

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**Facultad de Ingeniería**

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

**PROPUESTA DE UN PLAN DE GESTIÓN DE LUBRICACIÓN  
PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS  
DE CHANCADO QUE PROCESA 220 TN/DÍA EN UNA  
PLANTA DE BENEFICIO DE MINERALES  
EN AYACUCHO EN EL AÑO 2023**

**TESIS**

Presentada por:

Bach. José Alonso Ale Arocutipa

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO MECÁNICO**

TACNA – PERÚ

2024

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

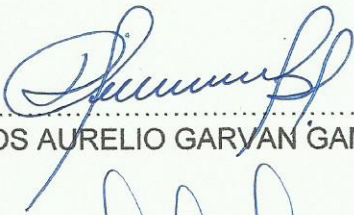
**Facultad de Ingeniería**

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

**PROPUESTA DE UN PLAN DE GESTIÓN DE LUBRICACIÓN  
PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS  
DE CHANCADO QUE PROCESA 220 TN/DÍA EN UNA  
PLANTA DE BENEFICIO DE MINERALES EN  
AYACUCHO EN EL AÑO 2023**

Tesis sustentada y aprobada el 17 de setiembre del 2024 por el bachiller José Alonso Ale  
Arocutipa, siendo el Jurado Calificador integrado por:

PRESIDENTE:

  
.....  
DR. CARLOS AURELIO GARVAN GAMARRA

SECRETARIO:

  
.....  
MGR. WILSON GARCIA MAMANI

VOCAL:

  
.....  
MTRO. REYNALDO CLEMENTE TELLES RIOS

ASESOR:

  
.....  
MGR. WILSON GARCIA MAMANI

## CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **WILSON GARCIA MAMANI** en mi condición de asesor acreditado con Resolución de Facultad N.º 07844-2023-FAIN/UNJBG del 05 de mayo del 2023, de la tesis titulada: **“Propuesta de un plan de gestión de lubricación para mejorar la confiabilidad de los equipos de chancado que procesa 220 tn/día en una planta de beneficio de minerales en Ayacucho en el año 2023”**, presentado por el **BACHILLER JOSÉ ALONSO ALE AROCUTIPA**, para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual de la UNJBG; considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual **TURNITIN**, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es **7%**. Por lo que **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis enunciada líneas arriba, la cual está expedita para continuar con los trámites para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico, según corresponda para su publicación en el repositorio institucional.

Tacna, 25 de setiembre del 2024



**Nombres y Apellidos del Asesor**  
Wilson García Mamani  
No. ORCID: 0000-0002-0806-7985



**Nombres y Apellidos del Bachiller**  
José Alonso Ale Arocutipá  
DNI: 71459744



## **DEDICATORIA**

A mis padres, José y Marina, sabiendo que no existirá una forma de agradecer toda una vida de sacrificios y esfuerzos quiero que sientan que el objetivo logrado también es suyo.

A mi pareja, Liz y amistades quienes me dieron su apoyo en el camino de mi formación académica.

A mis abuelos, y en especial a Félix Ale, que me formó como un hijo para él y siempre me brindó su apoyo incondicional en todo lo que me proponía, por sus consejos que me ayudaron a ser perseverante.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería, al personal docente y administrativo por compartir sus conocimientos teóricos y prácticos que fueron parte de mi formación académica y ayudaron a forjar nuestra carrera.

A mis amigos, por el apoyo incondicional y la motivación que me brindaron para continuar y seguir adelante con el desarrollo hasta culminar mi tesis.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.    Antecedentes del problema a investigar.....	2
1.2.    Descripción del problema .....	2
1.3.    Formulación del problema.....	3
1.4.    Objetivos.....	3
1.4.1.    Objetivo General.....	3
1.4.2.    Objetivos Específicos .....	3
1.5.    Justificación e importancia de la investigación .....	4
1.5.1.    Justificación teórica .....	4
1.5.2.    Justificación práctica .....	4
1.6.    Limitaciones.....	4
1.7.    Viabilidad del estudio.....	4
1.8.    Hipótesis .....	5

1.9.	Variables .....	5
1.9.1.	<i>Definición conceptual y operacional de las variables</i> .....	5
1.10.	Operacionalización de las variables.....	6
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>		<b>7</b>
2.1.	Antecedentes del trabajo de investigación .....	7
2.2.	Bases teóricas .....	9
2.2.1.	<i>Confiability</i> .....	9
2.2.2.	<i>MTBF</i> .....	10
2.3.	Definiciones conceptuales .....	10
2.3.1.	<i>Matriz Foda</i> .....	10
2.3.2.	<i>Diagrama del proceso de chancado</i> .....	11
2.3.3.	<i>Equipos de chancado</i> .....	13
2.3.4.	<i>Tolva ROM</i> .....	13
2.3.5.	<i>Apron feeder</i> .....	13
2.3.6.	<i>Zaranda vibratoria grizzly</i> .....	14
2.3.7.	<i>Chancadora de quijadas</i> .....	15
2.3.8.	<i>Faja transportadora de sacrificio N° 01</i> .....	15
2.3.9.	<i>Faja transportadora N° 02</i> .....	16
2.3.10.	<i>Faja transportadora N° 03</i> .....	16
2.3.11.	<i>Plan</i> .....	17
2.3.12.	<i>Gestión</i> .....	17
2.3.13.	<i>Mantenimiento</i> .....	17

<b>2.3.14.</b>	<b><i>Falla</i></b> .....	18
<b>2.3.15.</b>	<b><i>Falla potencial</i></b> .....	18
<b>2.3.16.</b>	<b><i>Falla funcional</i></b> .....	18
<b>2.3.17.</b>	<b><i>Registros históricos del equipo</i></b> .....	19
<b>2.3.18.</b>	<b><i>Lubricante</i></b> .....	19
<b>2.3.19.</b>	<b><i>Tipo de lubricantes</i></b> .....	19
<b>2.3.20.</b>	<b><i>Tribología</i></b> .....	22
<b>2.3.21.</b>	<b><i>Fricción</i></b> .....	22
<b>2.3.22.</b>	<b><i>Desgaste</i></b> .....	22
<b>2.3.23.</b>	<b><i>Lubricación</i></b> .....	23
<b>2.3.24.</b>	<b><i>Tipos de lubricación</i></b> .....	23
<b>2.3.25.</b>	<b><i>Lubricación manual</i></b> .....	26
<b>2.3.26.</b>	<b><i>Lubricación con grasas o reposición</i></b> .....	26
<b>2.3.27.</b>	<b><i>Lubricación en baño de aceite</i></b> .....	26
<b>2.3.28.</b>	<b><i>Lubricación por anillo de aceite</i></b> .....	27
<b>2.3.29.</b>	<b><i>Lubricación por salpique</i></b> .....	28
<b>2.3.30.</b>	<b><i>Lubricación por circulación de aceite</i></b> .....	28
<b>2.3.31.</b>	<b><i>Lubricación forzada</i></b> .....	29
<b>2.3.32.</b>	<b><i>Lubricación por niebla de aceite</i></b> .....	30
<b>2.3.33.</b>	<b><i>Lubricación por goteo de aceite</i></b> .....	30
<b>2.3.34.</b>	<b><i>Cantidad de reengrase en los rodamientos</i></b> .....	31
<b>2.3.35.</b>	<b><i>Frecuencia de reengrase los rodamientos</i></b> .....	31

<b>2.3.36.</b>	<b><i>Cojinetes</i></b> .....	32
<b>2.3.37.</b>	<b><i>Engranajes</i></b> .....	32
<b>2.3.38.</b>	<b><i>Chancado</i></b> .....	32
<b>2.3.39.</b>	<b><i>Tiempo fuera de servicio</i></b> .....	32
<b>2.3.40.</b>	<b><i>Parada de planta</i></b> .....	32
<b>2.3.41.</b>	<b><i>Reparación</i></b> .....	33
<b>2.3.42.</b>	<b><i>Equipo rotativo</i></b> .....	33
<b>2.3.43.</b>	<b><i>Grasa lubricante</i></b> .....	33
<b>2.3.44.</b>	<b><i>Aceite lubricante</i></b> .....	33
<b>2.3.45.</b>	<b><i>MLE</i></b> .....	33
<b>2.3.46.</b>	<b><i>MLT</i></b> .....	33
<b>2.3.47.</b>	<b><i>MLA</i></b> .....	33
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO</b> .....		<b>34</b>
<b>3.1.</b>	<b>Planteamiento metodológico</b> .....	<b>34</b>
<b>3.1.1.</b>	<b>Tipo de investigación</b> .....	<b>34</b>
<b>3.1.2.</b>	<b>Nivel de investigación</b> .....	<b>34</b>
<b>3.1.3.</b>	<b>Diseño de la investigación</b> .....	<b>34</b>
<b>3.2.</b>	<b>Población y muestra</b> .....	<b>34</b>
<b>3.3.</b>	<b>Equipos y materiales</b> .....	<b>34</b>
<b>3.3.1.</b>	<b>Recursos humanos</b> .....	<b>34</b>
<b>3.3.2.</b>	<b>Recursos materiales</b> .....	<b>35</b>
<b>3.3.3.</b>	<b>Recursos financieros</b> .....	<b>35</b>

3.4.	Procedimiento de las pruebas experimentales.....	35
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36
3.6.	Técnicas para el procesamiento y análisis de datos .....	36
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....</b>		<b>37</b>
4.1.	Descripción de las pruebas experimentales.....	37
4.1.1.	Realización del plan de gestión de lubricación .....	37
4.1.2.	Implementación del plan de gestión de lubricación .....	37
4.1.3.	Medición y control de indicadores .....	37
4.2.	Presentación y análisis de los resultados .....	38
4.2.1.	Diagnostico situacional del proceso de chancado .....	38
4.2.2.	Actividades de mejora en el área de chancado.....	43
4.2.2.1.	<i>Almacenamiento y manejo</i> .....	43
4.2.2.2.	<i>Técnicas de muestreo</i> .....	50
4.2.2.3.	<i>Control de contaminación</i> .....	57
4.2.2.4.	<i>Entrenamiento</i> .....	64
4.2.2.5.	<i>Análisis de lubricantes</i> .....	65
4.2.2.6.	<i>Prácticas de lubricación</i> .....	66
4.2.2.7.	<i>Administración del programa</i> .....	71
4.2.2.8.	<i>Procedimientos</i> .....	72
4.2.2.9.	<i>Objetivos y métricas del programa</i> .....	73
4.2.2.10.	<i>Seguridad y medio ambiente</i> .....	73
4.2.2.11.	<i>Descripciones de los equipos</i> .....	76

<b>4.2.2.12. Cantidad de reengrase y frecuencia en rodamientos de las poleas en fajas transportadoras</b> .....	77
<b>4.2.2.13. Cartillas de lubricación para los equipos</b> .....	79
<b>4.2.2.14. Procedimiento de lubricación de los equipos</b> .....	79
<b>4.2.3. Determinación de la confiabilidad de los equipos de chancado</b> .....	79
<b>4.2.3.1. Confiabilidad de Tolva ROM</b> .....	84
<b>4.2.3.2. Confiabilidad del Apron Feeder</b> .....	85
<b>4.2.3.3. Confiabilidad de la Zaranda Grizzly</b> .....	86
<b>4.2.3.4. Confiabilidad de la Chancadora de Quijadas C120</b> .....	87
<b>4.2.3.5. Confiabilidad de la Faja Transportadora #1</b> .....	88
<b>4.2.3.6. Confiabilidad de la Faja Transportadora #2</b> .....	88
<b>4.2.3.7. Confiabilidad de la Faja Transportadora #3</b> .....	89
<b>4.2.4. Determinación de la confiabilidad de los equipos de chancado en el 2023</b> .....	95
<b>4.2.4.1. Confiabilidad de Tolva ROM</b> .....	95
<b>4.2.4.2. Confiabilidad del Apron Feeder</b> .....	95
<b>4.2.4.3. Confiabilidad de la Zaranda Grizzly</b> .....	96
<b>4.2.4.4. Confiabilidad de la Chancadora de Quijadas C120</b> .....	97
<b>4.2.4.5. Confiabilidad de la Faja Transportadora #1</b> .....	97
<b>4.2.4.6. Confiabilidad de la Faja Transportadora #2</b> .....	98
<b>4.2.4.7. Confiabilidad de la Faja Transportadora #3</b> .....	98
<b>4.3. Contrastación de hipótesis</b> .....	99

