de 55.1°C.

Recomendaciones.

Se debe de cambiar de ángulo para recolectar otra imagen que permite observar mejor la diferencia de temperatura.

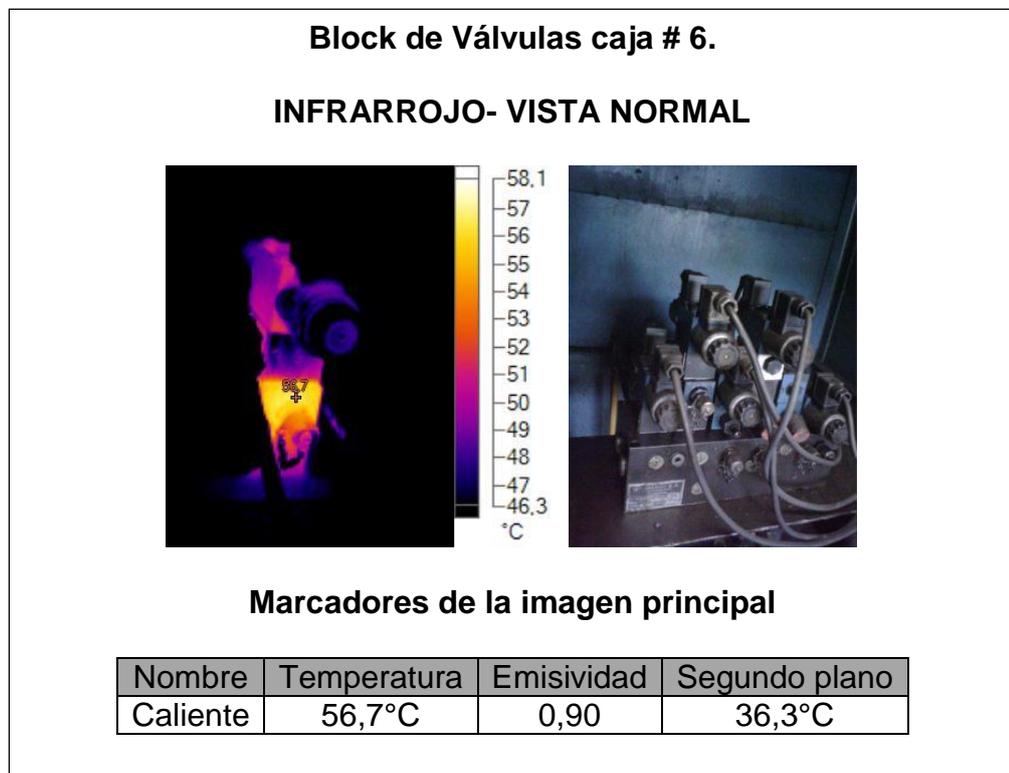


FIGURA 4.72 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 6 VISTA LATERAL.

Diagnóstico.

Se encuentra el block de válvulas con una temperatura de 56.7°C en la válvula reguladora de presión de ampuestas.

Recomendaciones.

Revisar sistema hidráulico y seguir monitoreando equipo.

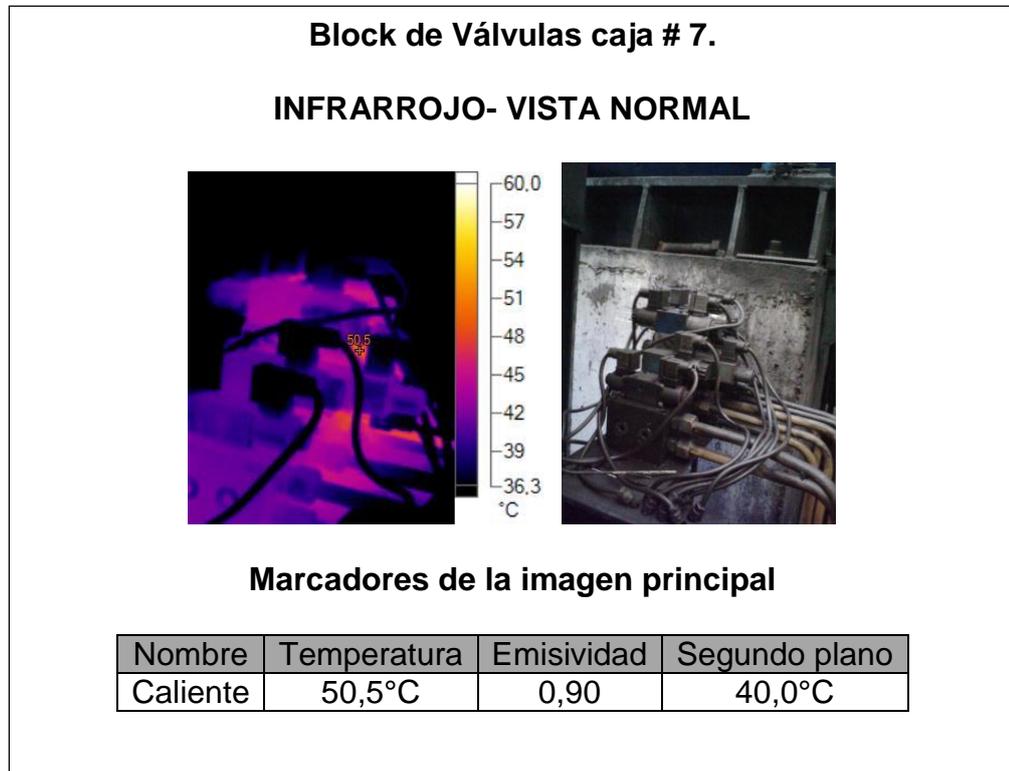


FIGURA 4.73 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 7.

Diagnóstico.

La máxima temperatura del block de válvulas registrado es de 50.5°C, se considera que se encuentra en estado normal de temperatura debido a que el aceite a la salida de la central se encuentra en 45°C.

Recomendaciones.

Realizar limpieza del block de válvulas por que presenta polvo y aceite en su superficie.

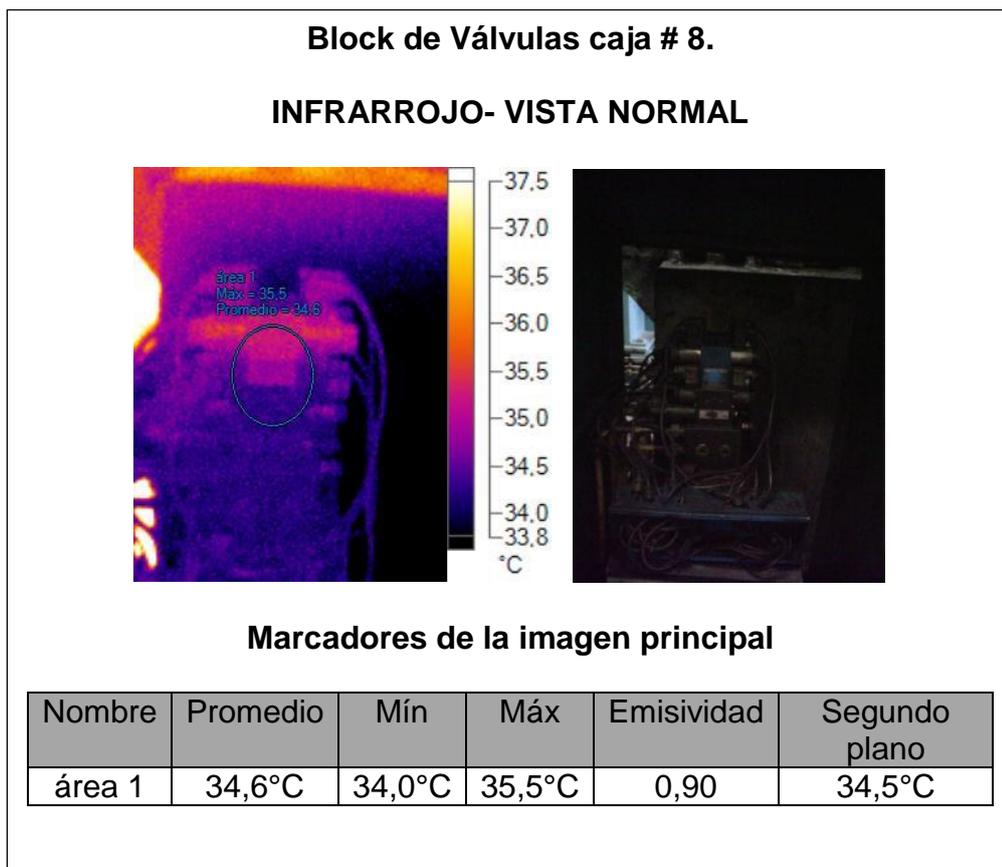


FIGURA 4.74 BLOQUE DE VÁLVULAS CAJA 8.

Diagnóstico.

Se observa que el block de válvulas mantiene una temperatura en promedio de 34.6°C, la caja se encuentra en funcionamiento y no presenta anomalías térmicas.

Recomendaciones.

Seguir monitoreando el equipo con la finalidad de determinar condiciones normales de trabajo.

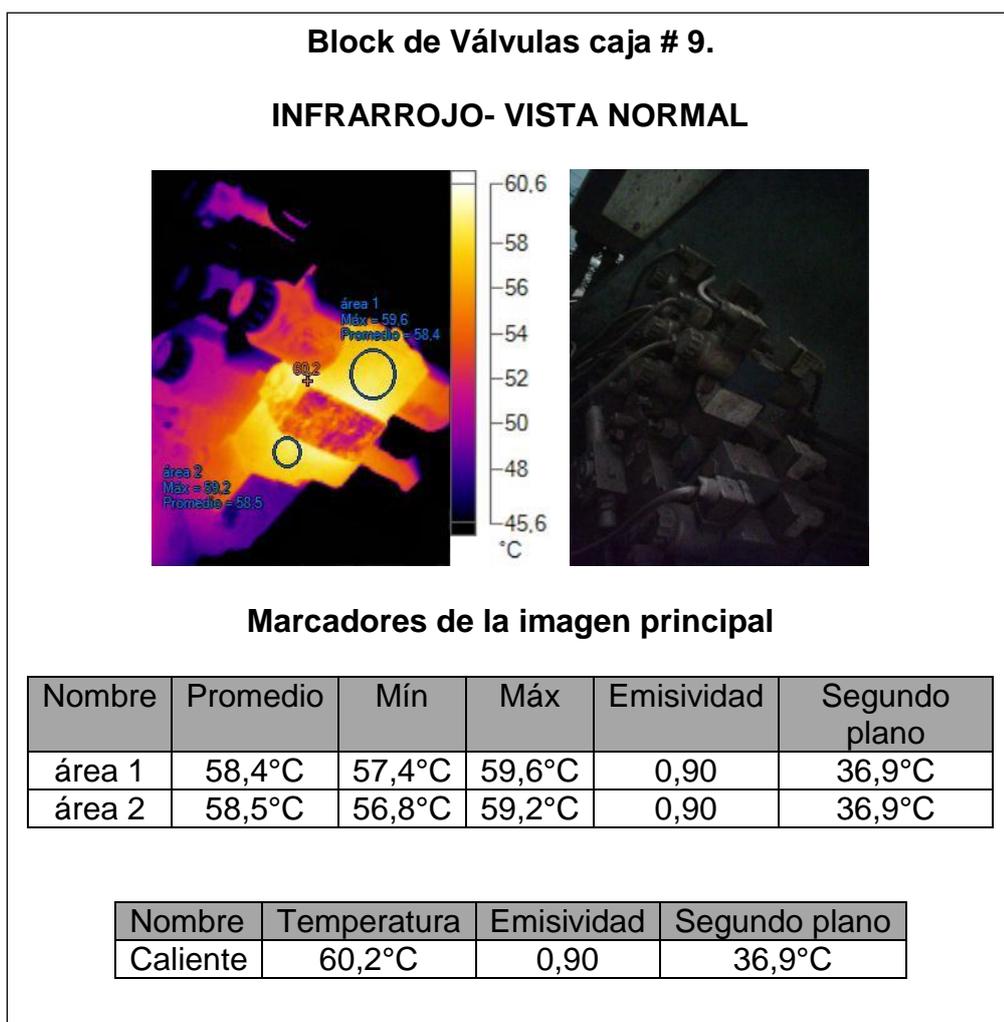


FIGURA 4.75 BLOQUE DE VÁLVULAS CAJA 9.

Diagnóstico.

Se observa que en la válvula check se encuentra una temperatura de 60,2°C, esta temperatura puede deteriorar los o'ring.

Recomendaciones.

Revisar sistema hidráulico cuando la planta se encuentre apagada para no interferir en la producción.

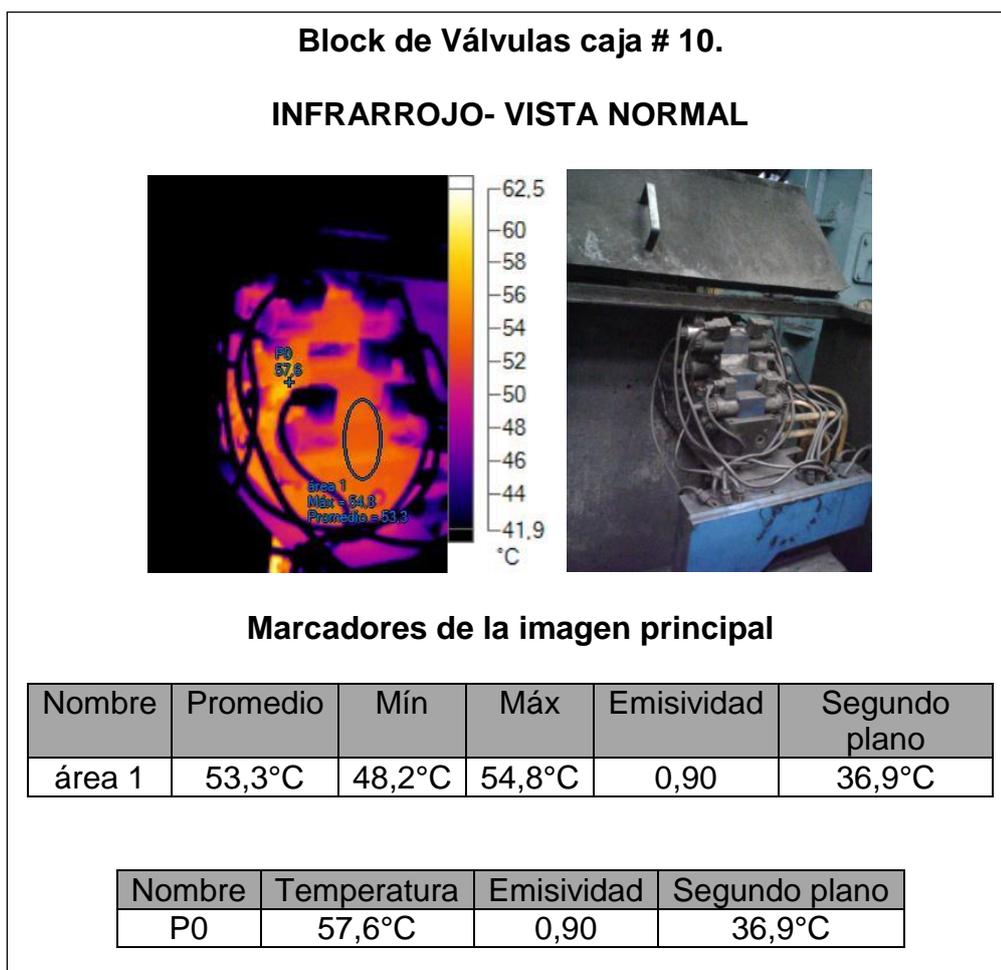


FIGURA 4.76 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 10.

