



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS ACTIVOS DE LA  
EMPRESA INDUACERO CÍA. LTDA. BASADO EN PLANES DE  
LUBRICACIÓN”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORA:**

**CARMEN AMELIA MUZO IMBAQUINGO**

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS ACTIVOS DE LA  
EMPRESA INDUACERO CÍA. LTDA. BASADO EN PLANES DE  
LUBRICACIÓN”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORA:** CARMEN AMELIA MUZO IMBAQUINGO

**DIRECTOR:** Ing. CÉSAR MARCELO GALLEGOS LONDOÑO

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Carmen Amelia Muzo Imbaquingo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de la Autora.

Yo, CARMEN AMELIA MUZO IMBAQUINGO, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



Riobamba, 22 de diciembre de 2022



**Carmen Amelia Muzo Imbaquingo**  
**172636630-3**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS ACTIVOS DE LA EMPRESA INDUACERO CÍA. LTDA. BASADO EN PLANES DE LUBRICACIÓN.**, realizado por la señorita: **CARMEN AMELIA MUZO IMBAQUINGO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Fabián Eduardo Bastidas Alarcón <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-12-22
Ing. César Marcelo Gallegos Londoño <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-12-22
Ing. Félix Antonio García Mora <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-12-22

## **DEDICATORIA**

Este proyecto técnico se lo dedico a todas las personas que estuvieron acompañándome en el trayecto de la carrera en especial al ser más hermoso de mi mundo, mi madre, que con su amor, confianza y consejos ha sabido guiarme en este largo camino sin dejar de creer en mí.

Carmen

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a mi madre por ser esa luz en mi vida, por irradiar amor, respeto y paciencia a lo largo de mi trayecto en la universidad. A mis hermanos quienes estuvieron pendientes de mí cuando lo necesite, gracias.

A la familia Barahona Defáz por ser un apoyo en este último año, por creer en mí y ayudarme a crecer como persona.

A la empresa INDUACERO CÍA. LTDA. agradezco por abrirme las puertas de sus instalaciones permitiéndome realizar mi proyecto técnico y al equipo de mantenimiento

Carmen

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Definición del problema.....	2
1.3. Justificación del problema.....	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	3
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	3

### CAPÍTULO II

<b>2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>4</b>
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Mantenimiento preventivo.....	5
2.3. Sistemas de producción.....	6
2.4. Árbol de decisiones.....	6
2.5. Inventario de activos.....	8
2.5.1. <i>Codificación del inventario</i> .....	8
2.6. Subdivisión de equipos.....	9
2.7. Lubricación.....	9
2.7.1. <i>Importancia de la lubricación</i> .....	10
2.8. Almacenamiento de los lubricantes.....	11
2.8.1. <i>Almacenamiento a la intemperie</i> .....	12
2.8.2. <i>Almacenamiento bajo techo</i> .....	12



<b>2.9.</b>	<b>Recipientes para los lubricantes</b> .....	12
<b>2.10.</b>	<b>Metodología de lubricación</b> .....	13
<b>2.10.1.</b>	<i>Análisis y planificación</i> .....	13
<b>2.10.2.</b>	<i>Desarrollo del plan</i> .....	14
<b>2.10.2.1.</b>	<i>Tipos de lubricantes</i> .....	14
<b>2.10.2.2.</b>	<i>Normalización de aceites y grasas</i> .....	15
<b>2.10.2.3.</b>	<i>Boletín de engrase</i> .....	16
<b>2.11.</b>	<b>Cálculo alternativo del intervalo de lubricación con grasa</b> .....	17
<b>2.12.</b>	<b>Cantidad de lubricante para rodamientos</b> .....	17
<b>2.12.1.</b>	<i>Cálculo de la cantidad de grasa para la lubricación</i> .....	17
<b>2.13.</b>	<b>Cálculo de cantidad de re engrase</b> .....	19
<b>2.14.</b>	<b>Selección de lubricante</b> .....	20
<b>2.14.1.</b>	<i>Parámetros que se deben tomar en cuenta</i> .....	20
<b>2.14.1.1.</b>	<i>Selección correcta de un aceite industrial grado ISO</i> .....	20
<b>2.14.1.2.</b>	<i>Selección correcta de una grasa industrial</i> .....	21
<b>2.15.</b>	<b>Métodos y sistema de lubricación</b> .....	21
<b>2.15.1.</b>	<i>Lubricación manual</i> .....	21
<b>2.15.2.</b>	<i>Lubricación por salpique</i> .....	22
<b>2.15.3.</b>	<i>Lubricación por baño</i> .....	22
<b>2.15.4.</b>	<i>Lubricación por circulación</i> .....	23
<b>2.16.</b>	<b>Análisis de degradación forzada</b> .....	23
<b>2.16.1.</b>	<i>Hoja de análisis degradaciones habituales forzadas – causas de averías</i> .....	23
<b>2.17.</b>	<b>Levantamiento de información</b> .....	24
<b>2.18.</b>	<b>Análisis ferrográfico</b> .....	25

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	27
<b>3.1.</b>	<b>Antecedentes históricos de INDUACERO CÍA LTDA</b> .....	27
<b>3.2.</b>	<b>Localización</b> .....	28
<b>3.3.</b>	<b>Base legal</b> .....	28
<b>3.4.</b>	<b>Misión</b> .....	29
<b>3.5.</b>	<b>Visión</b> .....	29
<b>3.6.</b>	<b>Tipo de Jornada</b> .....	29
<b>3.7.</b>	<b>Tamaño de la empresa</b> .....	29
<b>3.8.</b>	<b>Tipo de proceso</b> .....	29

3.9.	<b>Ritmo de actividad</b> .....	29
3.10.	<b>Grado de automatización</b> .....	30
3.11.	<b>Inversión de maquinaria</b> .....	30
3.12.	<b>Estructura organizacional</b> .....	30
3.13.	<b>Descripción del Departamento de Mantenimiento</b> .....	30
3.14.	<b>Estudio de la situación actual</b> .....	31
3.15.	<b>Almacenamiento de los lubricantes</b> .....	31
3.15.1.	<i>Almacenamiento bajo techo</i> .....	32
3.16.	<b>Tipos de lubricantes usados en la empresa</b> .....	32
3.17.	<b>Recipientes para la colocación de aceites</b> .....	33
3.17.1.	<i>Pistola de engrase manual</i> .....	33
3.18.	<b>Áreas de la empresa</b> .....	34
3.19.	<b>Inventario y codificación</b> .....	35
3.19.1.	<i>Inventario</i> .....	35
3.19.2.	<i>Codificación de la maquinaria</i> .....	36
3.19.2.1.	<i>Código cizalla</i> .....	36
3.19.2.2.	<i>Código de fresadora FEXAC</i> .....	36
3.20.	<b>Análisis de los activos con la herramienta árbol de decisiones</b> .....	37
3.20.1.	<i>Árbol de decisión de la Cizalla</i> .....	38
3.20.2.	<i>Árbol de decisión de la Fresadora FEXAC</i> .....	38
3.20.3.	<i>Análisis de degradación forzada de la cizalla</i> .....	40
3.21.	<b>Subdivisión de la máquina en grupos funcionales</b> .....	41
3.21.1.	<i>Subdivisión de la Rebordeadora</i> .....	41
3.21.2.	<i>Prensa hidráulica</i> .....	41
3.21.3.	<i>Subdivisión del puente grúa</i> .....	42
3.21.4.	<i>Subdivisión del posicionador de tanques</i> .....	42
3.21.5.	<i>Máquina herramienta Fresadora FEXAC</i> .....	43
3.21.6.	<i>Subdivisión de la roladora DAVI</i> .....	43
3.21.7.	<i>Subdivisión de la plegadora HACO 1</i> .....	43
3.21.8.	<i>Subdivisión del torno LOGAN</i> .....	44
3.21.9.	<i>Subdivisión de la cizalla TSD</i> .....	44
3.22.	<b>Cálculo alternativo del intervalo de lubricación con grasa</b> .....	44
3.23.	<b>Cálculo de cantidad de re engrase</b> .....	45
3.24.	<b>Elaboración de la matriz de lubricación</b> .....	46
3.24.1.	<i>Registro de control</i> .....	46
3.25.	<b>Análisis ferrográfico al aceite de la prensa hidráulica</b> .....	47

## CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	49
<b>4.1.</b>	<b>Resultados de análisis de degradaciones forzadas</b> .....	49
<b>4.2.</b>	<b>Actividades para los planes de lubricación</b> .....	50
<b>4.2.1.</b>	<i>Procedimientos para encontrar los puntos de lubricación de la rebordeadora</i> .....	50
<b>4.2.2.</b>	<i>Procedimientos para encontrar los puntos de lubricación de la prensa hidráulica</i> .....	51
<b>4.2.3.</b>	<i>Procedimientos para encontrar los puntos de lubricación del puente grúa</i> .....	52
<b>4.2.4.</b>	<i>Procedimientos para encontrar los puntos de lubricación posicionador de tanques</i> .....	53
<b>4.2.5.</b>	<i>Procedimientos para encontrar los puntos de lubricación de la roladora DAVI</i> .....	54
<b>4.2.6.</b>	<i>Procedimientos para encontrar los puntos de lubricación de la fresadora FEXAC</i> .....	54
<b>4.2.7.</b>	<i>Procedimientos para encontrar los puntos de lubricación de la plegadora</i> .....	56
<b>4.2.8.</b>	<i>Procedimientos para encontrar los puntos de lubricación del torno LOGAN</i> .....	57
<b>4.2.9.</b>	<i>Procedimientos para encontrar los puntos de lubricación de la cizalla TSD</i> .....	58
<b>4.3.</b>	<b>Resultados del análisis ferrográfico</b> .....	59
<b>4.3.1.</b>	<i>Discusión del análisis</i> .....	59
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	60
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	61
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Estructura de código.....	8
<b>Tabla 2-2:</b>	Plantilla modelo de codificación de maquinaria.....	9
<b>Tabla 3-2:</b>	Plantilla de sub-división del ítem. ....	9
<b>Tabla 4-2:</b>	Aplicación de tipos de lubricantes.....	15
<b>Tabla 5-2:</b>	Características técnicas.....	15
<b>Tabla 6-2:</b>	Datos del boletín de engrase.....	16
<b>Tabla 7-2:</b>	Periodicidades o frecuencia.....	16
<b>Tabla 8-2:</b>	Análisis de degradaciones .....	24
<b>Tabla 9-2:</b>	Tipo de degradaciones.....	25
<b>Tabla 1-3:</b>	Información. ....	28
<b>Tabla 2-3:</b>	Tipos de lubricantes usados en INDUACERO CÍA. LTDA. ....	32
<b>Tabla 3-3:</b>	Inventario seleccionado .....	35
<b>Tabla 4-3:</b>	Codificación de maquinaria.....	36
<b>Tabla 5-3:</b>	Codificación de fresadora.....	37
<b>Tabla 6-3:</b>	Codificación basado en lubricación.....	37
<b>Tabla 7-3:</b>	Evaluación de degradación de análisis de la cizalla .....	40
<b>Tabla 8-3:</b>	Subdivisión de la rebordeadora. ....	41
<b>Tabla 9-3:</b>	Subdivisión de la prensa hidráulica.....	42
<b>Tabla 10-3:</b>	Subdivisión del puente grúa .....	42
<b>Tabla 11-3:</b>	Subdivisión del posicionador de tanques .....	42
<b>Tabla 12-3:</b>	Sub-división de la fresadora FEXAC.....	43
<b>Tabla 13-3:</b>	Subdivisión de roladora DAVI.....	43
<b>Tabla 14-3:</b>	Subdivisión de la plegadora HACO .....	43
<b>Tabla 15-3:</b>	Subdivisión del torno LOGAN.....	44
<b>Tabla 16-3:</b>	Subdivisión de la cizalla.....	44
<b>Tabla 1-3:</b>	Datos para cálculo de frecuencia.....	45
<b>Tabla 18-3:</b>	Cálculo de frecuencia .....	45
<b>Tabla 19-3:</b>	Cantidad de re engrase .....	46
<b>Tabla 20-3:</b>	Boletín de lubricación .....	46
<b>Tabla 21-3:</b>	Registro de control .....	46
<b>Tabla 1-4:</b>	Resultado de la hoja de degradación .....	49
<b>Tabla 2-4:</b>	Puntos de lubricación de rebordeadora.....	50
<b>Tabla 3-4:</b>	Puntos de lubricación de la prensa hidráulica .....	51

<b>Tabla 4-4:</b>	Puntos de lubricación del puente grúa.....	52
<b>Tabla 5-4:</b>	Puntos de lubricación del posicionador de tanques .....	53
<b>Tabla 6-4:</b>	Puntos de lubricación de la roladora DAVI .....	54
<b>Tabla 7-4:</b>	Puntos de lubricación de la fresadora FEXAC.....	55
<b>Tabla 8-4:</b>	Puntos de lubricación de plegadora HACO.....	56
<b>Tabla 9-4:</b>	Puntos de lubricación del torno LOGAN .....	57
<b>Tabla 10-4:</b>	Puntos de lubricación de cizalla TSD.....	58
<b>Tabla 11-4:</b>	Resultados del análisis de ferrograma .....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b>	Sistema de administración de operaciones .....	6
<b>Figura 2-2:</b>	Clasificación de la taxonomía con niveles taxonómicos.....	8
<b>Figura 3-2:</b>	Película de aceite entre dos superficies .....	10
<b>Figura 4-2:</b>	Espacio interno del rodamiento.....	19
<b>Figura 5-2:</b>	Métodos de aplicación manual .....	21
<b>Figura 6-2:</b>	Reductor lubricado por el método de salpique .....	22
<b>Figura 7-2:</b>	Método lubricación por baño .....	22
<b>Figura 8-2:</b>	Muestra de lubricante .....	25
<b>Figura 9-2:</b>	Equipo del análisis ferroGráfico.....	26
<b>Figura 1-3:</b>	Localización geográfica INDUACERO CÍA. LTDA.....	28
<b>Figura 2-3:</b>	Almacenamiento actual del aceite hidráulico.....	32
<b>Figura 3-3:</b>	Almacenamiento de grasa NLGI #2 .....	32
<b>Figura 4-3:</b>	Recipiente improvisado.....	33
<b>Figura 5-3:</b>	Pistola de engrase manual 24 onzas .....	33
<b>Figura 6-3:</b>	Grasa KENDALL SUPER BLU .....	34
<b>Figura 7-3:</b>	Bomba de vacío en cárter de prensa.....	47
<b>Figura 8-3:</b>	Ferrógrafo.....	47
<b>Figura 9-3:</b>	Ferrograma .....	48

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2:</b>	Actividades del mantenimiento preventivo .....	6
<b>Gráfico 2-2:</b>	Árbol de decisiones para cada activo .....	7
<b>Gráfico 3-2:</b>	Causas de falla.....	11
<b>Gráfico 4-2:</b>	Proceso del plan de lubricación.....	13
<b>Gráfico 5-2:</b>	Clasificación según su naturaleza.....	14
<b>Gráfico 1-3:</b>	Secciones de producción. ....	34
<b>Gráfico 2-3:</b>	Análisis de la cizalla.....	38
<b>Gráfico 3-3:</b>	Análisis de la fresadora FEXAC .....	39

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA INDUACERO CÍA. LTDA .
- ANEXO B:** ÁRBOL DE DECISIÓN DE LAS MÁQUINAS RESTANTES
- ANEXO C:** HOJA DE ANÁLISIS DE DEGRADACIONES
- ANEXO D:** CODIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS RESTANTES
- ANEXO E:** FOTOMICROGRAFIAS DEL ATLAS
- ANEXO F:** FOTOMICROGRAFÍA 1.9.2.3
- ANEXO G:** FOTOMICROGRAFÍA 2.2.3.22
- ANEXO H:** FOTOMICROGRAFÍA 2.3.4.1
- ANEXO I:** COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LA FOTOMICROGRAFÍA
- ANEXO J:** VISUALIZACIÓN DEL FERROGRAMA



## RESUMEN

El objetivo del presente proyecto técnico fue desarrollar un mantenimiento preventivo de los activos de la empresa INDUACERO CÍA. LTDA. basado en planes de lubricación, empresa ubicada en la ciudad de Latacunga. Los activos físicos han sido seleccionados mediante una herramienta del mantenimiento conocida como: árbol de decisiones que ha permitido realizar la selección de forma sencilla, en total se ha seleccionado nueve activos físicos tales como: Cizalla, fresadora, posicionador de tanques, plegadora, prensa hidráulica, puente grúa, rebordeadora, roladora y el torno. Activos físicos distribuidos en tres áreas, de siete existentes en la empresa. La división de un activo en grupos funcionales y puntos de lubricación va a permitir llegar al elemento que necesita lubricación, desde ahí se han elaborado las tareas de mantenimiento, boletines de engrase que contienen datos como: frecuencia, posición de la máquina, duración del mantenimiento, tipo de lubricante y cantidad del lubricante. Con toda la información almacenada y redactada, el jefe de mantenimiento y operadores pueden ejecutar las actividades de manera menos improvisada. Mediante la recolección de muestras de aceite de la prensa hidráulica ubicada en la sección de corte plasma y rebordeado de tapas se realiza el análisis de aceite, para poder determinar qué tipos de desgaste tienen los componentes del activo. En el presente trabajo se elaboró los planes de lubricación, las cuales van a permitir ejecutar de manera sencilla las actividades de mantenimiento evitando acciones improvisadas. Se recomienda a la empresa en especial al departamento de mantenimiento seguir los planes de lubricación propuestos de acuerdo con las frecuencias y cálculos realizados.

**Palabras clave:** <MANTENIMIENTO PREVENTIVO>; <PLANES DE LUBRICACIÓN>; <ENGRASE>; <PUNTOS DE LUBRICACIÓN>; <DEGRADACION FORZADA>; <FERROGRAFÍA>.

0688-DBRA-UPT-2023



## SUMMARY

The objective of this technical project was to develop a preventive maintenance of the company assets INDUACERO CÍA. LTDA. It was based on lubrication plans, a company located in the Latacunga city. The physical assets have been selected by means of a maintenance tool known as: decision tree that has allowed to make the selection in a simple way. Nine physical assets have been selected in total, such as: Shear, milling machine, tank positioner, press brake, hydraulic press, bridge crane, flanging machine, rolling machine and the lathe. Physical assets distributed in three areas, out of seven existing at the company. The division of an asset into functional groups and lubrication points will allow us to get to the element that needs lubrication, from there we have prepared maintenance tasks, greasing bulletins containing data such as: frequency, machine position, maintenance duration, type and quantity of lubricant. With all the stored and written information, the maintenance manager and operators can perform the activities in a less improvised way. By collecting oil samples from the hydraulic press located in the plasma cutting and lid flanging section, an oil analysis was performed to determine what types of wear the components of the asset have. In this work, lubrication plans were elaborated, which will allow the execution of maintenance activities in a simple way, avoiding improvised actions. It is recommended to the company, especially to the maintenance department, to follow the proposed lubrication plans according to the frequencies and calculations made.

**Keywords:** <PREVENTIVE MAINTENANCE >;  
<BULLETINS>; <GREASE QUANTITY>; <GREASE>, <FUNCTIONAL GROUP  
DIVISION>, <FERROGRAPHY>, <LUBRICATION POINTS>, <FORCED  
DEGRADATION>.



Lic. Sandra Porrás P. Mgs  
C.I. 0603357062

## **INTRODUCCIÓN**

La lubricación es el proceso de aplicar un material lubricante a las piezas móviles de una máquina o sistema con el fin de reducir la fricción y el desgaste. Los lubricantes pueden ser: grasas, ceras, polímeros, o fluidos especializados que se seleccionan en función del tipo de carga, velocidad, temperatura y otras condiciones de operación. La lubricación es una parte esencial del mantenimiento debido que se puede ayudar a prolongar la vida útil de los componentes mecánicos, reducir el mantenimiento y los costos operativos, mejorando así la eficiencia y el rendimiento

El presente proyecto técnico desarrolla una metodología de lubricación para lo cual en el primer capítulo se define el problema actual de la empresa y los objetivos que se van ir desarrollando mediante el levantamiento de información como: el análisis de degradación de cada activo de la empresa en estudio, se analiza las soluciones de manera estandarizada dejando atrás soluciones artesanales.

En el segundo capítulo se mencionan los fundamentos teóricos como: los antecedentes de la empresa, el inventario y codificación de los activos, importancia de la lubricación, la metodología que se propone aplicar, tipos de lubricantes, entre otros temas que serán aplicados en el tercer capítulo.

En el tercer capítulo se analiza la situación actual de la empresa, con la teoría que se va a desarrollar, se realiza cambios en todas las actividades que tengan que ver con la lubricación como: conocer que cantidad de grasa usar, tipo de grasa, frecuencias de lubricación y tiempo de re lubricación, es necesario conocer la serie de cada rodamiento para finalizar con el proyecto técnico se realiza un análisis ferrográfico del activo prensa hidráulica, ensayo que permite visualizar el tamaño de partícula que circula en el aceite.

En el cuarto capítulo denominado resultados contiene el: análisis de degradaciones forzadas de cada activo, las actividades para los planes de lubricación, procedimientos para encontrar los puntos de lubricación y resultado y discusión del análisis ferrográfico. Demostrando así toda la información que ha sido recolectada y adaptada según la metodología que se ha elegido para este trabajo de integración curricular.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Antecedentes

El desarrollo industrial en la provincia de Cotopaxi en los últimos años ha tenido un gran avance. Una de las empresas que mayor crecimiento ha tenido es INDUACERO CÍA. LTDA. Su amplia infraestructura y maquinaria, le permiten fabricar los más variados equipos para todo proceso industrial. Es necesario contar con una gestión de mantenimiento para optimizar tiempos en las diferentes tareas, demostrando la alta calidad que tienen sus productos de acuerdo a las especificaciones del cliente.

El principal objetivo de INDUACERO CÍA. LTDA. es satisfacer las necesidades de sus clientes entregando productos con la más alta calidad apoyándose en normas como la ISO 9001:2015, ASME y The National Board. (INDUACERO CÍA. LTDA, 1999)

Las actividades de lubricación van tomando forma e importancia. Actualmente se descartan las acciones improvisadas como: cantidades de lubricante al azar, selección de lubricante al azar y procedimientos al azar, estos errores pertenecen al 70% de causas de fallos y un plan de mantenimiento preventivo basado en lubricación ayudará a reducir los errores que pueden crearse por ejecutar acciones no adecuadas (Noria Latín América, 2022).

El operario es el encargado de recopilar información de su activo, con estos datos el jefe de mantenimiento es el que debe realizar un análisis de criticidad a los elementos para dar prioridad al ejecutar los planes de mantenimiento preventivo (CASTILLO FELIX & CIEZA CASTANEDA, 2013, p. 18).

#### 1.2. Definición del problema

INDUACERO CÍA. LTDA. es una empresa que se dedica al diseño, desarrollo, construcción, montaje y puesta en marcha de equipos industriales. La empresa cuenta con un departamento de mantenimiento, dirigida por el jefe y técnico de mantenimiento, su trabajo es mantener los activos en su completa función requerida. El departamento de mantenimiento presenta deficiencias en su sistema de gestión de lubricación, en este proyecto se va a desarrollar un sistema de gestión de lubricación adecuado conjuntamente con una serie de tareas que nos permitirá controlar las actividades, procedimientos, recursos, y duración necesaria para realizar el mantenimiento.

### **1.3. Justificación del problema**

Una vez analizado el sistema de lubricación en la empresa se concluye que, al no estar actualizado, y estandarizado se realiza las actividades de mantenimiento de forma artesanal, por lo tanto, en el presente proyecto técnico se propone un plan de mantenimiento basado en lubricación, presentando una lista de tareas que sean fáciles de aplicar. Los activos en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA, están bajo la observación del jefe y técnico de mantenimiento, ellos son los responsables, por ende, es un personal indispensable que pertenece al área de producción

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. *Objetivo general***

Desarrollar un mantenimiento preventivo de los activos de la empresa INDUACERO CÍA. LTDA. basado en planes de lubricación.

#### **1.4.2. *Objetivos específicos***

Analizar la situación actual del sistema de lubricación aplicado en la empresa, e identificar los equipos con necesidad de lubricación.

Analizar las degradaciones forzadas para cada equipo.

Elaborar las actividades para los planes de lubricación.

Identificar las tareas de mantenimiento del plan de lubricación con sus recursos necesarios para elaborar una matriz de lubricación.

Realizar el análisis ferrográfico de un activo.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. Antecedentes

En investigaciones realizadas se ha revisado un tema en específico llamado mantenimiento preventivo basado en planes de lubricación. Existe información en varios documentos, páginas web, tesis, informes que serán de gran ayuda para el desarrollo del siguiente Trabajo de Integración Curricular.