<b>CAPÍTULO V: DISCUSION</b> .....	100
<b>5.1. Pruebas de validación del modelo experimental</b> .....	100
<b>5.2. Aplicación de la tecnología encontrada.</b> .....	107
<b>5.3. Contraste con trabajos de investigación similares</b> .....	107
<b>CONCLUSIONES</b> .....	108
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	110
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	111
<b>ANEXOS</b> .....	112

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Cuadro de operacionalización de variables</i> .....	6
<i>Tabla 2 Matriz FODA</i> .....	11
<i>Tabla 3 Diagnóstico situacional del proceso de chancado.</i> .....	39
<i>Tabla 4 Criterios de puntuación</i> .....	42
<i>Tabla 5 Criterios de peso</i> .....	42
<i>Tabla 6 Cuadro de categorías en lubricación</i> .....	43
<i>Tabla 7 Nivel de limpieza requerido de los componentes y sistemas hidráulicos</i> .....	59
<i>Tabla 8 Cuadro de análisis de lubricantes y las tres categorías de evaluación</i> .....	65
<i>Tabla 9 Cuadro descriptivo de los equipos del área de chancado</i> .....	77
<i>Tabla 10 Cuadro de valores de los rodamientos</i> .....	78
<i>Tabla 11 Cuadro de cantidad de grasa y frecuencia de reengrase</i> .....	78
<i>Tabla 12 Parámetros de operación del circuito de Chancado</i> .....	80
<i>Tabla 13 Reporte de fallas por cada equipo año 2020 y2021</i> .....	81
<i>Tabla 14 Cuadro de reportes de fallas de chancado- Año 2020</i> .....	82
<i>Tabla 15 Cuadro de reportes de fallas de chancado- Año 2021</i> .....	83
<i>Tabla 16 Cuadro de reportes de fallas de tolva ROM – Año 2020</i> .....	84
<i>Tabla 17 Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la tolva ROM – Año 2020</i> .....	84
<i>Tabla 18 Cuadro de reportes de fallas de tolva ROM – Año 2021</i> .....	84
<i>Tabla 19 Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la tolva ROM – Año 2021</i> .....	84
<i>Tabla 20 Cuadro de reportes de fallas del Apron Feeder – Año 2020</i> .....	85
<i>Tabla 21 Cuadro de cálculo de la confiabilidad del Apron Feeder– Año 2020</i> .....	85

<i>Tabla 22 Cuadro de reportes de fallas del Apron Feeder – Año 2021</i> .....	85
<i>Tabla 23 Cuadro de cálculo de la confiabilidad del Apron Feeder– Año 2021</i> .....	85
<i>Tabla 24 Cuadro de reportes de fallas de la Zaranda Grizzly – Año 2020</i> .....	86
<i>Tabla 25 Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Zaranda Grizzly– Año 2020</i> .....	86
<i>Tabla 26 Cuadro de reportes de fallas de la Zaranda Grizzly – Año 2021</i> .....	86
<i>Tabla 27 Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Zaranda Grizzly– Año 2021</i> .....	86
<i>Tabla 28 Cuadro de reportes de fallas de la Chancadora de Quijadas C120 – Año 2020</i> .....	87
<i>Tabla 29 Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Chancadora de Quijadas C120– Año 2020</i> ....	87
<i>Tabla 30 Cuadro de reportes de fallas de la Chancadora de Quijadas C120 – Año 2021</i> .....	87
<i>Tabla 31 Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Chancadora de Quijadas C120– Año 2021</i> ....	87
<i>Tabla 32 Cuadro de reportes de fallas de la Faja Transportadora #1 – Año 2020</i> .....	88
<i>Tabla 33 Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Faja Transportadora #1– Año 2020</i> .....	88
<i>Tabla 34 Cuadro de reportes de fallas de la Faja Transportadora #2 – Año 2020</i> .....	88
<i>Tabla 35 Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Faja Transportadora #2– Año 2020</i> .....	89
<i>Tabla 36 Cuadro de reportes de fallas de la Faja Transportadora #2 – Año 2021</i> .....	89
<i>Tabla 37 Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Faja Transportadora #2– Año 2021</i> .....	89
<i>Tabla 38 Cuadro de reportes de fallas de la Faja Transportadora #3 – Año 2020</i> .....	89
<i>Tabla 39 Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Faja Transportadora #3– Año 2020</i> .....	90
<i>Tabla 40 Cuadro de reportes de fallas de la Faja Transportadora #3 – Año 2021</i> .....	90
<i>Tabla 41 Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Faja Transportadora #3– Año 2021</i> .....	90
<i>Tabla 42 Cuadro resumen del año 2020</i> .....	91
<i>Tabla 43 Cuadro resumen del año 2021</i> .....	91

<i>Tabla 44 Cuadro de reportes de fallas de la Tolva ROM – Año 2023 .....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 45 Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Tolva ROM– Año 2023 .....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 46 Cuadro de reportes de fallas del Apron Feeder – Año 2023 .....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 47 Cuadro de cálculo de la confiabilidad del Apron Feeder – Año 2023 .....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 48 Cuadro de reportes de fallas de la Zaranda Grizzly – Año 2023 .....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 49 Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Zaranda Grizzly– Año 2023 .....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 50 Cuadro de reportes de fallas de la Chancadora de Quijadas – Año 2023 .....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 51 Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Chancadora de Quijadas– Año 2023 .....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 52 Cuadro de reportes de fallas de la Faja Transportadora #1 – Año 2023 .....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 53 Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Faja Transportadora #1– Año 2023 .....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 54 Cuadro de reportes de fallas de la Faja Transportadora #2 – Año 2023 .....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 55 Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Faja Transportadora #2– Año 2023 .....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 56 Cuadro de reportes de fallas de la Faja Transportadora #3 – Año 2023 .....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 57 Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Faja Transportadora #3– Año 2023 .....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 58 Cuadro de reportes de fallas de chancado- Año 2023 .....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 59 Cuadro resumen del año 2023.....</i>	<i>102</i>

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Diagrama 1 del proceso de chancado</i> .....	12
<i>Figura 2 Diagrama 2 del proceso de chancado</i> .....	12
<i>Figura 3 Tolva ROM</i> .....	13
<i>Figura 4 Apron Feeder</i> .....	14
<i>Figura 5 Zaranda Grizzly</i> .....	14
<i>Figura 6 Chancadora de Quijadas C120</i> .....	15
<i>Figura 7 Faja transportadora N°01</i> .....	15
<i>Figura 8 Faja transportadora N°02</i> .....	16
<i>Figura 9 Faja transportadora N°03</i> .....	17
<i>Figura 10 Curva P-F</i> .....	18
<i>Figura 11 Lubricante</i> .....	19
<i>Figura 12 Lubricante líquido</i> .....	20
<i>Figura 13 Lubricante semi - sólido</i> .....	20
<i>Figura 14 Lubricante sólido</i> .....	21
<i>Figura 15 Lubricante gaseoso</i> .....	21
<i>Figura 16 Lubricación hidrodinámica</i> .....	24
<i>Figura 17 Lubricante elastohidrodinámica</i> .....	24
<i>Figura 18 Lubricación marginal</i> .....	25
<i>Figura 19 Lubricación mixta</i> .....	25
<i>Figura 20 Lubricación en baño de aceite</i> .....	27
<i>Figura 21 Lubricación por anillo de aceite</i> .....	27
<i>Figura 22 Lubricación por salpique</i> .....	28

<i>Figura 23 Lubricación por circulación de aceite</i> .....	29
<i>Figura 24 Lubricación forzada</i> .....	29
<i>Figura 25 Lubricación por niebla de aceite</i> .....	30
<i>Figura 26 Lubricación por goteo de aceite</i> .....	31
<i>Figura 27 Gráfico de radar de la evaluación de las categorías de lubricación</i> .....	43
<i>Figura 28 Tarima antiderrame</i> .....	45
<i>Figura 29 Estaciones de almacenaje para exteriores</i> .....	45
<i>Figura 30 Cubiertas para tambores de lubricante</i> .....	46
<i>Figura 31 Estación de despacho de lubricantes en un cuarto de lubricación</i> .....	46
<i>Figura 32 Armario para almacenamiento de depósitos de aceite</i> .....	47
<i>Figura 33 Contenedores de relleno</i> .....	48
<i>Figura 34 Engrasadoras</i> .....	49
<i>Figura 35 Equipo móvil de transferencia de lubricantes</i> .....	50
<i>Figura 36 Recipiente para recolección de muestras de aceite</i> .....	52
<i>Figura 37 Punto de muestro de aceite en cambio de dirección</i> .....	52
<i>Figura 38 Punto de muestro en el tanque de lubricante</i> .....	53
<i>Figura 39 Punto de muestro en líneas de alta presión</i> .....	53
<i>Figura 40 Punto de muestro en sistemas no circulantes</i> .....	54
<i>Figura 41 Punto de muestro primarios y secundarios</i> .....	55
<i>Figura 42 Procedimiento de muestreos de aceite</i> .....	56
<i>Figura 43 Código ISO 4406 de contaminación sólida</i> .....	58
<i>Figura 44 Estrategia para el buen control de contaminantes</i> .....	60
<i>Figura 45 Filtro de aceite</i> .....	61

<i>Figura 46 Tasa Beta de filtro de aceite .....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 47 Filtros respiradores .....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 48 Sistema recirculante (Riñón) .....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 49 Filtro desecante .....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 50 Inspección de equipos .....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 51 Nivel de lubricante en sistemas de contacto directo .....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 52 Mirilla de columna con tazón de agua y sedimentación.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 53 Tazón de agua y sedimentación .....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 54 Mirilla 3D .....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 55 Flujograma de asignación de ordenes de trabajo de lubricación .....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 56 Reporte de fallas de equipos de Chancado – Año 2020 y 2021 .....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 57 Confiabilidad de equipos de Chancado – Año 2020 y 2021 .....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 58 Horas de detención asociadas a lubricación – Año 2020 y 2021 .....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 59 Horas totales de detención – Año 2020 y 2021 .....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 60 Horas de detención de Chancado – Año 2020.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 61 Horas de detención de Chancado – Año 2021 .....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 62 N° de fallas asociadas a lubricación – Año 2020 y 2021 .....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 63 Confiabilidad de equipos de Chancado – Año 2020, 2021 y 2023.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 64 Horas de detención asociadas a lubricación – Año 2020, 2021 y 2023.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 65 Horas totales de detención– Año 2020, 2021 y 2023 .....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 66 Horas de detención de Chancado– Año 2023.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 67 N° de fallas asociadas a lubricación – Año 2020, 2021 y 2023 .....</i>	<i>106</i>

## RESUMEN

Hoy en día, la lubricación es un tema de vital importancia en las tareas de mantenimiento de equipos. En muchas ocasiones el lubricante es incluso comparado con la sangre en el cuerpo de un ser humano por la importancia que tiene en los equipos. Actualmente se está considerando la lubricación como un pilar vital en mantenimiento, la realidad durante la ejecución de actividades asociadas a lubricación es totalmente distinta. No existen muchos programas de lubricación adecuados, los equipos y materiales que se utilizan no son los apropiados para desarrollar las actividades de lubricación el personal que ejecuta las tareas de lubricación no es el personal idóneo por falta de conocimientos, falta de interés en la actividad que realiza, etc. Para la recolección de información se recurrió principalmente a realizar unos registros de las fallas de los equipos de chancado, registrando tiempo de detención, motivos por los cuales se detuvo el equipo, etc. Otra herramienta para la recolección de información fue la realización de una auditoría interna inopinada, a fin de determinar el estado actual de los equipos y la forma como se realizan las actividades de lubricación. Eso fue plasmado en gráfico de radar en una calificación de las 11 categorías que involucra directamente las actividades de lubricación en chancado. Determinado el estado actual del desarrollo del actual programa de lubricación de la planta de chancado se procedió a identificar las oportunidades de mejora en cada una de las 11 categorías identificadas y relacionadas a las tareas de lubricación. También se realiza un control de reporte de fallas de los equipos con el fin de hacer un comparativo con el de años anteriores y poder verificar el impacto que tuvieron las buenas prácticas de lubricación en los equipos de chancado.