Diagnóstico.

Se aprecia en todo el block de válvulas una temperatura promedio de 53.3°C, en una de las zonas más calientes llega a 57.6°C.

Recomendaciones.

Revisar sistema hidráulico de esta caja debido a que todas las válvulas presentan temperaturas mayores a los 50°C

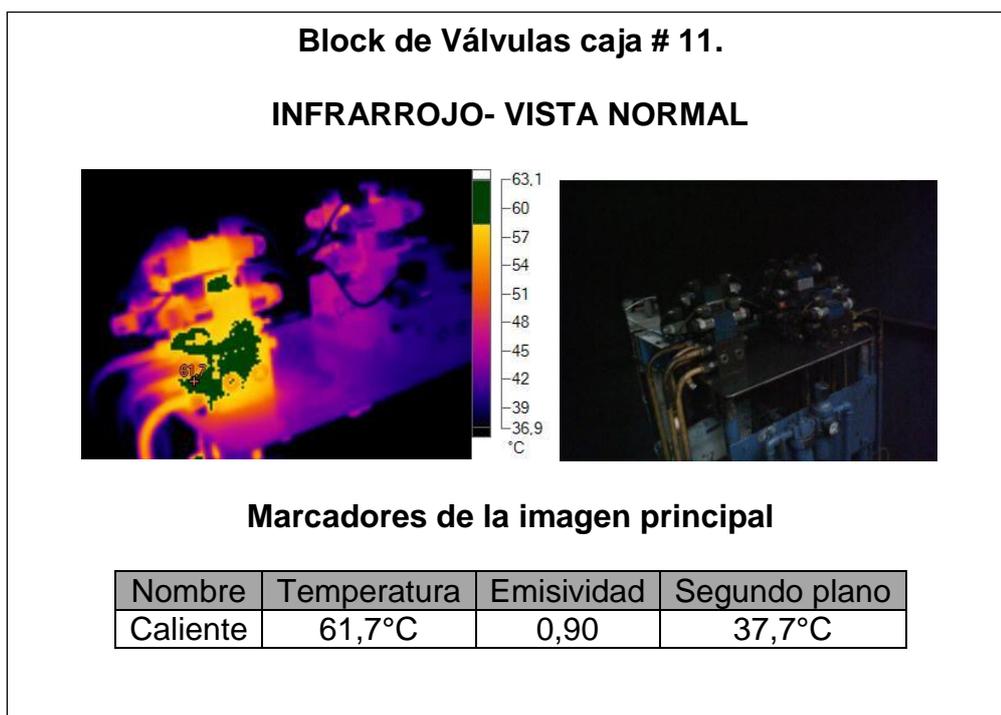


FIGURA 4.77 BLOCK DE VÁLVULAS CAJA 11.

Diagnóstico.

Las cajas convertibles de Bascotecnia cuentan con dos blocks hidráulicos, la mayor temperatura se encuentra en el block de válvulas auxiliares donde está el accionamiento de la conversión llega a una temperatura de 61.7°C. Presentado en la sección de color verde.

Recomendaciones.

Realizar revisión de sistema hidráulico de la caja para evitar que presente temperaturas altas, tener disponible o'ring para el tamaño de estas válvulas, dar seguimiento al monitoreo de los elementos hidráulicos.

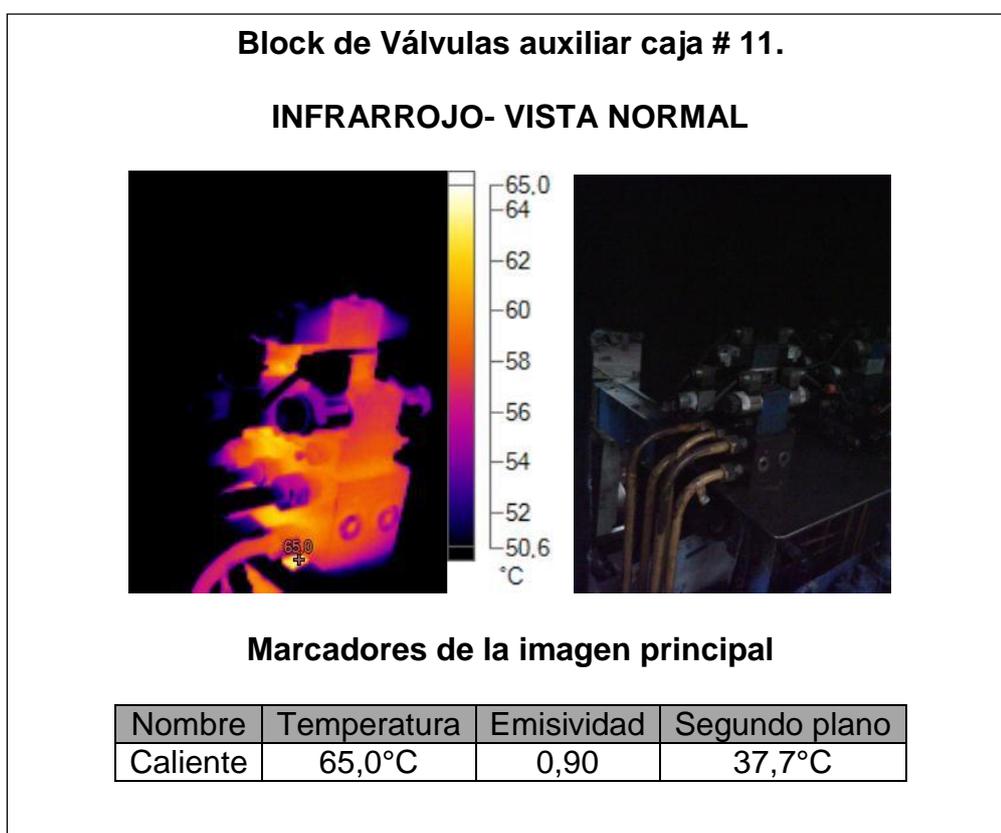


FIGURA 4.78 BLOCK DE VÁLVULAS AUXILIAR CAJA 11.

En el block hidráulico auxiliar de la caja convertible la máxima temperatura registrada es de 65°C en la conexión del racor, se

requiere revisar el sistema para evitar el incremento de temperatura en cada elemento.

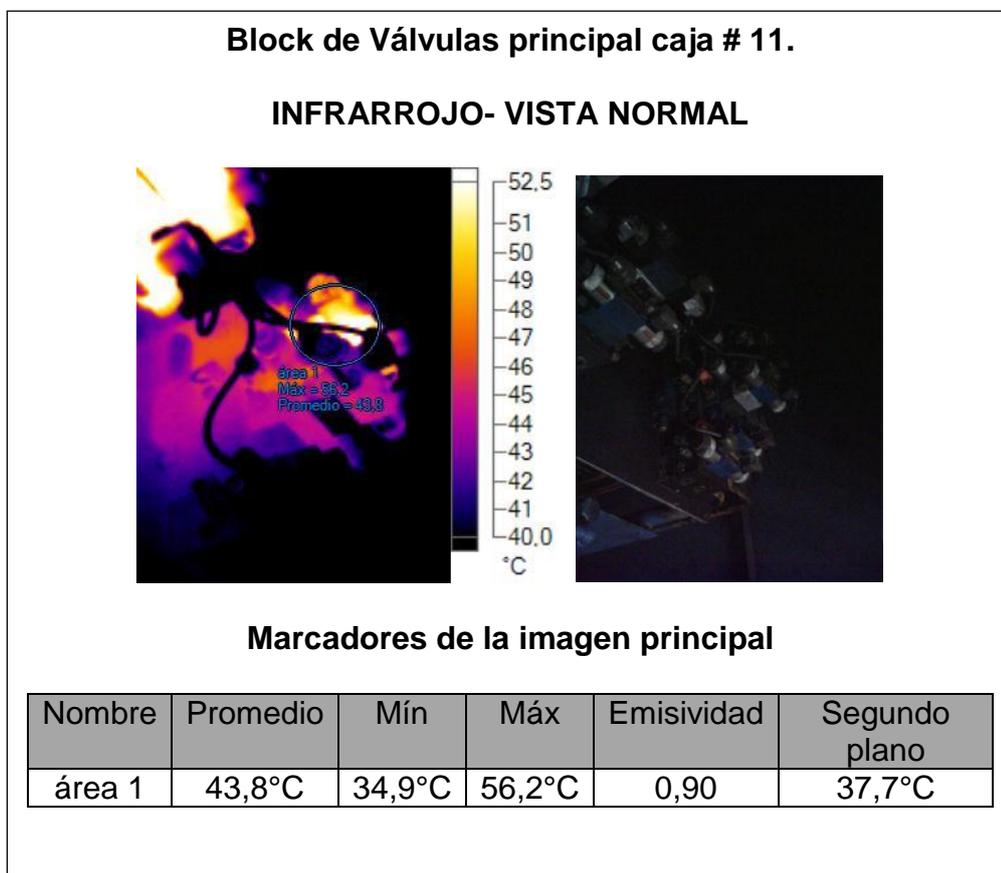


FIGURA 4.79 BLOCK DE VÁLVULAS PRINCIPAL CAJA 11.

La temperatura máxima es de 56,2°C, se requiere revisar estado del sistema hidráulico.

Resumen block de válvulas.

Se requiere revisión del sistema del block hidráulico en las siguientes cajas.

- Caja 4.
- Caja 6.
- Caja 9.
- Caja 10.
- Caja 11.

En los apéndice C; D, y E se presenta un sumario de los análisis de la imágenes térmicas realizadas.

CAPÍTULO 5

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

5.1 Evaluación de Resultados.

La razón por la que la termografía es una herramienta tan útil y especial es la posibilidad de trabajar con imágenes, el hecho de observar la imagen térmica es buscar posibles anomalías, para analizar los resultados se utiliza dos métodos que son el cualitativo y el cuantitativo.

Los resultados de los informes térmicos presenta el estado de los equipos considerando las condiciones en las que se encuentran trabajando, se puede notar que el reductor con código LAC-TLA-03-09-02-06 correspondiente al reductor intermedio de la caja # 4 y # 5 presenta temperaturas superiores a los demás reductores, considerando que la temperatura que alcanza no es alarmante, sin embargo se revisa el estado del reductor y desde la instalación ha

presentado temperaturas altas, por otro lado se tiene información relevante de la radiación que emite las bobinas de las válvulas del sistema de aire-aceite al presentar anomalías en su funcionamiento conlleva a efectos desastrosos si fallan.

Los resultados obtenidos de los análisis realizados sirven de línea base para determinar el estado en el que está trabajando cada elemento, cualquier variación significativa de temperatura será causante de verificar las condiciones normales de trabajo.

Luego de las inspecciones termográficas se coordina los trabajos emergentes con el supervisor de MML, se procede a realizar los cálculos de los KPI'S correspondientes al mes de marzo.

TABLA 24
INFORMACIÓN PARA CÁLCULO KPI'S DE MARZO.

INFORMACIÓN	Oct-15	Nov-14	Dic-14	Ene-15	Feb-15	Mar-15
TIEMPO DISPONIBLE PROD. (h)	749.1	692.3	428.2	700.0	203.0	583.8
TIEMPO FALLA MML (h)	8.8	14.6	9.0	36.7	6.9	6.2
TIEMPO PARADA PROGRAMADA MML (h)	2.0	2.0	0.6	3.2	0.3	0.6
TONELADAS OPTIMAS PRODUCIDAS (tn)	21814.2	22877.5	16887.2	19793.1	6384.2	16461.8
COSTO CONTABILIDAD DE MML (\$)	65928.0	45681.2	40876.9	72624.2	57680.0	62231.0
COSTO DE TRANSFORMACION (\$)	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0
COSTO MML (\$)	15311.3	18954.3	21494.3	19970.2	22600.0	21566.2
COSTO MANT. PREVENTIVO MML (\$)	14253.0	17350.0	19917.3	17783.6	20687.0	20477.5
COSTO MANT CORRECTIVO CON PERDIDA DE TIEMPO PRODUCTIVO (\$)	1058.3	1604.3	1576.9	2186.7	1913.0	1088.7
THROUGHPUT	1224.6	1224.6	1224.6	1224.6	1224.6	1224.6
PRODUCTIVIDAD	42.84	44.02	42.04	41.54	42.06	42.17

Con la información presentada en la tabla 24 se realiza los cálculos para la determinación de los indicadores del mes de marzo.

Cálculo de Kpi's Mes de Marzo.

% Costos de Paradas No Programadas (CPNP).

$$CPNP = \frac{(TFML * THUL + CMC)}{TOL * CTPL} * 100$$

$$CPNP = \frac{(6,2 * 1224,61 + 1088,7)}{16461,8 * 75} * 100$$

$$CPNP = \frac{(8681,28)}{1234635} * 100$$

$$CPNP = 0,70$$

% Costo de Mantenimiento (CM).

$$CM = \frac{CMML}{TOL}$$

$$CM = \frac{62231}{16461,8}$$

$$CM = 3,78$$

% Costo Mantenimiento Preventivo (CMP).

$$CMP = \frac{CMML - CMC}{CMML} * 100$$

$$CMP = \frac{21566,2 - 20477,5}{21566,2} * 100$$

$$CMP = \frac{20477,47}{21566,2} * 100$$

$$CMP = 94,95$$

% Confiabilidad (CONF).

$$CONF = \frac{(TDPL - TFML)}{TDPL} * 100$$

$$CONF = \frac{(583,82 - 6,18)}{583,82} * 100$$

$$CONF = 98,94$$

% Disponibilidad (DISP).

$$DISP = \frac{(TDPL - TFML - TPPMMPL)}{TDPL} * 100$$

$$DISP = \frac{(583,82 - 6,18 - 0,58)}{583,82} * 100$$

$$DISP = 98,84$$

Índice de Mantenimiento Productivo (IMP).

$$IMP = \frac{\left(\frac{CMMML}{(CTL * TOL)} + THUTL * TFML\right)}{(TOL * PL)} * 100$$

$$IMP = \frac{\left(\frac{62231}{(75 * 16461,834)} + 1224,61 * 6,18\right)}{(16461,834 * 42,17)} * 100$$

$$IMP = \frac{7568,14}{694195,53} * 100$$

$$IMP = 1,09$$

Los valores calculados se comparan con los rangos de cada color de la tabla 3 para conocer el estado del indicador, se observa el mes de marzo en la tabla 25 que la gestión de MML cumplió con las metas de los indicadores a comparación de los dos meses anteriores.

TABLA 25
KPI'S MARZO.

Nombre de KPI (Indicador)	SIGLAS	Unidad de Medida	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15
%Costos de paradas no programadas	CPNP	%	● 0,72	● 1,14	● 1,00	● 3,18	● 2,16	● 0,70
%Costo mantenimiento	CM	%	● 4,03	● 2,66	● 3,23	● 4,89	● 9,03	● 3,78
% Costo Mto Preventivo	CMP	%	● 93,09	● 91,54	● 92,66	● 89,05	● 91,54	● 94,95
%Confiability	CONF	%	● 98,82	● 97,89	● 97,90	● 94,76	● 96,60	● 98,94
%Disponibilidad	DISP	%	● 98,56	● 97,60	● 97,75	● 94,30	● 96,48	● 98,84
Indice de mantenimiento productivo (MML)	IMP	%	● 4,75	● 3,80	● 4,22	● 8,07	● 3,16	● 1,09

En un equipo puntual se realiza la comparación económica del costo-beneficio de llevar un plan de mantenimiento predictivo utilizando la técnica de termografía infrarroja, el equipo escogido es el ventilador del horno, debido a que el año 2014 se tuvo que realizar dos intervenciones debido a daños en los rodamientos de las chumaceras.