Mediante la búsqueda de información se han encontrado trabajos relevantes sobre la lubricación, la autora de este trabajo destaca dos páginas web dedicadas al mantenimiento y lubricación la primera página se llama PROACTIVE ENGINEERING siendo una empresa de servicios de Consultoría y Capacitación de la ciudad de Perú. (ENGINEERING, 2020)

La segunda página llamada Noria Latín América es una empresa de la ciudad de México con una trayectoria de 70 años dedicada a desarrollar programas de lubricación. Noria Latín América en su página web de la sección blogs menciona seis claves para implementar un programa de lubricación, que son las siguientes: Selección de lubricantes, Recepción y almacenamiento de lubricantes, manejo y aplicación de lubricantes, control de contaminación, y disposición ecológica. La clave número dos resalta que se debe asegurar la recepción del lubricante que se ha requerido, los estándares de calidad y que se encuentre totalmente sellado. Los puntos antes mencionados parecen no tener mayor importancia, pero de esta manera se logra evitar la generación de fallas (Noria Latín América, 2022).

La fuente bibliográfica “Tribología Centrada en Confiabilidad” de Techgnosis, en su obra Lubricación de Clase Mundial y Rediseño de la Maquinaria para Incremento de su Confiabilidad” destaca cinco principios que se debe tomar en cuenta al aplicar un mantenimiento basado en principios de lubricación. Estos son:

PRIMERO. La confiabilidad de la maquinaria es directamente proporcional a la Lubricación de Clase Mundial (Nuevos lubricantes, nuevas tecnologías y nuevos paradigmas)

SEGUNDO. La Confiabilidad del equipo es directamente proporcional al Monitoreo de Condición de Clase Mundial (Análisis de Aceite y otras tecnologías: Vibraciones, Termografía, Ultrasonido, etc.)

CUARTO. La confiabilidad de la maquinaria es directamente proporcional al cambio de preconcepto (paradigma) de lubricación y al nuevo comportamiento (hábitos de lubricación). Todo INC (Incidente de NO -Confiabilidad) es evitable.

QUINTO. Las utilidades y beneficios cuantificables para su Empresa son directamente proporcionales a la aplicación de los Principios de Technosis.

Según el informe técnico titulado “Plan maestro de mantenimiento preventivo de lubricación”, publicado por Jiménez detalla directamente las actividades dirigidas hacia un nivel de tipo componente, el objetivo general es crear un plan de lubricación donde se detallen las actividades de una manera sencilla con el fin de reducir fallos, reducir tiempos. El desafío es capacitar al operario para que ejecute el plan de mantenimiento siguiendo las instrucciones que se dejan plasmadas (Jiménez, et al., 2022).

## **2.2. Mantenimiento preventivo**

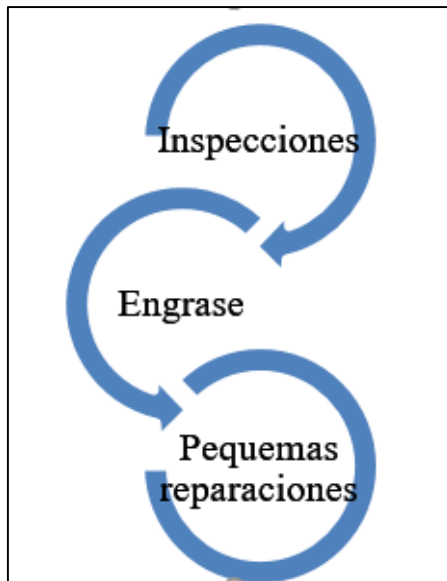
El mantenimiento preventivo según la norma UNE-EN (13306, 2018), se define como:

Mantenimiento llevado a cabo para evaluar y/o mitigar la degradación y reducir la probabilidad de fallo de un elemento.

La idea principal del mantenimiento preventivo es:

- Eliminar la causa de la avería.
- Anticipar el efecto de la avería

La Figura 1-2 detalla las tres actividades que intervienen en el mantenimiento preventivo para ello es necesario que los operarios tengan presente estas acciones (Lezada García, 2002)

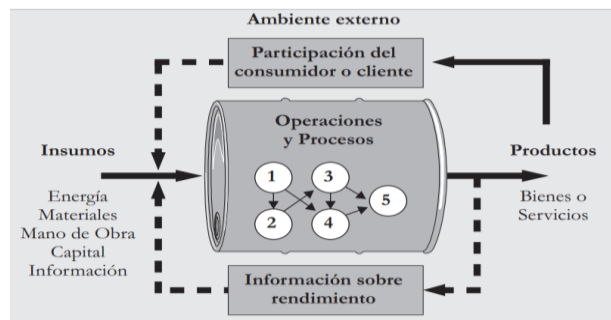


**Gráfico 1-2:** Actividades del mantenimiento preventivo

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

### 2.3. Sistemas de producción

Un sistema de producción se basa en: suministros, proceso, productos e información donde existe conexión con los clientes y el ambiente externo Figura 1.2. (CARRO PAZ & GONZÁLEZ GÓMEZ, 2020).



**Figura 1-2:** Sistema de administración de operaciones

Fuente: (CARRO PAZ & GONZÁLEZ GÓMEZ, 2020).

El tipo de sistema de producción que maneja la empresa es llamado: Producción por trabajo debido a su salida de producto que es bajo pedido. Su cadena productiva ha integrado tecnologías y procesos de control de la producción.

### 2.4. Árbol de decisiones

El árbol de decisión es un mapa del posible resultado de una serie de decisiones relevantes. El



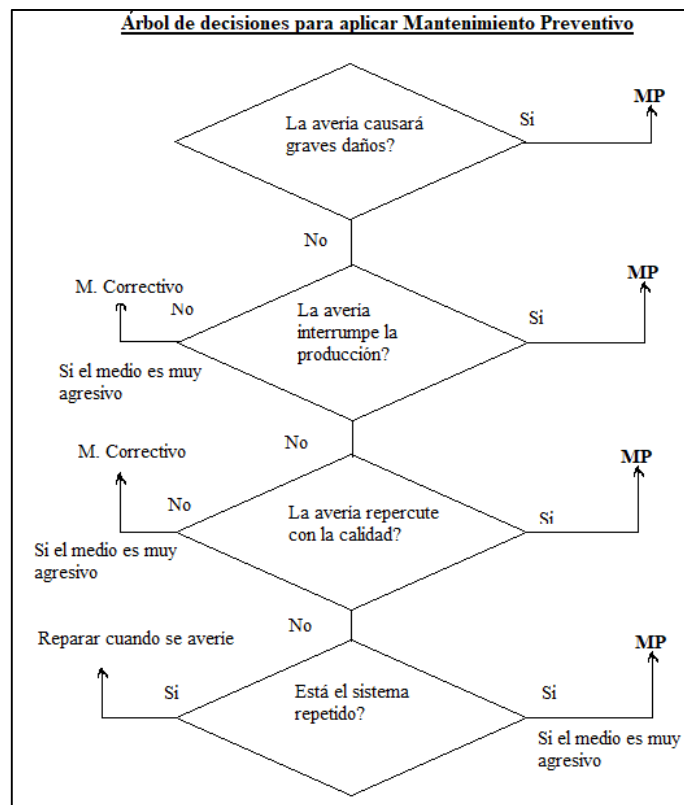
autor puede comparar los procedimientos que pueden estar de acuerdo a la posibilidad de ventaja.

La creación del árbol tiene como origen una lluvia de ideas para dibujar el algoritmo para predecir la mejor opción.

Esta herramienta de mantenimiento del efectúa un método analítico mediante una representación esquemática, facilitando la toma de decisiones en este proyecto.

Las partes que sobresalen de la herramienta son tres: Los nodos decisorios que define la decisión a tomar, los aleatorios se refieren a uno o dos sucesos que dirigen a una probabilidad similar y las ramas que son las líneas terminadas en flecha indicando la decisión que se ha elegido.

El árbol de decisión será aplicado en todos los activos principales del área de producción, se eligen los activos que necesitan un Mantenimiento Preventivo. Ver Gráfico 2-2.



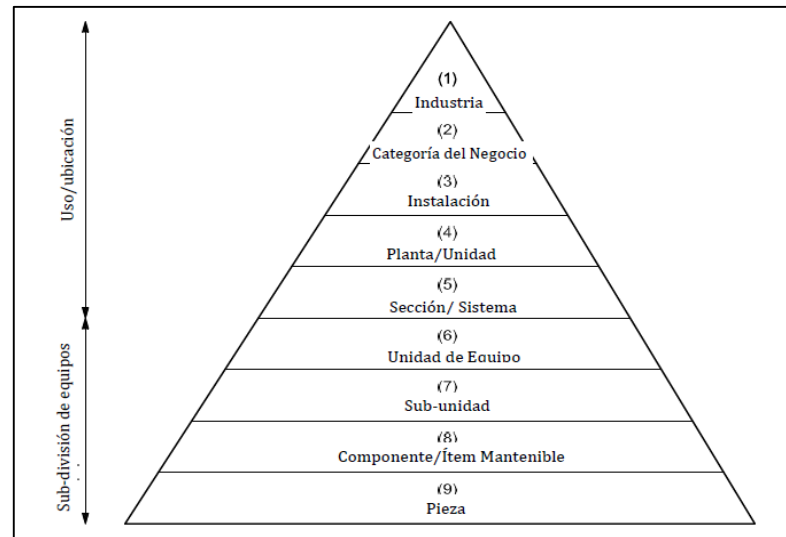
**Gráfico 2-2:** Árbol de decisiones para cada activo

Fuente: (Lezada García, 2002).

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

## 2.5. Inventario de activos

El inventario de activos es el registro de los bienes que tiene una empresa, la norma ISO 14224:2016, Figura 2-2 muestra a la taxonomía como la clasificación sistemática de ítems en dos grupos:



**Figura 2-2:** Clasificación de la taxonomía con niveles taxonómicos.

Fuente: (ISO 14224, 2016).

- Uso/Ubicación.
- Subdivisión de equipos

### 2.5.1. Codificación del inventario

La identificación del activo debe contener una codificación numérica. Los parámetros que se deben cumplir son: Tabla 1-2

- Numeración corta
- No incluir características técnicas del equipo

**Tabla 1-2:** Estructura de código

A	B	C	D	E
1°	2°	3°		
Sección	Proceso	Máquina		

Fuente: (Lezada García, 2002).

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

- Nivel 1: Secciones homogéneas de la empresa donde se realizan todos los procesos.
- Nivel 2: Un proceso es un conjunto de máquinas, que, si una se detiene, se detiene todo el proceso. Se emplea dos dígitos
- Nivel 3: Define a las máquinas de cada uno de los procesos.

La plantilla de la Tabla 2-2 será la forma de codificación de la máquina:

- Primer nivel se emplea un dígito del 0 al 9
- Segundo nivel se emplea dos dígitos del 0 al 99
- Tercer nivel se emplea dos dígitos del 51 al 99

**Tabla 2-2:** Plantilla modelo de codificación de maquinaria

<b>Equipo:</b>	
<b>Fotografía</b>	
<b>Nivel 1:</b>	Secciones homogéneas (lugar)
<b>Nivel 2:</b>	Proceso
<b>Nivel 3:</b>	Máquina de los procesos
<b>Código:</b>	X-XX-XX

**Realizado por:** Muzo Carmen, 2022.

## 2.6. Subdivisión de equipos

La subdivisión es: la máquina, grupo funcional y punto de lubricación. Tabla 3-2.

De acuerdo a su mantenibilidad:

Activos con acceso fácil a las revisiones en marcha

Activos con acceso difícil a revisiones (compactas y cerradas)

**Tabla 3-2:** Plantilla de sub-división del ítem.

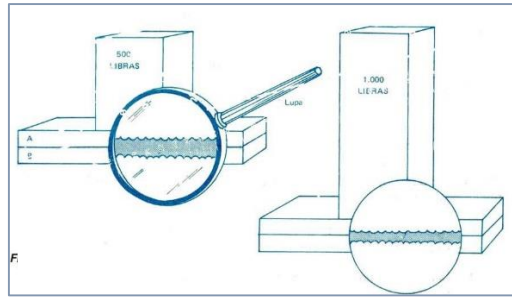
<b>Máquina</b>	<b>Grupo Funcional</b>	<b>Punto de lubricación</b>

**Fuente:** (Lezada García, 2002).

**Realizado por:** Muzo Carmen, 2022.

## 2.7. Lubricación

Para eliminar el contacto directo o fricción, en la Figura 3-2, entre dos superficies es necesario lubricar, se interpone una película fluida entre superficies generalmente metálicas.



**Figura 3-2:** Película de aceite entre dos superficies

Fuente: (Vallejo R, 2017, p.1).

La película de aceite que se forma impide el desgaste y minimiza el rozamiento que genera pérdida de energía potencial además de tener una separación debido a la presión que está ejercida (Vallejo, 2017, p. 1).

### **2.7.1. Importancia de la lubricación**

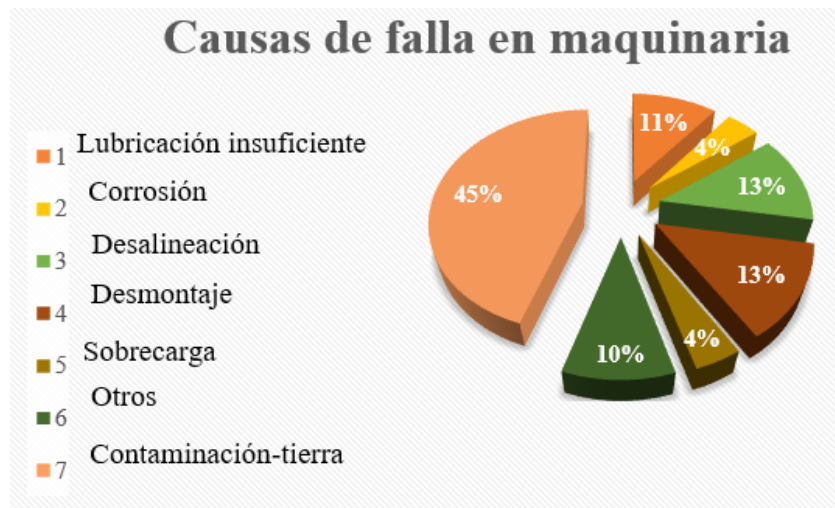
Una lubricación deficiente se ve reflejada cuando los equipos presentan los siguientes síntomas: atascamientos, sobrecalentamiento, desgaste de superficie, etc. Estos síntomas pueden ser controlados con una correcta aplicación del lubricante, en base a los costos resultan ser mínimos a comparación con el valor total de los equipos que podrían echarse a perder parcialmente.

La aplicación del lubricante de forma y cantidad adecuada brinda una gran variedad de beneficios:

- Minimiza desgaste y fricción de las piezas en movimiento.
- Mantiene en baja temperatura sus componentes mecánicos.
- Protege de la exposición al ambiente evitando corrosión y herrumbre.
- Reduce la contaminación auditiva
- Mantiene activa la producción.
- Alarga la función requerida de los equipos.

Desde que se ha iniciado la fabricación de maquinaria, los mismos fabricantes y analistas de la rama han sacado una conclusión, en el Gráfico 3-2 se detallan en porcentajes las causas de fallas en maquinaria poniéndose de acuerdo en que solo el 45% son fallas por lubricación. Las demás causas son las siguientes: (Noria Latín América, 2022).

- Problemas de lubricación inadecuada
- La corrosión de forma natural
- Negligencia del operador
- Entre otras



**Gráfico 3-2:** Causas de falla

Fuente: (ENGINEERING, 2020).

Las causas antes mencionadas se pueden controlar bajo una planificación ejecutada por un personal calificado, así evitando la generación de fallas en la maquinaria. Esta información hasta el año 2017 (ENGINEERING, 2020).

En el mismo año bajo la fuente de Noria Latín América, investigadores de lubricación de maquinaria y gestión de activos lubricados determinan que el 76% de fallas de la maquinaria son por las nuevas regulaciones de varios tipos como: gubernamentales, de operación y ambientales sean fabricadas de una forma en que sus emisiones e impactos al medio ambiente sean cada vez mínimos.

Se considera una causa más de fallo la falta de conocimiento por parte del operador al desarrollar procedimientos que ya no se realizan en maquinaria nueva.

Entre el 52% y 76% de fallos en la maquinaria se dan por problemas de lubricación y con este índice es una razón para actualizarnos en esta rama para aportar grandes beneficios (ENGINEERING, 2020).

## 2.8. Almacenamiento de los lubricantes

Se tiene dos formas de almacenamiento:

- Almacenamiento a la intemperie.
- Almacenamiento bajo techo.

### **2.8.1. Almacenamiento a la intemperie**

Este tipo de almacenamiento se debe evitar debido que existe la posibilidad de contaminación con agua (transpiración del recipiente).

Otra posibilidad es que las especificaciones del aceite y marca con el pasar del tiempo vaya desapareciendo.

El tiempo prolongado de almacenamiento es un factor que ocasiona fugas y pérdidas del producto. (Albarracín Aguilón, 2002).

En caso de que los tambores de aceite se mantengan a la intemperie es recomendable que el tambor se ubique de manera inclinada, así existe menos contacto con el agua evitando que la tapa y el tapón queden sumergidos.

### **2.8.2. Almacenamiento bajo techo**

Esta forma de almacenamiento es la indicada porque se puede controlar los agentes contaminantes de los exteriores. Se debe tomar en cuenta las siguientes normas, como:

- Tener luz natural.
- Señalética.
- Piso de cemento.
- Buena ventilación.
- Acceso suficiente para movilizar los tambores de aceite.
- No permitir el almacenamiento de aceites durante largos periodos de tiempo.
- Mantener los tambores de aceite sobre estibas de madera.

## **2.9. Recipientes para los lubricantes**

Los recipientes para los lubricantes son soluciones ante, el desplazamiento desde el lugar de almacenamiento hasta la ubicación del activo a lubricar. El problema que a cualquier operador le puede suceder es: la confusión de los productos y la contaminación.

Es común utilizar recipientes inadecuados entre ellos se encuentran: botellas de plástico, jarras, galones con cortes improvisados. A pesar de ello algunos plásticos deterioran a los aceites, excepto aquellos que son recomendados por el fabricante del lubricante.

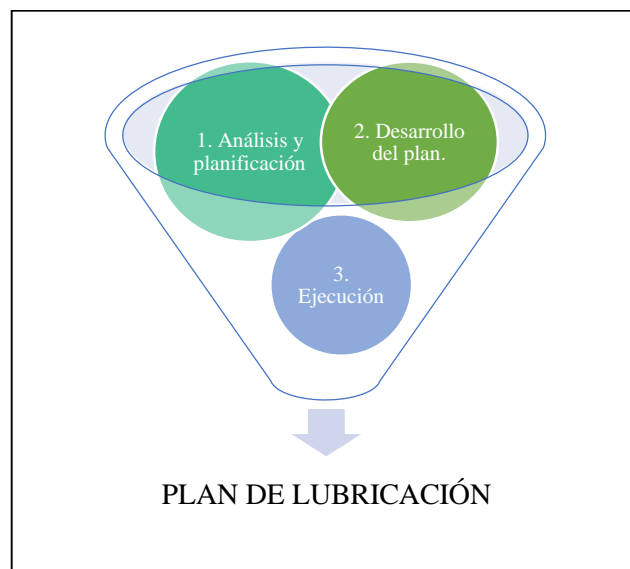
## 2.10. Metodología de lubricación

La metodología del Ing. Emilio Lezada García requiere etapas fundamentales como: La condición de las máquinas de la empresa, análisis de las degradaciones, división de la máquina, identificación de los puntos de lubricación, elaboración de los planes de lubricación, etc.

En los planes de lubricación se determina la cantidad de grasa a aplicar y la frecuencia basada en cálculos.

La función principal es transformar las acciones de reparación en acciones de gestión a todos los equipos y sus componentes del proceso productivo.

El proceso que se tomará en cuenta está formado por tres etapas claves:



**Gráfico 4-2:** Proceso del plan de lubricación

Fuente: HYFLON, 2019

### 2.10.1. Análisis y planificación

- **Concientización:** Exponer conceptos básicos de lubricación y tribología teniendo como resultado el conocimiento del lenguaje en los operadores de cada máquina.

- **Catalogación:** Contar con el apoyo del personal de la empresa, se relevan todas las condiciones tribológicas, información de cada activo como son fichas técnicas, elementos que deben ser lubricados, prescripciones técnicas, condiciones de operación entre otros.
- **Cálculo:** De acuerdo a cada componente se realiza el cálculo de cantidad a utilizar, periodo de re lubricación, selección del mejor tipo de lubricante.

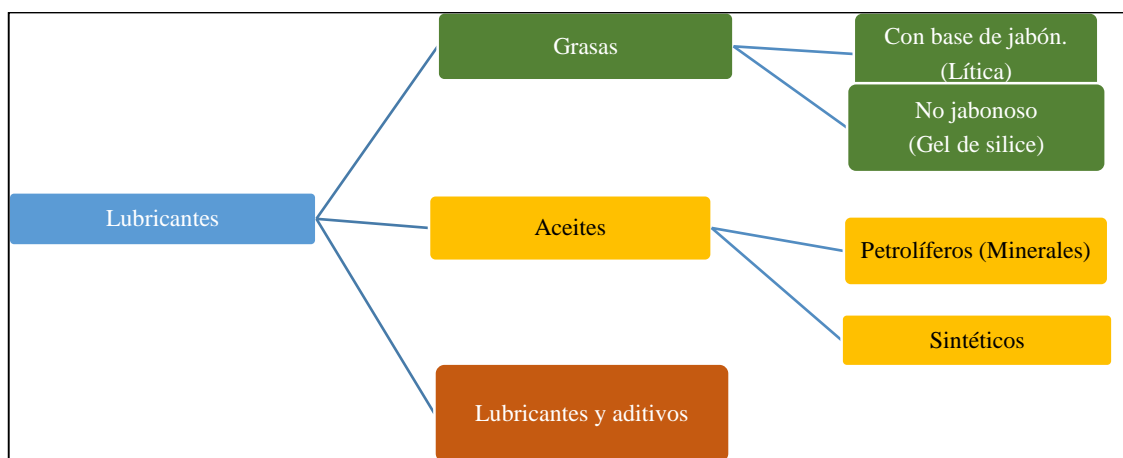
### 2.10.2. Desarrollo del plan

El desarrollo del plan sirve para mejorar la gestión de las actividades de lubricación en la empresa, identificando las bases de un plan de lubricación de excelencia.

Parámetros para el contenido del plan:

#### 2.10.2.1. Tipos de lubricantes

Los tipos de lubricantes se clasifican según su naturaleza en tres familias:



**Gráfico 5-2:** Clasificación según su naturaleza

**Fuente:** (HIMIYA, 2015).

**Realizado por:** Muzo Carmen, 2022.

- Grasas base de jabón de litio. - Esta grasa se caracteriza por permitir: Temperaturas de trabajo desde 110°C – 160°C, resistencia al agua y humedad, conocida como grasa de uso múltiple, estabilidad térmica hasta una temperatura a 220°C y una mayor resistencia a la oxidación. (HIMIYA, 2015)
- Gel de sílice. – Su presentación es en forma de piedritas blancas amorfa. Se trata de un sistema tixotrópico debido a que su viscosidad aumenta en reposo.



- Aceites petrolíferos. - Estos productos es el resultado de la refinación del petróleo, derivados directamente de hidrocarburos.
- Sintéticos. – Estos lubricantes son creados en laboratorios y no contienen petróleo crudo. Es de alta durabilidad (GRUPO HERRES, 2019).

Según su aplicación en la Tabla 4-2 distinguen los siguientes grupos:

**Tabla 4-2:** Aplicación de tipos de lubricantes

<b>Grasas</b>	<b>Aceites</b>	<b>Lubricante especial</b>
Rodamientos	Cojinetes	Temperaturas elevadas
Engranajes	Transmisiones por cadena	Ambientes oxidantes
Cadenas	Engranajes	Aditivos
Cables	Compresores	Turbo reactores
Prensa estopas	Motores	Aviación
Cojinetes	Transformadores	Lubricación del caucho

Fuente: (Lezada García, 2002).

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

#### 2.10.2.2. Normalización de aceites y grasas

El uso de lubricantes de poca calidad o incompatibles puede dañar los elementos como: engranajes, cojinetes por ello es necesario utilizar únicamente lubricantes originales recomendados por el fabricante.

De no utilizar el lubricante recomendado el encargado de lubricación debe mencionar la razón del cambio de marca o especificaciones.

- Características técnicas

Se consideran las siguientes características tomados de (Lezada García, 2002), en la Tabla 5-2.

**Tabla 5-2:** Características técnicas

<b>DETALLE</b>
Punto de lubricación
Instalación
Marca y número
Tipo
Temperatura de funcionamiento

Fuente: (Lezada García, 2002).

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

### 2.10.2.3. Boletín de engrase

La elaboración del boletín de engrase corresponde una para cada activo, tomar en cuenta los siguientes criterios para interpretar la forma de lubricar de la Tabla 6-2.

**Tabla 6-2:** Datos del boletín de engrase

Fase 1 Boletines de engrase	Puntos de engrase (Punto de lubricación)	Frecuencia	Tipo de lubricante	Método de engrase
	Comprobación de niveles	Diario (d)	Recomendado por el fabricante	Bidón
	Cambios de aceite	Semanal (S)		Bomba
	Reposición	Mensual (m)		
	Análisis de aceite	Anual (a)		Acitera

Fuente: (Lezada García, 2002).