**Palabras clave:** Lubricación, confiabilidad, chancado, lubricante, gestión.

## **ABSTRACT**

Nowadays lubrication is an issue of vital importance in equipment maintenance tasks to such an extent that it is compared to the blood in the body of a human being. Lubrication is currently being considered a vital pillar in maintenance, the reality during the execution of activities associated with lubrication is totally different. There are not many adequate lubrication programs, the equipment and materials used are not appropriate to carry out lubrication activities, the personnel who carry out lubrication tasks are not suitable personnel due to lack of knowledge, lack of interest in the activity they perform, etc. To collect information, records of crushing equipment failures were mainly made, recording stoppage time, reasons why the equipment was stopped, etc. Another tool for collecting information was the performance of an unexpected internal audit, in order to determine the current state of the equipment and the way in which lubrication activities are carried out. This was captured in a radar graph in a rating of the 11 categories that directly involves lubrication activities in crushing. Once the current status of the development of the current lubrication program of the crushing plant was determined, opportunities for improvement were identified in each of the 11 categories identified and related to lubrication tasks. A control of equipment failure reports is also carried out in order to make a comparison with previous years and to verify the impact that good lubrication practices had on the crushing equipment.

**Keywords:** Lubrication, reliability, crushing, lubricant, management.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas procesadoras de minerales buscan constantemente la optimización de sus procesos, reducir fallas y alargar la vida útil de sus equipos. La actividad minera aporta cerca del 12% del PBI del Perú, es el rubro que más aporta y ha crecido en los últimos años, desde este punto radica la importancia de estas industrias.

La mayoría de los equipos que se utilizan en las plantas procesadoras de minerales son equipos con componentes rotativos, como por ejemplo chancadoras, molinos, bombas, fajas transportadoras, reductores de velocidad, agitadores, etc. Estos equipos cuentan con sistemas de lubricación para sus piezas móviles. Estos sistemas de lubricación tienen como objetivo reducir la fricción y evitar el contacto directo entre piezas móviles, para esto se utilizan los lubricantes, como grasas y aceites.

En el proceso de trituración o chancado de minerales de oro y plata se cuenta con equipos con componentes rotativos como un alimentador de cadenas, una chancadora de quijadas, una zaranda vibratoria, fajas transportadoras.

Es también importante mencionar que las principales causas raíz de fallas de equipos se deben a problemas en sus sistemas de lubricación como, por ejemplo, desgaste prematuro de componentes, sobrecalentamiento de equipos por contaminación del aceite o grasa, malos procedimientos en la realización de las tareas de lubricación, un mal programa de frecuencias de cambios de aceite o muestreos, etc. Todo ello y mucho más engloba una buena gestión del programa de lubricación. Lograr que el programa de lubricación funcione de forma eficiente y eficaz tendrá un gran impacto positivo en los equipos y en la reducción de costos debido a una optimización de recursos.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Antecedentes del problema a investigar

En los equipos de chancado de las plantas beneficio de minerales es frecuente tener como causa raíz de fallas de los equipos temas relacionados a la lubricación. Así tenemos, por ejemplo; fallas en rodamientos, desgaste prematuro de componentes mecánicos en equipos rotativos, mal procedimiento de las actividades de lubricación, etc. Todo esto se ve reflejado en los altos costos asociados a las actividades de lubricación, compra de lubricantes, compra de componentes mecánicos, costos por pérdidas de producción, etc.

Muchas de las plantas beneficio de mineras en el sur del Perú no cuenta con estándares, procedimientos, protocolos adecuados relacionados con las actividades de lubricación en sus equipos.

### 1.2. Descripción del problema

Para caso de estudio, analizaremos el área de chancado que procesa 220 T/DIA en una planta beneficio de oro y plata ubicada en la región Ayacucho.

Al igual que otras empresas mineras, esta planta beneficio tiene como principal problema de sus equipos rotativos fallas asociadas a la lubricación, por ejemplo; fallas en rodamientos, desgaste prematuro de componentes mecánicos en equipos rotativos, mal procedimiento de las actividades de lubricación.

Si bien es cierto que cuentan con un sistema de gestión de mantenimiento, aun se tiene deficiencias en este. Si nos enfocamos en la gestión de lubricación, estas tareas muchas veces no son consideradas como importantes; sin embargo, las estadísticas de reportes de fallas nos indican

lo contrario, pues muestra que los principales fallos de los equipos son por falencias en temas relacionados a la lubricación.

### **1.3. Formulación del problema**

El planteamiento del problema, se describe en forma genérica con la siguiente interrogante:

¿De qué manera impacta la propuesta de implementación de un plan de gestión de lubricación para mejorar la confiabilidad de los equipos de chancado que procesa 220 T/DIA en una planta beneficio de minerales en Ayacucho en el año 2023?

### **1.4. Objetivos**

#### ***1.4.1. Objetivo General***

Proponer un plan de gestión de lubricación para mejorar la confiabilidad de los equipos de chancado que procesa 220 T/DIA en una planta beneficio de minerales en Ayacucho en el año 2023.

#### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

- Determinar la situación actual de realización de las tareas de lubricación en el área de chancado de la planta de beneficio de minerales, y así realizar el plan de gestión de lubricación.
- Implementar procedimientos y protocolos para las actividades de lubricación en el área de chancado de la planta beneficio.
- Implementar un cuadro de medición y control de indicadores que me permitan evaluar los avances que se tienen en las tareas asociadas a la lubricación de los equipos de chancado.

## **1.5. Justificación e importancia de la investigación**

### ***1.5.1. Justificación teórica***

Este trabajo de investigación es importante porque servirá de base académica para el aporte de nuevas teorías, nuevos estándares, nuevos procedimientos, nuevas formas de entender los problemas y proponer soluciones creativas asociadas a la lubricación de equipos rotativos en la industria minera.

### ***1.5.2. Justificación práctica***

La justificación práctica de este trabajo de investigación es porque servirá para la identificación y resolución de problemas asociados a la lubricación de equipos. Ayudará a la industria a mejorar la eficacia, eficiencia- de sus tareas asociadas a la lubricación. Con esta tesis se pretende elaborar un plan de la gestión de lubricación que puede ser replicado y puesto en práctica en otras industrias, incluso de otros rubros

## **1.6. Limitaciones**

La investigación se centra en las actividades asociadas a la lubricación y la influencia de estas tareas en los equipos del área chancado de una planta beneficio de minerales.

## **1.7. Viabilidad del estudio**

Este trabajo de investigación es viable porque a nivel personal se cuenta con las herramientas intelectuales para el desarrollo del trabajo de investigación.

Se cuenta con el soporte del personal del área de mantenimiento que nos brinda las condiciones y recursos necesarios para el cumplimiento de metas propuestas en el presente trabajo de investigación.

## **1.8. Hipótesis**

La implementación de un plan de gestión de lubricación mejorara la confiabilidad de los equipos de chancado de una planta beneficio de minerales en Ayacucho en el año 2023.

## **1.9. Variables**

### **1.9.1. Definición conceptual y operacional de las variables**

#### **- Variable independiente**

##### **○ Definición conceptual**

El plan de gestión de lubricación podemos definirlo como un conjunto de actividades asociadas a la lubricación de equipos rotativos que tienen como objetivo garantizar la confiabilidad de los equipos, reduciendo y/o evitando fallas.

##### **○ Definición operacional**

La variable independiente plan de gestión de lubricación podemos definirlo mediante la tasa de consumo de lubricantes.

#### **- Variable dependiente**

##### **○ Definición conceptual**

La confiabilidad conceptualmente podemos definirla como “la probabilidad de que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado período de tiempo, bajo unas condiciones de operación previamente establecidas.”

- **Definición operacional**

La variable dependiente confiabilidad lo definimos operacionalmente a través de los “índices de confiabilidad” como, por ejemplo; frecuencia de fallas por año y tiempo medio entre fallas (MTBF).

### 1.10. Operacionalización de las variables

Se presenta el cuadro de operacionalización de variables.

**Tabla 1**

*Cuadro de operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnicas / Instrumentos
Plan de gestión de lubricación	El plan de gestión de lubricación podemos definirlo como un conjunto de actividades asociadas a la lubricación de equipos rotativos que tiene como objetivo garantizar la confiabilidad de los equipos, reduciendo y/o evitando fallas.	La variable independiente plan de gestión de lubricación podemos definirlo mediante la tasa de consumo de lubricantes	Perspectiva procesos	Plan de gestión implementado	Análsis documental Cuadros históricos de fallas
Confiabilidad	La confiabilidad conceptualmente podemos definirla como "la probabilidad de que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado periodo de tiempo bajo unas condiciones de operación previamente establecidas.	La variable dependiente confiabilidad lo definimos operacionalmente a través de los "índices de confiabilidad" como, por ejemplo; frecuencia de fallas por año y tiempo medio entre fallas (MTBF).	Perspectiva procesos	Frecuencia de fallas por año Tiempo medio entre fallas	

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del trabajo de investigación

A continuación, se mencionan anteriores estudios:

En el trabajo de pregrado, Acosta (2006) “PLAN DE GESTIÓN PARA EL ALMACENAMIENTO, MANEJO Y MANIPULACION DEL RECURSO LUBRICANTE EN LA PLANTA SIDERÚRGICA DE ACERÍAS PAZ DEL RÍO S.A.” nos explica el rol importante que juega el lubricante en una maquinaria. Menciona que la función tribológica puede impactar de forma positiva o negativa en la confiabilidad de los equipos y finalmente en la rentabilidad de una planta de procesos.

Finalmente, señala la importancia de llevar un buen plan de gestión durante las etapas de almacenamiento, manejo y manipulación del lubricante

Díaz (2006) en su trabajo de pregrado “DOCUMENTO DE APOYO A LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO, PARA LA SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE LUBRICANTES” aborda temas relacionados a la lubricación, y gestión de lubricantes industriales en sus cinco procesos. Este estudio se centra en establecer parámetros para la buena gestión de lubricantes en la industria. El fin de este trabajo de investigación es acortar la brecha que existe entre la lubricación que se ejecuta en la industria y lo que realmente se requiere.

García & Neira (2015), en su trabajo de investigación “LUBRICACIÓN BASADA EN CONFIABILIDAD” buscan implementar estándares de lubricación de clase mundial de acuerdo a la metodología “Lubricación Basada en Confiabilidad”. Buscan establecer una buena cultura de lubricación, profesionalizando al personal de lubricación, mejorando la aplicación, almacenamiento de lubricantes y eliminar barreras operativas como la contaminación.

El proceso de implementación de la metodología se realizó comparando la situación actual de las siete áreas productivas de CAP acero con estándares de clase mundial. La evaluación permite definir procesos de mejoras tanto de gestión como físicas, las que deben ser desarrolladas y valoradas.

En el trabajo de investigación de pregrado de Villafuerte (2019) “SELECCIÓN DE LUBRICANTES SEGÚN LA FUNCION DE COMPONENTES MECÁNICOS” pretende ofrecer un documento de apoyo sobre la selección de lubricantes en función del funcionamiento de las máquinas y los componentes mecánicos y de las condiciones en que se utilizan. Este ha sido uno de los principales objetivos, y se justifica por el hecho de que, en muchos casos, no se prestaba la debida atención a esta práctica, ya que es frecuente presenciar fallos provocados por prácticas de lubricación inadecuadas. La hipótesis es que, al ofrecer un documento que analice situaciones específicas de trabajo y las relacione con los lubricantes a utilizar, se minimizarán los costes y los fallos.