Al ser un equipo crítico para la producción, se solicita parar la planta para la debida intervención y mantenimiento, en la orden de servicio MML 012648 se consulta el tiempo que se demoraron en poner en marcha el equipo que fue de 8 horas trabajando dos personas.

Los rodamientos empezaron a incrementar su temperatura, generaron huella en el diámetro del eje provocando su daño, se reemplazaron los repuestos averiados, al no haber podido predecir la falla incurre en tiempo de ejecución más prolongados, porque se debe de buscar y retirar de bodega los repuestos necesarios para el mantenimiento, tiempos improductivos de mano de obra mientras se consigue las herramientas necesarias. Es por tal motivo que se hace una comparación con la orden EAM 12540 en donde el tiempo de intervención fue de 6 horas con dos personas, los rodamientos no llegaron a dañar al eje por lo que se utilizó el mismo elemento.

TABLA 26
COMPARACIÓN ECONÓMICA DE LA FALLA DE UN
VENTILADOR NO MONITOREADO VERSUS EL MONITOREO
TÉRMICO.

Comparación Económica de Aplicación de Técnicas de Predicción.		
Costo Parada/min		\$ 14,00
Costo Mano obra/min		\$ 0,06
Ventilador del Horno		
Equipo a Falla		
Repuestos	1	\$ 1.931,56
Mano de Obra (min)	960	\$ 55,04
Tiempo de Ejecución (min)	480	\$ 6.720,00
Tiempo Planificación (min)	20	\$ 1,15
Total		\$ 8.707,75
Técnicas de MTTO predictivo		
Repuestos	1	\$ 1.451,56
Mano de Obra (min)	720	\$ 41,28
Tiempo de Ejecución (min)	360	\$ 5.040,00
Tiempo Planificación (min)	20	\$ 1,15
Total		\$ 6.533,99
Ahorro		\$ 2.173,76

De la tabla 26 se observa que se tuvo un ahorro de \$ 2173,76 en donde se mejoró el tiempo de planificación y ejecución.

5.2 Análisis Cualitativo.

El análisis cualitativo es utilizado para revelar y localizar la existencia de posibles anomalías y evaluarlos.

En la recolección de información de imágenes térmicas se realiza un barrido del equipo para determinar la existencia de algo inusual para poder realizar una revisión minuciosa.

Las características del análisis cualitativo son:

- Analiza patrones térmicos en la imagen.
- Determina si existe alguna anomalía.
- Determina el sitio donde se encuentra.
- Se basa solo en temperatura aparente.
- Esta lectura se realiza primero.

En este proyecto se realiza la comparación en equipos que trabajan en el mismo sistema como es el caso de los blocks de válvulas en donde se presenta temperaturas diferentes.

5.3 Análisis Cuantitativo.

En este análisis se utiliza la medida de la temperatura como criterio para determinar la gravedad de un problema y así determinar su prioridad de intervención para la reparación.

Con la información recolectada se clasifica los problemas dependiendo la importancia que tenga para el sistema de producción, dando prioridad a los que tenga una severidad alta.

Las características del análisis cuantitativo son:

- Clasifica la severidad de las anomalías.
- Menciona la medida de temperatura.
- Se realiza compensación.
- No siempre es relevante.

Los informes presentados de los análisis se recomienda la revisión de los elementos que presentan temperaturas que se acercan a la considerada como alarma, además se nota que existen elementos que presentan mayor temperatura que las otras, se da prioridad a las que poseen mayor temperatura como es el caso del reductor 2 de la torre de enfriamiento de agua tipo B en donde muestra una

temperatura alta en el eje de entrada figura 4.56, requiere ser reemplazado.

5.4 Delta t o Variación de la Temperatura.

La medida del Delta T se utiliza para determinar cuánto se aleja la temperatura actual de un componente “anomalía” y alguna temperatura de referencia valor “normal”, a esto se llama una medida cuantitativa comparativa.

Se necesita establecer una referencia de lo que se considera como normal y se utiliza para realizar las comparaciones, según se desarrolla el plan de mantenimiento predictivo utilizando la técnica de la termografía Infrarroja.

La comparación cuantitativa de la variación de temperatura se realiza en la figura 4.37; figura 4.40 y figura 4.42 en donde se analiza las chumaceras de las alargaderas del árbol de transmisión, la diferencia delta t entre la mayor y menor temperatura es de 11,3°C (59,7°C - 48,4°C).

5.5 Verificación de Cámaras Termográficas

Para la calidad de los informes es indispensable tener un equipo que se encuentre con un certificado de verificación de calibración, la vigencia de estos certificados son de un año, la verificación de

calibración con certificado es brindado por un proveedor de servicios representante de la marca de la cámara.

Una verificación de calibración no puede garantizarle que la cámara está en buenas condiciones, pero si indica si la lectura otorgada está equivocada.

Se verifica la cámara comparando las imágenes con muestreo puntual con el pirómetro, bajos las mismas condiciones, en donde muestra temperatura muy cercana.

CAPÍTULO 6

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Conclusiones.

Como conclusiones del presente proyecto se destacan las siguientes.

1. La termografía es una herramienta muy útil para la determinación del estado térmico de los elementos mecánicos, se puede conseguir de manera precisa mediante la utilización de marcadores de imagen en donde se encuentra la mayor radiación térmica.
2. La termografía infrarroja puede detectar y mostrar anomalías térmicas que no pueden ser visibles al ojo humano, con el objetivo de tomar decisiones al determinar el estado del equipo.

3. Con el desarrollo del plan de mantenimiento predictivo utilizando termografía se tendrá información del comportamiento de los elementos de los equipos con relación al tiempo, se podrá determinar el comportamiento tendencial que ayuda a predecir de mejor manera el momento de la intervención.
4. Las rutas implementadas sirven de guía técnica para la práctica que permita monitorear los diferentes equipos de la planta de laminación, obteniendo el estado térmico de cada uno.
5. Uno de los factores para que MML cumpla con las metas mensuales es evitando que los equipos fallen por problemas mecánicos, al realizar monitoreo, revisión y ajustes se ha evitado las paras innecesarias esto lo demuestra que en el mes de marzo se cumplió con todas las metas.
6. De la información recopilada del informe mensual de producción que presenta la tabla 24 se observa que el valor

de la productividad del mes de marzo es mayor de los últimos cuatro meses dando un valor de 42,17

6.2 Recomendaciones.

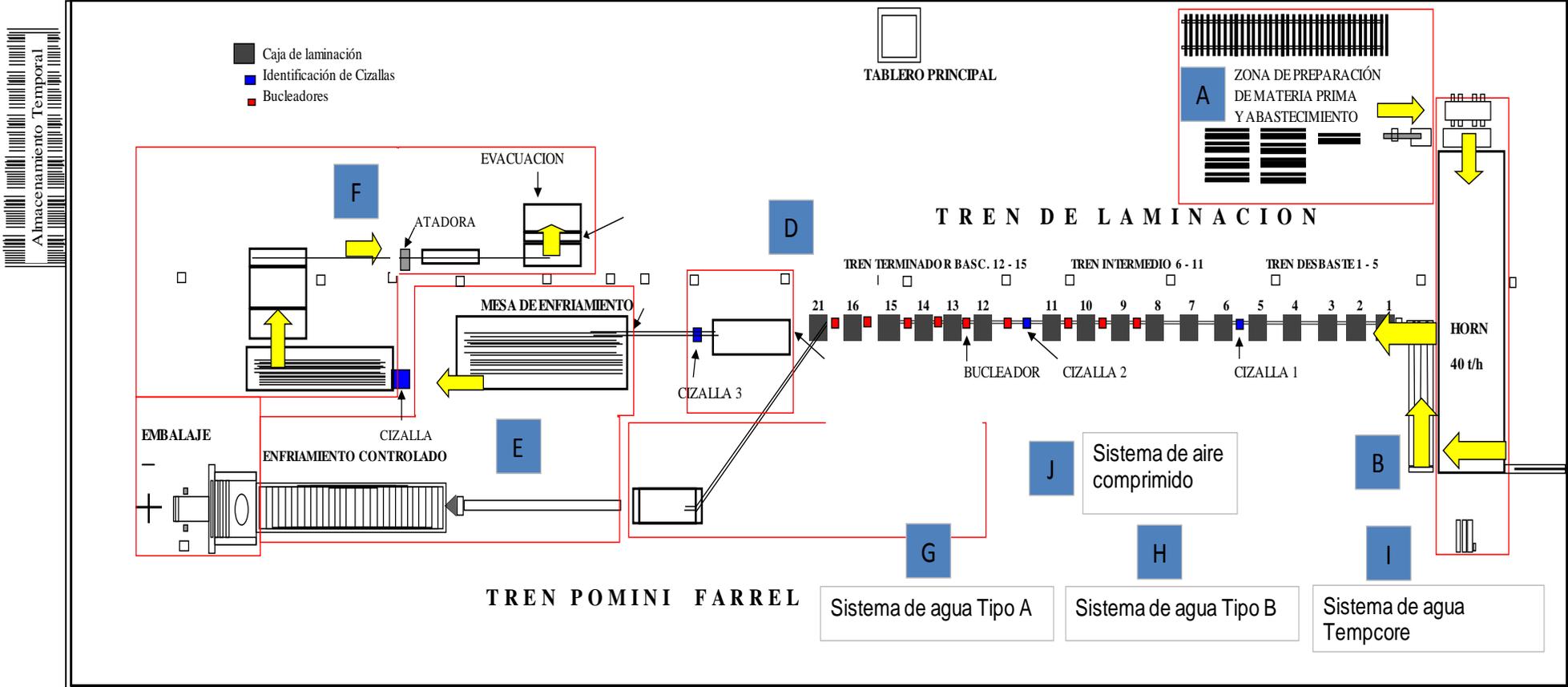
1. Seguir monitoreando los equipos con la utilización de la termografía, tomando en consideración los valores de la emisividad y la temperatura aparentemente reflejada, tener en cuenta que la imagen debe tener una alta calidad de resolución para que brinde un resultado confiable al realizar el análisis de la imagen.
2. Evitar exponer el lente de la cámara a los rayos solares debido a que puede sufrir averías.
3. Considerar la aplicación de monitoreo por vibraciones que mejoren el conocimiento del estado de los equipos.
4. Si existe una anomalía térmica considerada como crítica, parar el equipo revisar estados de calibración si requiere intervención proceder al respectivo mantenimiento y luego volver monitorear equipo para conocer una nueva línea base.

5. Realizar en el mes de agosto una nueva auditoría para comparar con la realizada en este estudio.

APÉNDICE

Apéndice A

DISTRIBUCIÓN DE PLANTA



Apéndice B

Críticidad de Equipos

CODIGO	DESCRIPCIÓN	Impacto ambiental	Impacto Personal	Impacto a la población	Daño a las instalaciones	Impacto a la Producción	Impacto total	Frecuencia de falla	Críticidad
LAC-PCP-05-07	MOTO-VENTILADOR DEL HORNO	3	1	1	2	2	9	5	45
LAC-CAA-1-03	VÁLVULAS DE AIRE-ACEITE CJ1-CJ15	2	1	1	2	2	8	5	40
LAC-CAA-1-01	CENTRAL AIRE ACEITE DEL TREN BASCOTECNIA, CJ1...C15	1	1	1	2	2	7	5	35
LAC-CLB01-01	MOTO-BOMBA #1 NORTEK #1	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-CLB01-02	MOTO-BOMBA #2 NORTEK #1	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-CLB01-03	MOTO-BOMBA 3 NORTEK #1	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-CLB02-01	MOTO-BOMBA #1 NORTEK #2	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-CLB02-02	MOTO-BOMBA #2 NORTEK #2	1	1	1	2	2	7	4	28

LAC-CLB02-03	MOTO-BOMBA 3 NORTEK #2	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-CAA-1-02	BOMBA RATIO 1/50 #1	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-PTA1-06-01	MOTO BOMBA DE RETORNO AGUA TIPOB; POSICION 6	2	1	1	2	2	8	5	40
LAC-PTA1-06-02	MOTO BOMBA DE RETORNO AGUA TIPOB; POSICION 7	2	1	1	2	2	8	5	40
LAC-PTA1-06-03	MOTO BOMBA DE RETORNO AGUA TIPOB; POSICION 8	2	1	1	2	2	8	4	32
LAC-PTA1-06-04	MOTO BOMBA DE RETORNO AGUA TIPOB; POSICION 9	2	1	1	2	2	8	4	32
LAC-PTA1-06-05	MOTO BOMBA DE RETORNO AGUA TIPOB; POSICION 10	2	1	1	2	2	8	4	32
LAC-TLA-03-07-01-06	REDUCTOR CJ2, I=1/74.86	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-TLA-03-08-01-06	REDUCTOR CJ3 I=1/158,18 HORIZONT	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-TLA-03-09-02-06	REDUCTOR, CJ 4/5, I= 1/27 CAJA 5, I=19.21 CAJA 4	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-TLA-03-13-02-06	REDUCTOR CJ6/7, i=1/27.1, i= 1/19.21	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-TLA-03-14-01-06	REDUCTOR CJ8, I=1/15.483852	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-TLA-03-16-01-06	REDUCTOR CJ9, I=11.40	1	1	1	2	2	7	4	28

LAC-TLA-03-18-01-07	REDUCTOR CJ10, $i=1/7.21$	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-TLA-03-20-01-06	REDUCTOR CJ11 (ALARGADERA LST-255), $i=1/4.72$	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-TLA-03-23-01-05	REDUCTOR CJ12, $i=1/4.28$	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-CJ13-01	REDUCTOR CJ13, $i=1/3.58$	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-CJ14-01	REDUCTOR CJ14, $l=2.95$	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-CJ15-01	REDUCTOR CJ15, $i=1/2.54$	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-CJ16-01	REDUCTOR CJ16, $l=1/4.619$	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-CJ17-02	REDUCTOR CJ17, $l=1/3.9046$	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-CJ18-02	REDUCTOR CJ18, $l=1/3.333$	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-CJ19-01	REDUCTOR CJ19, $i=1/2.82$	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-CJ20-01	REDUCTOR CJ20, $l=1/2.250$	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-CJ21-01	REDUCTOR CJ21, $l=1/2.250$	1	1	1	2	2	7	4	28

LAC-ARRAS02-02	REDUCTOR ARRASTRADOR #2	1	1	1	2	2	7	4	28
LAC-ATA-05	MOTO BOMBA DE ENVIO DE AGUA TIPO A; POSICION 5	2	1	1	2	2	8	3	24
LAC-PTA1-05-01	MOTO BOMBA DE ENVIO DE AGUA TIPO B; POSICION 1	1	1	1	1	2	6	4	24
LAC-PTA1-05-02	MOTO BOMBA DE ENVIO DE AGUA TIPO B; POSICION 2	1	1	1	1	2	6	4	24
LAC-PTA1-05-03	MOTO BOMBA DE ENVIO DE AGUA TIPO B; POSICION 3	1	1	1	1	2	6	4	24
LAC-PTA1-05-04	MOTO BOMBA DE ENVIO DE AGUA TIPO B; POSICION 4	1	1	1	1	2	6	4	24
LAC-PTA1-05-05	MOTO BOMBA DE ENVIO DE AGUA TIPO B; POSICION 5	1	1	1	1	2	6	4	24
LAC-TLA-05-02-02	MOTOBOMBA 1 DE ENVIO AGUA TIPO B A LOS FILTROS DE GRAVA PARA EL TEMPCORE	1	1	1	1	2	6	4	24
LAC-TLA-05-02-03	MOTOBOMBA 2 DE ENVIO AGUA TIPO B A LOS FILTROS DE GRAVA PARA EL TEMPCORE	1	1	1	1	2	6	4	24
LAC-TLA-05-02-04	MOTOBOMBA 3 DE ENVIO AGUA TIPO B A LOS FILTROS DE GRAVA PARA EL TEMPCORE	1	1	1	1	2	6	4	24