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

Adicional se coloca la situación del punto a lubricar siendo:

- Marcha: [M]
- Parado: [P]
- Desmontado: [D]

El equipo de mantenimiento según (Lezada García, 2002) debe tener las siguientes especialidades:

- C: Conductor del activo
- EM: Electromecánico
- EM y A: Electromecánico y ayudante
- E: Electricista
- M: mecánico
- M y A: Mecánico y ayudante
- ME: Mecánico y electricista

La siguiente Tabla 7-2 indica la correspondencia, frecuencia – operaciones de lubricación – situación.

**Tabla 7-2.** Periodicidades o frecuencia

Operaciones	Frecuencias	Situación
Engrases	d,s	M o P
Comprobación/ limpieza de filtros	d, s, m	P
Reponer aceites	d, s, m, 3m	P
Cambiar aceite	6m, a	P o D

Fuente: (Lezada García, 2002).

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

## 2.11. Cálculo alternativo del intervalo de lubricación con grasa

Se determina la frecuencia de re lubricación en horas de operación con la siguiente fórmula:

$$t = K \left[ \left( \frac{14 * 10^6}{n * \sqrt{d}} \right) - 4d \right] \quad (1)$$

Donde:

t= Intervalo de re lubricación, horas

d= Diámetro interior, mm

n= Velocidad, RPM

K= Factor que depende del tipo de rodamiento

### Valores de K

- 1 Rodamientos de rodillos esféricos
- 5 Rodamientos de rodillos cilíndricos o de agujas
- 10 Rodamientos radiales de bolas

## 2.12. Cantidad de lubricante para rodamientos

La lubricación deficiente resulta ser el 36% de fallos iniciales en los rodamientos. El objetivo de la lubricación es evitar la fricción de las superficies de rodadura mediante una película de lubricante.

Existen mitos sobre la ejecución para saber cuál es la cantidad adecuada de grasa para la lubricación inicial.

### 2.12.1. Cálculo de la cantidad de grasa para la lubricación.

Este procedimiento cumple con cuatro pasos:

Calcular la capacidad que tiene el volumen del espacio vacío total dentro de un rodamiento bajo la siguiente fórmula.

$$V = \left[ \left( \frac{\pi}{4} * B * (D^2 - d^2) * 10^{-9} \right) - \frac{m}{7800} \right] * 10^6 \quad (2)$$

Donde:

$V$ = Volumen del espacio vacío en el rodamiento ( $cm^3$ )

$D$ = Diámetro exterior del rodamiento (mm)

$d$ = Diámetro interior del rodamiento (mm)

$B$ = Ancho del rodamiento (mm)

$m$ = Peso del rodamiento (kg)

Como segundo paso se procede a calcular la relación de velocidad de rodamiento:

$$n_r = \frac{n}{n_{m\acute{a}x}} \quad (3)$$

Donde:

$n_r$ : Relación de velocidad.

$n$ : velocidad de operación máxima de rodamiento.

$n_{m\acute{a}x}$ : Límite máximo de velocidad para la que está diseñado el rodamiento.

Tercer punto determinar el porcentaje de llenado de grasa de lubricante resultados detallados en la Tabla 8.2 en función al resultado de la relación de velocidad.

**Tabla 8. 2:** Porcentaje de llenado de lubricante

<b>Relación de velocidad</b>	<b>% de llenado de grasa en el espacio vacío del rodamiento</b>
< 0,2	100%
0,2<nv>0,8	33%
≥0,8	10%

**Fuente:** (Albarracín Aguilón, 2002)

Por último, en el cuarto paso, se realiza el cálculo final de la cantidad inicial de grasa a aplicar a un rodamiento, que va a iniciar a funcionar.

$$Q_{inicial} = V * \%llenado$$

Donde:

$Q_{inicial}$ : Cantidad de grasa inicial a aplicar en el rodamiento (gr)

$V$ = Volumen del espacio vacío en el rodamiento ( $cm^3$ )

$\%llenado$ : % de llenado de grasa, según el dato de la relación de velocidad.

### 2.13. Cálculo de cantidad de re engrase

La Figura 4-2 muestra el espacio interno del rodamiento con la finalidad de conocer la cantidad de grasa que ingresa en el elemento.



**Figura 4-2:** Espacio interno del rodamiento.

Fuente: <https://biman360.com>

Fórmula de cálculo manual

$$Q = (0.005) * (D) * (B) \quad (4)$$

Q: Cantidad de grasa [gr]

D: Diámetro externo del rodamiento [mm]

B: Ancho del rodamiento [mm]

Según FAG se realizan los siguientes ajustes:

$Q = (0.002) * (D) * (B)$  Cantidad de re engrase por periodos semanales.

$Q = (0.003) * (D) * (B)$  Cantidad de re engrase por periodos mensuales.

$Q = (0.004) * (D) * (B)$  Cantidad de re engrase por periodos anuales.

## **2.14. Selección de lubricante**

La selección del lubricante es una responsabilidad que debe encontrarse en manos de personal totalmente calificado, como son:

- Fabricante de la máquina
- Fabricante de los lubricantes
- Usuario de la máquina

Hay que tener en cuenta que el lubricante no se ha hecho para corregir defectos de diseño o montaje. El lubricante es designado a una máquina desde el diseño y construcción mediante cálculos haciendo relación a los aspectos tribológicos (fricción, desgaste, materiales, diseño, fabricación, etc.)

Simplemente vender un producto lubricante no garantiza éxito en la adquisición del mismo, una buena marca reconocida ofrece un servicio de calidad con vendedores capacitados y asesores confiables que permitirán seleccionar al lubricante.

El operador de la máquina debe conocer y respetar las prescripciones técnicas (Presión, temperatura, revoluciones, etc.). La falta de respeto a las condiciones de funcionamiento da como resultado altas temperaturas a los mecanismos produciendo la rotura de película de aceite y existencia de desgaste adhesivo (ENGINEERING, 2020).

### ***2.14.1. Parámetros que se deben tomar en cuenta***

Los parámetros principales para la selección correcta de un lubricante industrial se parten desde el diseño del mecanismo como: La carga que va a soportar, la velocidad, temperatura y el espacio alrededor que trabaja el activo (Farías Meza, 2008).

#### ***2.14.1.1. Selección correcta de un aceite industrial grado ISO***

La correcta selección de un aceite permite que el activo alcance a cumplir su ciclo de vida. El personal que se encuentre a cargo del área de lubricación debe tener el conocimiento o a su vez estar capacitado. Se debe especificar el nombre y la marca que se requiere utilizar, también especificar la temperatura de operación y la temperatura ambiente. De no contar con esta información, contactarse con el fabricante del equipo.

### 2.14.1.2. Selección correcta de una grasa industrial

La manera de seleccionar la grasa es conociendo los tres factores fundamentales:

- Las revoluciones por minuto del elemento
- Ambiente del trabajo
- Temperatura de trabajo

## 2.15. Métodos y sistema de lubricación

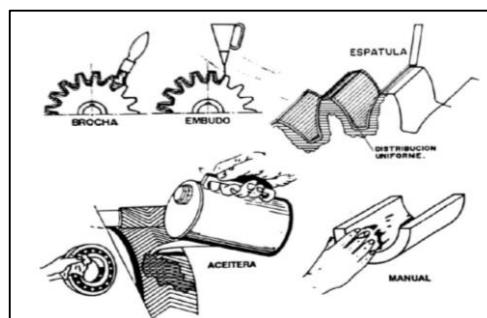
Seleccionar el método de lubricación garantiza que el aceite o grasa llegue al punto correcto, en la cantidad precisa y a su debida programación o tiempo.

Los métodos de lubricación son:

- Lubricación manual (LM)
- Lubricación por salpique
- Lubricación por baño
- Lubricación por presión
- Centralizado por presión

### 2.15.1. Lubricación manual

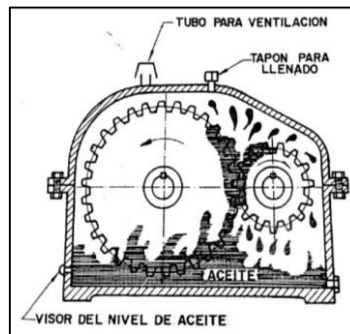
La lubricación manual se aplica sobre los elementos con ayuda de una aceitera o una pistola de engrase si se requiere de mayor distribución se recomienda usar una brocha hasta cubrir por completo la superficie (Lezada García, 2002).



**Figura 5-2:** Métodos de aplicación manual

**Fuente:** (Albarracín Aguilón, 2002).

### 2.15.2. *Lubricación por salpique*



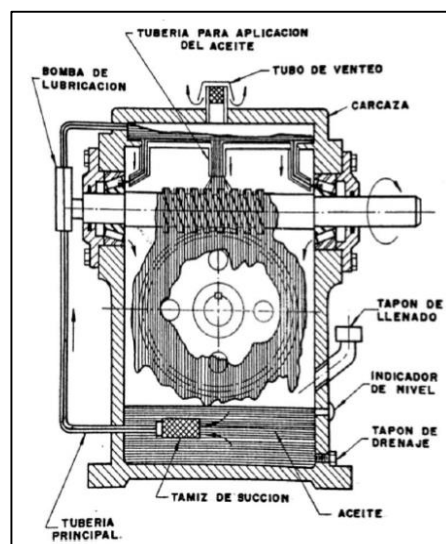
**Figura 6-2:** Método de salpique

Fuente: (Albarracín Aguilón, 2002).

El nivel adecuado de aceite lubricante permite que los elementos se sumerjan y el movimiento del mismo salpique a los demás que se encuentran en el mismo sitio. Esta lubricación se considera la más sencilla debido a que su mantenimiento es únicamente inspeccionar los niveles de aceite.

### 2.15.3. *Lubricación por baño*

Método utilizado para mecanismos que trabajan con bajas velocidades impidiendo que se genere el salpique hacia los otros elementos. El sistema consta de una bomba de aceite permitiendo que el lubricante fluya por los conductos hasta el depósito asignado.



**Figura 7-2:** Método lubricación por baño

Fuente: (Albarracín Aguilón, 2002).



#### **2.15.4. *Lubricación por circulación***

Método que permite al aceite ser lubricante y refrigerante a la vez. la circulación del aceite por los mecanismos forma una fina película considerándola así la más efectiva.

#### **2.16. *Análisis de degradación forzada***

No existe máquina que no se degrade con el pasar del tiempo o con la operación. Esta degradación ocurre de dos maneras:

- Natural
- Forzada

Sin antes de aplicar el mantenimiento preventivo se debe realizar un mantenimiento autónomo a las máquinas los pasos a seguir son:

- Limpieza inicial como la eliminación de polvos; descubrir problemas y solucionarlos.
- Eliminación de las fuentes de contaminación como prevenir las causas del polvo y suciedades.
- Estándares de limpieza de lubricación. Establecer estándares para reducir el tiempo empleado en limpiar, lubricar en tareas diarias y periódicas.
- Inspección en general, correcciones menores en el equipo.
- Inspección autónoma. Para cada activo se debe desarrollar listas de chequeos de partes que sean pequeñas tareas.
- Organización y orden.

##### **2.16.1. *Hoja de análisis degradaciones habituales forzadas – causas de averías***

La familia de degradación causa-avería consta en su columna de: Energética, funcional, intrínseca, imputable a mantenimiento, imputable al producto, imputable al usuario, extrínseca y policausas conjugadas.

Lo imputable define la capacidad del operador para comprender las consecuencias de cometer voluntariamente acciones erróneas y, como tal, ser responsable del hecho cometido. Ver Tabla 9.2.

**Tabla 9-2:** Análisis de degradaciones

Familia Degradación- causa averías	Código	Degradaciones forzadas- causa de averías	Código	Existencia habitual		
				Si	No	No Sabe
Energética	E	Falta de combustible y su alimentación	EC			
		Corte de energía eléctrica o irregularidades eléctricas	EE			
		Falta de agua caliente o fría	EG			
		Falta suministro líquido hidráulico	EH			
		Falta suministro de vapor	EP			
		Falta suministro de aire	ER			
Funcional	F	Vibraciones propias	FB			
		Tuercas, tornillos y bulones flojos	FX			
Intrínseca	I	Protección defectuosa polvo, humedad temperatura	IA			
		Comportamientos inadecuados ante agentes externos del material componente de la máquina	IC			
		Mal diseño	ID			
		Defecto fabricación componentes máquina	IF			
		Debilidades estructurales	IT			
Imputable a mantenimiento	M	Degradaciones circundantes sin eliminar	MC			
		Falta de engrase	ME			
		Falta de competencia del personal de mantenimiento	MF			
		Falta de limpieza	ML			
		Malas reparaciones	MR			
		Falta de respeto a prescripciones técnicas	MT			
Imputable al producto	P	Ausencia de control de calidad de productos entrantes	PC			
		Producto mal acondicionado	PM			
Imputable al Usuario	U	Falta de respeto a las condiciones de funcionamiento y utilización	UB			
		Falta de respeto a las condiciones de carga y descarga	UH			
		Falta de respeto a las condiciones de arranque y parada	UI			
		Carencia de normas y operación	UG			
		Falta de competencia personal	UF			
		Procedimiento demasiado complejo	UP			
		Alta rotación de mano de obra	UT			
		Falta de atención y vigilancia	UV			
Imposibilidad de parar la máquina	UX					
Extrínseca	X	Polución de origen externo	XZ			
Policausas conjugadas	Y	Atascos, obstrucciones	YA			
		Falta de repuestos	YO			

Fuente: (Lezada García, 2002).

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

## 2.17. Levantamiento de información

El levantamiento de información será el comienzo del análisis de los activos, se conoce que todo activo va disminuyendo su vida útil con el pasar del tiempo hasta por el mismo uso y se podrá determinar si es: Natural o forzada.

El análisis de degradación forzada permite conocer en qué estado se encuentra el activo mediante la selección de causas de averías.

Se selecciona las opciones marcando con una X en la existencia habitual siendo: SI, NO y NO SABE. (Lezada García, 2002)

**Tabla 10-2:** Tipo de degradaciones

<b>Tipos de familia de degradación</b>	
Energética	Imputable al producto
Funcional	Imputable al usuario
Intrínseca	Extrínseca
Imputable a Mantenimiento	Policausas conjugadas

**Fuente:** (Lezada García, 2002).

**Realizado por:** Muzo Carmen, 2022.

## 2.18. Análisis ferrográfico

La Ferrografía diagnostica la severidad, tipo y modo de desgaste, mediante el análisis de partículas suspendidas en el lubricante, describiéndolas en términos de morfología, color, tamaño, distribución y concentración en el cuerpo. La prueba se denomina ferrograma. bajo la Norma ISO 18436-4 como una técnica oficial del mantenimiento predictivo,



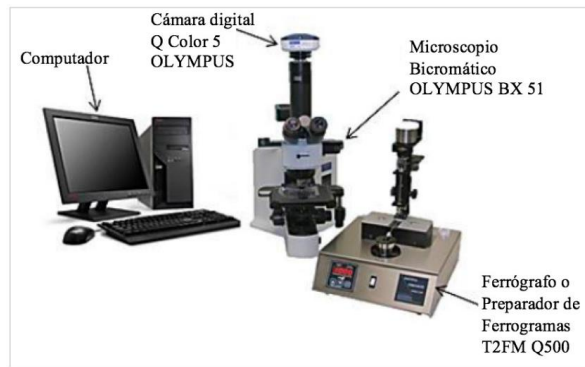
**Figura 8-2:** Muestra de lubricante

**Fuente:** (Equipos y Laboratorios de Colombia, 2011).

La imagen del ferrograma se realiza en un microscopio especial que es una combinación del microscopio metalográfico con el microscopio utilizado en biología. Estos recursos son necesario porque existe gran cantidad de partículas y no solo metálicos.

El análisis ferrográfico también admite la evaluación del rendimiento del lubricante, así como el análisis de fallas. Por lo tanto, cumple con todos los parámetros requeridos por el mantenimiento predictivo.

El equipo utilizado para el análisis ferrográfico es:



**Figura 9-2:** Equipo del análisis ferrográfico

Fuente: (GRANIZO, 2017).

- Ferrógrafo T2FM Q500
- Microscopio bicromático OLYMPUS BX 51
- Cámara digital Q color 5 OLYMPUS
- Computador

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Antecedentes históricos de INDUACERO CÍA LTDA

INDUACERO CÍA. LTDA. es una empresa metalmecánica ubicada en la ciudad de Latacunga en el sector del Niágara, empresa que dio sus inicios en el año 1999. Sus primeros productos fabricados fueron: escaleras, ollas, mesas únicamente bajo pedido empezando su taller con herramientas y equipos básicos tales como: Un compresor de aire, una soldadora de dos tipos en SMAW y TIG, que han permitido dar los primeros pasos a lo que será un gran proyecto.

Los primeros meses han sido bajos, la ausencia de proyectos tuvo a sus trabajadores con actividades de albañilería, barriendo las instalaciones. Hasta que fueron teniendo como primeros clientes a Merck Sharp & Dohme empresa que solicitaba plataformas y escaleras no superando su pedido los 6.500 USD. Bajo un acuerdo entre la sociedad formada no cobraron las utilidades las reinvirtieron y con préstamos adicionales realizan adquisición de activos de segunda mano permitiéndose ofrecer más variedad de productos y también evitando los contratos de servicios externos.

Con el pasar de los años hasta el 2007, INDUACERO CÍA. LTDA. tiene un crecimiento del 73% anual y una rentabilidad neta del 16%.

Actualmente la empresa cuenta con un nuevo proyecto en ejecución, una segunda Planta ubicada en Salache una localidad en la provincia de Cotopaxi.

Específicamente se trabajará con acero inoxidable para que la materia prima no tenga contaminación con acero al carbono

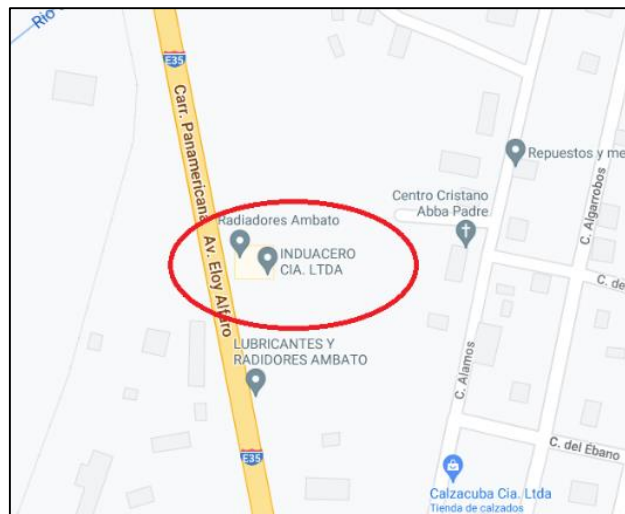
Esta segunda planta tiene origen debido a un flujo de trabajo bastante grande ya que los tres galpones de la planta uno, ya no dispone de la capacidad requerida de espacio para seguir con un lugar de trabajo óptimo.

El proyecto en Salache coincide a la perfección debido a las normas de bioseguridad que se están ejecutando. Los trabajadores serán reubicados, tendrán mayor capacidad de espacio en su área de trabajo.

A finales del año 2022 se estima que la empresa se encuentre de forma activa, mientras tanto se están tramitando todos los permisos que son necesarios para ya entrar en actividad.

### 3.2. Localización

INDUACERO CÍA. LTDA. sus instalaciones están localizadas en la ciudad de Latacunga cantón que pertenece a la provincia de Cotopaxi en la Av. Eloy Alfaro antigua Panamericana Sur km 4 de referencia frente a las bodegas del Municipio. Observar su ubicación geográfica en la Figura 1.3.



**Figura 1-3:** Localización geográfica INDUACERO CÍA. LTDA.

Fuente: (Google maps, 2022).

### 3.3. Base legal

**Tabla 1-3:** Información.

Razón Social	INDUACERO CÍA. LTDA
Reconocimiento legal	Mediana empresa
RUC	0500060933001
GERENTE GENERAL	Ing. Estrella Villavicencio Cristóbal Javier
Actividad económica	Diseño, construcción y montaje de tanques y equipos industriales en acero al carbono y acero inoxidable.

Fuente: (INDUACERO CÍA. LTDA, 1999).

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

### **3.4. Misión**

Satisfacer las más exigentes necesidades de nuestros clientes con productos fabricados con calidad total. (INDUACERO CÍA. LTDA, 1999)

### **3.5. Visión**

Convertirse en una empresa líder en el diseño y construcción de equipos industriales tanto en el ámbito nacional como internacional (INDUACERO CÍA. LTDA, 1999).

### **3.6. Tipo de Jornada**

La jornada laboral es el tiempo que una persona debe cumplir para la empresa que está trabajando. En INDUACERO CÍA. LTDA. se ejecuta una jornada completa de 40 horas semanales, trabajando 8 horas diarias.

### **3.7. Tamaño de la empresa**

INDUACERO se contempla una empresa mediana según el folleto del Ing. Emilia Lezana contando la cantidad de sesenta empleados distribuidos en toda la empresa

### **3.8. Tipo de proceso**

INDUACERO CÍA. LTDA. es una empresa que cuenta con un proceso en serie porque la fabricación de los productos industriales que ofrecen pasa por procesos diferentes:

- Prefabricados
- Ensamble
- Acabados
- Control de calidad
- Etc.

### **3.9. Ritmo de actividad**

El ritmo de actividad le corresponde a una actividad permanente.

### **3.10. Grado de automatización**

INDUACERO CÍA. LTDA en su cadena productiva ha incorporado tecnologías y procesos de control de la producción

### **3.11. Inversión de maquinaria**

INDUACERO CÍA. LTDA. tiene una inversión de 800 000 USD que ha sido adquirida durante todo el trayecto de existencia.

### **3.12. Estructura organizacional**

Presenta una estructura departamental horizontal ver Anexo A; este marco interno donde se desenvuelve todo el personal coordinado y controlado permite el logro de los objetivos que se han trazado mostrando organización y unión.

La organización del mantenimiento tiene una estructura totalmente vertical. Administrativamente, el mantenimiento es parte del departamento de producción mientras más líneas verticales de autoridad existan esto genera retrasos por lo que la toma de decisiones es subordinada y no existe comunicación directa con gerencia.

### **3.13. Descripción del Departamento de Mantenimiento**

Actualmente la empresa trata de llevar un registro de actividades que se debe realizar a las máquinas.

El técnico de mantenimiento es el que planifica las actividades más importantes priorizando a los activos, algunas actividades no se realizan en el día indicado, reprogramando la planificación o dejándolo para una próxima.

El mantenimiento es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos para lograr un mayor resultado se debe contar con una herramienta de gestión que ayuda a estructurar los procedimientos que se debe seguir para completar una tarea de mantenimiento, desde su manera de detección de la falla hasta la finalización de la actividad.



### **3.14. Estudio de la situación actual**

El mantenimiento basado en lubricación no se ejecuta de manera óptima porque lo hacen ocupando restos de recipientes reciclados, galones cortados, embudos, sellan la boquilla con cinta aislante para evitar que se derrame el aceite y lo hacen de manera artesanal.

La lubricación está bajo la responsabilidad de una sola persona, no existe un sistema centralizado de lubricación, la lubricación se lo realiza de forma manual

La mayoría de activos no están en operación constante, al día se ocupan de dos a tres horas en total, así lo confirma el técnico de mantenimiento. Por tal razón carecen de una planificación de lubricación. NO existe un historial del tiempo de trabajo del activo.

El jefe de mantenimiento desea que: todo operador debe seguir las instrucciones de un procedimiento ya planteado, con la finalidad de reducir el tiempo de mantenimiento.

El procedimiento para preparar el activo es el siguiente:

- Identificar el activo que va a ser lubricado
- Identificar al operador del activo
- Inspección general al activo
- Diagnóstico del activo
- Preparación de las herramientas y materiales para realizar el mantenimiento
- Eliminar fuentes de contaminación
- Ejecutar el mantenimiento.

### **3.15. Almacenamiento de los lubricantes**

Mediante un recorrido por las instalaciones de la empresa se observa el lugar de almacenamiento de los lubricantes. Figura 1-3 y Figura 2-3.

Estos factores cumplen en la bodega de lubricantes:

- Tener luz natural.
- Señalética.
- Piso de cemento.
- Buena ventilación.
- Acceso suficiente para movilizar los tambores de aceite.

### 3.15.1. Almacenamiento bajo techo



**Figura 2-3:** Almacenamiento actual del aceite hidráulico

Fuente: Muzo Carmen, 2022

Existe deficiencia en algunos requisitos de la bodega, en el Figura 1-3, los tambores de lubricante hidráulico no tienen una base de madera, en el mismo lugar se encuentran tambores con aceite usado, los lubricantes no se encuentran codificados. Usan una sola viscosidad del fluido a pesar que algunos activos especifican diferentes viscosidades.