Ruiz (2022) en su trabajo de investigación titulado “PROPUESTA MODELO DE GESTIÓN DE LUBRICACIÓN PARA PYMES EN BOGOTA” propone un modelo de gestión de lubricación para pequeñas y medianas empresas en Bogotá, mediante una minuciosa investigación de los modelos de gestión existentes, y la lubricación junto con los requisitos y viabilidad que podría tener. Con ello, se pretende disminuir los fallos de lubricación, las prácticas inadecuadas y la contaminación. Dado que no existe un modelo concreto para esta cuestión, se ha elaborado una guía genérica que proporciona directrices fundamentales y esenciales para que las pequeñas empresas manufactureras las sigan, al tiempo que permite flexibilidad en función de las capacidades financieras de estas empresas.

En el trabajo de investigación de pregrado de Johnny Paul Gil Padilla (2017) “IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LUBRICACIÓN PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE LAS MÁQUINAS EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA MONDELEZ PERU EN EL AÑO 2017”, en el cual nos propone una reestructuración en el proceso de trabajo de la lubricación, estandarización en los lubricantes que se utilizan en la planta, educación y entrenamientos. Esto con la finalidad de mejorar la confiabilidad en sus equipos y así obtener un beneficio en la reducción de costos, logrando finalmente una reducción de averías de lubricación en un 95% y disminuyendo los tiempos de lubricación.

Daniel Alejandro Uscátegui Correa (2002) en su trabajo de tesis “MEJORA DEL SEGUIMIENTO Y PLAN DE LUBRICACIÓN DE LAS PRENSAS DE VULCANIZADO EN LA PLANTA DE BFVZ C.A.” el tesista realiza un seguimiento al proceso de vulcanizado para así poder hallar las fallas que ocasionan la inoperatividad de las máquinas en la planta, con esto determina que con seleccionar el correcto lubricante para cada máquina ayuda a mejorar la operatividad de las mismas.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Confiabilidad**

“Es la capacidad que tiene un activo o componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo dado; un componente o activo presentan diferentes tipos de confiabilidad claro está, asociado a funciones diferentes” (ISO 14224, 2006).

Según Yañez (2004) para el cálculo de la confiabilidad del equipo se utilizó la siguiente fórmula:

$$C = e^{-\left(\frac{t}{MTBF}\right)} \quad [ 1 ]$$

En donde:

C: Confiabilidad

e: Constante universal

t: Tiempo ciclo de operaciones

MTBF: Tiempo promedio entre fallas (Mean time Between Failures)

### **2.2.2. MTBF**

Es una métrica sobre los fallos en los sistemas reparables. Tiene la siguiente fórmula:

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total disponibles} - \textit{Tiempo de inactividad}}{\textit{Número de paros}} \quad [ 2 ]$$

## **2.3. Definiciones conceptuales**

### **2.3.1. Matriz Foda**

A continuación, se le presentará una matriz foda del informe de tesis.

**Tabla 2**

*Matriz FODA*

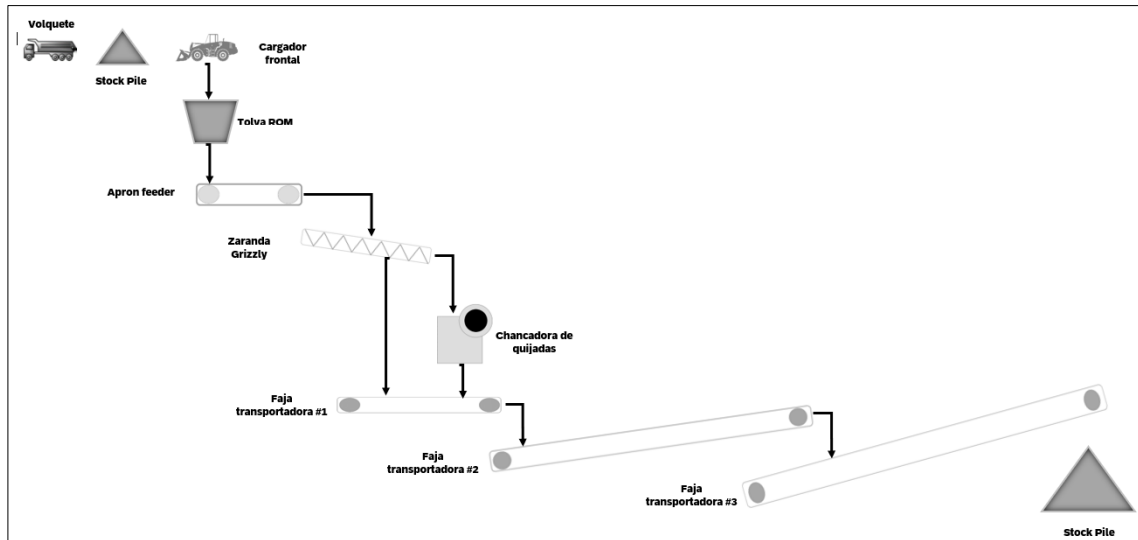
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"><li>- Menos fallas debido a la lubricación.</li><li>- Menos contaminación en los lubricantes.</li><li>- Facilidad en la lubricación.</li><li>- Mejora la confiabilidad en los equipos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mejorar el programa de lubricación de los equipos en el área de chancado.</li><li>- Mejorar en los costos de mantenimiento debido a fallas en la lubricación.</li></ul>
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Periodo largo para verificar la mejora en la confiabilidad de los equipos.</li><li>- Demora en la gestión para la aplicación del plan.</li><li>- Fallas en equipos que no se deben a la lubricación y que afectan en el cálculo de la confiabilidad.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Falta de conciencia en el trabajo de lubricación por parte de los técnicos.</li><li>- No tener manuales de los equipos.</li></ul>

### **2.3.2. Diagrama del proceso de chancado**

Para tener una visión más clara sobre el proceso de chancado de minerales, se presenta unos diagramas del proceso de chancado.

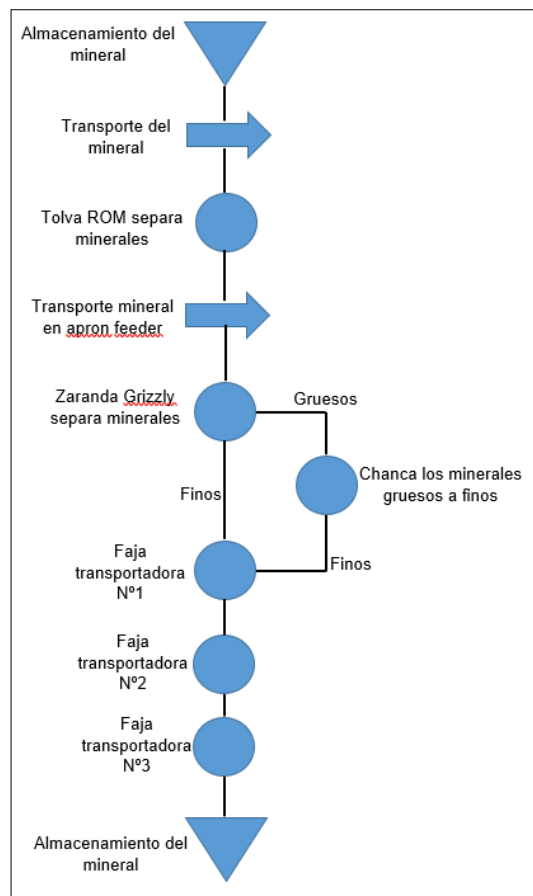
**Figura 1**

*Diagrama 1 del proceso de chancado*



**Figura 2**

*Diagrama 2 del proceso de chancado*



### **2.3.3. Equipos de chancado**

La función principal de los equipos chancado es disminuir el tamaño de la roca mineralizada para que ésta pueda ser tratada, los equipos que se encuentran en el área de chancado son los que se presentan a continuación.

### **2.3.4. Tolva ROM**

La tolva Rom es un equipo estático que recepciona el mineral proveniente de mina. En la parte superior de la tolva se encuentra una parrilla estática que sirve de contención que evita que rocas de dimensiones iguales o mayores a 40 pulgadas ingresen al circuito de chancado (Podría ocasionar atoros en equipos de chancado).

**Figura 3**  
*Tolva ROM*



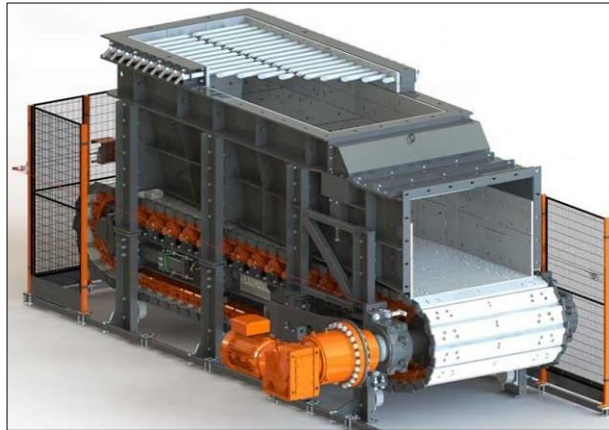
*Nota:* Tomado de <https://espirales.es/sector-minero/tolvas>

### **2.3.5. Apron feeder**

Este equipo tiene como función principal transportar y controlar el volumen de los materiales que se agregan al proceso de chancado.

El apron feeder tiene una construcción robusta, que a diferencia de las fajas transportadoras traslada material pesado y soporta el impacto del mineral que cae de la tolva rom.

**Figura 4**  
*Apron feeder*



*Nota:* Tomado de <https://www.cafuwearparts.com>

### **2.3.6. Zaranda vibratoria grizzly**

La zaranda vibratoria Grizzly o alimentador vibratorio Grizzly tiene dos funciones principales, la separación de finos y gruesos del mineral proveniente de mina y la alimentación de mineral hacia la chancadora de quijadas. El mineral fino pasa directamente a la faja transportadora de sacrificio N°1 y el mineral grueso es alimentado a la chancadora de quijadas para ser triturado.

**Figura 5**  
*Zaranda Grizzly*

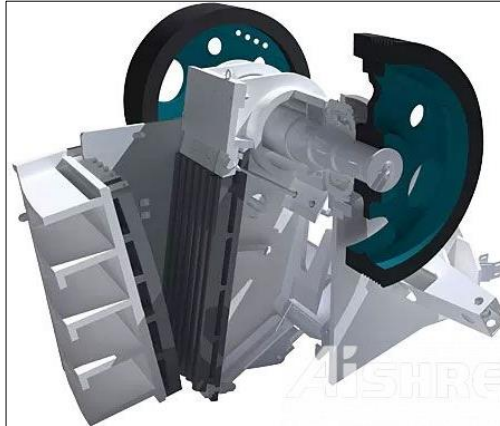


*Nota:* Tomado de <https://www.directindustry.es/prod/metso-automation/product-7017-1613807.html>

### 2.3.7. Chancadora de quijadas

La chancadora de quijadas cumple la función de triturar por compresión y cizallamiento el mineral proveniente de mina, después de ser triturado el mineral cae a la faja transportadora de sacrificio #1.

**Figura 6**  
*Chancadora de Quijadas C120*

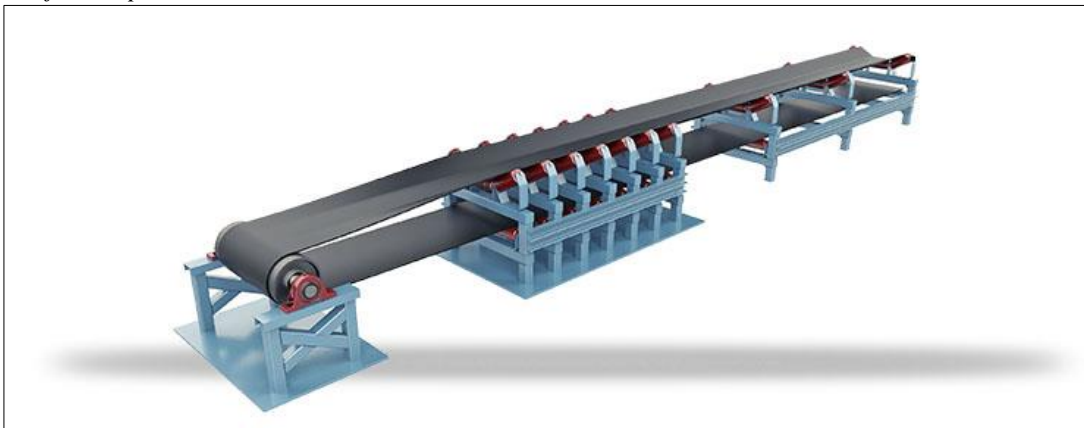


*Nota:* Tomado de: <https://www.tecnominproductos.com/producto/chancador-trituradora-de-mandibula-nordberg-c120-pjwtb>

### 2.3.8. Faja transportadora de sacrificio N°01

La faja transportadora de sacrificio N°01 es un equipo que tiene como función principal el transporte continuo de material para la minería, formado principalmente de caucho u otro material resistente que se mueve mediante poleas y polines de carga y retorno.