LAC-TLA-05-04-02	MOTOBOMBA 4 DE ENVIO AGUA TIPO B A LOS FILTROS DE GRAVA PARA EL TEMPCORE	1	1	1	1	2	6	4	24
LAC-TLA-05-04-03	MOTOBOMBA 5 DE ENVIO AGUA TIPO B A LOS FILTROS DE GRAVA PARA EL TEMPCORE	1	1	1	1	2	6	4	24
LAC-TLA-05-04-04	MOTOBOMBA 6 DE ENVIO AGUA TIPO B A LOS FILTROS DE GRAVA PARA EL TEMPCORE	1	1	1	1	2	6	4	24
LAC-SDC-04	COMPRESOR SULLAIR	1	1	1	1	2	6	4	24
LAC-SDC-05	COMPRESOR KAESER, 145 PSI,	1	1	1	1	2	6	4	24
LAC-PCP-08-02	CENTRAL HIDRAULICA EMPUJADOR DE PALANQUILLA	1	1	1	1	2	6	4	24
LAC-CHB-01	BLOCK DE VÁLVULAS CJ1	2	1	1	2	2	8	3	24
LAC-CHB-02	BLOCK DE VÁLVULAS CJ2	2	1	1	2	2	8	3	24
LAC-CHB-03	BLOCK DE VÁLVULAS CJ3	2	1	1	2	2	8	3	24
LAC-CHB-04	BLOCK DE VÁLVULAS CJ4	2	1	1	2	2	8	3	24

LAC-CHB-05	BLOCK DE VÁLVULAS CJ5	2	1	1	2	2	8	3	24
LAC-CHB-06	BLOCK DE VÁLVULAS CJ6	2	1	1	2	2	8	3	24
LAC-CHB-07	BLOCK DE VÁLVULAS CJ7	2	1	1	2	2	8	3	24
LAC-CHB-08	BLOCK DE VÁLVULAS CJ8	2	1	1	2	2	8	3	24
LAC-CHB-09	BLOCK DE VÁLVULAS CJ9	2	1	1	2	2	8	3	24
LAC-CHB-10	BLOCK DE VÁLVULAS CJ10	2	1	1	2	2	8	3	24
LAC-CHB-11	BLOCK DE VÁLVULAS CJ11	2	1	1	2	2	8	3	24
LAC-CHB-12	BLOCK DE VÁLVULAS CJ12	2	1	1	2	2	8	3	24
LAC-CHB-13	BLOCK DE VÁLVULAS CJ13	2	1	1	2	2	8	3	24
LAC-CHB-14	BLOCK DE VÁLVULAS CJ14	2	1	1	2	2	8	3	24
LAC-CHB-15	BLOCK DE VÁLVULAS CJ15	2	1	1	2	2	8	3	24
EAM20095	REDUCTOR (TRANSFERIDOR PALANQUILLA)	1	1	1	2	2	7	3	21
1004350	MOTOR VENTILADOR 1; (220/440)V; (67.5/33.75)A;	1	1	1	1	1	5	4	20

	25HP, 60HZ; 1170RPM; TIPO: S1								
1004351	MOTOR VENTILADOR 2; (220/440)V; (67.5/33.75)A; 25HP, 60HZ; 1170RPM; TIPO: S1	1	1	1	1	1	5	4	20
LAC-SDC-02	SECADOR INGERSOLL RAND, 460V, 60 HZ, PRESION MAX:220 PSI,	1	1	1	1	1	5	4	20

Apéndice C

Código, Frecuencia y Ruta de Inspección de Equipos

Código	Descripción	Criticidad Código	Frecuencia mensual	Ruta
LAC-PCP-05-07	MOTO-VENTILADOR DEL HORNO	CA	8	1
LAC-CAA-1-03	VÁLVULAS DE AIRE-ACEITE CJ1-CJ15	CA	8	1
LAC-CAA-1-01	CENTRAL AIRE ACEITE DEL TREN BASCOTECNIA, CJ1...C15	CA	8	1
LAC-CLB01-01	MOTO-BOMBA #1 NORTEK #1	CA	8	1
LAC-CLB01-02	MOTO-BOMBA #2 NORTEK #1	CA	8	1
LAC-CLB01-03	MOTO-BOMBA 3 NORTEK #1	CA	8	1
LAC-CLB02-01	MOTO-BOMBA #1 NORTEK #2	CA	8	1
LAC-CLB02-02	MOTO-BOMBA #2 NORTEK #2	CA	8	1
LAC-CLB02-03	MOTO-BOMBA 3 NORTEK #2	CA	8	1
LAC-CAA-1-02	BOMBA RATIO 1/50 #1	CA	8	1
LAC-PTA1-06-01	MOTO BOMBA DE RETORNO AGUA TIPOB; POSICION 6	CA	4	2
LAC-PTA1-06-02	MOTO BOMBA DE RETORNO AGUA TIPOB; POSICION 7	CA	4	2
LAC-PTA1-06-03	MOTO BOMBA DE RETORNO AGUA TIPOB; POSICION 8	CA	4	2
LAC-PTA1-06-04	MOTO BOMBA DE RETORNO AGUA TIPOB; POSICION 9	CA	4	2
LAC-PTA1-06-05	MOTO BOMBA DE RETORNO AGUA TIPOB; POSICION 10	CA	4	2
LAC-TLA-03-07-01-06	REDUCTOR CJ2, I=1/74.86	CA	4	2

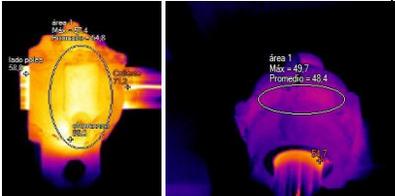
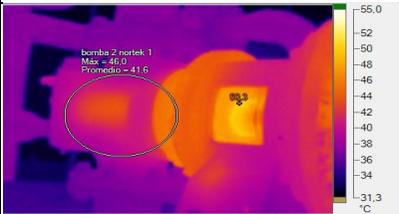
LAC-TLA-03-08-01-06	REDUCTOR CJ3 I=1/158,18 HORIZONT	CA	4	2
LAC-TLA-03-09-02-06	REDUCTOR, CJ 4/5, I= 1/27 CAJA 5, I=19.21 CAJA 4	CA	4	2
LAC-TLA-03-13-02-06	REDUCTOR CJ6/7, i=1/27.1, i= 1/19.21	CA	4	2
LAC-TLA-03-14-01-06	REDUCTOR CJ8, I=1/15.483852	CA	4	2
LAC-TLA-03-16-01-06	REDUCTOR CJ9, I=11.40	CA	4	2
LAC-TLA-03-18-01-07	REDUCTOR CJ10, i=1/7.21	CA	4	2
LAC-TLA-03-20-01-06	REDUCTOR CJ11 (ALARGADERA LST- 255), i=1/4.72	CA	4	2
LAC-TLA-03-23-01-05	REDUCTOR CJ12, i=1/4.28	CA	4	2
LAC-CJ13-01	REDUCTOR CJ13, i=1/3.58	CA	4	2
LAC-CJ14-01	REDUCTOR CJ14, I=2.95	CA	4	2
LAC-CJ15-01	REDUCTOR CJ15, i=1/2.54	CA	4	2
LAC-CJ16-01	REDUCTOR CJ16, I=1/4.619	CA	4	2
LAC-CJ17-02	REDUCTOR CJ17, I=1/3.9046	CA	4	2
LAC-CJ18-02	REDUCTOR CJ18, I=1/3.333	CA	4	2
LAC-CJ19-01	REDUCTOR CJ19, i=1/2.82	CA	4	2
LAC-CJ20-01	REDUCTOR CJ20, I=1/2.250	CA	4	2
LAC-CJ21-01	REDUCTOR CJ21, I=1/2.250	CA	4	2
LAC-ARRAS02-02	REDUCTOR ARRASTRADOR #2	CA	4	2
LAC-ATA-05	MOTO BOMBA DE ENVIO DE AGUA TIPO A; POSICION 5	CM	3	3
LAC-PTA1-05-01	MOTO BOMBA DE ENVIO DE AGUA TIPO B; POSICION 1	CM	3	3
LAC-PTA1-05-02	MOTO BOMBA DE ENVIO DE AGUA TIPO B; POSICION 2	CM	3	3

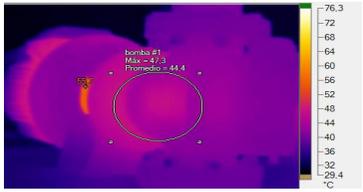
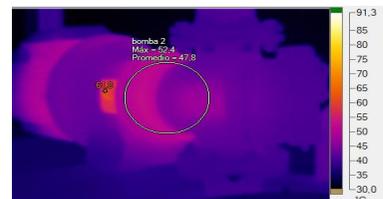
LAC-PTA1-05-03	MOTO BOMBA DE ENVIO DE AGUA TIPO B; POSICION 3	CM	3	3
LAC-PTA1-05-04	MOTO BOMBA DE ENVIO DE AGUA TIPO B; POSICION 4	CM	3	3
LAC-PTA1-05-05	MOTO BOMBA DE ENVIO DE AGUA TIPO B; POSICION 5	CM	3	3
LAC-TLA-05-02-02	MOTOBOMBA 1 DE ENVIO AGUA TIPO B A LOS FILTROS DE GRAVA PARA EL TEMPCORE	CM	3	3
LAC-TLA-05-02-03	MOTOBOMBA 2 DE ENVIO AGUA TIPO B A LOS FILTROS DE GRAVA PARA EL TEMPCORE	CM	3	3
LAC-TLA-05-02-04	MOTOBOMBA 3 DE ENVIO AGUA TIPO B A LOS FILTROS DE GRAVA PARA EL TEMPCORE	CM	3	3
LAC-TLA-05-04-02	MOTOBOMBA 4 DE ENVIO AGUA TIPO B A LOS FILTROS DE GRAVA PARA EL TEMPCORE	CM	3	3
LAC-TLA-05-04-03	MOTOBOMBA 5 DE ENVIO AGUA TIPO B A LOS FILTROS DE GRAVA PARA EL TEMPCORE	CM	3	3
LAC-TLA-05-04-04	MOTOBOMBA 6 DE ENVIO AGUA TIPO B A LOS FILTROS DE GRAVA PARA EL TEMPCORE	CM	3	3
LAC-SDC-04	COMPRESOR SULLAIR	CM	3	3
LAC-SDC-05	COMPRESOR KAESER, 145 PSI,	CM	3	3
LAC-PCP-08-02	CENTRAL HIDRAULICA EMPUJADOR DE PALANQUILLA	CM	3	3
LAC-CHB-01	BLOCK DE VÁLVULAS CJ1	CM	3	3
LAC-CHB-02	BLOCK DE VÁLVULAS CJ2	CM	3	3
LAC-CHB-03	BLOCK DE VÁLVULAS CJ3	CM	3	3
LAC-CHB-04	BLOCK DE VÁLVULAS CJ4	CM	3	3
LAC-CHB-05	BLOCK DE VÁLVULAS CJ5	CM	3	3
LAC-CHB-06	BLOCK DE VÁLVULAS CJ6	CM	3	3
LAC-CHB-07	BLOCK DE VÁLVULAS CJ7	CM	3	3

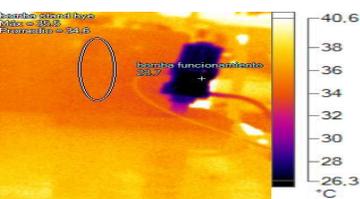
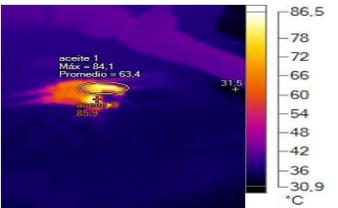
LAC-CHB-08	BLOCK DE VÁLVULAS CJ8	CM	3	3
LAC-CHB-09	BLOCK DE VÁLVULAS CJ9	CM	3	3
LAC-CHB-10	BLOCK DE VÁLVULAS CJ10	CM	3	3
LAC-CHB-11	BLOCK DE VÁLVULAS CJ11	CM	3	3
LAC-CHB-12	BLOCK DE VÁLVULAS CJ12	CM	3	3
LAC-CHB-13	BLOCK DE VÁLVULAS CJ13	CM	3	3
LAC-CHB-14	BLOCK DE VÁLVULAS CJ14	CM	3	3
LAC-CHB-15	BLOCK DE VÁLVULAS CJ15	CM	3	3
EAM20095	REDUCTOR (TRANSFERIDOR PALANQUILLA)	CM	3	3
1004350	MOTOR VENTILADOR 1; (220/440)V; (67.5/33.75)A; 25HP, 60HZ; 1170RPM; TIPO: S1	CM	3	3
1004351	MOTOR VENTILADOR 2; (220/440)V; (67.5/33.75)A; 25HP, 60HZ; 1170RPM; TIPO: S1	CM	3	3
LAC-SDC-02	SECADOR INGERSOLL RAND, 460V, 60 HZ, PRESION MAX:220 PSI,	CM	3	3

Apéndice D

Sumario de Informes Ruta 1

SUMARIO DE INFORMES TERMOGRÁFICOS DE EQUIPOS DE LAMINACIÓN RUTA 1					
DESCRIPCIÓN	INSPECCIÓN	IMAGEN IR	PROBLEMA	ACCIÓN	GRAVEDAD
MOTO-VENTILADOR DEL HORNO	21/03/2015 14:34		No presenta anomalías térmicas	Equipo por ser crítico se debe de monitorear diariamente	Moderada
MOTO-BOMBA #1 NORTEK #1		Stand By			
MOTO-BOMBA #2 NORTEK #1	17/03/2015 15:37		No presenta anomalías térmicas, mayor temperatura registrada es de 46°C	Realizar limpieza de central	Baja

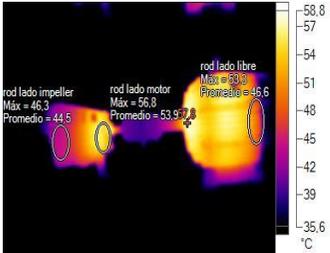
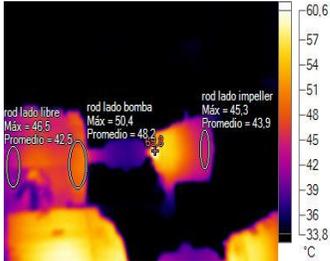
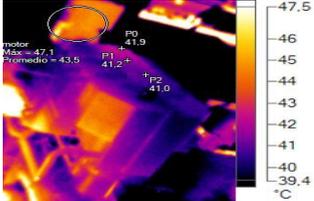
MOTO-BOMBA 3 NORTEK #1	17/03/2015 15:37		No presenta anomalías térmicas, mayor temperatura registrada es de 43,5 °C	Realizar limpieza de central	Baja
MOTO-BOMBA #1 NORTEK #2	17/03/2015 15:49		No presenta anomalías térmicas, mayor temperatura registrada es de 47,3 °C	Realizar limpieza de central	Baja
MOTO-BOMBA #2 NORTEK #2	17/03/2015 15:49		No presenta anomalías térmicas, mayor temperatura registrada es de 52,4 °C	Realizar limpieza de central	Baja
MOTO-BOMBA 3 NORTEK #2		Stand By			