**Figura 3-3:** Almacenamiento de grasa NLGI #2

Realizado por: Muzo Carmen, 2022

### 3.16. Tipos de lubricantes usados en la empresa

**Tabla 2-3:** Tipos de lubricantes usados en INDUACERO CÍA. LTDA.

GRASA	ACEITES
KENDALL L-427 SUPER BLUE NLGI #2	Aceite hidráulico PDV ISO 68
	Aceite hidráulico RANDOM 68
	Aceite hidráulico EXTREME OIL 220

Fuente: (INDUACERO CÍA. LTDA, 1999).

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

### 3.17. Recipientes para la colocación de aceites.

El transporte del lubricante desde la bodega hasta el lugar donde se encuentra el activo es deficiente, debido a que los recipientes no son los adecuados y no tienen cubierta exponiéndolo a la contaminación externa.



**Figura 4-3:** Recipiente improvisado

Realizado por: Muzo Carmen, 2022

#### 3.17.1. Pistola de engrase manual

La pistola de engrase manual es la que más se utiliza, normalmente con una capacidad de 24 onzas.



**Figura 5-3:** Pistola de engrase.

Realizado por: Muzo Carmen, 2022

Existen seis pistolas de engrase en bodega para toda la empresa, el problema es que no existe limpieza de las mismas para un nuevo uso.

La única grasa que se emplea en INDUACERO CÍA. LTDA. corresponde a la marca KENDALL NLGI #2 las características se encuentran en el ANEXO



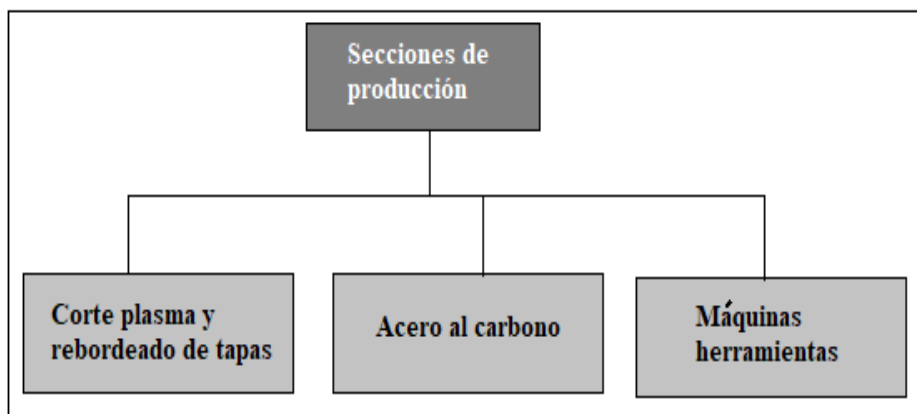
**Figura 6-3:** Grasa KENDALL SUPER BLU

**Realizado por:** Muzo Carmen, 2022.

### 3.18. Áreas de la empresa

El estudio del proyecto se enfoca en el área de producción que está conformado por siete secciones donde se fabrica el producto.

Las máquinas analizadas se encuentran en tres secciones detalladas en el Gráfico 1-3.



**Gráfico 1-3:** Secciones de producción.

**Realizado por:** Muzo Carmen, 2022.

Los activos que se encuentran en la sección de corte plasma y rebordeado de tapas son:

- Prensa hidráulica
- Puente grúa
- Rebordeadora

En esta sección la prensa hidráulica y la rebordeadora son activos críticos. A diferencia de los demás activos que son redundantes.

En la sección acero al carbono existen los siguientes activos.

- Roladora DAVI
- Posicionador de tanques

En la sección máquinas herramientas se encuentra el mayor número de activos:

- Cizalla FERRY
- Plegadora HACO
- Torno LOGAN
- Fresadora FEXAC

### 3.19. Inventario y codificación

Se detalla la estructura que tendrá la codificación y el inventario total de los activos de las secciones

Los nueve activos que han sido seleccionados se muestran en la Tabla 3-3, se realiza un breve inventario de los activos que van a ser lubricados.

#### 3.19.1. Inventario

Los activos mencionados en la Tabla 3-3 se encuentran ubicados en el área de producción, específicamente en tres áreas de las siete áreas.

**Tabla 3-3:** Inventario seleccionado

Máquina	Marca
Cizalla	FERRY BBB
Plegadora	HACO
Fresadora	FEXAC
Prensa hidráulica	-----
Puente grúa	VERLINDE
Posicionador de tanque	INDUACERO
Rebordeadora	-----
Roladora	DAVI
Torno	LOGAN

Fuente: (INDUACERO CÍA. LTDA, 1999).

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

### 3.19.2. Codificación de la maquinaria

La codificación se refiere a la práctica de asignar un código única a cada activo en la empresa. La máscara de entrada es numérica y está dirigida a tres niveles. Esta hoja de información permite identificar y rastrear de maneras más eficiente los activos a lo largo del tiempo

#### 3.19.2.1. Código cizalla

La cizalla es un activo que se utiliza para cortar o doblar materiales duros, las cuchillas se mueven una contra otra para cortar el material. Las cizallas también pueden tener diferentes tamaños y formas para adaptarse a diferentes trabajos.

En la Tabla 4-3 se ve un ejemplo de la máquina.

**Tabla 4-3:** Codificación de maquinaria

Equipo:	CIZALLA
Fotografía	
Nivel 1: Sección	1 INDUACERO
Nivel 2: Proceso	03 máquinas herramientas
Nivel 3: Máquina	04 cizalla
Código:	1.03.04

Fuente: Muzo Carmen, 2022.


Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

#### 3.19.2.2. Código de fresadora FEXAC

La fresadora FEXAC es una máquina herramienta utilizada para mecanizar piezas de trabajo mediante el uso de una herramienta rotativa de corte llamada fresa. Hay diferentes tipos de fresadoras, cada una diseñada para realizar diferentes operaciones de mecanizado. Las operaciones que se realizan son diversas como: corte, ranurado, perforado y roscado.

En la Tabla 5-3 se ve un ejemplo de la máquina.

**Tabla 5-3:** Codificación de fresadora

Equipo:	Fresadora
Fotografía	
Nivel 1: Sección	1 INDUACERO
Nivel 2: Proceso	03 Máquinas herramientas
Nivel 3: Máquina	02 Fresadora FEXAC
Código:	1.03.02

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

- **Codificación general**

En la Tabla 6-3 está la codificación de los activos restantes

**Tabla 6-3:** Codificación basado en lubricación.

Sección	Proceso	Máquina	Código
1 INDUACERO	01. Corte plasma y rebordeado	01. Rebordeadora	1.01.01
		02. Prensa hidráulica	1.01.02
	02. Acero al carbono	01. Puente grúa	1.02.01
		02. Posicionador de tanques	1.02.02
		03. Roladora DAVI	1.02.03
	03. Máquinas herramientas	01. Torno LOGAN	1.03.01
		02. Fresadora FEXAC	1.03.02
		03. Plegadora HACO	1.03.03
		04. Cizalla Ferry	1.03.04

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

### 3.20. Análisis de los activos con la herramienta árbol de decisiones

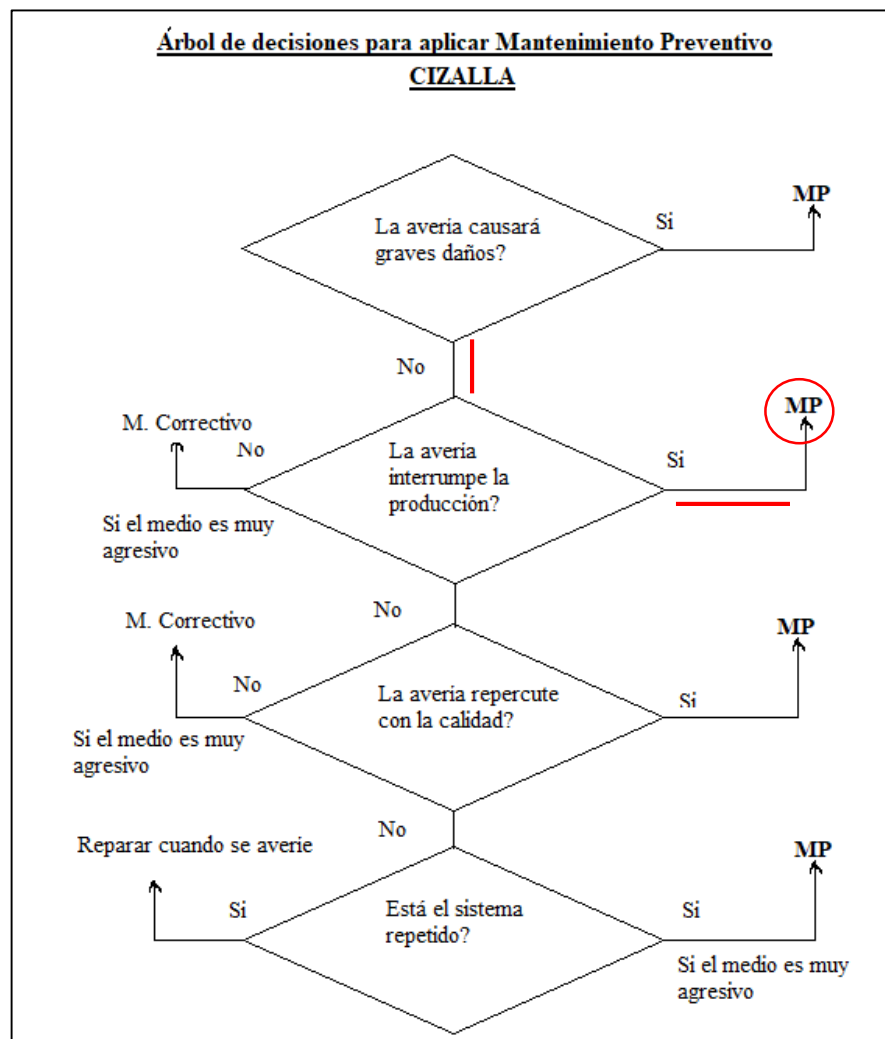
Los activos que existen en INDUACERO CÍA. LTDA. se analizarán mediante el árbol de decisiones, esta es una herramienta para ayudar a la selección de los activos que serán aplicados el mantenimiento preventivo basados en planes de lubricación.

### 3.20.1. *Árbol de decisión de la Cizalla*

- Se le designa el mantenimiento preventivo al activo CIZALLA. Gráfico 2.3

Son cuatro preguntas, si las respuestas corresponden a un SÍ la decisión será MP, mantenimiento preventivo basado en lubricación. Caso contrario realizar el mantenimiento que corresponde.

La avería no causa graves daños debido que el operador de la máquina está capacitado y cumple con todos los implementos de seguridad



**Gráfico 2-3:** Análisis de la cizalla.

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

### 3.20.2. *Árbol de decisión de la Fresadora FEXAC*

La fresadora universal de marca FEXAC es una máquina herramienta que ha sido identificada

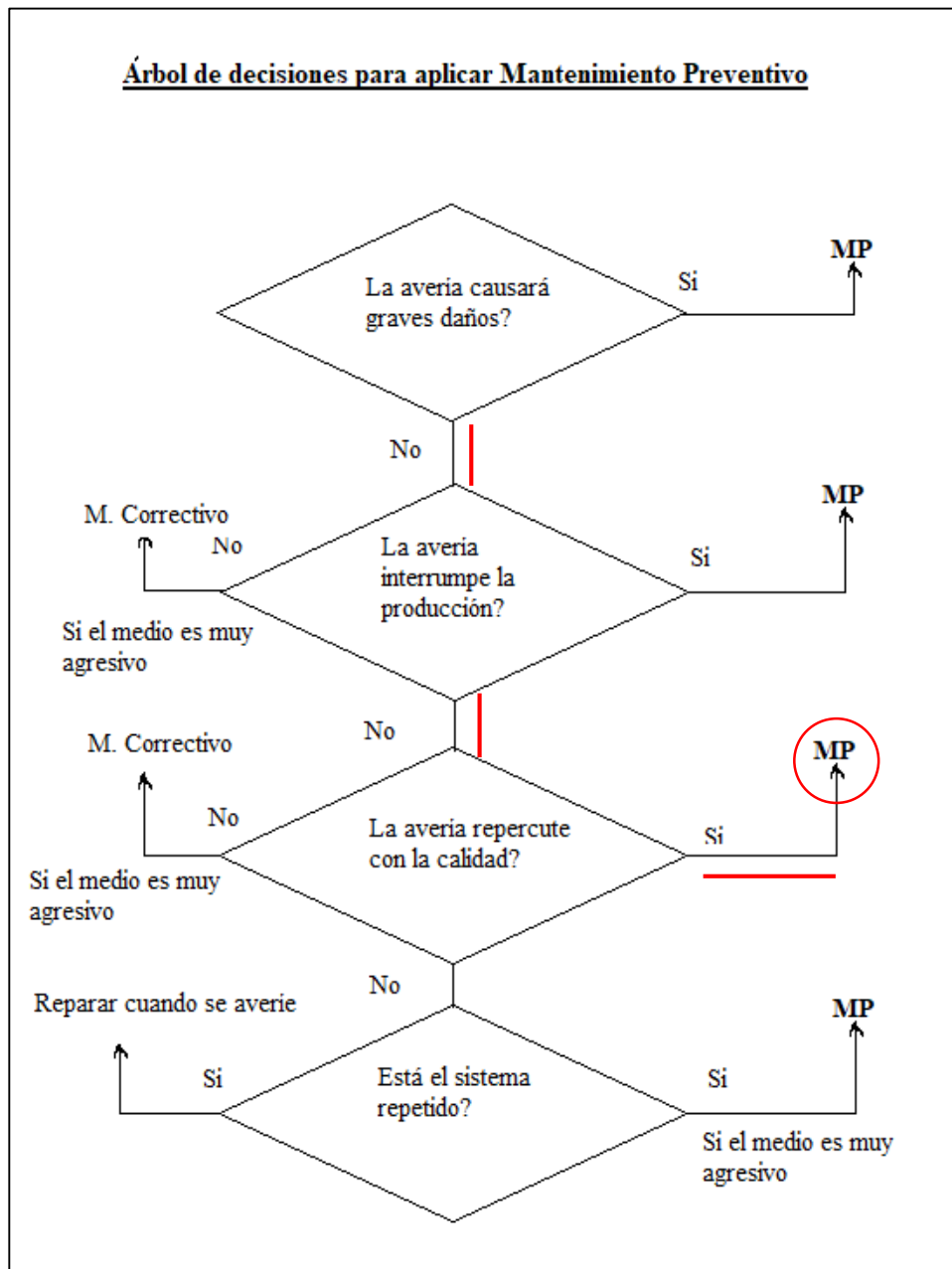


como un activo con necesidad de lubricación.

Las averías no causan daños graves y tampoco interrumpe la producción

La decisión que se toma es realizar un mantenimiento preventivo, las preguntas del árbol tienen un resultado de (SI), dirigiéndose hacia un MP.

Se le designa analizar el mantenimiento preventivo. Ver Gráfico 8-3.



**Gráfico 3-3:** Análisis de la fresadora FEXAC

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

### 3.20.3. Análisis de degradación forzada de la cizalla

**Tabla 7-3:** Evaluación de degradación de análisis de la cizalla

Familia Degradación- causa averías	Código	Degradaciones forzadas- causa de averías	Código	Existencia Habitual		
				Si	No	No Sabe
Energética	E	Falta de combustible y su alimentación	EC		X	
		Corte de energía eléctrica o irregularidades eléctricas	EE	X		
		Falta de agua caliente o fría	EG		X	
		Falta suministro líquido hidráulico	EH	X		
		Falta suministro de vapor	EP		X	
		Falta suministro de aire	ER		X	
Funcional	F	Vibraciones propias	FB	X		
		Tuercas, tornillos y bulones flojos	FX		X	
Intrínseca	I	Protección defectuosa polvo, humedad temperatura	IA	X		
		Comportamientos inadecuados ante agentes externos del material componente de la máquina	IC		X	
		Mal diseño	ID		X	
		Defecto fabricación componentes máquina	IF		X	
Imputable a mantenimiento	M	Degradaciones circundantes sin eliminar	MC	X		
		Falta de engrase	ME	X		
		Falta de competencia del personal de mantenimiento	MF		X	
		Falta de limpieza	ML	X		
		Malas reparaciones	MR			X
		Falta de respeto a prescripciones técnicas	MT			X
Imputable al producto	P	Ausencia de control de calidad de productos entrantes	PC		X	
		Producto mal acondicionado	PM		X	
Imputable al Usuario	U	Falta de respeto a las condiciones de funcionamiento y utilización	UB		X	
		Falta de respeto a las condiciones de carga y descarga	UH			X
		Falta de respeto a las condiciones de arranque y parada	UI		X	
		Carencia de normas y operación	UG	X		
		Falta de competencia personal	UF			X
		Procedimiento demasiado complejo	UP		X	
		Alta rotación de mano de obra	UT		X	
		Falta de atención y vigilancia	UV		X	
Imposibilidad de parar la máquina	UX		X			
Extrínseca	X	Polución de origen externo	XZ	X		
Policausas conjugadas	Y	Atascos, obstrucciones	YA	X		
		Falta de repuestos	YO	X		

Fuente: (Lezada García, 2002).

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

En la sección de producción se procede a analizar cada activo, en este caso la cizalla TSD es un activo crítico, seleccionado para conocer el estado en que se encuentra según las respuestas marcadas, se determina si es degradación natural o degradación forzada. En la Tabla 7.3: Se visualiza

Se considera una degradación de tipo natural cuando la mayoría de opciones marcadas son un resultado (NO). El operador no tiene intenciones de mantener el área de trabajo limpia, por ende, se generan fuentes de contaminación.

### 3.21. Subdivisión de la máquina en grupos funcionales

La subdivisión de activos se refiere a la práctica de dividir un activo en partes más pequeñas para facilitar su gestión y control. Esto se lo realiza con el fin de mejorar la eficiencia y la transparencia en la gestión de activos

De acuerdo al autor el Ing. Emilio Lezana García, realiza la división de la maquinaria en grupos funcionales bajo la metodología TMI (Técnicos en Mantenimiento Industrial) impartido en el CURSO SUPERIOR DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

#### 3.21.1. Subdivisión de la Rebordeadora

- La rebordeadora tiene una herramienta de corte rotativa llamada rodillo porta herramienta y una mesa de trabajo que sostiene la pieza de trabajo.

En la Tabla 8.3 se colocan los puntos de lubricación del activo.

**Tabla 8-3:** Subdivisión de la rebordeadora.

Máquina	Grupo funcional	Punto de lubricación
Rebordeadora 1.01.01	1 Cabezal	51 Caja de engranajes
	2 Sistema motriz	52 Polea conductora
	3 Cuerpo	53 Engranaje y cadena motriz de rodillos superior e inferior
	4 Bancada	54 Tornillo patrón

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

#### 3.21.2. Prensa hidráulica

- La prensa hidráulica tiene un gran cilindro hidráulico y un pistón que se mueve de arriba

hacia abajo mediante la presión de fluido, también pueden tener una mesa o platillo para sujetar la pieza de trabajo y una herramienta de corte y formado.

En la Tabla 9.3 se colocan los puntos de lubricación del activo.

**Tabla 9-3:** Subdivisión de la prensa hidráulica.

Máquina	Grupo funcional	Punto de lubricación
Prensa Hidráulica 1.01.02	1 Cabezal	55 Cáster
	2 Sistema motriz	56 Chumaceras
		57 Cadena

Realizado por: Muzo Carmen, 2022

### 3.21.3. Subdivisión del puente grúa

El puente grúa es un activo crítico utilizado para levantar y mover cargas pesadas. Esto consiste en una grúa montada sobre un carro móvil que se desplaza a lo largo de una carril o riel. Los puntos de lubricación del puente grúa están en la Tabla 10.3

**Tabla 10-3:** Subdivisión del puente grúa

Máquina	Grupo funcional	Punto de lubricación
Puente grúa 1.02.01	1 Sistema de rieles	58 Chumaceras
		59 Cadena
	2 Tecla eléctrico	60 Piñones
		61 Cable de acero
		62 Gancho

Realizado por: Muzo Carmen, 2022

### 3.21.4. Subdivisión del posicionador de tanques

El posicionador de tanques tiene una plataforma o carro que sostiene el tanque y un sistema de movimiento que permite desplazarlo en diferentes direcciones, es un activo que ha sido construido en INDUACERO, Tabla 11.3

**Tabla 11-3:** Subdivisión del posicionador de tanques

Máquina	Grupo funcional	Punto de lubricación
Posicionador de tanques 1.02.02	1 Sistema motriz	63 Chumaceras
	2 Sistema motriz	64 Chumaceras

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

### 3.21.5. Máquina herramienta Fresadora FEXAC

La subdivisión de la fresadora FEXAC permite identificar de manera rápida los puntos de lubricación, debido que hay varios elementos repetidos, mas no en el mismo lugar. La designación está detallada en la Tabla 12.3

**Tabla 12-3:** Sub-división de la fresadora FEXAC

Máquina	Grupo funcional	Punto de lubricación
Fresadora FEXAC 1.03.02	1 Cabezal	66 Chumaceras de motor
		67 ver
		68 Husillo
	2 Mesa	69 Carro longitudinal
		70 Carro transversal
	3 Bancada	71 Rodamiento motor
		72 Caja de engranajes
		73 Bomba de aceite

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

### 3.21.6. Subdivisión de la roladora DAVI

Puntos de lubricación en la Tabla 13-3

**Tabla 13-3:** Subdivisión de roladora DAVI

Máquina	Grupo funcional	Punto de lubricación
Roladora DAVI 1.02.03	2 Sistema hidráulico	65 Depósito de aceite

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

### 3.21.7. Subdivisión de la plegadora HACO 1

La plegadora HACO es un activo hidráulico con una viscosidad en su aceite de 68 centistoke, conserva los manuales donde indican los puntos de lubricación en la Tabla 14-3.

**Tabla 14-3:** Subdivisión de la plegadora HACO

Máquina	Grupo funcional	Punto de lubricación
Plegadora HACO 1.03.03	1 Equipo hidráulico	74 Émbolo de cilindros
		75 Extractores de succión
		76 Guías
		77 Cáster

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

### 3.21.8. Subdivisión del torno LOGAN

El torno LOGAN conserva su placa informativa de lubricación indicando los puntos de lubricación del torno, cantidad de lubricante a usar. Es una información que nadie ha manejado la información se encuentra en la Tabla 15-3

**Tabla 15-3.** Subdivisión del torno LOGAN

Máquina	Grupo funcional	Módulo
Torno LOGAN 1.03.01	1 Cabezal fijo	78Caja Norton 79Mandril
	2 Carro porta herramientas	80 Torre portaherramientas
	3 Cabezal móvil	81 Contrapunto
	4 Bancada	82 Tornillo patrón

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

### 3.21.9. Subdivisión de la cizalla TSD

Puntos de lubricación de la cizalla TSD en la Tabla 16-3

**Tabla 16-3:** Subdivisión de la cizalla

Máquina	Grupo funcional	Módulo
Cizalla TSD 1.03.0185	1 Cabezal	83 Bomba motor
		84 Filtro de succión
		85 Válvulas de presión
		86 Émbolos de cilindro

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

### 3.22. Cálculo alternativo del intervalo de lubricación con grasa

En el segundo capítulo, en el numeral 2.11. se menciona la fórmula (2), en la Tabla 17-3 están los datos para realizar el cálculo de frecuencia.

La frecuencia de re engrase se designa en semanas, facilita al operador para evitar que se olvide de sus actividades.

El resultado del cálculo está en unidades de horas, en la última columna **t[sem]** se encuentra en unidades de semanas. Tabla 18.3.

**Tabla 17-3:** Datos para cálculo de frecuencia

Máquina	Punto de engrase	Denominación	K	N [RPM]	d[mm]
Rebordeadora 1.01.01	52	Rodamiento 208 Rueda conductora	10	1725	40
Prensa hidráulica 1.01.02	56	Rodamiento 211 Chumaceras	10	1500	55
	57	Rodamiento 211 Chumaceras	10		55
Puente grúa 1.02.01	58	-----	----	----	-----
Posicionador de tanques 1.02.02	63	Rodamientos 22 213 Chumaceras	1	1400	65
	64	Rodamientos 22 213 Chumaceras	1		65
Fresadora FEXAC 1.03.02	66	Rodamientos Chumaceras	10	1460	35
	68	Rodamiento Husillo motriz	10		35

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

**Tabla 18-3:** Cálculo de frecuencia

Cálculo alternativo del intervalo de lubricación con grasa		$t = K \left[ \left( \frac{14 * 10^6}{n * \sqrt{d}} \right) - 4d \right]$			
1	Rodamiento de rodillos esféricos				
5	Rodamiento de rodillos cilíndricos				
10	Rodamiento radiales de bolas				
K	N [RPM]	d [mm]	t [h]	t [sem]	
10	3450	40	4816	29	
10	3000	55	4093	24	
10	3000	55	4093	24	
5	3000	65	1594	9	
5	1400	65	4902	29	
5	1460	40	6781	40	
5	1460	40	6781	40	

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

### 3.23. Cálculo de cantidad de re engrase

En el numeral 2.12 del segundo capítulo se encuentra la fórmula de re engrase semanal.