**Figura 7**  
*Faja transportadora N°01*



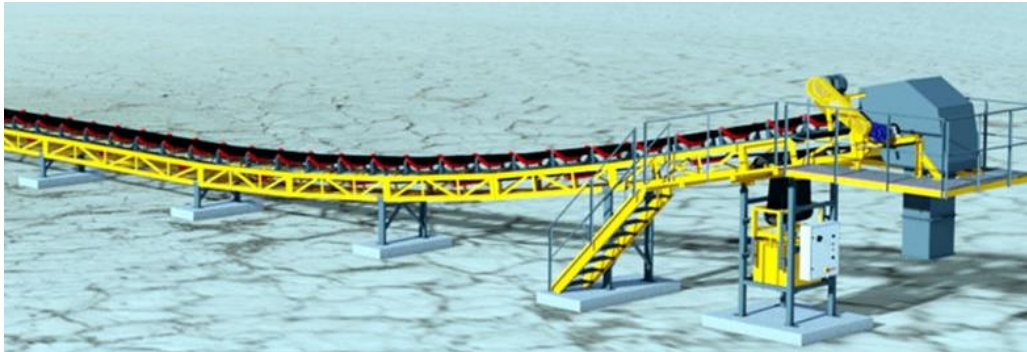
*Nota:* Tomado de <https://es.cftccrusher.com/>

### 2.3.9. Faja transportadora N°02

La faja transportadora N°02 es un equipo que tiene como función principal el transporte continuo desde la faja de sacrificio a la faja overland #3.

**Figura 8**

*Faja transportadora N°02*



*Nota:* Tomado de <https://www.cintasa.com/>

### 2.3.10. Faja transportadora N°03

La faja transportadora N°03 también conocida como faja overland es un equipo que transporta mineral de forma continua desde la faja #2 hasta el Stock Pile que alimenta el área de molienda.

**Figura 9**

*Faja transportadora N°03*



*Nota:* Tomado de <https://tecnologiaminera.com/actualidad/generacion-de-energia-con-fajas-transportadoras-descendientes-1590725084>

### **2.3.11. Plan**

“Proceso mediante el cual se determinan y preparan todos los elementos requeridos para efectuar una tarea antes de iniciar el trabajo. Estos recursos incluyen: la mano de obra, materiales, refacciones, equipos y herramientas” (Duffa, Raouf y Dixon. 2007, p.195).

Alfonso Ayala Sánchez, un plan se caracteriza por ser una disposición lógica de objetivos y herramientas destinada a conducir los esfuerzos humanos por un camino predeterminado.

### **2.3.12. Gestión**

“Gestión se refiere a la coordinación de actividades de trabajo, de modo que se realicen de manera eficiente y eficaz con otras personas y a través de ellas, lo cual se convierte en el objetivo principal de toda gestión” (Robbins y Coulter, 2005).

Beltran, define gestión como las decisiones y acciones que conducen a la consecución de objetivos predeterminados.

Según Henry Fayol, gestionar es pronosticar y planificar, organizar, mandar, coordinar y controlar.

### **2.3.13. Mantenimiento**

“El mantenimiento tiene como definición la combinación de todas las acciones técnicas y acciones asociadas mediante las cuales un equipo o un sistema se conservan o repara para que pueda realizar sus funciones específicas” (Duffuaa, 2007, p.507).

“El mantenimiento es el conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad es conservar o restituir un ítem en las condiciones que permitan desarrollar su función” (González, 2005, p.507).

### 2.3.14. Falla

“Una falla es la ocurrencia no previsible que impide que un sistema cumpla su misión, es decir, toda condición física de un sistema para el cual ocurre una desviación de sus características de operación más allá de los permisible, dando como consecuencia a un estado inoperante del sistema. Un buen análisis de fallas es una de las etapas más importantes en la determinación de un programa óptimo de mantenimiento” (Duffuaa, 2007, p.92).

### 2.3.15. Falla potencial

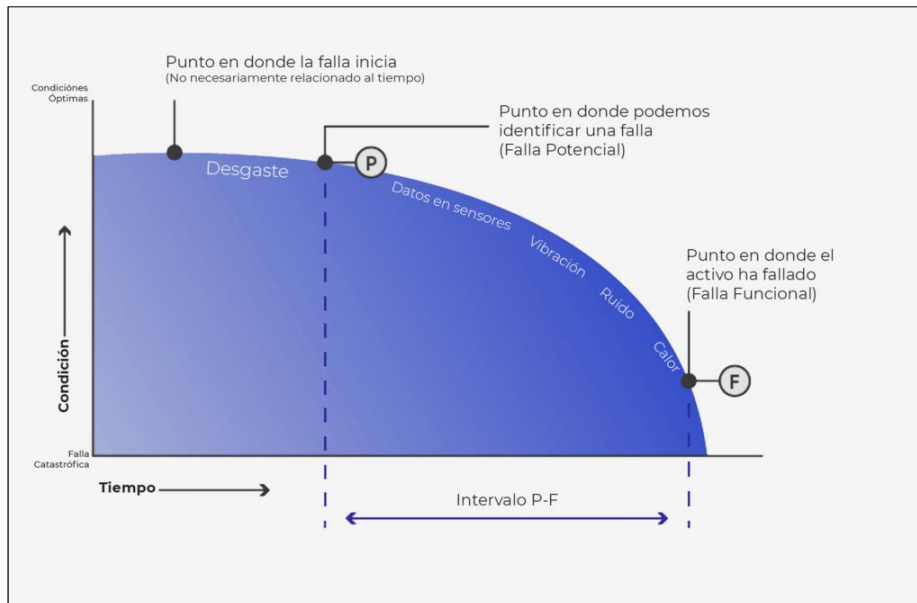
Según la norma SAE-JA1011, una falla potencial es una condición identificable que indica que una falla funcional está a punto de ocurrir o está en proceso de ocurrir.

### 2.3.16. Falla funcional

En la norma SAE-JA1011 se indica que es el estado en el cual un activo físico o sistema no está disponible para desempeñar la función específica al nivel de desempeño deseado.

**Figura 10**

*Curva P-F*



*Nota:* Tomado de Tractian.

### **2.3.17. Registros históricos del equipo**

“Los registros históricos del equipo son documentos donde se registran información acerca de todo el trabajo realizado en un equipo y/o instalación particular. Contiene información acerca de todas las reparaciones realizadas, el tiempo muerto, el costo de las reparaciones y las especificaciones del mantenimiento planeado” (Duffuaa, 2007, p.56).

### **2.3.18. Lubricante**

“Los lubricantes son un medio de separación de dos partes que se mueven una respecto a otra sometidas a rozamiento” (Bosch, 2005, p.315).

“Los lubricantes industriales como su nombre lo indica son aceites formulados para trabajar en plantas industriales, lubricando equipos, como reductores, compresores, bombas, rodamientos, sistemas hidráulicos” (Albarracín, 2005, p.135).

**Figura 11**  
*Lubricante*



*Nota:* Tomado de Predictiva 21.

### **2.3.19. Tipo de lubricantes**

Martínez (2002) menciona que “existen varios tipos de materiales que pueden utilizarse como lubricantes” (p.107), agrupándolos de la siguiente forma:

#### **Lubricantes líquidos**

“Los lubricantes líquidos son los que se utilizan más ampliamente. Los más comunes son aceites minerales, aceites sintéticos y aceites vegetales o animales. En condiciones especiales,

cuando puede estar excluido el uso de aceites, muchos otros fluidos pueden llenar una función de lubricación. También indica que son aquellos a los que, por sus características de fluidez, se les designa como aceites lubricantes” (Martínez, 2002, p.108).

**Figura 12**

*Lubricante líquido*



*Nota:* Tomado de Noria.

### **Lubricantes semi-sólidos**

“Los lubricantes semi-sólidos son las grasas lubricantes, ya que éstas, son fluidos con espesadores dispersos en ellos para darle una consistencia sólida o semi-sólida. El contenido de lubricante fluido en una grasa es el que realiza la lubricación, los espesadores actúan solo para mantener el lubricante en su lugar para evitar fugas y para bloquear la entrada de contaminantes. Muchos tipos de espesadores se emplean en la manufactura de las grasas modernas y cada tipo imparte ciertas propiedades al producto terminado” (Martínez, 2002, p.130).

**Figura 13**

*Lubricante semi - sólido*



*Nota:* Tomado de NCH.

## Lubricantes sólidos

“Presencia de elevadas cargas y temperaturas, donde los aceites y grasas lubricantes no son efectivos, los lubricantes sólidos permiten resolver complicados problemas de ingeniería, pero casi siempre en casos muy especiales en primer orden con un corto plazo de servicio” (Martínez 2002, p.134).

**Figura 14**  
*Lubricante sólido*



*Nota:* Tomado de KIMIK.

## Lubricantes gaseosos

“Los lubricantes gaseosos tienen como característica principal, la de poseer muy baja viscosidad, lo que es exigido por mecanismo de diseño y condiciones específicas muy especiales, como es el caso de cojinetes deslizantes que operan a elevadas velocidades y bajas presiones unitarias, donde mayormente se aplica aire como lubricante” (Martínez, 2002, p.130).

**Figura 15**  
*Lubricante gaseoso*



*Nota:* Tomado de Dentaldeal.

### **2.3.20. Tribología**

Una mayor productividad de equipos se logra si se reduce al máximo la fricción de sus diferentes mecanismos. Es así como hoy en día, la lubricación no se considera una ciencia asilada, sino que está íntimamente relacionada con la fricción, con el desgaste, con los materiales empleados en la fabricación de los equipos, con su diseño, con su operación y con la calidad de su mantenimiento (Albarracín, 2005, p.25).

“La tribología es una ciencia eminentemente multidisciplinaria e incluye disciplinas tradicionales como la hidrodinámica, la mecánica del cuerpo sólido, la ciencia de los materiales, la química, la física, la matemática y la computación” (Martínez, 2002, p.22).

### **2.3.21. Fricción**

“La fricción es la pérdida de energía mecánica durante el inicio, desarrollo y final del movimiento relativo entre dos zonas materiales en contacto” (Albarracín, 2005, p.26).

“La resistencia al movimiento durante el deslizamiento o rodamiento que experimenta un cuerpo sólido al moverse tangencialmente sobre otro con el cual está en contacto” (Campos, 2006, p.39).

### **2.3.22. Desgaste**

Para Albarracín (2006) se define:

El desgaste es sinónimo de improductividad y se define como la pérdida de material entre dos superficies que se encuentran en movimiento relativo y que se manifiestan por su funcionamiento errático, siendo necesario en la mayoría de los casos sacar de servicio el equipo rotativo del cual parte esencial, y cambiar las piezas defectuosas (p.34).

“El desgaste como un proceso en el cual las capas superficiales de un sólido se rompen como resultado de la acción mecánica de otro cuerpo o medio” (Martínez, 2002, p.65).

### **2.3.23. Lubricación**

La lubricación consiste en intercalar entre dos superficies que están dotadas de un movimiento relativo, una película de material (Lubricante) y de un espesor adecuado, a fin de reducir la fricción, es decir la fuerza que se opone al movimiento, ya sea para iniciarlo o para mantenerlo, y que limita la potencia útil que puede obtenerse de un mecanismo (Albarracín, 2005, p.25).