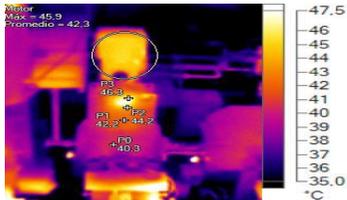
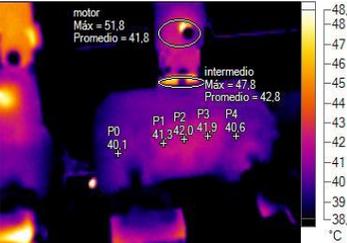
<p>CENTRAL AIRE ACEITE DEL TREN BASCOTECNIA, CJ1...C15</p>	<p>21/03/2015 15:33</p>		<p>Presenta una temperatura de 63,9°C en la bobina 1, debido a que esta válvula pasa siempre conmutando</p>	<p>Revisión de presiones en el sistema.</p>	<p>Moderada</p>
<p>BOMBA RATIO 1/50 #1</p>	<p>21/03/2015 15:20</p>		<p>Presenta una temperatura de 23,7°C debido a la condensación del aire comprimido</p>	<p>Realizar purga de condensado en la línea de aire comprimido</p>	<p>Moderada</p>
<p>VÁLVULAS DE AIRE-ACEITE CJ1-CJ15</p>	<p>21/03/2015 15:24</p>		<p>La temperatura de las bobinas llega a 86°C debido a que están siempre encendidas, y se ha encontrado en algunas válvulas la presencia de un accionamiento mecánico utilizado como puente.</p>	<p>Colocar válvulas en buen estado eliminando puentes mecánicos, limpieza de elementos.</p>	<p>Grave</p>

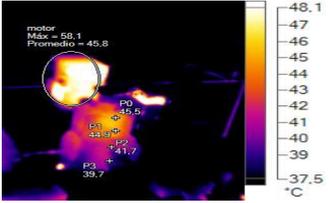
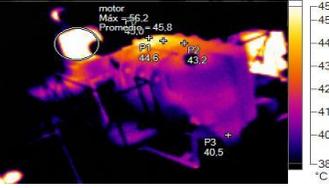
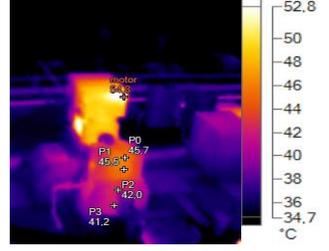
Apéndice E

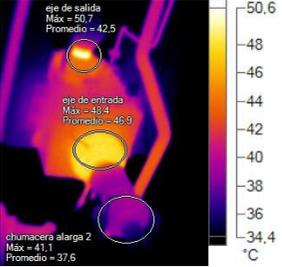
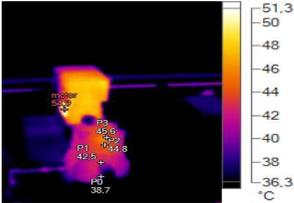
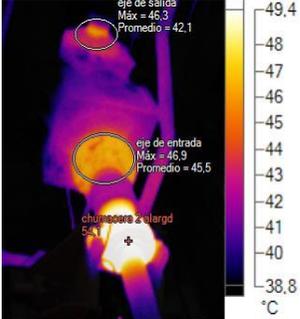
Sumario de Informes Ruta 2

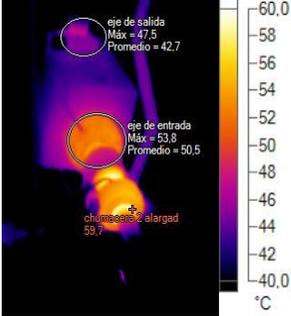
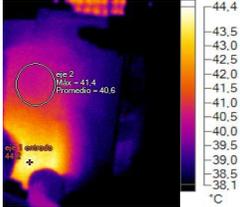
SUMARIO DE INFORMES TERMOGRÁFICOS DE EQUIPOS DE LAMINACIÓN RUTA 2					
DESCRIPCIÓN	INSPECCIÓN	IMAGEN IR	PROBLEMA	ACCIÓN	GRAVEDAD
MOTO BOMBA DE RETORNO AGUA TIPOB; POSICION 6	21/03/2015 15:10		Imagen sin anomalías térmicas, la bomba presenta una temperatura máxima de 50°C y motor 51,7°C.	Realizar limpieza de las bombas y de la sala.	Baja
MOTO BOMBA DE RETORNO AGUA TIPOB; POSICION 7	21/03/2015 15:10		El rodamiento de la bomba lado motor se observa con una temperatura de 57,1°C realizando comparación con la bomba posición 6 se ve un incremento de temperatura de 7,1°C	Se debe de realizar un análisis de vibraciones con la finalidad de determinar el estado de la bomba.	Moderada
MOTO BOMBA DE RETORNO AGUA TIPOB; POSICION 8	21/03/2015 15:10		Imagen sin anomalías térmicas, la bomba presenta una temperatura máxima de 51,9°C y motor 52,7°C.	Realizar limpieza de las bombas y de la sala.	Baja

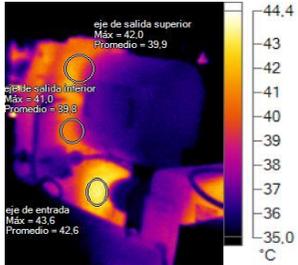
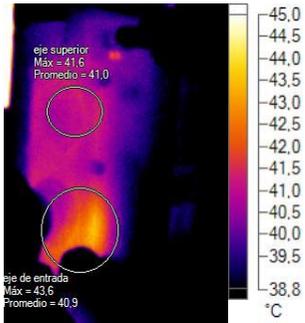
<p>MOTO BOMBA DE RETORNO AGUA TIPOB; POSICION 9</p>	<p>21/03/2015 15:11</p>		<p>El rodamiento de la bomba lado motor se observa con una temperatura de 56,8°C realizando comparación con la bomba posición 6 se ve un incremento de temperatura de 6,8°C motor 57,8°C.</p>	<p>Se debe de realizar un análisis de vibraciones con la finalidad de determinar el estado de la bomba.</p>	<p>Moderada</p>
<p>MOTO BOMBA DE RETORNO AGUA TIPOB; POSICION 10</p>	<p>21/03/2015 15:12</p>		<p>El rodamiento de la bomba lado motor se observa con una temperatura de 69,8°C realizando comparación con la bomba posición 6 se ve un incremento de temperatura de 19,8°C motor 50,4°C.</p>	<p>Se debe de realizar un análisis de vibraciones con la finalidad de determinar el estado de la bomba.</p>	<p>Exagerada</p>
<p>REDUCTOR CJ2, I=1/74.86</p>	<p>21/03/2015 16:02</p>		<p>Imagen sin anomalías térmicas, las cajas del reductor muestra una temperatura mayor de 41,9°C.</p>	<p>Realizar monitoreo semanal de temperatura.</p>	<p>Baja</p>

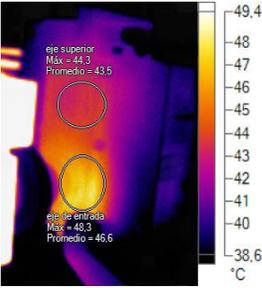
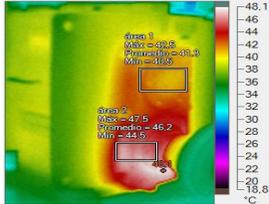
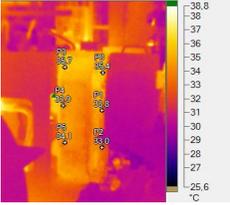
<p>REDUCTOR CJ3 I=1/158,18 HORIZONT</p>	<p>21/03/2015 16:03</p>		<p>Imagen sin anomalías térmicas, las cajas del reductor muestra una temperatura mayor de 46,3°C.</p>	<p>Realizar análisis de vibración para determinar estado de elementos internos.</p>	<p>Moderada</p>
<p>REDUCTOR, CJ 4/5, I= 1/27 CAJA 5, I=19.21 CAJA 4</p>	<p>21/03/2015 16:04</p>		<p>Imagen sin anomalías térmicas, las cajas del reductor muestra una temperatura mayor de 42°C, se debe de tener en cuenta la temperatura del reductor intermedio debido a su temperatura regular de trabajo es de 55,7°C(última lectura)</p>	<p>Limpiar superficie del reductor por presencia de aceite, reemplazo de filtro depurador por deterioro.</p>	<p>Moderada</p>
<p>REDUCTOR CJ6/7, i=1/27.1, i= 1/19.21</p>	<p>21/03/2015 16:04</p>		<p>Imagen sin anomalías térmicas, las cajas del reductor muestra una temperatura mayor de 43,4°C.</p>	<p>Realizar monitoreo semanal de temperatura.</p>	<p>Baja</p>

<p>REDUCTOR CJ8, I=1/15.483852</p>	<p>21/03/2015 16:05</p>		<p>Imagen sin anomalías térmicas, las cajas del reductor muestra una temperatura mayor de 47,8°C.</p>	<p>Realizar monitoreo semanal de temperatura.</p>	<p>Baja</p>
<p>REDUCTOR CJ9, I=11.40</p>	<p>21/03/2015 16:05</p>		<p>Imagen sin anomalías térmicas, las cajas del reductor muestran una temperatura mayor de 45°C, equipo con historial de fallas.</p>	<p>Realizar análisis de vibración para determinar estado de elementos internos.</p>	<p>Moderada</p>
<p>REDUCTOR CJ10, i=1/7.21</p>	<p>21/03/2015 16:05</p>		<p>Imagen sin anomalías térmicas, las cajas del reductor muestran una temperatura mayor de 45,8°C, equipo con historial de fallas.</p>	<p>Realizar análisis de vibración para determinar estado de elementos internos.</p>	<p>Moderada</p>

<p>REDUCTOR CJ11 (ALARGADERA LST-255), $i=1/4.72$</p>	<p>21/03/2015 16:13</p>		<p>Reductor no presenta anomalías, reenvío tiene historial de fallas y no presenta anomalías térmicas mayor temperatura registrada en el eje de salida con 50,7°C.</p>	<p>Realizar análisis de vibración para determinar estado de elementos internos.</p>	<p>Moderada</p>
<p>REDUCTOR CJ12, $i=1/4.28$</p>	<p>21/03/2015 16:06</p>		<p>Imagen sin anomalías térmicas, las cajas del reductor muestra una temperatura mayor de 44,8°C.</p>	<p>Realizar monitoreo semanal de temperatura.</p>	<p>Baja</p>
<p>REDUCTOR CJ13, $i=1/3.58$</p>	<p>21/03/2015 16:13</p>		<p>Reductor no presenta anomalías, reenvío tiene historial de fallas y no presenta anomalías térmicas mayor temperatura registrada en chumacera alargadera con 54,1°C</p>	<p>Realizar análisis de vibración para determinar estado de elementos internos, y monitoreo de lubricación de aire aceite</p>	<p>Moderada</p>

<p>REDUCTOR CJ14, I=2.95</p>		<p>Stand By</p>			
<p>REDUCTOR CJ15, i=1/2.54</p>	<p>21/03/2015 16:12</p>		<p>Reductor no presenta anomalías, reenvío tiene historial de fallas y no presenta anomalías térmicas mayor temperatura registrada en chumacera alargadera con 59,7°C</p>	<p>Realizar análisis de vibración para determinar estado de elementos internos, y monitoreo de lubricación de aire aceite</p>	<p>Grave</p>
<p>REDUCTOR CJ16, I=1/4.619</p>	<p>21/03/2015 16:10</p>		<p>Imagen sin anomalías térmicas, las cajas del reductor muestra una temperatura mayor de 44,2°C.</p>	<p>Realizar monitoreo semanal de temperatura.</p>	<p>Baja</p>

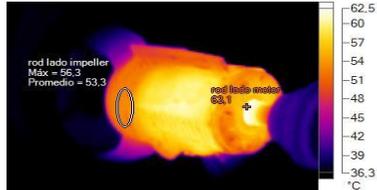
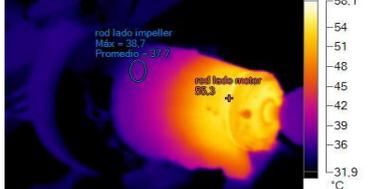
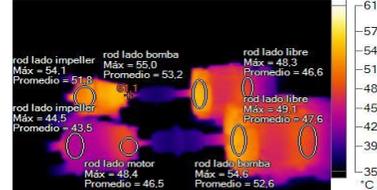
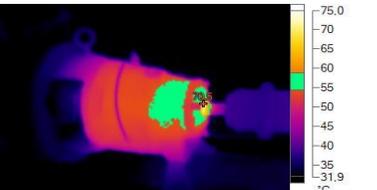
<p>REDUCTOR CJ17, I=1/3.9046</p>	<p>09/04/2015 11:59</p>		<p>Termograma no presenta anomalías térmicas en las cajas de los rodamientos, la máxima temperatura registrada está en el eje de entrada al reductor con una lectura de 43,6°C</p>	<p>Realizar análisis de vibración para determinar estado de elementos internos del equipo.</p>	<p>Baja</p>
<p>REDUCTOR CJ18, I=1/3.333</p>	<p>09/04/2015 12:00</p>		<p>Termograma no presenta anomalías térmicas, la máxima temperatura registrada es de 43,6°C, lo cual se establece que se encuentra dentro de los rangos permisibles de funcionamiento</p>	<p>Realizar análisis de vibración para Determinar estado de elementos internos</p>	<p>baja</p>
<p>REDUCTOR CJ19, i=1/2.82</p>		<p>Stand By</p>			

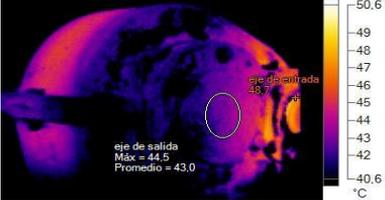
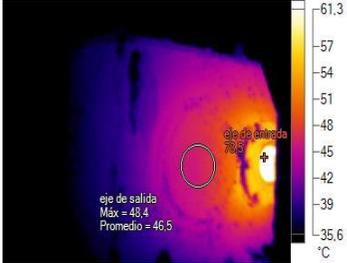
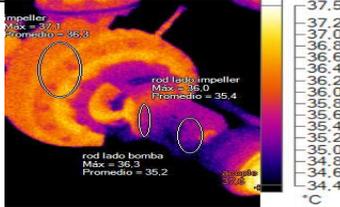
<p>REDUCTOR CJ20, I=1/2.250</p>	<p>09/04/2015 12:01</p>		<p>Termograma no presenta anomalías térmicas, máxima temperatura registrada es de 48,3°C , la temperatura de alarma corresponde a valores mayores de 75° C.</p>	<p>Realizar análisis de vibración para Determinar estado de elementos internos.</p>	<p>Baja</p>
<p>REDUCTOR CJ21, I=1/2.250</p>	<p>15/01/2015 21:17</p>		<p>Imagen sin anomalías térmicas, las cajas del reductor muestra una temperatura mayor de 48,1°C.</p>	<p>Realizar monitoreo semanal de temperatura.</p>	<p>Baja</p>
<p>REDUCTOR ARRASTRADOR #2</p>	<p>05/02/2015 11:24</p>		<p>Imagen sin anomalías térmicas, las cajas del reductor muestra una temperatura mayor de 35,7°C.</p>	<p>Realizar monitoreo semanal de temperatura.</p>	<p>Baja</p>