El resultado de la cantidad de re engrase ver en Tabla 19.3

**Tabla 19-3:** Cantidad de re engrase

Cálculo de re engrase semanal				
Serie	Factor	D [mm]	B [mm]	$Q = (0.002) * (D) * (B) [gr]$
208	0,002	80	18	2,88
211		100	21	4,2
		100	21	4,2
22213		120	31	7,44
		120	31	7,44
		35	13	4,9
		35	13	4,9

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

### 3.24. Elaboración de la matriz de lubricación

La matriz de lubricación se consideraron los siguientes puntos. Ver Tabla 20.3.

**Tabla 20-3:** Boletín de lubricación

BOLETIN DE LUBRICACIÓN				REBORDEADOR A				Código		
Punto	Denominación	Tipo lubricante	Método de engrase	Frecuencia	Equipo	Situación	Duración	Cantidad	Actividad	
										Observar nivel (O)
										Cambiar aceite (C)
										Añadir aceite (A)
										Filtrar aceite (F)
										Añadir grasa (G)
										Cambiar grasa (CG)

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

#### 3.24.1. Registro de control

La hoja de registro de control permite plasmar la información de los mantenimientos que se realizaron a los activos físicos. Esta hoja de registro pertenece a la empresa. Tabla 21.3

**Tabla 21-3:** Registro de control

		REGISTRO DE CONTROL DEL PLAN DE LUBRICACIÓN					
		Departamento de Mantenimiento					
ACTIVIDAD:	Observar nivel (o)	Cambiar aceite (c)	Añadir aceite (A)	Añadir grasa (G)		Cambiar grasa (CG)	
Fecha	Código de activo	Punto lubricación	Encargado	Duración		Actividad	Cantidad
				Inicio	Final		

Fuente: Tnlg. Lenin Galarza.

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.



### 3.25. Análisis ferro gráfico al aceite de la prensa hidráulica.

La toma de la muestra se realizó en el cárter de la prensa usando una bomba de vacío, con una llave de pico se desajustó la tapa de llenado y se procede a ingresar la manguera de succión obteniendo 50 ml de aceite.

Por cuestiones de presupuesto se hizo únicamente al activo más crítico.

El desarrollo del proceso es:



**Figura 7-3:** Bomba de vacío

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

- Limpiar el ferrógrafo con 20 ml de disolvente (heptanol), hasta que supere la altura de la tuerca ubicada en el fondo del recipiente de acero inoxidable. En el tiempo de diez minutos de manera que el disolvente caiga una gota cada cinco segundos.

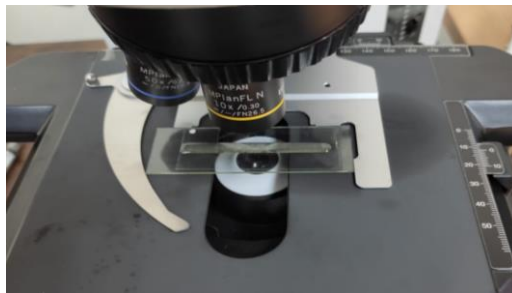


**Figura 8-3:** Ferrógrafo

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

- Encender el computador, ferrógrafo, y microscopio verificando su funcionamiento.
- Agitar la muestra de aceite para evitar que las partículas no queden asentadas, asegurando la eficiencia en los resultados.

- Usando una pipeta se coloca la muestra de aceite en la probeta teniendo en cuenta la relación de viscosidad siendo en este caso 2:2, es decir dos muestras de aceite y dos muestras de disolvente. Debido que la viscosidad del aceite es de 60 cst.
- Agitar la muestra hasta tener una mezcla homogénea.
- La muestra cae en el recipiente de recolección mediante un canal pequeño evitando que se derrame por los costados.
- La muestra empezará a desplazarse por toda la plaqueta mientras que la base magnética atraerá todas las partes magnéticas ferrosas del aceite.



**Figura 9-3:** Ferrograma

**Realizado por:** Muzo Carmen, 2022.

- Para finalizar, la plaqueta obtenida se coloca en el microscopio y se observa desde la computadora con la aplicación “Qcapture x64, se procede a identificar las impurezas en el “WEAR PARTICLE ATLAS”.
- Por cuestiones de presupuesto se hizo el análisis a una sola máquina.

Este aceite no ha sido cambiado desde hace dos años, debido que es un activo de difícil acceso.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. Resultados de análisis de degradaciones forzadas

Los resultados Tabla 1-4 fueron analizados mediante una hoja de análisis de degradaciones forzadas dando como resultado:

**Tabla 1-4:** Resultado de la hoja de degradación

Activo	Degradación	Resultado	
		Activo crítico	Falta de engrase
Rebordeadora	Degradación natural	Falta de limpieza	Polución de origen externo
		Activo crítico	Carencia de normas y operación
Prensa hidráulica	Degradación natural	Falta de limpieza	Degradaciones circundantes sin eliminar
		Activo crítico	Carencia de normas y operación
Plegadora	Degradación forzada	Falta de engrase	Carencia de normas y operación
		Comportamientos inadecuados ante agentes externos del material componente de la máquina	Falta de respeto hacia las prescripciones técnicas.
Posicionador de tanques	Degradación natural	Polución de origen externo	Carencia de normas y operación
		Falta de limpieza	Falta de respeto hacia las prescripciones técnicas.
Puente grúa	Degradación forzada	Falta de engrase	Vibraciones propias
		Activo crítico	Producto mal acondicionado
Roladora DAVI	Degradación natural	Polución de origen externo	Procedimiento demasiado complejo
		Falta de limpieza	Falta de respeto hacia las prescripciones técnicas.
Cizalla TSD	Degradación natural	Activo crítico	Personal de operación calificado
		Falta de limpieza	Respeto hacia las prescripciones técnicas.
Fresadora FEXAC	Degradación natural	Polución de origen externo	Procedimiento demasiado complejo
		Falta de limpieza	Falta de respeto hacia las prescripciones técnicas.
Torno LOGAN	Degradación forzada	Activo crítico	Personal de operación calificado
		Falta de limpieza	No hay prescripciones técnicas.

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

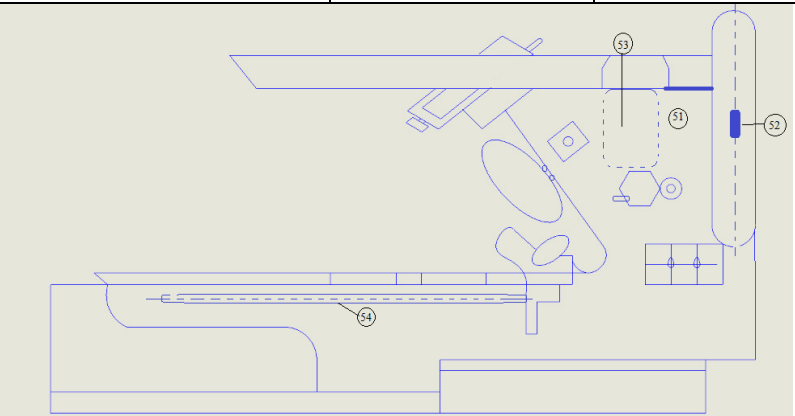
## 4.2. Actividades para los planes de lubricación

Los planes de lubricación son un conjunto de procedimientos y estrategias diseñadas para mantener lubricados los componentes de una máquina. A continuación, en las Tablas 2-4 a la 11.4 se detallan las actividades, frecuencias, cantidades que se deben aplicar en los puntos de lubricación.

### 4.2.1. Procedimientos para encontrar los puntos de lubricación de la rebordeadora

- Realizar una limpieza general usando la toma de aire para eliminar los polvos de la superficie.
- Los pernos de la tapa del sistema motriz no se deben sacar completos, únicamente los tres primeros en sentido horario. Sacar la tapa.
- Se identifican cuatro puntos de lubricación en la bancada, cabezal, cuerpo, y sistema motriz.

**Tabla 2-4:** Puntos de lubricación de rebordeadora

BOLETIN DE LUBRICACIÓN			REBORDEADORA			Código: 1.01.01				
										
Punto engrase	Denominación	Tipo lubricante	Método de engrase	Frecuencia	Equipo	Situación	Duración	Cantidad	Actividad	
51	Engranajes Caja de transmisión	Aceite Rando HD 68	Bidón y bomba	a	M	P	1h	2 lt	C	Observar nivel (O) Cambiar aceite (C) Añadir aceite (A) Filtrar aceite (F) Añadir grasa (G) Cambiar grasa (CG)
52	Rodamiento Rueda conductora	Grasa #2 NGLI	Engrasador manual	29 s	C	P	0,5h	2.88 gr	G	
53	Piñón y cadena Matriz giratoria	Grasa #2 NGLI	Engrasador y brocha	12 s	C	M	0,5h	4 gr	CG	
54	Tornillo patrón Bancada.	Grasa #2 NGLI	Engrasador y brocha	12 s	C	P	0.5h	7 gr	G	

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

#### 4.2.2. Procedimientos para encontrar los puntos de lubricación de la prensa hidráulica

- Subir al cárter por las escaleras usando el arnés de seguridad
- Los puntos de lubricación son cuatro:
- Cárter
- Cadena de transmisión
- Dos chumaceras del motor.

Usar una llave de pico para poder destapar el acceso al cárter.

**Tabla 3-4:** Puntos de lubricación de la prensa hidráulica

BOLETIN DE LUBRICACIÓN		PRENSA HIDRÁULICA				Código: 1.01.02				
Punto engrase	Denominación	Tipo lubricante	Método de engrase	Frecuencia	Equipo	Situación	Duración	Cantidad	Actividad	
55	Cárter	Aceite RANDO HD 68	Bomba y bidón	a	M	P	3 h	Full	F	Observar nivel (O) Cambiar aceite (C) Añadir aceite (A) Filtrar aceite (F) Añadir grasa (G) Cambiar grasa (CG)
56	Chumaceras Sistema motriz	Grasa #2 NLGI	Engrasadora y brocha	24 s	C	M	0,5 h	4,2 gr	G	
57	Chumaceras Sistema motriz	Grasa #2 NLGI	Engrasador y brocha	24 s	C	M	0,5 h	4,2 gr	G	

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

#### 4.2.3. Procedimientos para encontrar los puntos de lubricación del puente grúa

Mediante una inspección visual se ha podido identificar:

- Sistema de rieles
- Motor reductor
- Tecla eléctrica
- Cable de acero

Es un activo de acceso difícil debido que hay que ascender a una altura de 12 metros, los puntos de lubricación se identificaron mediante los manuales técnicos.

**Tabla 4-4:** Puntos de lubricación del puente grúa

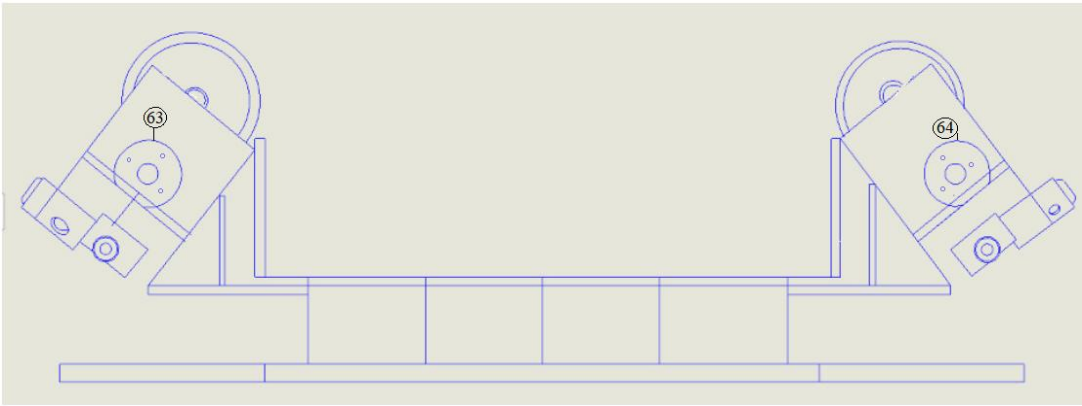
BOLETIN DE LUBRICACIÓN			PUENTE GRÚA			1.02.01				
Punto engrase	Denominación	Tipo lubricante	Método de engrase	Frecuencia	Equipo	Situación	Duración	Cantidad	Actividad	
58	Chumaceras	Grasa #2 NGLI	Engrasadora y brocha		M	P	2 h		G	Observar nivel (O) Cambiar aceite (C) Añadir aceite (A) Filtrar aceite (F) Añadir grasa (G) Cambiar grasa (CG)
59	Cadena	Aceite RANDO HD 32	Aceitera	12 s	M	P	0,5 h		A	
60	Piñones	Grasa #2 NGLI	Engrasadora y brocha	12 s	M	P	0,5 h		G	
61	Cable de acero	Aceite RANDO HD 32	Aceitera	6 m	C	M	0.16 h		A	
62	Gancho	Aceite RANDO HD 32	Aceitera	6 m	C	M	0.16 h		A	

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

#### 4.2.4. Procedimientos para encontrar los puntos de lubricación del posicionador de tanques

Tiene como partes: dos motores eléctricos, dos motores reductores, y cuatro chumaceras.

**Tabla 5-4:** Puntos de lubricación del posicionador de tanques

BOLETIN DE LUBRICACIÓN		Posicionador de tanques		1.02.02						
										
Punto engrase	Denominación	Tipo lubricante	Método de engrase	Frecuencia	Equipo	Situación	Duración	Cantidad	Actividad	
63	Rodamientos Chumaceras	Grasa #2 NGLI	Engrasadora y brocha	9 s	M	P	2 h	<b>7,44 gr</b>	G	Observar nivel (O) Cambiar aceite (C) Añadir aceite (A) Filtrar aceite (F) Añadir grasa (G) Cambiar grasa (CG)
64	Rodamientos Chumaceras	Grasa #2 NGLI	Engrasadora y brocha	9 s	M	P	2 h	<b>7,44 gr</b>	G	

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

Se ha realizado una limpieza de superficie para proceder con: la identificación de las partes y desarrollar la subdivisión del activo mediante los siguientes pasos:

- Con ayuda de una manguera de compresor y su respectiva boquilla se eliminan las superficies cubiertas de polvo.
- Con una llave mixta 3/4 se procede a retirar los pernos de las tapas que cubren la chumacera.
- Descubiertas las chumaceras se logra identificar el rodamiento de rodillos oscilantes de dos hileras, SKF 22213
- Los puntos identificados se encuentran en la Tabla 5.4

#### 4.2.5. Procedimientos para encontrar los puntos de lubricación de la roladora DAVI

La máquina cuenta con cuatro rodillos los de mayor diámetro son los motrices.

- Tener listo destornillador estrella, brocha, guaipe que se usarán para realizar la limpieza y desmontaje
- Con ayuda de una manguera de compresor y su respectiva boquilla se eliminan las superficies cubiertas de polvo.
- Destornillar las tapas del cabezal para descubrir el circuito hidráulico.

**Tabla 6-4:** Puntos de lubricación de la roladora DAVI

BOLETIN DE LUBRICACIÓN		ROLADORA DAVI					1.02.03			
Punto engrase	Denominación	Tipo lubricante	Método de engrase	Frecuencia	Equipo	Situación	Duración	Cantidad	Actividad	
65	Depósito	Aceite HD Rando 68	Bomba y bidón	a	M	P	2 h	2 lt	O	Observar nivel (O) Cambiar aceite (C) Añadir aceite (A) Filtrar aceite (F) Añadir grasa (G) Cambiar grasa (CG)

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

#### 4.2.6. Procedimientos para encontrar los puntos de lubricación de la fresadora FEXAC

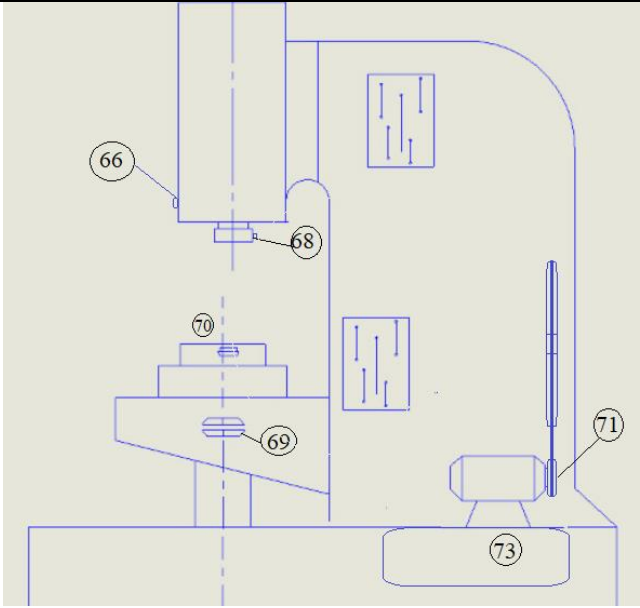
- Con el uso de la manguera de aire y boquilla se logra eliminar polvos de la superficie de la fresa.
- Usando la llave Allen 3/16 se logra destapar la columna de la fresa exponiendo el



mecanismo del motor de recorrido vertical.

- Se observa el depósito de aceite y la bomba de aceite se pasa un trapo para limpiar la superficie. Se indica una lubricación por circulación
- Mediante una inspección visual en la mesa, se observa el tornillo patrón con su rodamiento. Se tiene una lubricación por grasa.

**Tabla 7-4:** Puntos de lubricación de la fresadora FEXAC

BOLETIN DE LUBRICACIÓN			FRESADORA FEXAC			1.03.03				
										
Punto engrase	Denominación	Tipo lubricante	Método de engrase	Frecuencia	Equipo	Situación	Duración	Cantidad	Actividad	
66	Chumaceras Motor	Grasa #2 NLGI	Engrasadora y brocha	10 m	M	P	2 h	2,24 gr	G	Observar nivel (O) Cambiar aceite (C) Añadir aceite (A) Filtrar aceite (F) Añadir grasa (G) Cambiar grasa (CG)
68	Rodamiento Husillo	Grasa #2 NLGI	Engrasadora y brocha	10 m	M	M	1 h	2,24 gr	G	
69	Rodamiento carro longitudinal	Aceite Rando HD 46	Aceitera	6 m	C	M	0,5 h		A	
70	Rodamiento carro transversal	Aceite Rando HD 46	Aceitera	6m	C	M	0,5 h		A	
71	Rodamiento bancada	Aceite Rando HD 46	Aceitera	6m	C	P	0,5 h		A	
72	Engranaje caja Norton	Aceite Rando HD 46	Aceitera	6m	C	P	2 h		A	
73	Depósito de aceite	Aceite Rando HD 46	Bomba y bidon	6m	C	P	2 h		O	

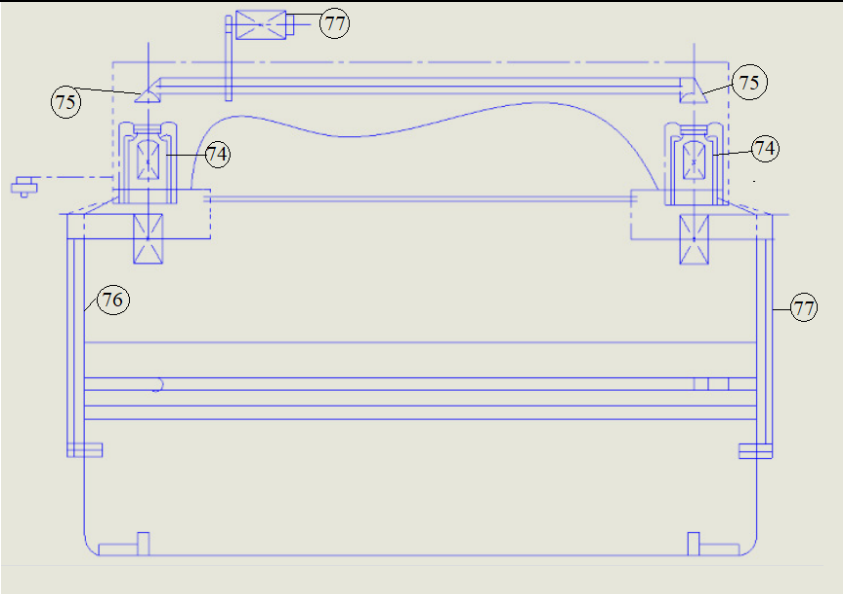
Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

#### 4.2.7. Procedimientos para encontrar los puntos de lubricación de la plegadora

Es un activo hidráulico que se han identificado los puntos de lubricación ubicados en la parte superior. Acceso fácil.

- Con el uso de la manguera de aire y boquilla se logra eliminar polvos de la superficie
- Los puntos de lubricación se encuentran en: los cilindros, las guías, y barra de equilibrio.
- Se observa el nivel de aceite mediante la mirilla

**Tabla 8-4:** Puntos de lubricación de plegadora HACO

BOLETIN DE LUBRICACIÓN			PLEGADORA HACO			1.03.03			
									
Punto engrase	Denominación	Tipo lubricante	Método de engrase	Frecuencia	Equipo	Situación	Duración	Cantidad	Actividad
74	Émbolo de cilindros	Aceite Rando HD 32	Aceitera	5 s	M	P	0.5 h		A
75	Extractores de succión	-----	-----	a	M	D	3 h		O
76	Guías	Aceite Rando HD 32	Aceitera	s	C	M	0.5 h		A
77	Cárter	Aceite Rando HD 32	Bidón y bomba	5 s	M	D	3 h	3 bomba	C

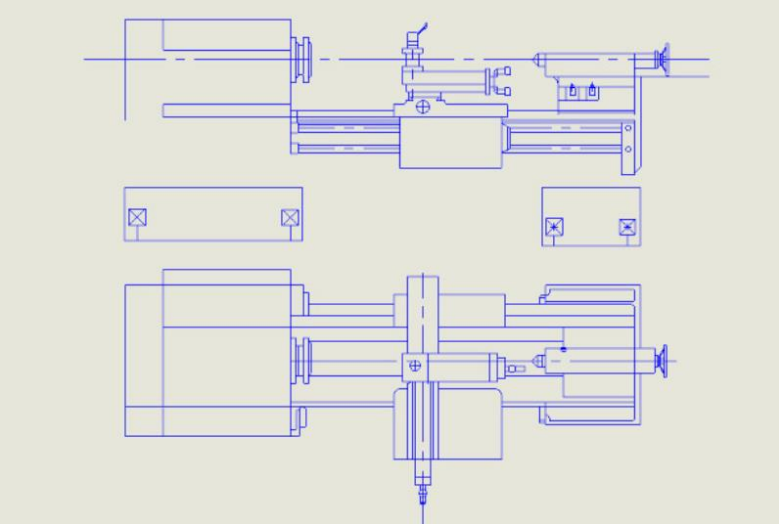
Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

#### 4.2.8. Procedimientos para encontrar los puntos de lubricación del torno LOGAN

El torno LOGAN es un activo de acceso fácil a sus puntos de lubricación, debido a la existencia de una placa informativa de lubricación en el cabezal del torno.

- Pasar guaipe en la superficie del torno y con una brocha retirar la viruta desprendida del material mecanizado.
- Los puntos de lubricación están distribuidos en el torno en el cabezal, carro portaherramientas, contrapunto, mordazas del mandril. En la Tabla 9-4 se observa la información necesaria para aplicar al momento de lubricar.

**Tabla 9-4:** Puntos de lubricación del torno LOGAN

BOLETIN DE LUBRICACIÓN			TORNO LOGAN				1.03.01			
										
Punto engrase	Denominación	Tipo lubricante	Método de engrase	Frecuencia	Equipo	Situación	Duración	Cantidad	Actividad	
78	Caja Norton	Aceite Rendo HD 46	Aceitera	5 s	M	P	2 h	1.5 lt	O A	Observar nivel (O) Cambiar aceite (C) Añadir aceite (A) Filtrar aceite (F) Añadir grasa (G) Cambiar grasa (CG)
79	Mordazas de mandril	Aceite Rando HD 46	Aceitera	2 d	C	P	0.5 h	--	A	
80	Torre portaherramientas	Aceite Rando HD 46	Aceitera	5 s	C	P	0.5 h	0.00 2 lts	A	
81	Contrapunto	Aceite Rando HD 46	Aceitera	8 h	C	P	0.5 h	0.00 2 lts	A	
82	Tornillo patrón	Grasa #2 NLGI	Engrasador y brocha	5 s	C	M	0.5 h	7 gr	G	

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

#### 4.2.9. Procedimientos para encontrar los puntos de lubricación de la cizalla TSD

Es un activo hidráulico en donde se han identificado los puntos de lubricación ubicados en la parte superior. En la Tabla 10-4 se observa una representación esquemática donde se encuentran cuatro puntos de lubricación.

- Pasar guaipe en las superficies y con una brocha retirar partículas de contaminación.
- Los puntos de lubricación se encuentran en: los cilindros, las guías, y barra de equilibrio.
- Se observa el nivel de aceite mediante la mirilla.