“La lubricación es la interposición de una película de lubricante entre dos superficies, es la forma más efectiva para reducir la fricción y el desgaste” (Groover, 2002, p.104).

### **2.3.24. Tipos de lubricación**

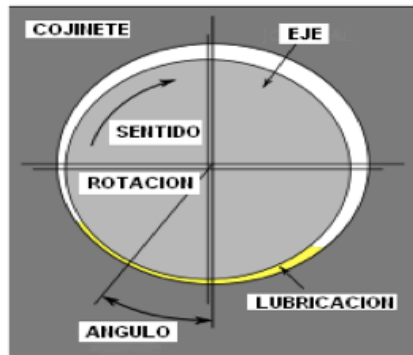
Según Sánchez Marín (2006), Kalpakjan y Schimd (2008), los tipos de lubricación son hidrodinámica, elastohidrodinámica, marginal y mixta. A continuación, se definen cada una de ellas:

#### **Lubricación hidrodinámica**

“Corresponde a un estado similar al estado de película gruesa. En él, las presiones que el movimiento relativo produce en la película lubricante de la interfase son suficientes para mantener las superficies separadas, soportando la carga de los elementos a los que corresponden dichas superficies. En este estado, la forma y el movimiento relativo de las superficies es lo único que provoca la formación de una película de lubricante continua con la suficiente presión para soportar las cargas. Si el movimiento cesa, la película de lubricante se interrumpe dando lugar al contacto directo entre las superficies” (Sánchez, 2006, p.31).

**Figura 16**

*Lubricación hidrodinámica*



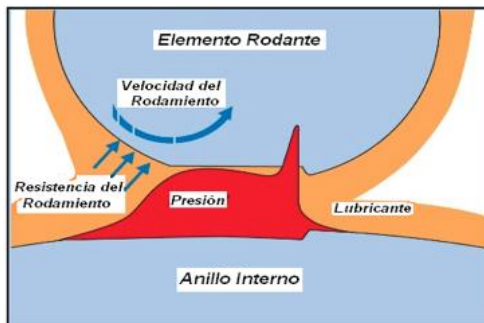
*Nota:* Tomado de Wikipedia

### **Lubricación elastohidrodinámica**

Este tipo de lubricación es el estado que ocurre cuando un lubricante es introducido entre superficies que están en contacto con un movimiento relativo de rotación (tales como las bolas de un rodamiento y la pista sobre la que ruedan). Intuitivamente se puede pensar que el lubricante es forzado a salir fuera del contacto, apareciendo el contacto directo entre metales. Sin embargo, ante una gran presión en el punto de contacto causando micro deformaciones elásticas, las superficies deformadas se comprimen momentáneamente entre sí y se aplanan ligeramente (deformación elástica) después del contacto de la superficie recuperan su forma original y la viscosidad vuelve a su estado original (Sánchez, 2006, p.31).

**Figura 17**

*Lubricante elastohidrodinámica*



*Nota:* Adaptado de SKF.

## Lubricación marginal

La lubricación marginal es cuando la carga está sostenida por las superficies en contacto cubiertas con una capa marginal de lubricante. Es una capa de lubricante delgada que es atraída físicamente a las superficies evitando así el contacto directo entre los dos cuerpos, reduciendo entonces el desgaste. Los lubricantes marginales suelen ser aceites, grasas, ácidos grasos, ésteres o jabones naturales. Sin embargo, las partículas marginales se pueden romper como resultado de distorsión, causada en general por altas temperaturas (Kalpakjan y Schimd, 2008, p.283).

**Figura 18**  
*Lubricación marginal*



*Nota:* Tomado de Ingeniero Marino.

## Lubricación mixta

La lubricación mixta una parte importante de la carga la soporta el contacto físico entre las dos superficies. El resto lo soporta la película fluida atrapada en orificios, como los valles de las asperezas. Representa una rotura parcial de la película hidrodinámica completa, que puede ocurrir bajo cargas pesadas, velocidad baja y pequeña viscosidad (Kalpakjan y Schimd, 2008, p.893).

**Figura 19**  
*Lubricación mixta*



*Nota:* Tomado de Ingeniero Marino.

### **2.3.25. Lubricación manual**

“Es un sistema empleado generalmente en elementos de máquinas de poco uso y en cojinetes de baja carga o poca velocidad. El operario es el responsable de la cantidad de lubricante aplicado y del intervalo o frecuencia de lubricación. El costo inicial es mínimo, mientras que el de mantenimiento es alto” (NSK, 2010, p.106).

### **2.3.26. Lubricación con grasas o reposición**

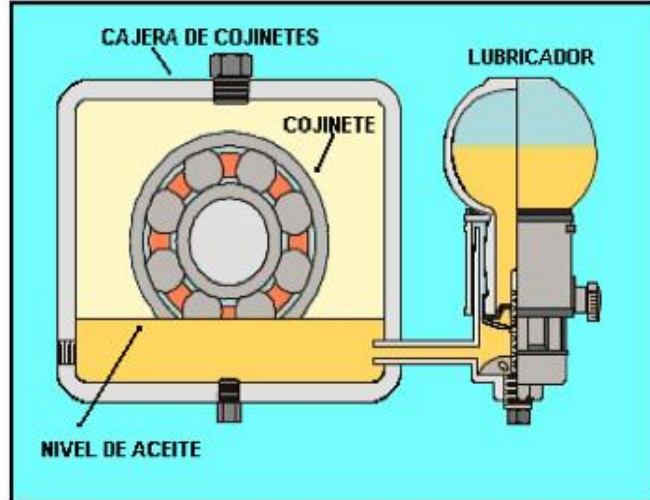
NSK (2010, p.106) refiere que la lubricación con grasa se usa en un 90% de todas las aplicaciones de rodamientos. Las ventajas esenciales de una lubricación con grasa son:

- Construcciones muy sencillas.
- Mayor eficacia de la obturación debido a la grasa.
- Elevada duración de servicio mediante solo una lubricación.
- Periodo más largo hasta el fallo, en el caso de falla la lubricación después de alcanzarse la duración de servicio de la grasa si los factores de velocidad son moderados.
- Par de rozamiento bajo.

### **2.3.27. Lubricación en baño de aceite**

“La lubricación en baño de aceite es ampliamente utilizada en los casos de velocidades bajas o medias. El nivel de aceite debe estar en el centro del elemento de rodadura más bajo. Es aconsejable disponer de un indicador de nivel visual con el fin de comprobar que se mantiene el nivel de aceite óptimo. En relación es la forma más simple de lubricación con aceite cuando el rodamiento está parado, el baño debe de llegar a un nivel justo por debajo del centro del elemento rodante inferior. En rotación, el aceite es aspirado por las piezas del rodamiento, que circula a través de este y vuelve al baño” (NSK, 2010, p.107).

**Figura 20**  
*Lubricación en baño de aceite*

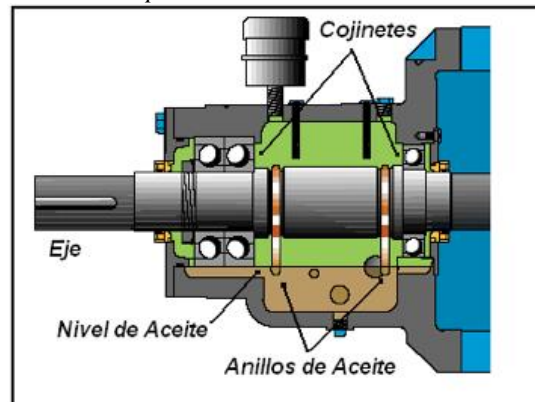


*Nota:* Tomado de Reliabilityweb.

### **2.3.28. Lubricación por anillo de aceite**

“El anillo sumergido en el depósito de aceite y que gira movido por el buje montado en la flecha, proporciona la cantidad de aceite más adecuada de acuerdo a la velocidad de giro. Este arreglo permite velocidades más altas que el baño de aceite normal, por lo que es lo más indicado en los ventiladores más críticos. Se emplea en ejes pesados y en los cojinetes principales de algunos motores estacionarios, bombas y turbinas pequeñas” (NSK, 2010, p.107).

**Figura 21**  
*Lubricación por anillo de aceite*

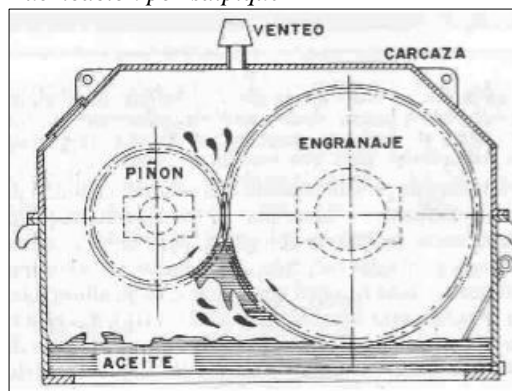


*Nota:* Tomado de Goulds pumps.

### 2.3.29. *Lubricación por salpique*

Esté método de lubricación, el aceite es salpicado sobre los rodamientos mediante engranajes o simples discos giratorios instalados cerca de los rodamientos y sin necesidad de sumergir los rodamientos en aceite. Normalmente se utiliza este sistema en la transmisión de automóviles y en engranajes finales de transmisión. El manual también indica que se emplea solamente en la lubricación de mecanismos cerrados, como en el caso de reductores, compresores de pistón de simple efecto, etc. (NSK, 2010, p.108).

**Figura 22**  
*Lubricación por salpique*

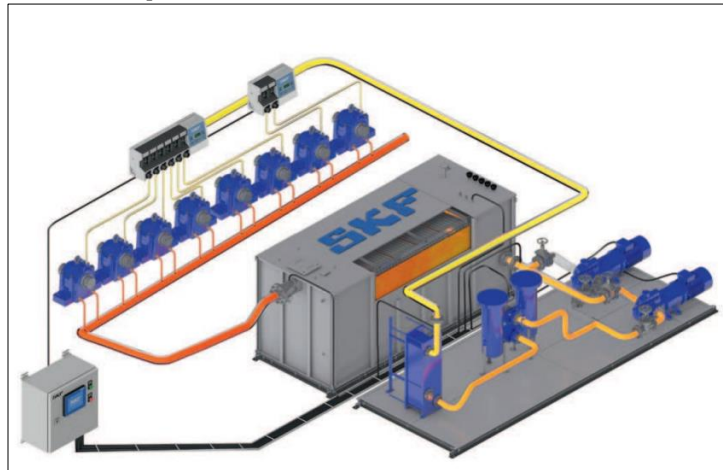


*Nota: De Pump HandBook-Igor J. Karassik, Joseph P. Messina, Paul Cooper, Charles C. Heald-McGraw Hill-Third Edition-2001*

### 2.3.30. *Lubricación por circulación de aceite*

Cuanta más alta es la temperatura de trabajo, más rápido se oxidará el aceite lubricante. El método de circulación de aceite alarga los intervalos de cambio de aceite, el aceite debe ser limpiado antes de suministrarlo al rodamiento y, en caso necesario, se puede incluir un refrigerador en el circuito de aceite, es necesario mantener el aceite en condiciones adecuadas a fin de que el sistema esté en óptimo funcionamiento (NSK, 2010, p.108).

**Figura 23**  
*Lubricación por circulación de aceite*

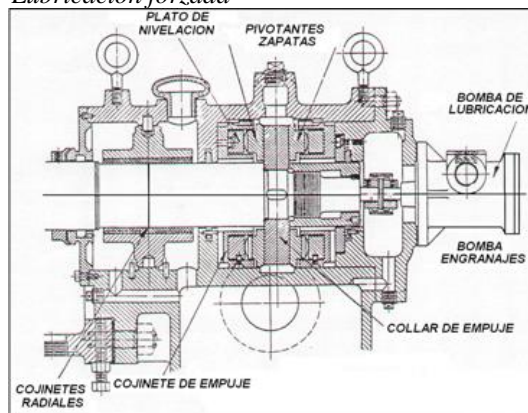


*Nota:* Tomado de SKF.