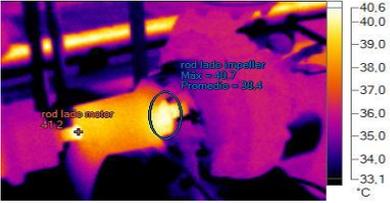
Apéndice F

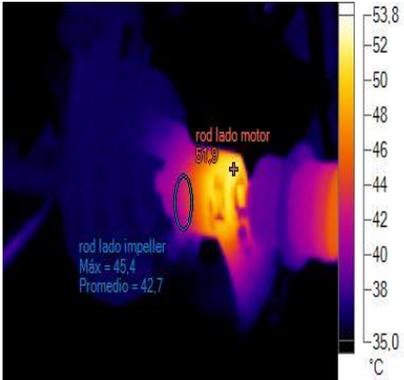
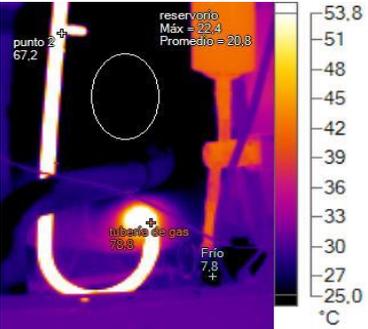
Sumario de Informes Ruta 3

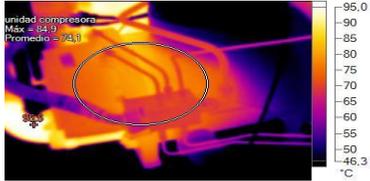
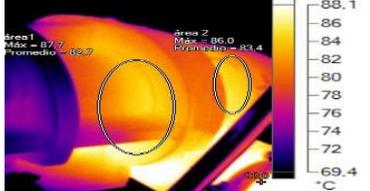
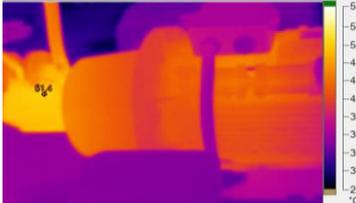
SUMARIO DE INFORMES TERMOGRÁFICOS DE EQUIPOS DE LAMINACIÓN RUTA 3					
DESCRIPCIÓN	INSPECCIÓN	IMAGEN IR	PROBLEMA	ACCIÓN	GRAVEDAD
MOTO BOMBA DE ENVIO DE AGUA TIPO A; POSICIÓN 1-5	21/03/2015 14:50	 <p> 85 rod lado impeller: Máx = 47,8 Promedio = 47,3 85 rod lado motor: Máx = 43,9 Promedio = 42,7 85 rod lado bomba: Máx = 38,1 Promedio = 37,1 85 rod lado libre: Máx = 39,0 Promedio = 38,9 </p>	Imagen no presenta anomalías térmicas, máxima temperatura registrada es de 47,8°C	Monitorear equipo luego de 10 días.	Bajo
MOTO BOMBA DE ENVIO DE AGUA TIPO B; POSICIÓN 1		Fuera de Servicio			

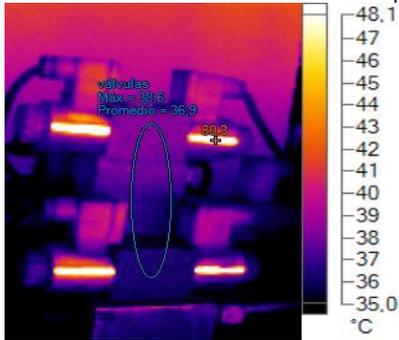
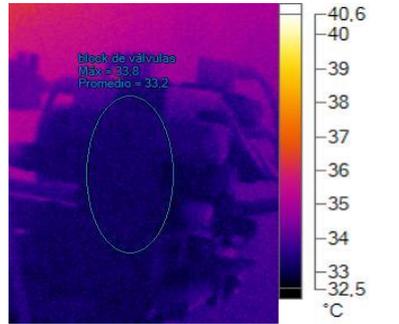
MOTO BOMBA DE ENVIO DE AGUA TIPO B; POSICIÓN 2	09/04/2015 10:55		Imagen no presenta anomalías térmicas, máxima temperatura registrada es de 63,1°C	Realizar análisis de vibración para determinar condiciones de funcionamiento.	Moderada
MOTO BOMBA DE ENVIO DE AGUA TIPO B; POSICIÓN 3	09/04/2015 10:54		Imagen no presenta anomalías térmicas, máxima temperatura registrada es de 55,3°C	Monitorear equipo luego de 10 días.	Moderada
MOTO BOMBA DE ENVIO DE AGUA TIPO B; POSICIÓN 4	21/03/2015 14:45		Se encuentra con una temperatura de 54,6°C en la caja del rodamiento lado bomba.	Monitorear equipo luego de 10 días.	Moderada
MOTO BOMBA DE ENVIO DE AGUA TIPO B; POSICIÓN 5	21/03/2015 14:47		Se nota que la mayor temperatura registrada es de 70,5°C en la caja de la bomba lado motor.	Realizar análisis de vibración para determinar condiciones de funcionamiento.	Grave

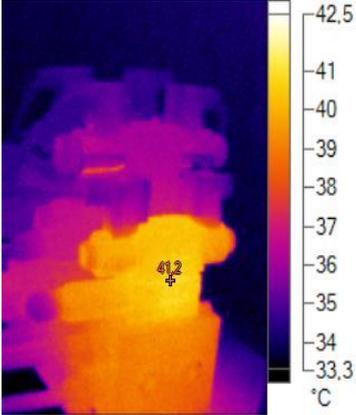
<p>MOTOR VENTILADOR 1; (220/440)V; (67.5/33.75)A; 25HP, 60HZ; 1170RPM; TIPO: S1</p>	<p>09/04/2015 11:10</p>		<p>Mayor temperatura encontrada es de 48,6 °C, se aprecia corrosión en su superficie.</p>	<p>realizar limpieza y proceder a pintar el reductor</p>	<p>Baja</p>
<p>MOTOR VENTILADOR 2; (220/440)V; (67.5/33.75)A; 25HP, 60HZ; 1170RPM; TIPO: S1</p>	<p>09/04/2015 11:02</p>		<p>La superficie del reductor se encuentra cubierta de partículas sólidas mezcladas con aceite, se observa un valor de temperatura de 78,5 °C en la caja de rodamiento lado motor.</p>	<p>Se debe de realizar revisión del nivel de aceite, planificar cambio de retenedor</p>	<p>Exagerada</p>
<p>MOTOBOMBA 1 DE ENVÍO AGUA TIPO B A LOS FILTROS DE GRAVA PARA EL TEMPCORE</p>		<p>Fuera de Servicio</p>			
<p>MOTOBOMBA 2 DE ENVÍO AGUA TIPO B A LOS FILTROS DE GRAVA PARA EL TEMPCORE</p>	<p>09/04/2015 10:46</p>		<p>Se encuentra con una temperatura de 37,1°C en la carcasa del impeller.</p>	<p>Monitorear equipo luego de 10 días.</p>	<p>Baja</p>

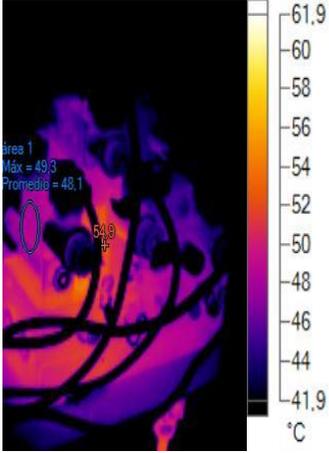
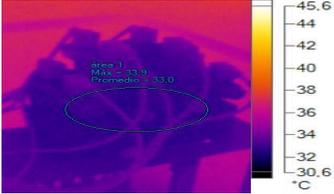
<p>MOTOBOMBA 3 DE ENVÍO AGUA TIPO B A LOS FILTROS DE GRAVA PARA EL TEPCORE</p>		<p>stand by</p>			
<p>MOTOBOMBA 4 DE ENVÍO AGUA TIPO B A LOS FILTROS DE GRAVA PARA EL TEPCORE</p>	<p>09/04/2015 10:27</p>		<p>Se encuentra con una temperatura de 41,2°C en la cajera del rodamiento lado motor.</p>	<p>Monitorear equipo luego de 10 días.</p>	<p>Baja</p>
<p>MOTOBOMBA 5 DE ENVÍO AGUA TIPO B A LOS FILTROS DE GRAVA PARA EL TEPCORE</p>		<p>Fuera de Servicio</p>			

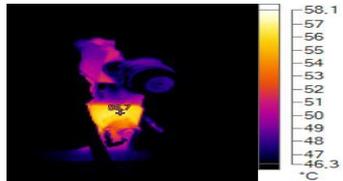
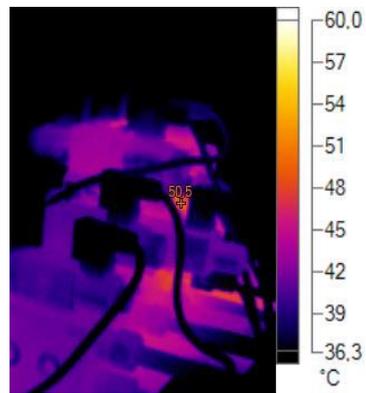
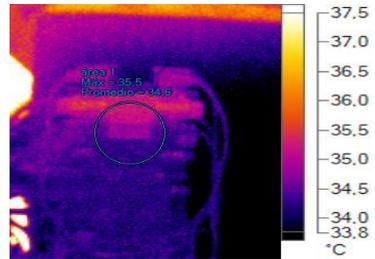
<p>MOTOBOMBA 6 DE ENVÍO AGUA TIPO B A LOS FILTROS DE GRAVA PARA EL TEMPCORE</p>	<p>09/04/2015 10:24</p>		<p>Se encuentra con una temperatura de 51,9°C en la caja del rodamiento lado motor, el motor presenta una anomalía térmica en la caja lado bomba llegando a un valor de 82,1 °C.</p>	<p>Realizar análisis de vibración para determinar condiciones de funcionamiento.</p>	<p>Grave</p>
<p>SECADOR INGERSOLL RAND, 460V, 60 HZ, PRESION MAX:220 PSI,</p>	<p>09/04/2015 11:26</p>		<p>Se observa que la mayor temperatura se registra en la tubería que contiene el gas del equipo con un valor de 78,8°C, se nota que la válvula de drenaje no se encuentra conectada.</p>	<p>Realizar la conexión de la válvula de drenaje, y seguir monitoreando las temperaturas del equipo.</p>	<p>Moderada</p>

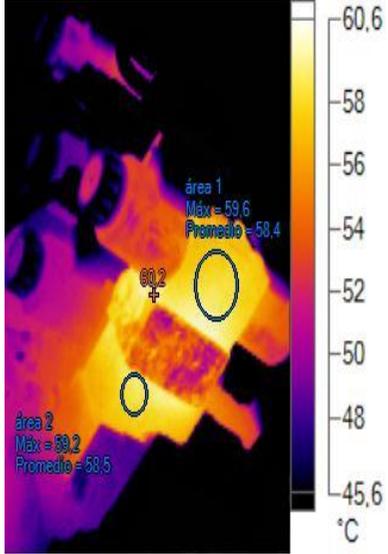
COMPRESOR SULLAIR	21/03/2015 14:57		La mayor temperatura en la unidad compresora es de 84,9°C.	Seguir monitoreando equipo.	Moderada
COMPRESOR KAESER, 145 PSI,	21/03/2015 14:55		La mayor temperatura en la unidad compresora es de 87,7°C.	Seguir monitoreando equipo.	Moderada
CENTRAL HIDRAULICA EMPUJADOR DE PALANQUILLA	05/03/2015 15:39		La bomba presenta una temperatura máxima de 51,1°C	Seguir monitoreando equipo.	Baja

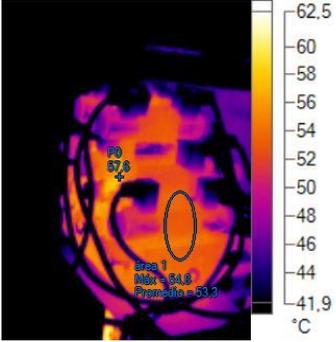
<p>BLOCK DE VÁLVULAS CJ1</p>	<p>09/04/2015 11:37</p>		<p>El block de válvulas de la caja #1 al estar cerca del transferidor de palanquilla recibe directamente la radiación que proviene de la palanquilla que sale del horno a una temperatura promedio de 950°C, el cuerpo de las válvulas no presenta anomalías térmicas</p>	<p>Se recomienda colocar guarda de protección al block de válvulas y seguir monitoreando el equipo.</p>	<p>Baja</p>
<p>BLOCK DE VÁLVULAS CJ2</p>	<p>09/04/2015 11:40</p>		<p>El block de válvulas en la caja #2 se encuentra en la parte posterior de la estructura de la base del reductor en donde no se aprecia anomalías térmicas en las válvulas están a temperatura promedio de 33.2°C</p>	<p>Realizar limpieza del block por encontrarse con presencia de polvo y aceite, además se debe de seguir monitoreando los elementos hidráulicos.</p>	<p>Baja</p>

<p>BLOCK DE VÁLVULAS CJ3</p>	<p>09/04/2015 11:40</p>		<p>El block de válvulas se encuentra ubicado detrás de la estructura de la base del reductor de la caja #2, se aprecia que la mayor temperatura encontrada es de 41.2°C, el aceite a la salida de la central se ubica en 43°C lo cual no presenta anomalías térmicas.</p>	<p>Realizar limpieza de block de válvulas debido a que se encontrar la presencia de aceite y polvo, seguir monitoreando elementos hidráulicos.</p>	<p>Baja</p>
------------------------------	-----------------------------	--	---	--	-------------

<p>BLOCK DE VÁLVULAS CJ4</p>	<p>09/04/2015 11:42</p>		<p>La máxima temperatura registrada en este block es de 54.9°C en la válvula del sensor de presión.</p>	<p>Proceder a revisar sistema hidráulico debido a la temperatura observada. Seguir monitoreando elementos para observar comportamientos.</p>	<p>Moderada</p>
<p>BLOCK DE VÁLVULAS CJ5</p>	<p>09/04/2015 11:45</p>		<p>No se encuentra anomalías térmicas en la imagen, todas las electroválvulas se encuentran a una temperatura promedio de 33°C, la caja se encuentra operativa.</p>	<p>Realizar limpieza de las válvulas por contener polvo y aceite en su alrededor.</p>	<p>Baja</p>