**Tabla 10-4:** Puntos de lubricación de cizalla TSD

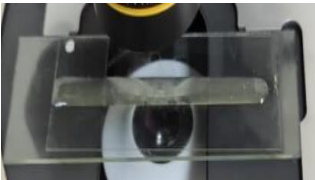
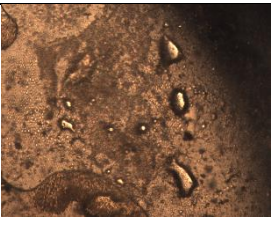
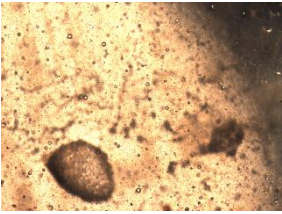
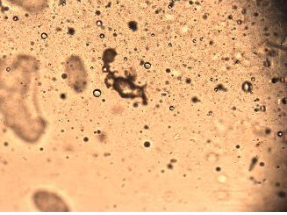
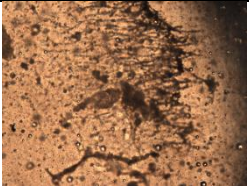
BOLETIN DE LUBRICACIÓN				Cizalla TSD				1.03.04		
Punto engrase	Denominación	Tipo lubricante	Método de engrase	Frecuencia	Equipo	Situación	Duración	Cantidad	Actividad	
78	Caja Norton	Aceite Rando HD 46	Aceitera	5 s	M	P	2 h	1.5 lt	O	Observar nivel (O) Cambiar aceite (C) Añadir aceite (A) Filtrar aceite (F) Añadir grasa (G) Cambiar grasa (CG)
79	Mordazas de mandril	Aceite Rando HD 46	Aceitera	2 d	C	P	0.5 h	--	A	
80	Torre portaherramientas	Aceite Rando HD 46	Aceitera	5 s	C	P	0.5 h	0.00 2 lts	A	
81	Contrapunto	Aceite Rando HD 46	Aceitera	8 h	C	P	0.5 h	0.00 2 lts	A	
82	Tornillo patrón	Grasa #2 NLGI	Engrasador y brocha	5 s	C	M	0.5 h	7 gr	G	

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

### 4.3. Resultados del análisis ferrográfico

La visualización de los resultados que se encuentra en la Tabla 11-4 se lo hizo con la cámara digital y el software Q Capture, para proyectar la imagen de la película de aceite en el computador, se logra capturar los Gráficos para diagnosticar los mecanismos de desgaste que están sufriendo las superficies. Realizando una comparación usando el Wear Particle Atlas TRICO (ANDERSON, 2008)

**Tabla 11-4:** Resultados del análisis de ferrograma

Ferrograma Aceite HD Rando 68	Gráfico Software Q Capture x 64	Análisis según el ATLAS
		<p><b>Figura 1.3.12.</b> Son fotografías de esferas metálicas. Son mucho más grandes que las esferas normalmente generadas por la fatiga de los rodamientos. Pueden ser de una fuente desconocida.</p>
		<p><b>Figura 1.9.2.</b> Partículas finas se depositaron uniformemente en el extremo de salida del ferrograma por debajo de la posición de aproximadamente 30 mm</p>
		<p><b>Figura 2.2.3.22</b> Se sobreestimó el número de partículas pertenecientes a la categoría de partículas laminares. Aunque algunas partículas son demasiado gruesas para ser clasificadas y deben ser como partículas de desgaste severo.</p>
		<p><b>Figura 2.3.4.1</b> Este ferrograma es elaborado a partir de una muestra indicando partículas ferrosas de desgaste de cadenas pesadas, así como muchas partículas cristalinas no metálicas grandes</p>

Realizado por: Muzo Carmen, 2022.

#### 4.3.1. Discusión del análisis

El análisis del ferrograma de las muestras realizadas al aceite hidráulico se visualiza partículas alargadas correspondientes a un desgaste abrasivo del activo. Suciedad del lubricante, partículas procedentes del ambiente en este caso pertenecientes de una cortadora de plasma y partículas que se podrían catalogar como desgaste por fatiga

## CONCLUSIONES

La situación actual de la empresa no dispone de actividades de lubricación estandarizadas sino actividades artesanales, se identificaron los activos mediante el árbol de decisiones con cuatro preguntas, los resultados (SI) positivos se dirigen hacia la ejecución del mantenimiento preventivo de: Cizalla, fresadora, torno, rebordeadora, posicionador de tanques, roladora, puente grúa, plegadora y prensa hidráulica

Se analizó la degradación para cada activo con mayor cantidad de resultados (SI) en: Imputable al usuario que pertenece a la columna de familia de degradación- causa averías de la hoja de degradaciones forzadas. Se obtiene como una degradación forzada a: la prensa hidráulica, puente grúa y plegadora HACO debido que pertenece al grupo de activos de acceso difícil impidiendo cumplir con las frecuencias designadas. Como degradación natural se obtuvieron a: Rebordeadora, posicionador de tanques, roladora DAVI, torno LOGAN, fresadora FEXAC y cizalla FERRY.

Se elaboraron las actividades de lubricación de manera general para todos los activos, a cada punto de lubricación le corresponde un código ya sea: Cambiar aceite (C), Observar nivel (O), Añadir aceite (A), Filtrar aceite (F), Añadir grasa (G), Cambiar grasa (CG). Cada uno tiene su frecuencia, duración y cantidad. De esta manera el operador sigue la planificación evitando las actividades de manera artesanal.

Se identificaron las tareas de lubricación basado en las actividades que se realizaron al momento de reconocer los puntos de lubricación mediante la práctica, resultó complicado la identificación de los puntos de lubricación de la prensa hidráulica debido que es un activo de difícil acceso, con el fin de determinar los recursos a utilizarse para disminuir el tiempo de duración del mantenimiento.

Se realizó el análisis ferrográfico al activo prensa hidráulica, la limpieza general del ferrógrafo influye bastante en la recolección de los resultados en este caso en las imágenes capturadas, revelando la existencia de partículas de desgaste severo en el aceite, cada resultado fue comparado en el ATLAS Wear Particle. La Figura 1.2.13 muestra partículas generadas por la fatiga de los rodamientos, dando como evidencia que el aceite no ha sido cambiado, filtrado por un largo tiempo.

## **RECOMENDACIONES**

Continuar con el estudio del plan de lubricación en todos los activos de la empresa INDUACERO CÍA. LTADA. Con la finalidad de seguir manteniendo la disponibilidad de los activos y actualización de las frecuencias correspondientes.

Colocar estibas de madera en el lugar de almacenamiento del aceite hidráulico, así se logra evitar la existencia de humedad debido a los cambios de temperatura durante el día, esto puede penetrar hasta el aceite cuando se lo deja en posición vertical.

Conseguir la aceitera de precisión de bolsillo para los puntos de lubricación en los activos del torno y fresadora. En la identificación de los puntos se observa que la entrada de lubricación no pertenece a una engrasadora.

Seguir insistiendo a cada operador la limpieza de su área de trabajo y seguir las indicaciones del plan de lubricación presentado, para evitar personal imprescindible.

Realizar el análisis ferrográfico en todos los activos para identificar el tipo de desgaste únicamente visualizando los resultados generados del ferrograma.

## **GLOSARIO**

<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>E</b>	Energético
<b>EC</b>	Falta de combustible y su alimentación
<b>EE</b>	Corte de energía eléctrica o irregularidades eléctricas
<b>EG</b>	Falta de agua caliente o fría
<b>EH</b>	Falta suministro líquido hidráulico
<b>EV</b>	Falta suministro de vapor
<b>ER</b>	Falta suministro de aire
<b>F</b>	Funcional
<b>FB</b>	Vibraciones propias
<b>FX</b>	Tuercas, tornillos y bulones flojos
<b>IA</b>	Protección defectuosa polvo, humedad temperatura
<b>IC</b>	Comportamientos inadecuados ante agentes externos del material
<b>ID</b>	Mal diseño
<b>IF</b>	Defecto fabricación componentes máquina
<b>IT</b>	Debilidades estructurales
<b>M</b>	Imputable al mantenimiento
<b>MC</b>	Degradaciones circundantes sin eliminar
<b>ME</b>	Falta de engrase
<b>MF</b>	Falta de competencia del personal de mantenimiento
<b>ML</b>	Falta de limpieza
<b>MR</b>	Malas reparaciones
<b>MT</b>	Falta de respeto a prescripciones técnicas
<b>P</b>	Imputable al producto
<b>PC</b>	Ausencia de control de calidad de productos entrantes
<b>PM</b>	Producto mal acondicionado
<b>U</b>	Imputable al usuario
<b>UB</b>	Falta de respeto a las condiciones de funcionamiento y utilización
<b>UH</b>	Falta de respeto a las condiciones de carga y descarga
<b>X</b>	Extrínseca
<b>XZ</b>	Polución de origen externo
<b>Y</b>	Policausas conjugadas
<b>YA</b>	Atascos, obstrucciones



## BIBLIOGRAFÍA

**13306, UNE-EN.** *Terminología del mantenimiento.* Madrid - España, AENOR INTERNACIONAL S.A.U, 2018.- pp 7.

**ALBARRACÍN AGUILÓN, Pedro Ramón.** *Tribología y Lubricación Industrial y Automotriz.* Medellín - Colombia, 2002.-pp. 282-290; 305; 380; 381; 383.

**ANDERSON, Daniel.** *Wear Particle Atlas.* Lakehurst, 2008. pp 23, 47, 90, 103

**CARRO PAZ, Roberto & GONZÁLEZ GÓMEZ, Daniel.** *El sistema de producción y operaciones.* Buenos Aire - Argentina, 2020. pp 4

**CASTILLO FELIX, Daniel & CIEZA CASTANEDA, Oscar.** *Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento preventivo basado en la lubricación que permita mejorar la confiabilidad de las maquinarias en la planta MERRIL CROWE DE MINERA COIMOLACHE S. A.* [En línea] Cajamarca – Perú: *Universidad Privada del Norte*, 2013 [Consultado: 22 de abril de 2022.]. Disponible en: [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/1337/Industrial\\_DANIEL%20CASTILLO%20FELIX.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/1337/Industrial_DANIEL%20CASTILLO%20FELIX.pdf?sequence=4&isAllowed=y).

**ENGINEERING, PROACTIVE.** Bases de un programa de gestión de lubricación de excelencia. [En línea] Cochabamba – Bolivia, 2020. [Consulta: 3 de Mayo de 2022.]. Disponible en: <https://www.facebook.com/Proactive.Consultora/videos/1277580119248857>

**ENGINEERING, PROACTIVE.** *PROACTIVE ENGINEERING.* [En línea] 2020. [Consulta: 3 de Mayo de 2022.]. Disponible en: <https://proactive-engineering.com/>.

**Equipos y Laboratorios de Colombia.** [En línea] 2011. Medellín - Colombia [Consulta: 3 de Agosto de 2022.]. Disponible en: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/ferrografia-usada-en-el-mantenimiento-preventivo>.

**FARÍAS MEZA, Juan Carlos.** *Diseño e implementación de un plan de lubricación para máquinas y equipos. (Trabajo de Titulación)* [En línea]. *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL*, Guayaquil – Ecuador. 2008. [Consulta: 15 de abril de 2022.]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/12015/3/FARIAS%20MEZA%20JUAN%20CARLOS.pdf>.

**Google maps. INDUACERO.** [En línea] Latacunga – Ecuador, 2022. [Consulta: 05 de mayo de 2022.]. Disponible en: <https://n9.cl/f8mgr>

**GRANIZO, José Antonio.** "*Diagnóstico del mecanismo de desgaste aplicados en pares tribológicos mediante ferrografía*". Revista ciencia UNEMI, 2017, Vol. X. 2528-7737. (Unioversidad Técnica de Milagro) pp 53

**GRUPO HERRES.** *Conoce qué es el aceite sintético y las ventajas de usarlo* . [blog]. Tabasco – Mexico, 2019. [Consulta: 06 de 07 de 2022.]. Disponible en: <http://www.grupoherres.com.mx/aceite-sintetico/>.

**HIMIYA.** *Fricción, Desgaste y Lubricación (Lubricación de Elementos de Máquinas)*. [blog] 2015. [Consulta: 06 de 07 de 2022.]. Disponible en: <https://med.se-todo.com/himiya/2373/index.html?page=4>.

**INDUACERO CÍA. LTDA.** [blog] 21 de Mayo de 1999. [Consulta: 25 de Abril de 2022.]. Disponible en: <http://induacero.com.ec/>.

**JIMÉNEZ, Daniel de Jesús, et. al.** *Plan maestro de mantenimiento preventivo de lubricación*. [En línea]. Veracruz – México, 2022. [Consulta: 06 de mayo de 2022.]. Disponible en: <https://n9.cl/4y43b>.

**LEZADA GARCÍA, Emilio.** *Curso Superior de Mantenimiento Industrial Impartido en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, asignatura de tribología.*2002.

**NORIA LATÍN AMÉRICA.** *Selección de lubricante*. [blog]. [Consulta: 2 de Mayo de 2022.]. Disponible en: <https://noria.mx/seleccion-del-lubricante-s/100-de-las-formas-mas-efectivas-para-impulsar-la-confiabilidad-de-la-maquinaria/>.

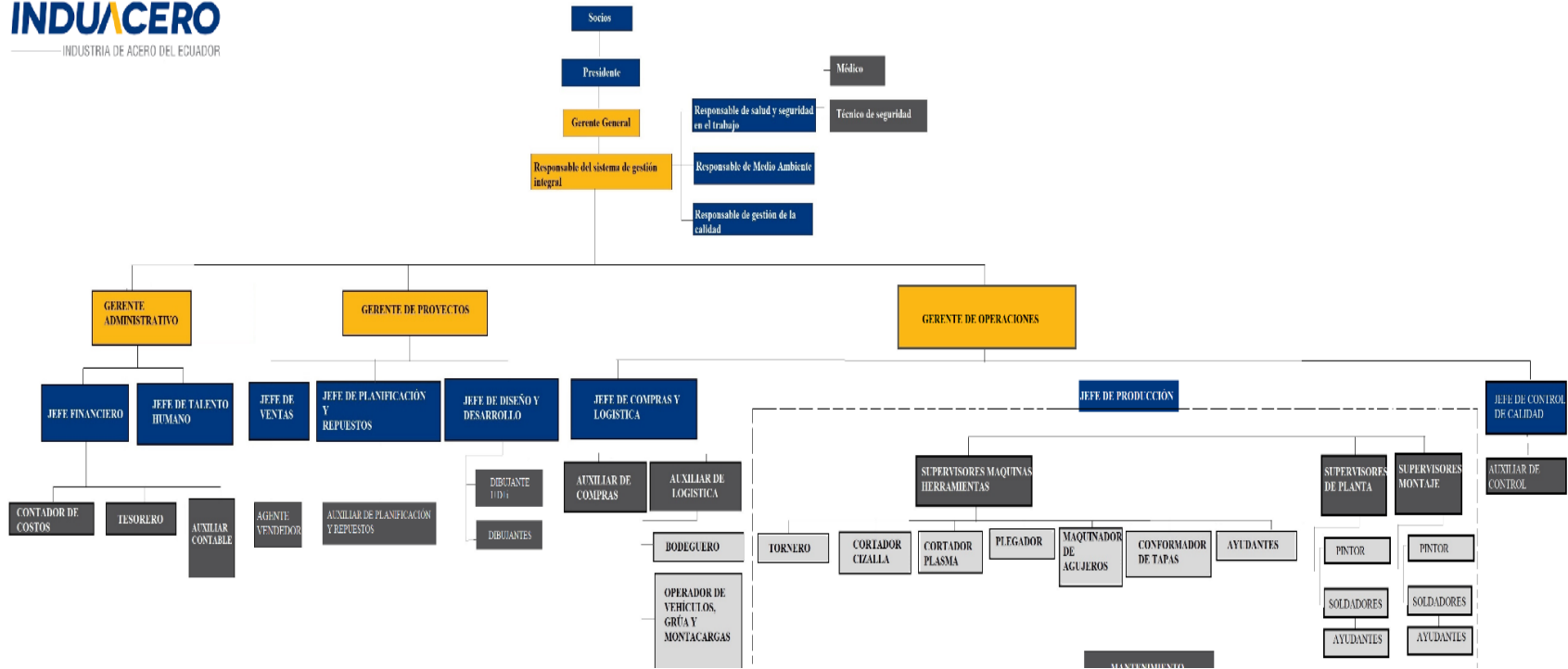
**S.A., VERLINDE.** *Manuales de mantenimiento. VCA091008-001* Francia, 5 de Noviembre de 2009. Catálogo

**SKF. 2019.** *Rodamientos*. Gotenburgo : AB SKF, 415 50 , 2019.

**VALLEJO, Rodrigo.** *Métodos de lubricación*. [En línea] 2017. [Consulta: 05 de abril de 2022.]. Disponible en: <https://n9.cl/4r1ex>.

# ANEXOS

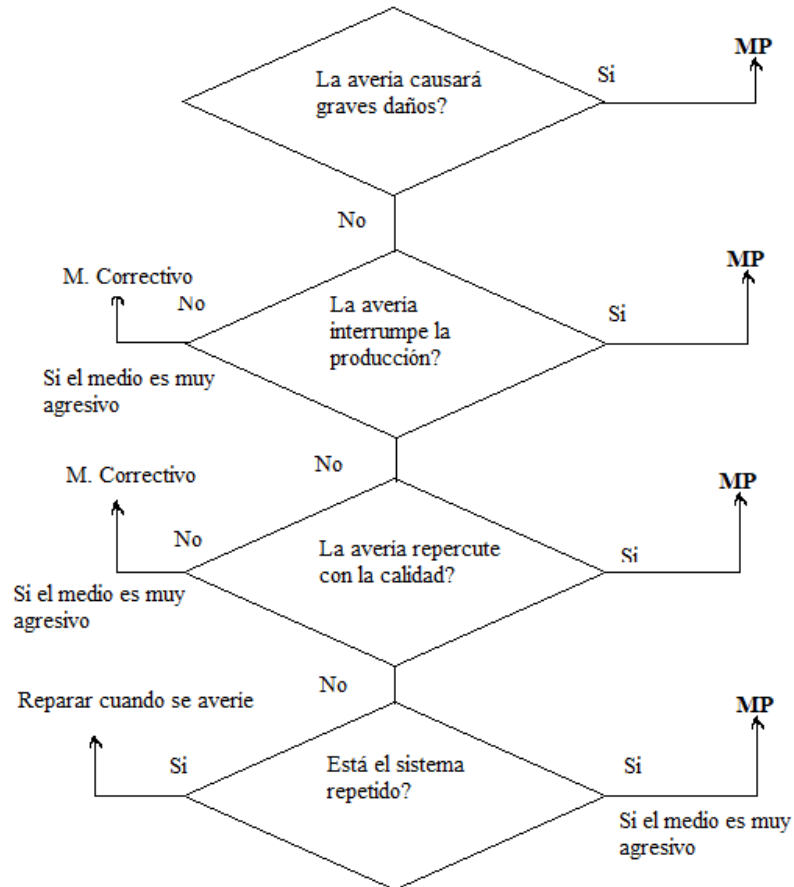
## ANEXO A: ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA INDUACERO CÍA. LTDA .



## ANEXO B: ÁRBOL DE DECISIÓN DE LAS MÁQUINAS RESTANTES

### Árbol de decisiones para aplicar Mantenimiento Preventivo

#### Plegadora HACO



- Se le designa el mantenimiento preventivo al activo Plegadora

a) ¿La avería causará graves daños?

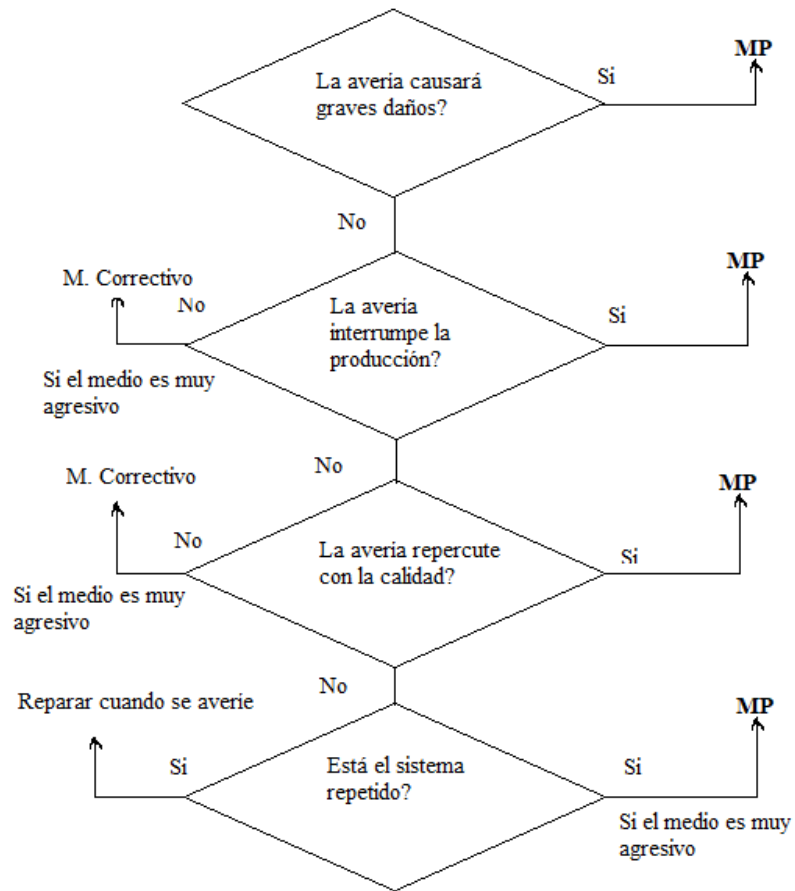
No causa graves daño debido que el operador de la máquina está capacitado y usa todas las seguridades

b) ¿La avería interrumpe la producción?

Sí interrumpe la producción en un corto periodo de tiempo. La rama dirige hacia un MP.

### Árbol de decisiones para aplicar Mantenimiento Preventivo

#### posicionador de tanques



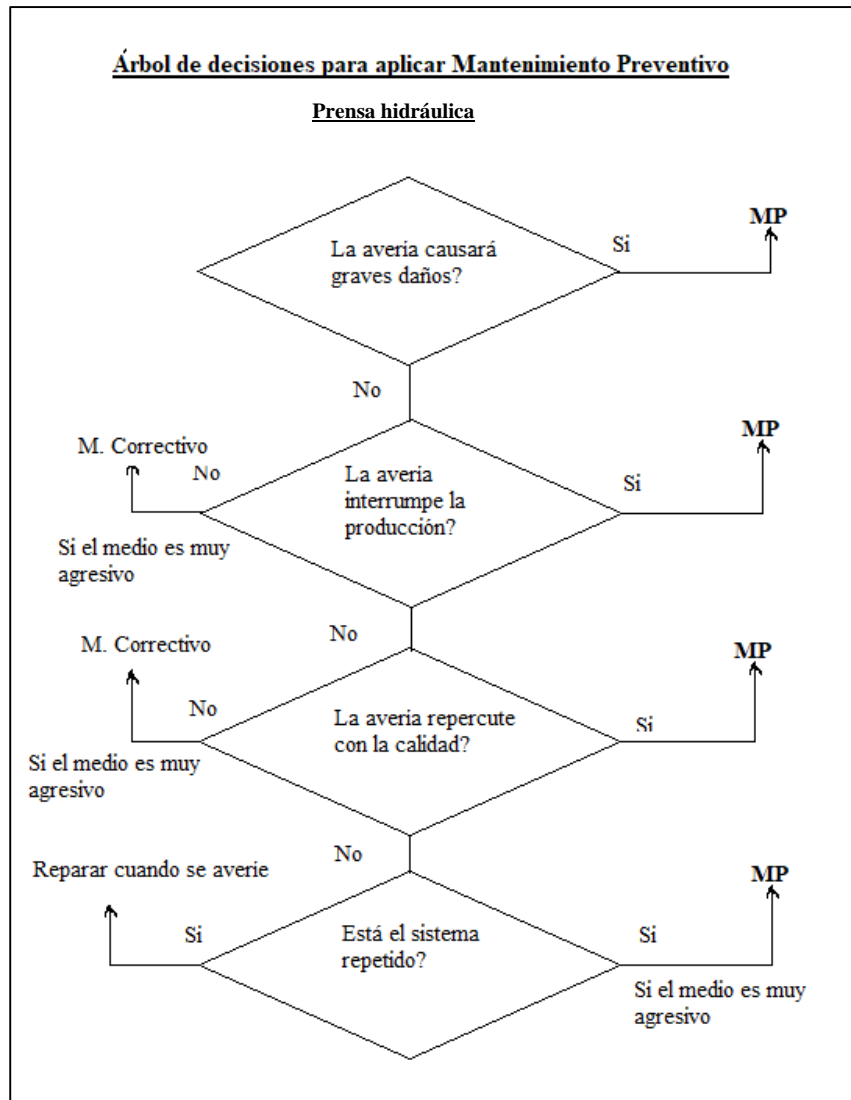
- Se le designa el mantenimiento preventivo al activo posicionador de tanques

a) ¿La avería causará graves daños?

No causa graves daños debido a que el operador de la máquina está capacitado y usa todas las seguridades

b) ¿La avería interrumpe la producción?