### 2.3.31. Lubricación forzada

A velocidades muy altas, el aceite puede ser expulsado fuera del rodamiento en lugar de fluir a través de él y eliminar el calor. La forma más eficaz de lubricar consiste en dirigir un chorro de aceite al rodamiento, la velocidad del chorro debe ser por lo menos de 15 m/s de modo que el aceite penetre en el remolino de aire creado por la rotación del rodamiento (NSK, 2010, p.107).

**Figura 24**  
*Lubricación forzada*



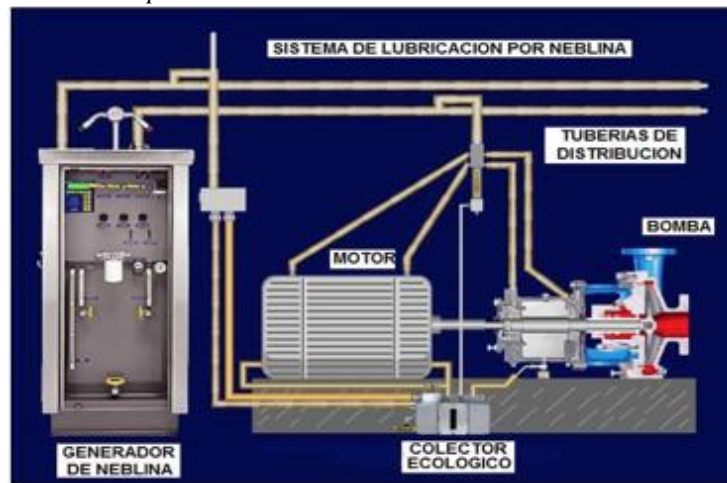
*Nota:* De Pump Handbook-Igor J. Karassik, Joseph P. Messina, Paul Cooper, Charles C. Heald-McGraw Hill-Third Edition-2001.

### 2.3.32. *Lubricación por niebla de aceite*

La lubricación por niebla de aceite es un sistema de lubricación centralizado que atomiza aceite en pequeñas partículas y suministra la cantidad correcta de lubricante nuevo, limpio y seco a los rodamientos y a todas las superficies internas del alojamiento, proporcionando una lubricación óptima que reduce la fricción incrementando la eficiencia energética y la confiabilidad del equipo (NSK, 2010, p.107).

**Figura 25**

*Lubricación por niebla de aceite*



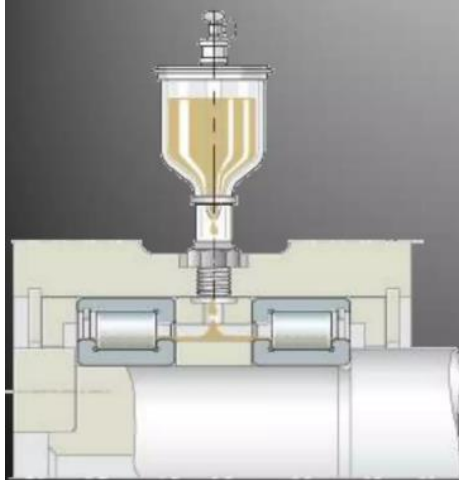
*Nota: Tomado de Oilm Institute*

### 2.3.33. *Lubricación por goteo de aceite*

“La lubricación por goteo se utiliza habitualmente en rodamientos de bolas pequeños funcionando a velocidad relativamente altas. El aceite se almacena en un depósito visible. La cadencia de goteo se controla mediante un tornillo situado sobre el depósito” (NSK, 2010, p.107).

**Figura 26**

*Lubricación por goteo de aceite*



*Nota:* Tomado de <https://medias.schaeffler.es/es/lubrication-basics>

### **2.3.34. Cantidad de reengrase en los rodamientos**

Según SKF la fórmula para el cálculo de reengrase en los rodamientos de las poleas para las fajas transportadoras es la siguiente:

$$m_1 = D \cdot B \cdot x \text{ (gramos)} \quad [ 3 ]$$

Donde:

$m_1$ : Cantidad de reengrase

D: Diámetro exterior (mm.)

B: Ancho del rodamiento

x: Factor del periodo de reengrase (Ver ANEXO 01)

### **2.3.35. Frecuencia de reengrase los rodamientos**

Según SKF la fórmula para el cálculo de la frecuencia de reengrase en horas para rodamientos en las poleas de las fajas transportadoras es la siguiente:

$$T = K \left[ \left( \frac{14000000}{n\sqrt{d}} \right) - 4d \right] \text{ (horas)} \quad [ 4]$$

Donde:

T: Frecuencia de reengrase (horas)

d: Diámetro interior (mm.)

n: velocidad (rpm)

K: Producto de todos los factores de corrección (Ver ANEXO 02)

### **2.3.36. Cojinetes**

“Los cojinetes o chumaceras son los elementos encargados del sostén de un eje en una máquina rotativa, debido al movimiento rotatorio se genera alta fricción entre las superficies de las piezas” (Mott, 2006, p.598).

### **2.3.37. Engranajes**

Los engranajes como el dentado de dos cuerpos de contorno curva que giran con contacto permanente dan la posibilidad de transmitir un movimiento y una fuerza sin resbalamiento entre dos árboles. Esta característica implica la posibilidad de uso en todas las máquinas industriales en las que exista un movimiento de giro o rectilíneo transformado (Comesaña, 2004, p.13).

### **2.3.38. Chancado**

Proceso mediante el cual se muele o tritura algo, principalmente mineral.

### **2.3.39. Tiempo fuera de servicio**

Tiempo transcurrido desde que aparece una falla hasta la puesta en servicio del equipo.

### **2.3.40. Parada de planta**

Son eventos en los que se detiene por un lapso de tiempo la producción y las operaciones de una planta industrial o línea de producción.

#### **2.3.41. Reparación**

Acción o efecto de restituir a su condición normal y de buen funcionamiento a un equipo.

#### **2.3.42. Equipo rotativo**

Son todos aquellos equipos que poseen características de tener piezas, partes que generan un movimiento rotativo.

#### **2.3.43. Grasa lubricante**

Es un compuesto semifluido conformado por un aceite base, un agente espesante y aditivos.

#### **2.3.44. Aceite lubricante**

Es un compuesto fluido que reduce la fricción y el desgaste de componentes en un equipo industrial.

#### **2.3.45. MLE**

Es una designación especial para expertos en lubricación y confiabilidad. Es una certificación que es brindada por el Consejo Internacional de Lubricación de Maquinaria (ICML).

#### **2.3.46. MLT**

Es una certificación como técnico de lubricación de maquinaria otorgada por el Consejo Internacional de Lubricación de Maquinaria (ICML).

#### **2.3.47. MLA**

Es una designación especial para un analista de lubricantes de maquinaria. Esta es una certificación otorgada por el Consejo Internacional de Lubricación de Maquinaria (ICML).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Planteamiento metodológico**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es básica porque describe variables, diagnostica una realidad y genera nuevas formas de entender problemas y soluciones. Es aplicada porque propone un plan de gestión de lubricación que puede ser aplicada en las industrias en general, busca nuevos estándares y procedimientos de gestión de lubricación de equipos rotativos basado en la confiabilidad.

##### **3.1.2. Nivel de investigación**

Respecto al nivel de investigación es explicativa porque explora, describe y establecer relaciones entre las variables.

##### **3.1.3. Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación es experimental porque se manipula las variables, pues con la propuesta de un plan de gestión de lubricación se pretende mejorar la confiabilidad de los equipos de chancado de la planta beneficio de minerales en el sur del Perú.

#### **3.2. Población y muestra**

La población de la investigación son los equipos del área chancado de la planta beneficio productora de oro y plata en la ciudad de Ayacucho.

#### **3.3. Equipos y materiales**

##### **3.3.1. Recursos humanos**

Para elaboración de este trabajo de investigación se obtendrán como fuente principal de los aportes los datos recabados por mi persona y se tendrá asistencia y soporte de personal técnico para la obtención de datos secundarios.

### **3.3.2. Recursos materiales**

Los recursos materiales que se utilizaran para el desarrollo de trabajo de investigación son:

- Un USB de 4GB
- Una laptop
- Un cuaderno cuadriculado A4
- 1 000 hojas Bond A4
- 3 correctores
- 3 resaltadores
- 10 lapiceros
- Equipo móvil con servicio de internet

### **3.3.3. Recursos financieros**

Para la realización de este trabajo de investigación se contará con recursos financieros propios.

### **3.4. Procedimiento de las pruebas experimentales**

En este trabajo de investigación primero se realiza la toma de datos de campo con el fin de determinar la confiabilidad actual de cada uno de los equipos del proceso de chancado.

Determinada la confiabilidad actual se procede a realizar la implementación del plan de gestión de lubricación (buenas prácticas de lubricación) en los equipos de Chancado. Finalmente se hace una nueva medida de la confiabilidad de los equipos de Chancado ya con los planes de gestión de la lubricación implementados.

### 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Este trabajo de investigación se realiza con datos primarios, provenientes de inspecciones realizadas en la planta, de algunas personas que trabajan en el área. Dicha información es obtenida básicamente de entrevistas con el personal y registros relevantes de los equipos de la planta beneficio.

La confiabilidad será obtenida a través del procesamiento de los datos obtenidos en el registro histórico de fallas que se tiene de los equipos de chancado a través del tiempo medio entre fallas.

El método que se utilizará para medir la confiabilidad es por medio de la siguiente fórmula:

$$C = e^{-\left(\frac{t}{MTBF}\right)} \quad [ 5]$$

En donde:

C: Confiabilidad

e: Constante universal

t: tiempo ciclo de operaciones

MTBF: Tiempo promedio entre fallas (Mean time Between Failures)

### 3.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

Se utilizará un formato de inspección para identificar las oportunidades de mejora y se realizarán cuadro de medición y control para el uso de indicadores de medición.

Se hará un comparativo entre la confiabilidad inicial de la planta versus la confiabilidad obtenida una vez aplicado el plan de gestión de lubricación.

La información recopilada será procesada en Excel versión 2016

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Descripción de las pruebas experimentales

##### 4.1.1. Realización del plan de gestión de lubricación

Para a realizar el plan de gestión de lubricación seguiremos los siguientes pasos:

**PRIMERO:** Hacer un diagnóstico previo al área de chancado para así poder determinar la situación actual de la planta, esto nos ayudará a saber cuáles son las fallas que se están presentando.

**SEGUNDO:** En base al diagnóstico realizado procedemos a hacer una serie de protocolos y actividades de mejora para el manejo y gestión de los lubricantes para las máquinas en el área de chancado.

**TERCERO:** Identificar los puntos de engrase de las máquinas.

**CUARTO:** Identificar el tipo de lubricante que se usará en cada máquina según manual del fabricante.

##### 4.1.2. Implementación del plan de gestión de lubricación

Para la implementación del plan de gestión de lubricación se ha realizado una capacitación al equipo técnico encargado de la lubricación con los protocolos y correcto manejo de los equipos.

##### 4.1.3. Medición y control de indicadores

1° Se organizan los datos de años previos a la implementación del plan de gestión de lubricación.

2° Con los datos de años pasados se calcula la confiabilidad de cada uno de los equipos para el año 2020 y 2021.

3° Organizar los datos obtenidos después de implementar el plan de gestión de lubricación, es decir, los datos del año 2023.

4° Con los datos del año 2023 calcular la confiabilidad de cada equipo en ese año.

## **4.2. Presentación y análisis de los resultados**







### **4.2.1. Diagnóstico situacional del proceso de chancado**

Se realizó una auditoría interna en el área de chancado y del programa de lubricación con el fin de determinar el estado actual de los equipos referidos a las técnicas de lubricación y la forma como se administra y desarrollan las actividades del programa de lubricación. El fin de esta auditoría es determinar algunas oportunidades de mejora asociadas a las tareas y técnicas de lubricación.

A continuación, se presenta algunos de los puntos observados a fin de poder realizar un plan de acción que nos ayude a fortalecer estos puntos.