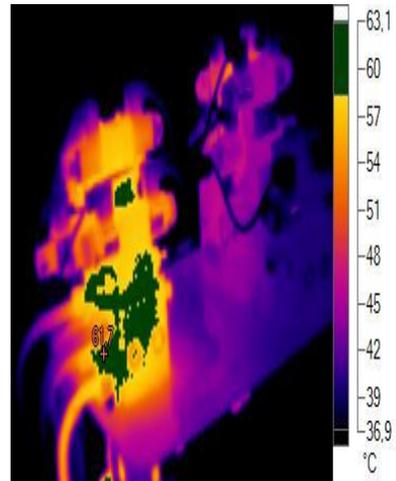
BLOCK DE VÁLVULAS CJ6	09/04/2015 11:46		Se encuentra el block de válvulas con una temperatura de 56.7°C en la válvula.	Revisar sistema hidráulico y seguir monitoreando equipo.	Moderada
BLOCK DE VÁLVULAS CJ7	09/04/2015 11:47		La máxima temperatura del block de válvulas registrado es de 50.5°C, lo cual puede considerarse estado normal de temperatura debido a que el aceite a la salida de la central se encuentra en 45°C.	Realizar limpieza de block de válvulas debido a que presenta polvo y presencia de aceite en su superficie	Baja
BLOCK DE VÁLVULAS CJ8	09/04/2015 11:49		Se observa que el block de válvulas mantiene una temperatura en promedio de 34.6°C, la caja se encuentra en funcionamiento y no presenta anomalías térmicas.	Seguir monitoreando el equipo con la finalidad de determinar condiciones normales de trabajo.	Baja

<p>BLOCK DE VÁLVULAS CJ9</p>	<p>09/04/2015 11:50</p>	 <p>60,6 58 56 54 52 50 48 45,6 °C</p> <p>60,2</p> <p>área 1 Máx = 59,6 Promedio = 58,4</p> <p>área 2 Máx = 59,2 Promedio = 53,5</p>	<p>La imagen térmica presenta anomalías térmicas debido a que la mayor temperatura registrada es de 60,2°C esta temperatura deteriora los o’rings, de la válvulas</p>	<p>Se recomienda realizar la revisión del sistema hidráulico de esta caja, tener presente juego de o’ring para válvulas cetop 03. Realizar limpieza de la superficie del block por contener polvo y aceite a su alrededor.</p>	<p>Moderada</p>
------------------------------	-----------------------------	--	---	--	-----------------

<p>BLOCK DE VÁLVULAS CJ10</p>	<p>09/04/2015 11:53</p>		<p>Se aprecia en todo el block de válvulas que se encuentra en una temperatura promedio de 53.3°C, en una de las zonas más calientes llega a 57.6°C.</p>	<p>Revisar sistema hidráulico de esta caja debido a que todas las válvulas presentan temperaturas mayores a los 50°C</p>	<p>Moderada</p>
-------------------------------	-----------------------------	--	--	--	-----------------

BLOCK DE VÁLVULAS CJ11

09/04/2015
11:54



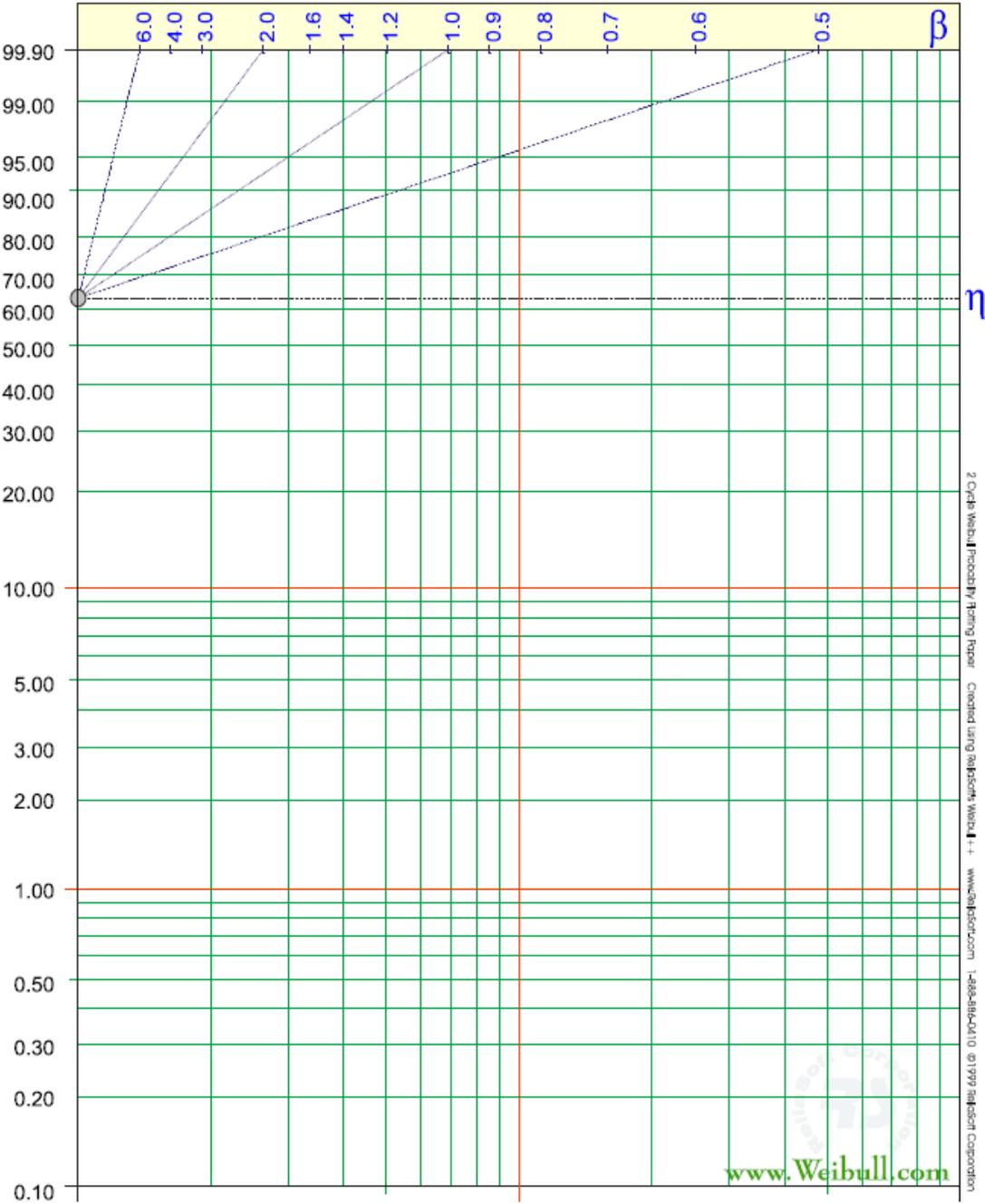
Las cajas convertibles de Bascotecnia cuentan con dos blocks hidráulicos, la mayor temperatura se encuentra en el block de válvulas auxiliar donde está el accionamiento de la conversión llegando a una temperatura de 61.7°C. Lo cual se aprecia en la sección de color verde.

Se debe de realizar revisión de sistema hidráulico de la caja para evitar que presente temperaturas altas, tener disponible o'ring para el tamaño de estas válvulas, Dar seguimiento al monitoreo de los elementos hidráulicos.

Grave

Apéndice G

Papel Weibull



Apéndice H

Encuesta de Eficiencia de Mantenimiento del Instituto Marshall.

SECTOR DEL PARTICIPANTE: MANTENIMIENTO MECÁNICO DE LAMINACIÓN.									
FECHA:									
Área: Recursos Gerenciales				Área: Gerencia de la información					
Criterios:				Criterios:					
1- por debajo				1- por debajo					
2- promedio				2- promedio					
3- por arriba del promedio				3- por arriba del promedio					
Factores a evaluar		1	2	3	factores a evaluar		1	2	3
1. ¿Usted siente que mantenimiento esta dotado para realizar su trabajo?					13.¿La organización utiliza un sistema computarizado de gestión de mantenimiento (SCGM)?				
2. ¿La estructura completa del mantenimiento parece ser lógica y favorece al cumplimiento de las actividades de mant.?					14.¿Está cada componente identificado, codificado y asociado a un sistema dentro de toda la planta?				
3. ¿La organización ayuda a eliminar las barreras que el mantenedor encuentra en su trabajo y de las cuales no tiene control?					15.¿La organización mantiene actualizado SCGM?				
4. ¿La gerencia estimula a mantenimiento a alcanzar las metas de producción?					16.¿Ha sido el personal debidamente entrenado para el uso del SCGM?				
5. ¿La gerencia estimula a producción a que ayude a mantenimiento en la realización de sus actividades?					17.¿La organización mantiene registros precisos de fallas de sus sistemas?				
6. ¿Se desarrolla equipos de trabajo (mantenimiento y producción). Para resolver tópicos que afectan a ambos departamentos?					18.¿Están los inventarios de repuestos dentro del SCGM?				
7.¿La gerencia estimula al personal de mantenimiento (mecánicos y eléctricos..) y a los operadores a que trabajen juntos en la resolución de problemas que afectan la disponibilidad de sus procesos?					19.¿Se toma decisiones a partir de los reportes generados por el SCGM?				
8.¿ El personal de mantenimiento posee las habilidades necesarias para realizar sus trabajos?					20.¿La organización estima y le hace seguimiento a los costos de mantenimiento?				
9.¿Los trabajadores en general han recibido el adiestramiento adecuado en su áreas de trabajo?					21.¿La organización evalúa los tiempos operativos y fuera del servicio de sus equipos?				
10.¿La gerencia involucra al personal de mantenimiento en la definición de sus objetivos y metas					22.¿La organización de mantenimiento se compara con otras organizaciones para medir su desempeño (benchmarking)?				
11.¿La gerencia revisa y le hace seguimiento a los objetivos de la planta en reuniones de trabajo con el personal de mantenimiento y operaciones?					23.¿El tiempo de realización de actividades de mantenimiento es registrado y evaluado?				
12.¿Los objetivos del mantenimiento están alineados con la visión y la misión del negocio?					24.¿La gerencia de mantenimiento utiliza algún tipo de medida de comparación (costos de mantenimiento/costos de producción)?				
puntuación total por criterio					puntuación total por criterio				
puntuación total					puntuación total				

Área: Equipos y técnicas de Mant. Preventivo(MP)				Área: Planificación y Ejecución			
Criterios:				Criterios:			
1- por debajo				1- por debajo			
2- promedio				2- promedio			
3- por arriba del promedio				3- por arriba del promedio			
Factores a evaluar	1	2	3	factores a evaluar	1	2	3
25.¿La organización utiliza órdenes de trabajo para las actividades de MP?				37.¿Son priorizadas las actividades de mantenimiento correctivo/preventivo?			
26.¿Se revisan periódicamente los planes MP, aumento/descenso, necesidades de adiestramiento, etc.?				38.¿La organización utiliza órdenes de trabajo para las actividades correctivos?			
27.¿La organización tiene personal de mantenimiento dedicado exclusivamente a realizar actividades MP?				39.¿Se le hace seguimiento a la ejecución de las actividades de mantenimiento correctivo/preventivo?			
28.¿Los operadores ayudan en las actividades de mantenimiento menor (limpieza, lubricación, ajustes e inspeccion visual)?				40.¿La organización controla el sobre tiempo (tiempo adicional al planificado)?			
29.¿La organización utiliza técnicas de mantenimiento predictivo (vibración, análisis de aceite, ultrasonido, etc)?				41.¿La organización registra la información obtenida por la ejecución de la actividad de mantenimiento (correctiva/preventiva)?			
30.¿La organización le hace seguimiento a los costos de mantenimiento preventivo y predictivo?				42.¿Son los trabajadores de mantenimiento asignados a las distintas labores en función de sus conocimientos y habilidades?			
31.¿ Los grupos de producción y operaciones permiten que el personal de mantenimiento tenga acceso a los equipos en las fechas estimadas de MP?				43.¿Son las actividades correctivas bien planificadas antes de comenzar a ejecutar el mantenimiento?			
32.¿La organización tiene la cultura de analizar y evitar las fallas repetitivas?				44.¿La organización utiliza planificadores de mantenimiento para preparar el alcance de mantenimientos mayores (shutdowns, overhauls)?			
33.¿Se incluye al personal de mantenimiento y producción en el proceso de evaluación de equipos nuevos?				45.¿La organización utiliza contratistas calificadas para realizar labores de mantenimiento (outsourcing)?			
34.¿Se adiestra de forma adecuada a las personas que van operar los equipos nuevos?				46.¿La organización participa en la definición de las actividades de trabajo y en la estimación de tiempos de ejecución de los contratistas?			
35.¿Se adiestra de forma adecuada a las personas que van a operar los equipos nuevos?				47.¿Los planificadores de las actividades de mantenimiento tienen en cuenta el impacto (seguridad, ambiente y producción) que tiene el sistema en el cual se va a ejecutar el mantenimiento?			
36.¿ La organización hace seguimiento y evalúa los costos de operación y mantenimiento, a lo largo del ciclo de vida de sus activos?				48.¿Se define el camino crítico de los mantenimientos mayores y se identifican los repuestos críticos?			
puntuación total por criterio				puntuación total por criterio			
puntuación total				puntuación total			

Área: Soporte al Mantenimiento, Calidad y Motivación.			
Criterios:			
1- por debajo			
2- promedio			
3- por arriba del promedio			
Factores a evaluar	1	2	3
49.¿Están disponibles los repuestos y materiales a la hora de ejecutar actividades de mantenimiento?			
50.¿Está el almacén de repuestos bien organizados y sus tiempos de respuesta son eficientes?			
51.¿Se tiene un buen control sobre la salida y entrada de repuestos al almacén?			
52.¿Se tiene un proceso de cuantificación de stock de repuestos que incluye el criterio del impacto de no tener el repuesto en el almacén?			
53.¿Se tienen identificados los tiempos de reposición y los costos de los repuestos ?			
54.¿El criterio de calidad en el desarrollo d las actividades de mantenimiento esá por encima de criterio de rapidez?			
55.¿Se tiene un proceso que permita verificar la calidad de las actividades de mantenimiento ejecutada?			
56.¿Es la calidad en el área de mantenimiento un objetivo importante?			
57.¿Tiene la organización un interés real en satisfacer las diferentes necesidades de sus trabajadores?			
58.¿El buen desempeño de los trabajadores es bien recompensado dentro de la organización (económico-motivacional)?			
59.¿El personal de mantenimiento está motivado para realizar su trabajo lo mejor posible?			
60.¿El personal de mantenimiento sigue las políticas y procedimientos de seguridad?			
puntuación total por criterio			
puntuación total			

Apéndice I

Plan de Mtto Predictivo Incluido en el Plan de Mtto General

SUB SISTEMAS	ELEMENTOS	TIPO DE ACTIVIDAD	GRUPO DE ACTIVIDAD	ACTIVIDAD	DURACIÓN DE ACTIVIDAD MINUTOS	DURACIÓN DE ACTIVIDAD (horas/hombre)	FRECUENCIA	TIPO DE FRECUENCIA	TOTAL AL AÑO	TOTAL H/H AL AÑO
VENTILADOR DE HORNO	CHUMACERAS	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	20	0.33	8	MES	96	32.00
		PLANIFICADO	LUBRICACIÓN	LUBRICACIÓN DE CHUMACERA	10	0.17	2	MES	25	4.17
	ROTOR DE VENTILADOR	PLANIFICADO	INSPECCIÓN	INSPECCION DE ROTOR	5	0.08	1	MES	12	1.00
	POLEA MOTOR	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION POLEA	5	0.08	1	MES	12	1.00
		PLANIFICADO	REEMPLAZO	CAMBIO DE POLEA	240	4.00	1	AÑO	1	4.00
	POLEA VENTILADOR	PLANIFICADO	INSPECCIÓN	INSPECCION POLEA	5	0.08	1	MES	12	1.00
		PLANIFICADO	REEMPLAZO	CAMBIO DE POLEA	240	4.00	1	AÑO	1	4.00
	BANDAS	PLANIFICADO	INSPECCIÓN	INSPECCION DE BANDAS	5	0.08	1	MES	12	1.00