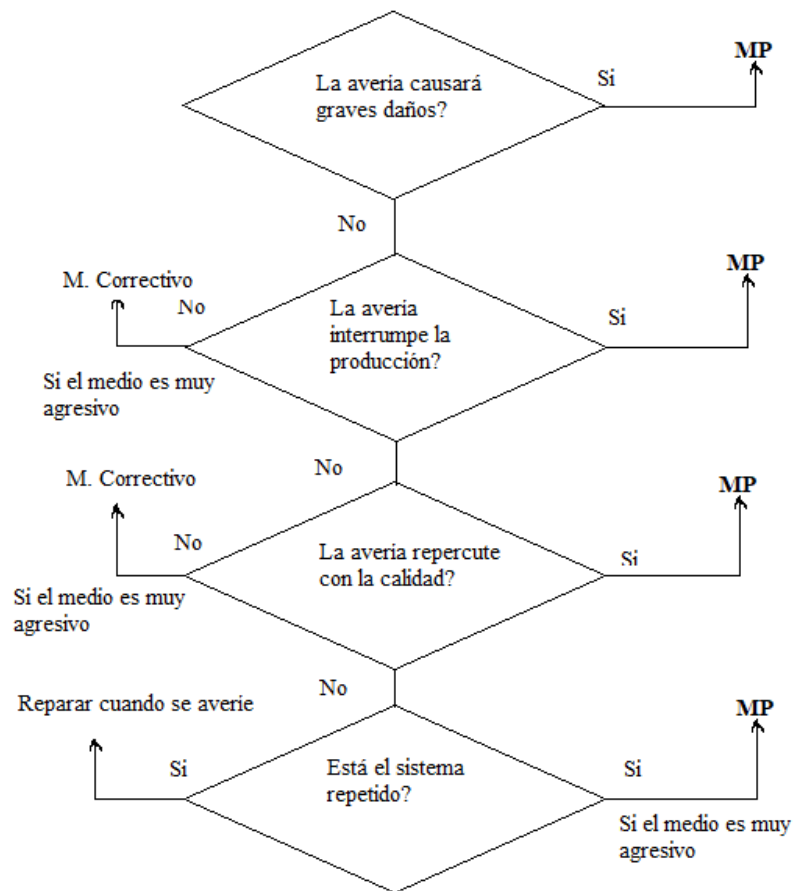
Sí interrumpe la producción en un corto periodo de tiempo. La rama dirige hacia un MP.



- Se le designa el mantenimiento preventivo al activo prensa hidráulica
  - a) ¿La avería causará graves daños?  
No causa graves daño debido que el operador de la máquina está capacitado y usa todas las seguridades
  - b) ¿La avería interrumpe la producción?  
Sí interrumpe la producción, no hay un activo auxiliar. La rama nos dirige hacia un MP.

## Árbol de decisiones para aplicar Mantenimiento Preventivo

### Puente grúa



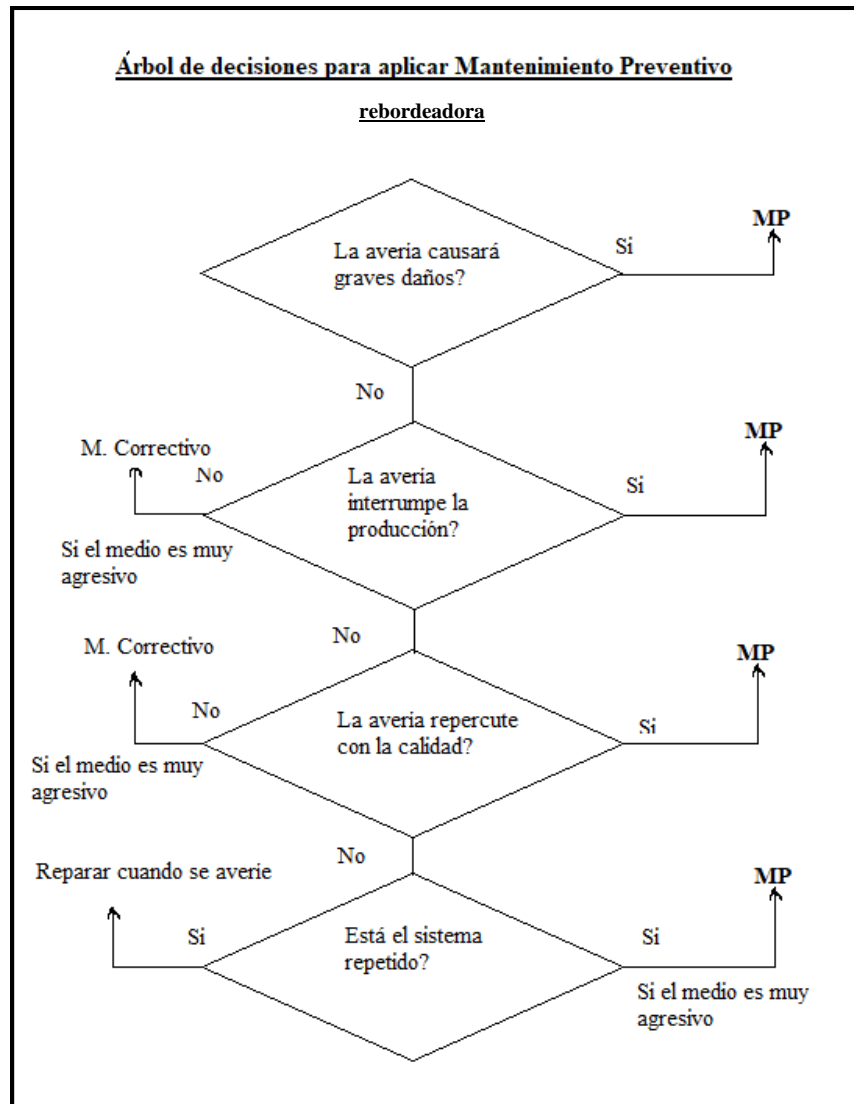
- Se le designa el mantenimiento preventivo al activo puente grúa

a) ¿La avería causará graves daños?

No causa graves daños debido que el operador de la máquina está capacitado y usa todas las seguridades

b) ¿La avería interrumpe la producción?

Sí interrumpe la producción, el puente grúa es un activo indispensable en todas las áreas de la empresa. La rama es dirigida hacia un MP.



- Se le designa el mantenimiento preventivo al activo rebordeadora

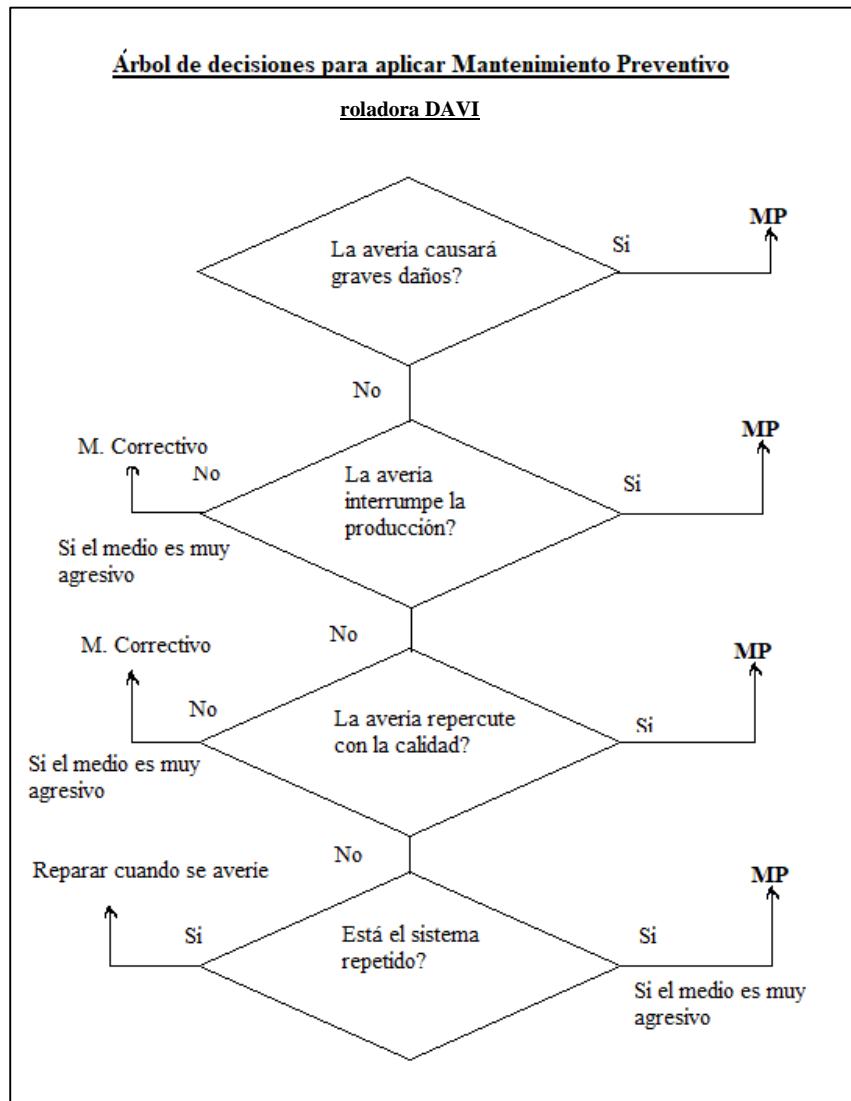
a) ¿La avería causará graves daños?

No causa graves daños debido que el operador de la máquina está capacitado y usa todas las seguridades

b) ¿La avería interrumpe la producción?

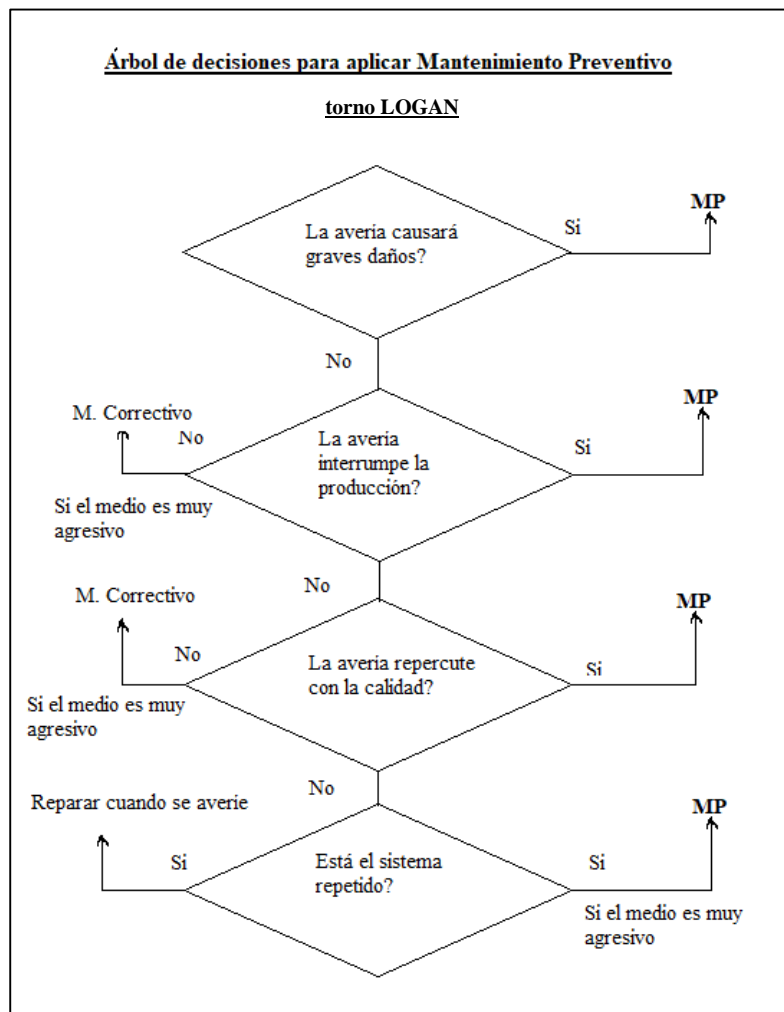
Sí interrumpe la producción, la rama dirige hacia un MP.





- Se le designa el mantenimiento preventivo al activo roladora DAVI
  - a) ¿La avería causará graves daños?  
No causa graves daño debido que el operador de la máquina está capacitado y usa todas las seguridades
  - b) ¿La avería interrumpe la producción?  
No interrumpe la producción, debido que cuentan con un activo similar a sus funciones.
  - c) ¿La avería repercute con la calidad?  
Sí repercute con la calidad, porque afecta su forma geométrica. La rama nos dirige hacia un MP.

## Árbol de decisiones del torno LOGAN



- Se le designa el mantenimiento preventivo al activo torno LOGAN
  - a) ¿La avería causará graves daños?  
No causa graves daños debido que el operador de la máquina está capacitado y usa todas las seguridades
  - b) ¿La avería interrumpe la producción?  
No interrumpe la producción.
  - c) ¿La avería repercute con la calidad?  
Sí repercute con la calidad, por motivo del mecanizado. La rama nos dirige hacia un MP.

**ANEXO C: HOJA DE ANÁLISIS DE DEGRADACIONES**

**ANÁLISIS DEGRADACIONES HABITUALES FORZADAS CAUSAS DE AVERÍAS**

**Planta:** INDUACERO CÍA. LTDA.

**Máquina:** Plegadora HACO

**Sección:** Máquinas herramientas

**Código:** 1.03.03

Familia Degradación-causa averías	Código	Degradaciones forzadas-causa de averías	Código	Existencia Habitual		
				Si	No	No Sabe
Energética	E	Falta de combustible y su alimentación	EC		X	
		Corte de energía eléctrica o irregularidades eléctricas	EE	X		
		Falta de agua caliente o fría	EG		X	
		Falta suministro líquido hidráulico	EH	X		
		Falta suministro de vapor	EP		X	
		Falta suministro de aire	ER		X	
Funcional	F	Vibraciones propias	FB		X	
		Tuercas, tornillos y bulones flojos	FX	X		
Intrínseca	I	Protección defectuosa polvo, humedad temperatura	IA	X		
		Comportamientos inadecuados ante agentes externos del material componente de la máquina	IC	X		
		Mal diseño	ID		X	
		Defecto fabricación componentes máquina	IF		X	
		Debilidades estructurales	IT		X	
Imputable a mantenimiento	M	Degradaciones circundantes sin eliminar	MC			X
		Falta de engrase	ME	X		
		Falta de competencia del personal de mantenimiento	MF		X	
		Falta de limpieza	ML	X		
		Malas reparaciones	MR			X
		Falta de respeto a prescripciones técnicas	MT	X		
Imputable al producto	P	Ausencia de control de calidad de productos entrantes	PC		X	
		Producto mal acondicionado	PM		X	
Imputable al Usuario	U	Falta de respeto a las condiciones de funcionamiento y utilización	UB	X		
		Falta de respeto a las condiciones de carga y descarga	UH		X	
		Falta de respeto a las condiciones de arranque y parada	UI		X	
		Carencia de normas y operación	UG	X		
		Falta de competencia personal	UF		X	
		Procedimiento demasiado complejo	UP		X	
		Alta rotación de mano de obra	UT		X	
		Falta de atención y vigilancia	UV	X		
Imposibilidad de parar la máquina	UX		X			
Extrínseca	X	Polución de origen externo	XZ	X		
Policausas conjugadas	Y	Atascos, obstrucciones	YA		X	
		Falta de repuestos	YO	X		

**ANÁLISIS DEGRADACIONES HABITUALES FORZADAS CAUSAS DE AVERÍAS**

**Planta:** INDUACERO CÍA. LTDA.

**Máquina:** Posicionador de tanques

**Sección:** Corte plasma y rebordecado de tapas

**Código:** 1.02.02

Familia Degradación-causa averías	Código	Degradaciones forzadas-causa de averías	Código	Existencia Habitual		
				Si	No	No Sabe
Energética	E	Falta de combustible y su alimentación	EC		X	
		Corte de energía eléctrica o irregularidades eléctricas	EE	X		
		Falta de agua caliente o fría	EG		X	
		Falta suministro líquido hidráulico	EH	X		
		Falta suministro de vapor	EP		X	
		Falta suministro de aire	ER		X	
Funcional	F	Vibraciones propias	FB		X	
		Tuercas, tornillos y bulones flojos	FX	X		
Intrínseca	I	Protección defectuosa polvo, humedad temperatura	IA	X		
		Comportamientos inadecuados ante agentes externos del material componente de la máquina	IC	X		
		Mal diseño	ID		X	
		Defecto fabricación componentes máquina	IF		X	
		Debilidades estructurales	IT		X	
Imputable a mantenimiento	M	Degradaciones circundantes sin eliminar	MC	X		
		Falta de engrase	ME	X		
		Falta de competencia del personal de mantenimiento	MF		X	
		Falta de limpieza	ML	X		
		Malas reparaciones	MR			X
		Falta de respeto a prescripciones técnicas	MT	X		
Imputable al producto	P	Ausencia de control de calidad de productos entrantes	PC		X	
		Producto mal acondicionado	PM		X	
Imputable al Usuario	U	Falta de respeto a las condiciones de funcionamiento y utilización	UB	X		
		Falta de respeto a las condiciones de carga y descarga	UH		X	
		Falta de respeto a las condiciones de arranque y parada	UI		X	
		Carencia de normas y operación	UG	X		
		Falta de competencia personal	UF		X	
		Procedimiento demasiado complejo	UP	X		
		Alta rotación de mano de obra	UT		X	
		Falta de atención y vigilancia	UV		X	
Imposibilidad de parar la máquina	UX		X			
Extrínseca	X	Polución de origen externo	XZ	X		
Policausas conjugadas	Y	Atascos, obstrucciones	YA		X	
		Falta de repuestos	YO	X		

**ANÁLISIS DEGRADACIONES HABITUALES FORZADAS CAUSAS DE AVERÍAS**

**Planta:** INDUACERO CÍA. LTDA.

**Máquina:** Prensa hidráulica

**Sección:** Corte plasma y rebordecado de tapas

**Código:** 1.01.02

Con	Código	Degradaciones forzadas- causa de averías	Código	Existencia Habitual		
				Si	No	No Sabe
Energética	E	Falta de combustible y su alimentación	EC		X	
		Corte de energía eléctrica o irregularidades eléctricas	EE	X		
		Falta de agua caliente o fría	EG		X	
		Falta suministro líquido hidráulico	EH		X	
		Falta suministro de vapor	EP		X	
		Falta suministro de aire	ER		X	
Funcional	F	Vibraciones propias	FB	X		
		Tuercas, tornillos y bulones flojos	FX	X		
Intrínseca	I	Protección defectuosa polvo, humedad temperatura	IA	X		
		Comportamientos inadecuados ante agentes externos del material componente de la máquina	IC		X	
		Mal diseño	ID	X		
		Defecto fabricación componentes máquina	IF	X		
		Debilidades estructurales	IT	X		
Imputable a mantenimiento	M	Degradaciones circundantes sin eliminar	MC			X
		Falta de engrase	ME	X		
		Falta de competencia del personal de mantenimiento	MF		X	
		Falta de limpieza	ML	X		
		Malas reparaciones	MR			X
		Falta de respeto a prescripciones técnicas	MT	X		
Imputable al producto	P	Ausencia de control de calidad de productos entrantes	PC		X	
		Producto mal acondicionado	PM	X		
Imputable al Usuario	U	Falta de respeto a las condiciones de funcionamiento y utilización	UB	X		
		Falta de respeto a las condiciones de carga y descarga	UH		X	
		Falta de respeto a las condiciones de arranque y parada	UI		X	
		Carencia de normas y operación	UG	X		
		Falta de competencia personal	UF		X	
		Procedimiento demasiado complejo	UP		X	
		Alta rotación de mano de obra	UT	X		
		Falta de atención y vigilancia	UV	X		
Imposibilidad de parar la máquina	UX		X			
Extrínseca	X	Polución de origen externo	XZ	X		
Policausas conjugadas	Y	Atascos, obstrucciones	YA	.		
		Falta de repuestos	YO	X		

**ANÁLISIS DEGRADACIONES HABITUALES FORZADAS CAUSAS DE AVERÍAS**

**Planta:** INDUACERO CÍA. LTDA.

**Máquina:** Puente grúa

**Sección:** Corte plasma y rebordecado de tapas

**Código:** 1.02.01

Familia Degradación-causa averías	Código	Degradaciones forzadas-causa de averías	Código	Existencia Habitual		
				Si	No	No Sabe
Energética	E	Falta de combustible y su alimentación	EC		X	
		Corte de energía eléctrica o irregularidades eléctricas	EE	X		
		Falta de agua caliente o fría	EG		X	
		Falta suministro líquido hidráulico	EH		X	
		Falta suministro de vapor	EP		X	
		Falta suministro de aire	ER		X	
Funcional	F	Vibraciones propias	FB	X		
		Tuercas, tornillos y bulones flojos	FX	X		
Intrínseca	I	Protección defectuosa polvo, humedad temperatura	IA	X		
		Comportamientos inadecuados ante agentes externos del material componente de la máquina	IC	X		
		Mal diseño	ID		X	
		Defecto fabricación componentes máquina	IF		X	
		Debilidades estructurales	IT		X	
Imputable a mantenimiento	M	Degradaciones circundantes sin eliminar	MC		X	
		Falta de engrase	ME	X		
		Falta de competencia del personal de mantenimiento	MF	X		
		Falta de limpieza	ML	X		
		Malas reparaciones	MR			X
		Falta de respeto a prescripciones técnicas	MT		X	
Imputable al producto	P	Ausencia de control de calidad de productos entrantes	PC		X	
		Producto mal acondicionado	PM	X		
Imputable al Usuario	U	Falta de respeto a las condiciones de funcionamiento y utilización	UB		X	
		Falta de respeto a las condiciones de carga y descarga	UH		X	
		Falta de respeto a las condiciones de arranque y parada	UI		X	
		Carencia de normas y operación	UG		X	
		Falta de competencia personal	UF		X	
		Procedimiento demasiado complejo	UP		X	
		Alta rotación de mano de obra	UT	X		
		Falta de atención y vigilancia	UV	X		
		Imposibilidad de parar la máquina	UX		X	
Extrínseca	X	Polución de origen externo	XZ	X		
Policausas conjugadas	Y	Atascos, obstrucciones	YA	X		
		Falta de repuestos	YO	X		

**ANÁLISIS DEGRADACIONES HABITUALES FORZADAS CAUSAS DE AVERÍAS**

**Planta:** INDUACERO CÍA. LTDA.

**Máquina:** Roladora DAVI

**Sección:** Acero al carbono

**Código:** 1.02.03

Familia Degradación-causa averías	Código	Degradaciones forzadas-causa de averías	Código	Existencia Habitual		
				Si	No	No Sabe
Energética	E	Falta de combustible y su alimentación	EC		X	
		Corte de energía eléctrica o irregularidades eléctricas	EE	X		
		Falta de agua caliente o fría	EG		X	
		Falta suministro líquido hidráulico	EH	X		
		Falta suministro de vapor	EP		X	
		Falta suministro de aire	ER		X	
Funcional	F	Vibraciones propias	FB		X	
		Tuercas, tornillos y bulones flojos	FX	X		
Intrínseca	I	Protección defectuosa polvo, humedad temperatura	IA	X		
		Comportamientos inadecuados ante agentes externos del material componente de la máquina	IC		X	
		Mal diseño	ID		X	
		Defecto fabricación componentes máquina	IF		X	
		Debilidades estructurales	IT		X	
Imputable a mantenimiento	M	Degradaciones circundantes sin eliminar	MC			X
		Falta de engrase	ME	X		
		Falta de competencia del personal de mantenimiento	MF		X	
		Falta de limpieza	ML	X		
		Malas reparaciones	MR		X	
		Falta de respeto a prescripciones técnicas	MT	X		
Imputable al producto	P	Ausencia de control de calidad de productos entrantes	PC		X	
		Producto mal acondicionado	PM		X	
Imputable al Usuario	U	Falta de respeto a las condiciones de funcionamiento y utilización	UB		X	
		Falta de respeto a las condiciones de carga y descarga	UH		X	
		Falta de respeto a las condiciones de arranque y parada	UI		X	
		Carencia de normas y operación	UG	X		
		Falta de competencia personal	UF	X		
		Procedimiento demasiado complejo	UP	X		
		Alta rotación de mano de obra	UT		X	
		Falta de atención y vigilancia	UV	X		
		Imposibilidad de parar la máquina	UX		X	
Extrínseca	X	Polución de origen externo	XZ	X		
Policausas conjugadas	Y	Atascos, obstrucciones	YA		X	
		Falta de repuestos	YO	X		