		PLANIFICADO	REEMPLAZO	CAMBIO DE BANDAS	60	1.00	2	AÑO	2	2.00
		PLANIFICADO	LUBRICACIÓN	LUBRICACIÓN DE BANDAS	5	0.08	2	MES	25	2.08
	CILINDRO NEUMATICO	PLANIFICADO	INSPECCIÓN	INSPECCION CILINDRO	5	0.08	1	MES	12	1.00
	VALVULA PROPORCIONAL	PLANIFICADO	INSPECCIÓN	INSPECCION VALVULA	10	0.17	4	MES	53	8.83
		PLANIFICADO	REEMPLAZO	CAMBIO DE VALVULA	30	0.50	2	AÑO	2	1.00
	UNIDAD DE MANTENIMIENTO	PLANIFICADO	INSPECCIÓN	INSPECCION UNIDAD DE MANTENIMIENTO	5	0.08	4	MES	53	4.42
		PLANIFICADO	LUBRICACIÓN	COMPLETAR NIVEL VASO DE LUBRICACIÓN	5	0.08	4	MES	53	4.42
	TUBERIA	PLANIFICADO	INSPECCIÓN	INSPECCIÓN DE TUBERÍAS	5	0.08	4	MES	53	4.42
	ESTRUCTURA	PLANIFICADO	INSPECCIÓN	INSPECCION ESTRUCTURA EN GENERAL	5	0.08	4	MES	53	4.42
CENTRAL LUBRICACION BASCOTECNIA 1	RESERVORIO CENTRAL LUBICACION	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE ACEITE	5	0.08	4	MES	53	4.42
		PLANIFICADO	MICROFILTRADO	MICROFILTRADO		0.00				:(
		PLANIFICADO	INSPECCIÓN	INSPECCION DE TEMPERATURA Y NIVEL DE ACEITE	5	0.08	4	MES	53	4.42
	BOMBA 1	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	5	0.08	8	MES	96	8.00
	BOMBA 2	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	5	0.08	8	MES	96	8.00
	BOMBA 3	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	5	0.08	8	MES	96	8.00
	FILTROS RETOR. CENTRAL HIDRAULICA	PLANIFICADO	REEMPLAZO	CAMBIO DE FILTRO	30	0.50				:(

	INTERCAMBIADOR DE CALOR	PLANIFICADO	INSPECCIÓN	INSPECCION INTERCAMBIADOR DE CALOR	5	0.08	4	MES	53	4.42	
		PLANIFICADO	LIMPIEZA	LIMPIEZA INTERCAMBIADOR DE CALOR	30	0.50	1	MES	12	6.00	
		TUBERIAS	PLANIFICADO	INSPECCIÓN	INSPECCION DE TUBERIAS	30	0.50	4	MES	53	26.50
		ESTRUCTURA	PLANIFICADO	INSPECCIÓN	INSPECCION ESTRUCTURA EN GENERAL	10	0.17	4	MES	53	8.83
CENTRAL LUBRICACION BASCOTECNIA 2	RESERVORIO CENTRAL LUBICACION	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE ACEITE	5	0.08	4	MES	53	4.42	
		PLANIFICADO	MICROFILTRADO	MICROFILTRADO		0.00				:(
		PLANIFICADO	INSPECCIÓN	INSPECCION DE TEMPERATURA Y NIVEL DE ACEITE	5	0.08	4	MES	53	4.42	
	BOMBA 1	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	5	0.08	8	MES	96	8.00	
	BOMBA 2	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	5	0.08	8	MES	96	8.00	
	BOMBA 3	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	5	0.08	8	MES	96	8.00	
	FILTROS RETOR. CENTRAL HIDRAULICA	PLANIFICADO	REEMPLAZO	CAMBIO DE FILTRO		0.00	8			:(
	INTERCAMBIADOR DE CALOR	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION INTERCAMBIADOR DE CALOR	5	0.08	4	MES	53	4.42	
		PLANIFICADO	LIMPIEZA	LIMPIEZA INTERCAMBIADOR DE CALOR	30	0.50	1	MES	12	6.00	
	TUBERIAS	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION DE TUBERIAS	30	0.50	4	MES	53	26.50	

	ESTRUCTURA	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ESTRUCTURA EN GENERAL	10	0.17	4	MES	53	8.83
LUBRICACION AIRE ACEITE	VÁLVULAS 2/2	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	60	1.00	3	MES	36	36.00
	DOSIFICADOR PRINCIPAL	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION DE DOSIFICADOR	5	0.08	2	MES	25	2.08
		PLANIFICADO	OVERHAUL	DESARMADO TOTAL Y COMPROBACION DE PARTES	120	2.00	1	AÑO	1	2.00
	PROGRESIVO PRINCIPAL	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION DE DOSIFICADOR	5	0.08	2	MES	25	2.08
		PLANIFICADO	OVERHAUL	DESARMADO TOTAL Y COMPROBACION DE PARTES	120	2.00	1	AÑO	1	2.00
	DOSIFICADOR PRINCIPAL CARD	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION DE DOSIFICADOR	5	0.08	2	MES	25	2.08
		PLANIFICADO	OVERHAUL	DESARMADO TOTAL Y COMPROBACION DE PARTES	120	2.00	1	AÑO	1	2.00
	PROGR. SECUNDARIOS	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION DE PROGRESIVO	5	0.08	2	MES	25	2.08
		PLANIFICADO	OVERHAUL	DESARMADO TOTAL Y COMPROBACION DE PARTES	120	2.00	1	AÑO	1	2.00
	CHECKS ANTIRETORNO	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION VALVULA	5	0.08	2	MES	25	2.08
TUBERIAS ACEITE	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION DE TUBERIAS	5	0.08	2	MES	25	2.08	
BOMBA 1 "A"	TUBERIAS AIRE	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION DE TUBERIAS	5	0.08	2	MES	25	2.08
	RODAMIENTO LADO ACOPLADO	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	5	0.08	3	MES	36	3.00
	RODAMIENTO LADO LIBRE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	5	0.08	3	MES	36	3.00

	ACOPLE	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOPLE	5	0.08	4	MES	53	4.42
	ROTOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	IMPULSOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
BOMBA 2 "A"	EMPAQUETADURA	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION EMPAQUETADURA	5	0.08	4	MES	53	4.42
	RODAMIENTO LADO ACOPLE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	5	0.08	3	MES	36	3.00
	RODAMIENTO LADO LIBRE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	5	0.08	3	MES	36	3.00
	ACOPLE	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOPLE	5	0.08	4	MES	53	4.42
	ROTOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	IMPULSOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	BOMBA 3 "A"	EMPAQUETADURA	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION EMPAQUETADURA	5	0.08	4	MES	53
RODAMIENTO LADO ACOPLE		PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	5	0.08	3	MES	36	3.00
RODAMIENTO LADO LIBRE		PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	5	0.08	3	MES	36	3.00
ACOPLE		PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOPLE	5	0.08	4	MES	53	4.42
ROTOR		PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
IMPULSORES		PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
BOMBA 4 "A"	EMPAQUETADURA	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION EMPAQUETADURA	5	0.08	4	MES	53	4.42

	RODAMIENTO LADO ACOUPLE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	5	0.08	3	MES	36	3.00
	RODAMIENTO LADO LIBRE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	5	0.08	3	MES	36	3.00
	ACOPLE	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOUPLE	5	0.08	4	MES	53	4.42
	ROTOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	IMPULSOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
BOMBA 5 "A"	EMPAQUETADURA	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION EMPAQUETADURA	5	0.08	4	MES	53	4.42
	RODAMIENTO LADO ACOUPLE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	5	0.08	3	MES	36	3.00
	RODAMIENTO LADO LIBRE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	5	0.08	3	MES	36	3.00
	ACOPLE	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOUPLE	5	0.08	4	MES	53	4.42
	ROTOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	IMPULSOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
BOMBA 1 "B"	RODAMIENTO LADO ACOUPLE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	3	MES	36	6.00
	RODAMIENTO LADO LIBRE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	3	MES	36	6.00
	ACOPLE	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOUPLE	5	0.08	4	MES	53	4.42
	ROTOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	IMPULSORES	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00

	EMPAQUETADURA	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION EMPAQUETADURA	5	0.08	4	MES	53	4.42
BOMBA 2 "B"	RODAMIENTO LADO ACOUPLE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	3	MES	36	6.00
	RODAMIENTO LADO LIBRE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	3	MES	36	6.00
	ACOPLE	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOUPLE	5	0.08	4	MES	53	4.42
	ROTOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	IMPULSORES	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	EMPAQUETADURA	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION EMPAQUETADURA	5	0.08	4	MES	53	4.42
BOMBA 3 "B"	RODAMIENTO LADO ACOUPLE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	3	MES	36	6.00
	RODAMIENTO LADO LIBRE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	3	MES	36	6.00
	ACOPLE	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOUPLE	5	0.08	4	MES	53	4.42
	ROTOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	IMPULSORES	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	EMPAQUETADURA	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION EMPAQUETADURA	5	0.08	4	MES	53	4.42
BOMBA 4 "B"	RODAMIENTO LADO ACOUPLE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	1	MES	12	2.00
	RODAMIENTO LADO LIBRE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	1	MES	12	2.00

	ACOPLE	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOPLE	5	0.08	4	MES	53	4.42
	ROTOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	IMPULSORES	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	EMPAQUETADURA	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION EMPAQUETADURA	5	0.08	4	MES	53	4.42
BOMBA 5 "B"	RODAMIENTO LADO ACOPLE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	1	MES	12	2.00
	RODAMIENTO LADO LIBRE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	1	MES	12	2.00
	ACOPLE	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOPLE	5	0.08	4	MES	53	4.42
	ROTOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	IMPULSORES	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	EMPAQUETADURA	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION EMPAQUETADURA	5	0.08	4	MES	53	4.42
VENTILADOR 1	ACOPLE LADO MOTOR	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOPLE	5	0.08	4	MES	53	4.42
	REDUCTOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	3	MES	36	6.00
	ACOPLE LADO VENTILADOR	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOPLE	5	0.08	4	MES	53	4.42
	ASPAS	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ASPAS	5	0.08	1	MES	12	1.00
	ASPERORES	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ASPERORES	30	0.50	1	MES	12	6.00
	FOSA	PLANIFICADO	LIMPIEZA	LIMPIEZA FOSA	240	4.00	1	MES	12	48.00
	ESTRUCTURA VENTILADOR	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ESTRUCTURA EN GENERAL	5	0.08	4	MES	53	4.42

VENTILADOR 2	ACOPLE LADO MOTOR	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOPLE	5	0.08	4	MES	53	4.42
	REDUCTOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	3	MES	36	6.00
	ACOPLE LADO VENTILADOR	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOPLE	5	0.08	4	MES	53	4.42
	ASPAS	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ASPAS	5	0.08	1	MES	12	1.00
	ASPERORES	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ASPERORES	30	0.50	1	MES	12	6.00
	FOSA	PLANIFICADO	LIMPIEZA	LIMPIEZA FOSA	240	4.00	1	MES	12	48.00
	ESTRUCTURA VENTILADOR	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ESTRUCTURA EN GENERAL	5	0.08	4	MES	53	4.42
TUBERIAS	TUBERIA DE ABSORCION	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION DE TUBERIAS	5	0.08	4	MES	53	4.42
	ABSORBENTES	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION DE ABSORBENTES	120	2.00	1	MES	12	24.00
	TUBERIA DE DESCARGA	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION DE TUBERIAS	5	0.08	4	MES	53	4.42
BOMBA 6 "B"	RODAMIENTO LADO ACOPLE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	4	MES	53	8.83
	RODAMIENTO LADO LIBRE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	4	MES	53	8.83
	ACOPLE	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOPLE	5	0.08	4	MES	53	4.42
	ROTOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	IMPULSORES	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	EMPAQUETADURA	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION EMPAQUETADURA	5	0.08	4	MES	53	4.42

BOMBA 7 "B"	RODAMIENTO LADO ACOPLADO	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	4	MES	53	8.83
	RODAMIENTO LADO LIBRE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	4	MES	53	8.83
	ACOPLE	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOPLADO	5	0.08	4	MES	53	4.42
	ROTOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	IMPULSORES	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	EMPAQUETADURA	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION EMPAQUETADURA	5	0.08	4	MES	53	4.42
BOMBA 8 "B"	RODAMIENTO LADO ACOPLADO	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	4	MES	53	8.83
	RODAMIENTO LADO LIBRE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	4	MES	53	8.83
	ACOPLE	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOPLADO	5	0.08	4	MES	53	4.42
	ROTOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	IMPULSORES	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	EMPAQUETADURA	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION EMPAQUETADURA	5	0.08	4	MES	53	4.42
BOMBA 9 "B"	RODAMIENTO LADO ACOPLADO	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	4	MES	53	8.83
	RODAMIENTO LADO LIBRE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	TERMOGRAFÍA	10	0.17	4	MES	53	8.83
	ACOPLE	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOPLADO	5	0.08	4	MES	53	4.42
	ROTOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00

	IMPULSORES	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	EMPAQUETADURA	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION EMPAQUETADURA	5	0.08	4	MES	53	4.42
BOMBA 10 "B"	RODAMIENTO LADO ACOPLE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	INSPECCION DE ULTRASONIDO	5	0.08	1	MES	12	1.00
	RODAMIENTO LADO LIBRE	PLANIFICADO	PREDICTIVO	INSPECCION DE ULTRASONIDO	5	0.08	1	MES	12	1.00
	ACOPLE	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION ACOPLE	5	0.08	4	MES	53	4.42
	ROTOR	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	IMPULSORES	PLANIFICADO	PREDICTIVO	Análisis DE Vibración	5	0.08	1	MES	12	1.00
	EMPAQUETADURA	PLANIFICADO	INSPECCION	INSPECCION EMPAQUETADURA	5	0.08	4	MES	53	4.42

BIBLIOGRAFÍA

1. Cuatrecases Arbós, L., & Torrel Martínez, F. (2010). *TPM en un Entorno Lean Management*. Barcelona: Profit.
2. Gutierrez, A. M. (2009). *Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicio*. Medellín: AMG.
3. Hill, C. W. (2004). *Administración Estratégica Un Enfoque Integrado*. México D.F: McGraw-Hill Interamericana.
4. Infrared Training Center. (2014). *Manual de Termografía Infrarroja*. Sorocoba: SP.
5. Marshall Institute. (7 de Febrero de 2015). *Maintenance Effectiveness Survey*. Obtenido de https://www.marshallinstitute.com/inc/eng/consulting/Areas/customized_reliability_solutions/Body/measurvey.pdf
6. Páramo, J. (2010). *Tribología Centrada en Confiabilidad*. Guanajuato.
7. Pino, J. M. (20 de abril de 2015). *Fiabilidad de componentes: Distribución exponencial*. Obtenido de http://www.jmcpri.net/ntp/@datos/ntp_316.htm

8. Raymont a., S., & Robert J., B. (s.f.). *Física Para Ciencias e Ingeniería* (quinta ed., Vol. 1). México: McGraw-Hill.
9. SKF AB. (2010). *Análisis de Vibración nivel 1 ISO 18436 WI202*. Bogota.
10. Tippens, P. E. (1991). *Física Conceptos y aplicaciones* (Tercera ed.). México: McGraw-Hill.