**ANÁLISIS DEGRADACIONES HABITUALES FORZADAS CAUSAS DE AVERÍAS**

**Planta:** INDUACERO CÍA. LTDA.

**Máquina:** Rebordeadora

**Sección:** Corte plasma y rebordeado de tapas

**Código:** 1.01.01

Familia Degradación-causa averías	Código	Degradaciones forzadas-causa de averías	Código	Existencia Habitual		
				Si	No	No Sabe
Energética	E	Falta de combustible y su alimentación	EC		X	
		Corte de energía eléctrica o irregularidades eléctricas	EE	X		
		Falta de agua caliente o fría	EG		X	
		Falta suministro líquido hidráulico	EH	X		
		Falta suministro de vapor	EP		X	
		Falta suministro de aire	ER	X		
Funcional	F	Vibraciones propias	FB		X	
		Tuercas, tornillos y bulones flojos	FX	X		
Intrínseca	I	Protección defectuosa polvo, humedad temperatura	IA	X		
		Comportamientos inadecuados ante agentes externos del material componente de la máquina	IC		X	
		Mal diseño	ID		X	
		Defecto fabricación componentes máquina	IF	X		
		Debilidades estructurales	IT	X		
Imputable a mantenimiento	M	Degradaciones circundantes sin eliminar	MC		X	
		Falta de engrase	ME	X		
		Falta de competencia del personal de mantenimiento	MF		X	
		Falta de limpieza	ML	X		
		Malas reparaciones	MR			X
		Falta de respeto a prescripciones técnicas	MT			X
Imputable al producto	P	Ausencia de control de calidad de productos entrantes	PC		X	
		Producto mal acondicionado	PM	X		
Imputable al Usuario	U	Falta de respeto a las condiciones de funcionamiento y utilización	UB		X	
		Falta de respeto a las condiciones de carga y descarga	UH		X	
		Falta de respeto a las condiciones de arranque y parada	UI		X	
		Carencia de normas y operación	UG	X		
		Falta de competencia personal	UF		X	
		Procedimiento demasiado complejo	UP		X	
		Alta rotación de mano de obra	UT		X	
		Falta de atención y vigilancia	UV	X		
		Imposibilidad de parar la máquina	UX		X	
Extrínseca	X	Polución de origen externo	XZ	X		
Policausas conjugadas	Y	Atascos, obstrucciones	YA	X		
		Falta de repuestos	YO	X		



**ANÁLISIS DEGRADACIONES HABITUALES FORZADAS CAUSAS DE AVERÍAS**

**Planta:** INDUACERO CÍA. LTDA.

**Máquina:** Torno LOGAN

**Sección:** Máquinas herramientas

**Código:** 1.03.01

Familia Degradación- causa averías	Código	Degradaciones forzadas- causa de averías	Código	Existencia Habitual		
				Si	No	No Sabe
Energética	E	Falta de combustible y su alimentación	EC		X	
		Corte de energía eléctrica o irregularidades eléctricas	EE	X		
		Falta de agua caliente o fría	EG		X	
		Falta suministro líquido hidráulico	EH		X	
		Falta suministro de vapor	EP		X	
		Falta suministro de aire	ER		X	
Funcional	F	Vibraciones propias	FB	X		
		Tuercas, tornillos y bulones flojos	FX	X		
Intrínseca	I	Protección defectuosa polvo, humedad temperatura	IA		X	
		Comportamientos inadecuados ante agentes externos del material componente de la máquina	IC		X	
		Mal diseño	ID		X	
		Defecto fabricación componentes máquina	IF		X	
		Debilidades estructurales	IT		X	
Imputable a mantenimiento	M	Degradaciones circundantes sin eliminar	MC	X		
		Falta de engrase	ME	X		
		Falta de competencia del personal de mantenimiento	MF		X	
		Falta de limpieza	ML	X		
		Malas reparaciones	MR			X
		Falta de respeto a prescripciones técnicas	MT		X	
Imputable al producto	P	Ausencia de control de calidad de productos entrantes	PC		X	
		Producto mal acondicionado	PM		X	
Imputable al Usuario	U	Falta de respeto a las condiciones de funcionamiento y utilización	UB		X	
		Falta de respeto a las condiciones de carga y descarga	UH		X	
		Falta de respeto a las condiciones de arranque y parada	UI		X	
		Carencia de normas y operación	UG	X		
		Falta de competencia personal	UF		X	
		Procedimiento demasiado complejo	UP	X		
		Alta rotación de mano de obra	UT		X	
		Falta de atención y vigilancia	UV	X		
Imposibilidad de parar la máquina	UX		X			
Extrínseca	X	Polución de origen externo	XZ	X		
Policausas conjugadas	Y	Atascos, obstrucciones	YA	X		
		Falta de repuestos	YO	X		

**ANÁLISIS DEGRADACIONES HABITUALES FORZADAS CAUSAS DE AVERÍAS**

**Planta:** INDUACERO CÍA. LTDA.

**Máquina:** Fresadora FEXAC

**Sección:** Máquinas herramientas


**Código:** 1.03.02

Familia Degradación-causa averías	Código	Degradaciones forzadas-causa de averías	Código	Existencia Habitual		
				Si	No	No Sabe
Energética	E	Falta de combustible y su alimentación	EC		X	
		Corte de energía eléctrica o irregularidades eléctricas	EE	X		
		Falta de agua caliente o fría	EG		X	
		Falta suministro líquido hidráulico	EH		X	
		Falta suministro de vapor	EP		X	
		Falta suministro de aire	ER		X	
Funcional	F	Vibraciones propias	FB		X	
		Tuercas, tornillos y bulones flojos	FX	X		
Intrínseca	I	Protección defectuosa polvo, humedad temperatura	IA	X		
		Comportamientos inadecuados ante agentes externos del material componente de la máquina	IC		X	
		Mal diseño	ID		X	
		Defecto fabricación componentes máquina	IF		X	
		Debilidades estructurales	IT		X	
Imputable a mantenimiento	M	Degradaciones circundantes sin eliminar	MC			X
		Falta de engrase	ME	X		
		Falta de competencia del personal de mantenimiento	MF		X	
		Falta de limpieza	ML	X		
		Malas reparaciones	MR			X
		Falta de respeto a prescripciones técnicas	MT	X		
Imputable al producto	P	Ausencia de control de calidad de productos entrantes	PC		X	
		Producto mal acondicionado	PM		X	
Imputable al Usuario	U	Falta de respeto a las condiciones de funcionamiento y utilización	UB		X	
		Falta de respeto a las condiciones de carga y descarga	UH			X
		Falta de respeto a las condiciones de arranque y parada	UI		X	
		Carencia de normas y operación	UG	X		
		Falta de competencia personal	UF		X	
		Procedimiento demasiado complejo	UP		X	
		Alta rotación de mano de obra	UT	X		
		Falta de atención y vigilancia	UV	X		
Imposibilidad de parar la máquina	UX		X			
Extrínseca	X	Polución de origen externo	XZ	X		
Policausas conjugadas	Y	Atascos, obstrucciones	YA		X	
		Falta de repuestos	YO	X		


**ANEXO D: CODIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS RESTANTES**

Equipo:	Plegadora HACO
Fotografía	
Nivel 1: Sección	1 INDUACERO
Nivel 2: Proceso	03 Máquinas herramientas
Nivel 3: Máquina	03 Plegadora HACO
Código:	1.03.03

**Código del posicionador de cilindros**

Equipo:	Posicionador de cilindros
Fotografía	
Nivel 1: Sección	1 INDUACERO
Nivel 2: Proceso	02 Acero al carbono
Nivel 3: Máquina	02 Posicionador de tanques
Código:	1.02.02


### Código de prensa hidráulica

Equipo:	Prensa hidráulica
Fotografía	
Nivel 1: Sección	1 Corte plasma y rebordeado
Nivel 2: Proceso	01 Corte plasma y rebordeado
Nivel 3: Máquina	02 Prensa hidráulica
Código:	1.01.02

### Código de puente grúa

Equipo:	Puente grúa
Fotografía	
Nivel 1: Sección	1 INDUACERO
Nivel 2: Proceso	02 Acero al carbono
Nivel 3: Máquina	01 Puente grúa
Código:	1.02.01

### Código de rebordeadora

Equipo:	Rebordeadora
Fotografía	
Nivel 1: Sección	1 INDUACERO
Nivel 2: Proceso	01 Corte plasma y rebordeado
Nivel 3: Máquina	01 Rebordeadora
Código:	1.01.01

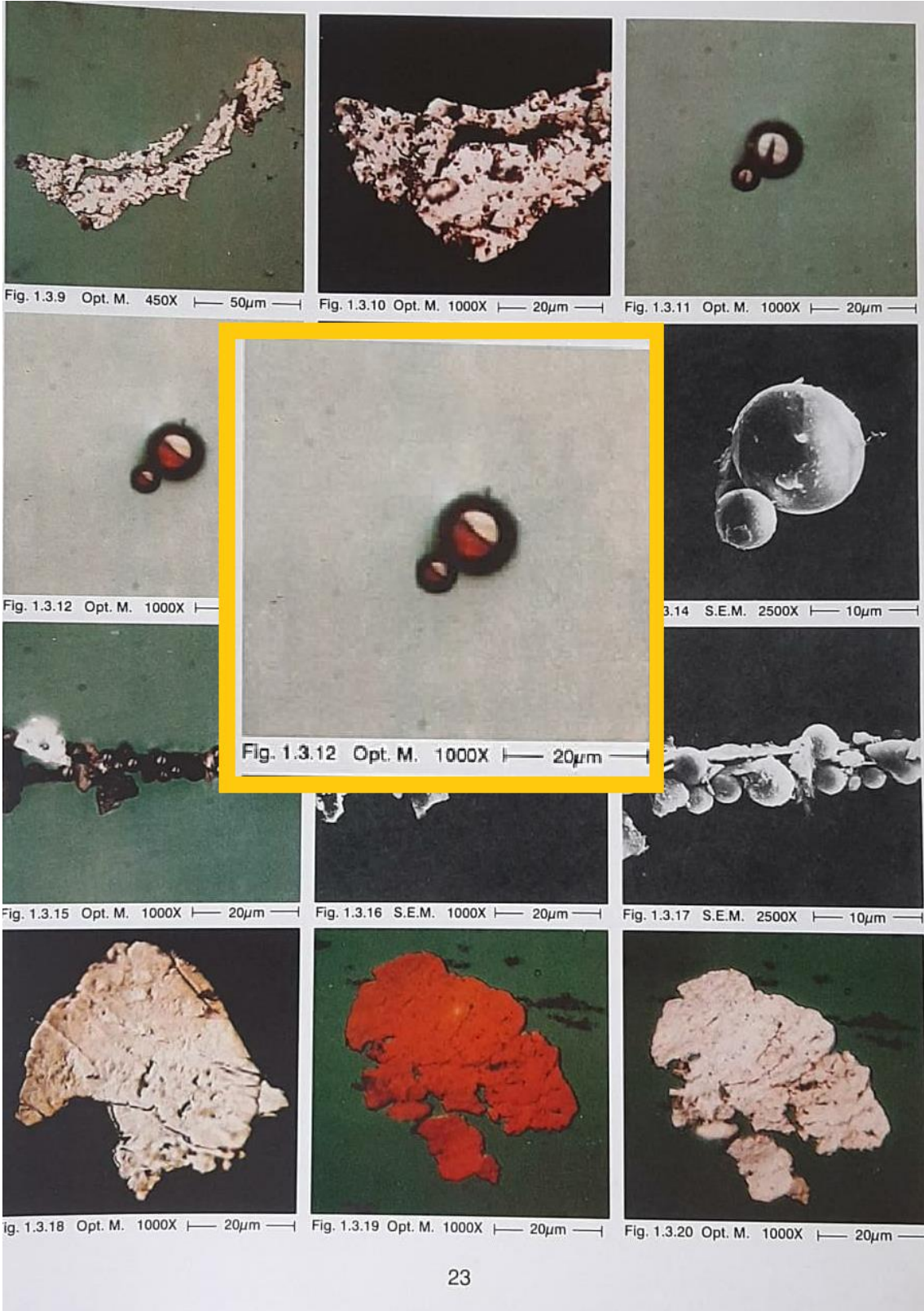
### Código de roladora DAVI

Equipo:	Roladora DAVI
Fotografía	
Nivel 1:	1 INDUACERO
Nivel 2:	02 Acero al carbono
Nivel 3:	03 Roladora DAVI
Código:	1.02.03

## Código de torno LOGAN

Equipo:	Torno LOGAN
Fotografía	
Nivel 1: Sección	1 INDUACERO
Nivel 2: Proceso	03 Máquinas herramientas
Nivel 3: Máquina	01 Torno LOGAN
Código:	1.03.01

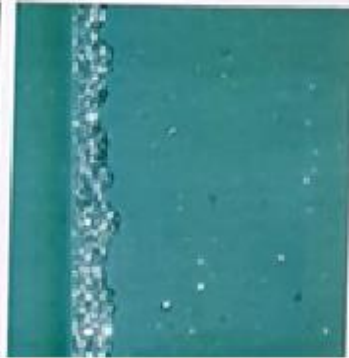
**ANEXO E: FOTOMICROGRAFIAS DEL ATLAS**



ANEXO F: FOTOMICROGRAFÍA 1.9.2.3



Fig. 1.9.2.1 Opt. M. 1000X



Opt. M. 1000X | 20µm



Fig. 1.9.1.1 Opt. M. 100X



Fig. 1.9.2.3 Opt. M. 1000X | 20µm



Opt. M. 400X | 50µm



Fig. 1.9.2.1 Opt. M. 200X | 100µm



Fig. 1.9.2.2 Opt. M. 400X | 50µm



Fig. 1.9.2.3 Opt. M. 1000X | 20µm



ANEXO G: FOTOMICROGRAFÍA 2.2.3.22



Fig. 2.2.3.19 Opt. M. 100X | 200µm |



Fig. 2.2.3.11 Opt. M. 1000X | 20µm |



Fig. 2.2.3.12



100X | 200µm |



Fig. 2.2.3.14 Opt. M. 400X | 50µm |



Fig. 2.2.3.22 Opt. M. 1000X | 200µm |



Fig. 2.2.3.17 Opt. M. 1000X | 20µm |



Fig. 2.2.3.16 Opt. M. 1000X | 20µm |



Fig. 2.2.3.23 Opt. M. 1000X | 200µm |

ANEXO H: FOTOMICROGRAFÍA 2.3.4.1



Fig. 2.3.2.1 Opt. M. 100X |— 200µm —|

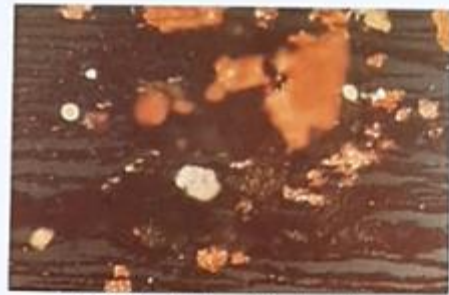


Fig. 2.3.2.2 Opt. M. 100X |— 200µm —|

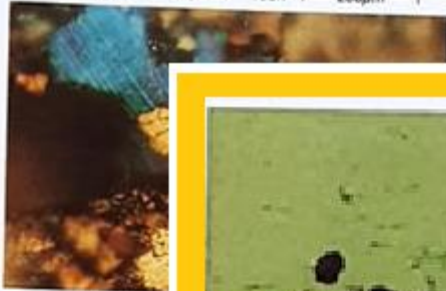


Fig. 2.3.2.3



100X |— 200µm —|

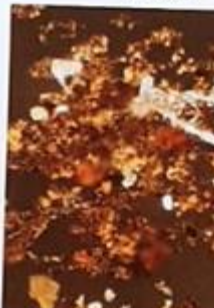


Fig. 2.3.3.2 Opt. M. 100X

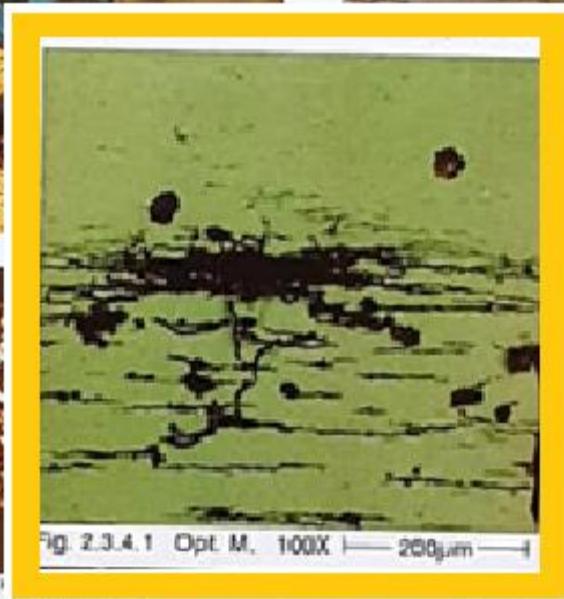


Fig. 2.3.4.1 Opt. M. 100X |— 200µm —|



Opt. M. 400X |— 50µm —|

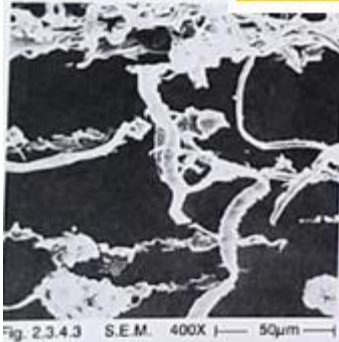


Fig. 2.3.4.3 S.E.M. 400X |— 50µm —|

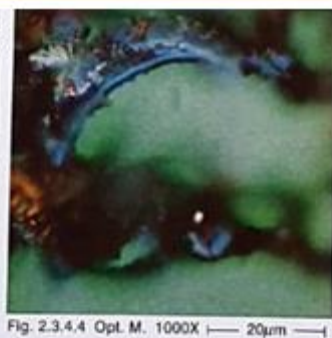


Fig. 2.3.4.4 Opt. M. 1000X |— 20µm —|



Fig. 2.3.4.5 S.E.M. 1000X |— 20µm —|

**ANEXO I:** Comparación de resultados de la fotomicrografía



**ANEXO J: Visualización del ferrograma**



## ANEXO G: INFORME DE PRÁCTICA



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE MECÁNICA - ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

## GUÍA DE LABORATORIO DE TRIBOLOGÍA

### Práctica No 01

**TEMA: “ANÁLISIS FERROGRÁFICO”**

#### 1. DATOS GENERALES

NOMBRE	CÓDIGO
Carmen Amelia Muzo Imbaquingo	2523

**FECHA DE REALIZACIÓN:** 03/08/2022

**FECHA DE ENTREGA:** 12/08/2022

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Identificar la composición, el tamaño y morfología de las partículas en el aceite usado sujeto a análisis.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Obtener la muestra

Obtener habilidades en el manejo del ferrógrafo

Realizar el ensayo

Interpretar los resultados

Realizar conclusiones

## **MARCO TEÓRICO**

### **ANÁLISIS FERROGRÁFICO**

La Ferrografía diagnostica la severidad, el tipo y el modo de desgaste por medio del análisis de las partículas suspendidas en el lubricante, se hace la caracterización en términos de morfología, color, tamaño, distribución y concentración en el cuerpo de prueba llamado "ferrograma".

El ferrograma se lo realiza en un microscopio especial el cual es la combinación de microscopio metalográfico con el microscopio de uso en la biología. Tales recursos son necesarios debido a una variedad muy grande de partículas, no sólo metálicas



**Figura 1: Equipos para análisis ferrográfico**

Fuente: (Hernández, 2018)

El análisis ferrográfico también ayuda en la evaluación de desempeño de lubricantes, así como en el análisis de fallas. Por lo tanto, cumple todos los parámetros requeridos por el mantenimiento predictivo (Hernández, 2018).

### **INSTRUCCIONES:**

La práctica de laboratorio se desarrollará mediante el cumplimiento secuencial de los siguientes pasos:

- Realice una limpieza del ferrógrafo colocando disolvente (etanol) hasta que sobrepase la altura de la tuerca que se encuentra en el fondo del recipiente de acero inoxidable que se encuentra junto a las probetas.
- Procedemos a encender el ferrógrafo junto con el microscopio y el computador para revisar que todo esté funcionando
- Procedemos a colocar la plaqueta de vidrio, teniendo en cuenta que el punto blanco debe ir al lado izquierdo inferior
- Procedemos a colocar el tubo del recipiente de recolección en la mitad de la plaqueta de vidrio, viendo la manera de que el disolvente pueda fluir tranquilamente.
- En el display programamos a 10 minutos y le damos “START”, para proceder a regular en el tornillo de la copa de cristal, de manera que el disolvente caiga una gota cada 5 segundos.
- Una vez acabado los 10 minutos de limpieza procedemos a apagar el equipo, y pasamos a la toma de muestras.
- La muestra de aceite la agitamos para que las partículas no se queden asentadas y asegurar la efectividad al momento de tomar la muestra.
- Con la pipeta procedemos a colocar la muestra del aceite en la probeta, tomando en cuenta la relación de viscosidad que en nuestro caso es 3:1, es decir 3 muestras de aceite y una de disolvente.
- Una vez colocada las muestras en la probeta procedemos a agitarla y mezclarla hasta que quede una muestra homogénea.
- La muestra procedemos a colocar en la copa de cristal y por gravedad caera en la plaqueta de vidrio, donde fluirá por un pequeño canal que evite que el aceite se riegue por los costados cayendo al recipiente de recolección.
- Al momento que comience a desplazarse la muestra a lo largo de la plaqueta desde la parte superior a la inferior, la base magnética atraerá todas las partes ferrosas del aceite
- La plaqueta obtenida al final procedemos a colocarla en el microscopio y observar a través de la aplicación “Qcapture x64”, donde una vez obtenida la imagen procedemos

a identificar las impurezas en el “WEAR PARTICLE ATLAS”

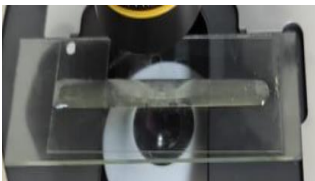
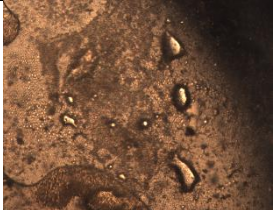
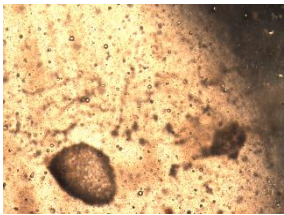
## ACTIVIDADES POR DESARROLLAR

Las actividades o etapas en forma secuencial para el desarrollo de la práctica, se indican de la siguiente manera:

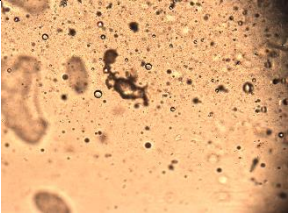
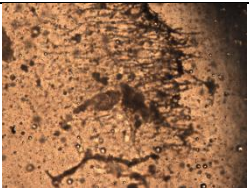
### Observación y reconocimiento de instrumentos y equipos

- Equipos de protección personal
- Guantes quirúrgicos
- Mandil
- Equipos y herramientas
- Ferrógrafo
- Microscopio Pcromatico Olympus
- Muestra del aceite sujeto a análisis
- plaqueta de vidrio
- Computador
- haptanol
- Jeringa

### Toma y recolección de datos

Ferrograma Aceite HD Rando 68	Gráfico Software Q Capture x 64	Análisis según el ATLAS
		<p><b>Figura 1.3.12.</b> Son fotografías de esferas metálicas. Son mucho más grandes que las esferas normalmente generadas por la fatiga de los rodamientos. Pueden ser de una fuente desconocida.</p>
		<p><b>Figura 1.9.2.</b> Partículas finas se depositaron uniformemente en el extremo de salida del ferrograma por debajo de la posición de aproximadamente 30 mm</p>



		<p><b>Figura 2.2.3.22</b> Se sobreestimó el número de partículas pertenecientes a la categoría de partículas laminares. Aunque algunas partículas son demasiado gruesas para ser clasificadas y deben ser como partículas de desgaste severo.</p>
		<p><b>Figura 2.3.4.1</b> Este ferrograma es elaborado a partir de una muestra indicando partículas ferrosas de desgaste de cadenas pesadas, así como muchas partículas cristalinas no metálicas grandes</p>

## Observaciones

### *¿Por qué se usa la relación de viscosidad de 3:1?*

Se usa esta relación de 3:1 de acuerdo a la viscosidad cinemática del aceite que sea menor a 60 centistokes debido que pertenece a tres medidas de aceite y una de disolvente. Caso contrario se utilizaría una relación 2:2. La viscosidad del aceite utilizado fue de 68 centistokes.

### *¿Cómo identificar las impurezas de la muestra de aceite?*

Se identifica las impurezas de muestras de aceite usando el método de la comparación utilizando el Wear Particle Atlas.

### *¿Cuál es la ventaja de usar un análisis ferrográfico?*

La ventaja de usar el análisis ferrográfico es identificar la severidad de los tipos de desgaste que tendrá el activo analizado.

## Conclusiones

El análisis de las muestras realizadas en el aceite permite determinar la existencia de partículas desprendidas debido a un desgaste por fatiga de rodamientos, que caracterizan la contaminación del aceite lubricante, cuando están en funcionamiento.

Para obtener una buena información en el análisis de muestras se debe tener en cuenta las frecuencias de muestreo según la norma (ISO 4021, 1992) y las recomendaciones del lubricante.