**Tabla 3**

*Diagnostico situacional del proceso de chancado*

ITEM	UBICACIÓN	OBSERVACIONES		NIVEL DE CRITICIDAD	COMENTARIOS	RESPONSABLE	FECHA DE CUMPLIMIENTO	ESTADO
		Descripción	Evidencia					
1	Apron feeder	Fuga de aceite en reservorio del apron feeder		ALTO	La unidad hidráulica del Apron feeder como se observa en la imagen presenta fugas de aceite, polvo sedimentado, existe contaminación en la unidad. Se aprecia fuga en los sellos de aceite de la unidad hidráulica. Esta categoría de control de contaminación es una de las áreas con mayor oportunidad. Las mejoras que se hagan en esta área permitirá obtener beneficios extraordinarios en la vida útil del equipo y de la disminución de eventos de fallas, lo que se traduce en una mayor confiabilidad del equipo.	MANTTO PLANTA	No especificado	ABIERTO
2	Apron feeder	Fuga de aceite en conexión con la bomba hidráulica del apron feeder		MEDIO	Como se puede apreciar en la imagen la bomba hidráulica del Apron feeder también presenta fugas de aceite. De igual forma que la anterior observación esto va asociado a la categoría de control de contaminación. Las mejoras que se hagan en esta área permitirá obtener beneficios extraordinarios en la vida útil del equipo y de la disminución de eventos de fallas de los equipos.	MANTTO PLANTA	No especificado	ABIERTO
3	Apron feeder	Falta de identificación del punto de engrase del apron feeder. Contaminación de reservorio de grasa.		MEDIO	De igual forma no se tiene un control de contaminación, se aprecia que la tapa no está del todo hermética lo que eleva la probabilidad de ingreso de agentes contaminantes al depósito de grasa. Este sistema es utilizado para la lubricación de los rodamientos del eje motriz y conducido del alimentador de placas.	MANTTO PLANTA	No especificado	ABIERTO
4	Zaranda vibratoria	Fuga de aceite de mangueras del sistema excéntrico de la zaranda vibratoria.		ALTO	La zaranda vibratoria cuenta con un sistema de mangueras que sirven para la recirculación del aceite dentro del sistema excéntrico de la zaranda, como se aprecia en las imágenes existe fugas en el sistema, probablemente existe fallas en los sellos de aceites, en los conectores de las mangueras.	MANTTO PLANTA	No especificado	ABIERTO
5	Chancadora de quijadas	Mangueras resacas del sistema de apertura y cierre de setting de la chancadora de quijadas.		MEDIO	En la chancadora de quijadas se tiene la Unidad hidráulica que sirve para la regulación del setting de la chancadora, como se puede apreciar se ven mangueras de alimentación y descarga en mal estado, se aprecia pequeñas fugas en la tapa frontal de dicha unidad. Existe contaminación en esta unidad. Se requiere con urgencia realizar el cambio de mangueras resacas.	MANTTO PLANTA	No especificado	ABIERTO
6	Chancadora de quijadas	Mangueras resacas del sistema de apertura y cierre de setting de la chancadora de quijadas.		MEDIO	Se evidencian mangueras resacas, existen pequeñas fugas en las conexiones. No existe un buen control de contaminación.	MANTTO PLANTA	No especificado	ABIERTO

7	Chancadora de quijadas	Fuga de aceite en pistones de apertura y cierre de setting de la chancadora de quijadas. Conectores hidráulicos soldados.		ALTO	Conexiones fuera de estándar, conexiones hidráulicas soldadas, presenta fugas en los cilindros.	MANTTO PLANTA	No especificado	ABIERTO
8	Chancadora de quijadas	Se evidencia contaminación en el punto de engrase del pitman de la chancadora de quijadas. Mangueras de grasa desordenadas y sucias.		ALTO	No se tiene un control de contaminación, se aprecia suciedad, polvo y desorden en el depósito de grasa que lubrica a los rodamientos del pitman de la chancadora de quijadas. El ingreso de partículas de polvo en este punto puede llegar a ser bombeado hasta los rodamientos del pitman, lo que podría generar rayaduras en los rodamientos, contaminación de la grasa y daño de otros componentes internos.	MANTTO PLANTA	No especificado	ABIERTO Fila: 12
9	Chancadora de quijadas	Se evidencia puntos de grasa en el pitman con fugas. Sellos deteriorados.		ALTO	Fugas de grasa contaminación, se evidencia defecto en los sellos. El problema de contaminación es grave en este sistema. Si no es atendido debidamente podría convertirse en una falla catastrófica. Se necesita identificar la cantidad de grasa que debería llegar a cada punto.	MANTTO PLANTA	No especificado	ABIERTO
10	Faja transportadora #1y #2	Los reductores de las fajas no tienen visor de aceite, respirador, un punto de muestro identificado. Se evidencia derrame de aceite por los sellos.		MEDIO	Los reductores de las tres fajas no tiene visor de aceite, ni respiradores, ni un buen punto de muestreo, no se tiene un programa preciso para el cambio de aceite debido a estas deficiencias. No existen procedimientos formales de lubricación, análisis de aceite, cambios de filtro, etc. Únicamente hay órdenes de trabajo y los técnicos deciden como efectuarlas.	MANTTO PLANTA	No especificado	ABIERTO
11	Faja transportadora #1y #2	No se tiene un plan de reengrase de las poleas. No están identificados los puntos de engrase de las poleas.		BAJO	No se tiene identificado los puntos de reengrase de las poleas, ni la cantidad que debería de utilizarse en cada punto ni la frecuencia de reengrase. En algunos casos como este no se tiene acceso para poder lubricar ni la cantidad de grasa que debería de ingresar ni la frecuencia.	MANTTO PLANTA	No especificado	ABIERTO
12	Faja transportadora #1y #2	No se tiene un plan de reengrase de las poleas. No están identificados los puntos de engrase de las poleas.		BAJO	No se tiene identificado los puntos de reengrase de las poleas, ni la cantidad que debería de utilizarse en cada punto ni la frecuencia de reengrase.	MANTTO PLANTA	No especificado	ABIERTO
13	Faja transportadora #3	Práctico no confiable para el cambio de aceite de reductores de la faja #3.		ALTO	Esta es una mala práctica para el trasvase de aceite. El aceite y el mismo reductor está expuesto a humedad, polvo, lo que reduce la vida útil del aceite y del equipo en sí. No se tienen controles de contaminación en este proceso de la lubricación.	MANTTO PLANTA	No especificado	ABIERTO

14	Almacén de lubricantes	No se tiene una manera correcta de almacenado de los lubricantes, ni en el trasvase en los contenedores.	SIN IMAGEN	MEDIO	La manipulación y el almacenamiento de lubricantes es pobre, probablemente por desconocimiento no se cumplen con las recomendaciones mínimas para estas actividades. Las prácticas durante el trasvase de lubricantes no es la más adecuada, se requiere mejorar. No se cuenta con los contenedores adecuados.	MANTTO PLANTA	No especificado	ABIERTO
15	Equipos de chancado	No se tienen identificados los puntos de muestro ni los puntos de engrase de los equipos de chancado.	SIN IMAGEN	MEDIO	Las muestras de aceite muchas veces son tomadas de manera inadecuada en la mayoría de los casos, por falta de identificación y/o por desconocimiento del punto ideal para el muestro. Se requiere instalar pintos de muestro en los equipos. Por otro lado los puntos de engrase tampoco están identificados.	MANTTO PLANTA	No especificado	ABIERTO
16	N/A	No se tiene una capacitación constante sobre las técnicas de lubricación básicas para el personal	SIN IMAGEN	MEDIO	Algunos miembros del equipo de mantenimiento conocen las buenas prácticas asociadas a las actividades de lubricación de los equipos, por otro también tenemos personal que solo tiene conocimiento empírico de estas actividades, por lo que se requiere realizar programas de educación y entrenamientos a todos los miembros del área de mantenimiento que se vean involucrados en las actividades de lubricación.	MANTTO PLANTA	No especificado	ABIERTO
17	N/A	No se tiene un programa específico de cambio de lubricantes y reengrase de poleas	SIN IMAGEN	ALTO	Actualmente no se cuenta con un programa de cambio de aceite en los reductores de las fajas ni tampoco un programa de reengrase de poleas. Esto es una muy buena oportunidad para disminuir el consumo de lubricantes y hacer más eficiente su uso en los equipos.	MANTTO PLANTA	No especificado	ABIERTO

El propósito de este análisis y evaluación de desempeño es para identificar el punto de partida de cada una de las áreas en las que se aplican los recursos y en los que tendrá mayor impacto. Además de permitir que las propuestas de mejora tengan un punto de comparación.

Se asigna una ponderación de 1 a 5 en cada categoría, esto dependerá del nivel de buenas prácticas de lubricación en cada una de las categorías. Por otro lado, el peso también es asignado con una ponderación de 1 a 5 en cada categoría, esto es influenciado por el impacto que tiene cada una de las categorías en el plan de gestión de lubricación para los equipos de chancado.

**Tabla 4**  
*Criterios de puntuación*

Puntuación	Criterio
1	Muy incipiente
2	Incipiente
3	Regular
4	Bueno
5	Muy Bueno

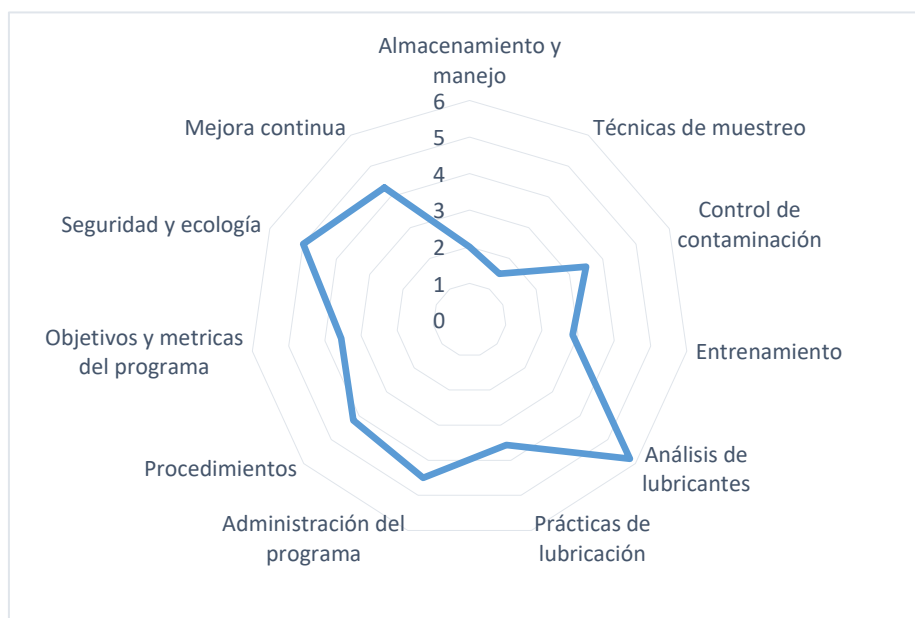
**Tabla 5**  
*Criterios de peso*

Puntuación	Criterio
1	Impacto insignificante
2	Impacto menor
3	Impacto moderado
4	Impacto alto
5	Impacto muy alto

**Tabla 6**  
Cuadro de categorías en lubricación

CATEGORIAS	PUNTOS	PESO	PONDERADO
Almacenamiento y manejo	2	3	6
Técnicas de muestreo	1.5	3	4.5
Control de contaminación	3.5	5	17.5
Entrenamiento	2.85	3	8.55
Análisis de lubricantes	5.8	3	17.4
Prácticas de lubricación	3.56	3	10.68
Administración del programa	4.5	4	18
Procedimientos	4.2	5	21
Objetivos y métricas del programa	3.55	4	14.2
Seguridad y ecología	5	2	10
Mejora continua	4.3	3	12.9

**Figura 27**  
Gráfico de radar de la evaluación de las categorías de lubricación



## 4.2.2. Actividades de mejora en el área de chancado

### 4.2.2.1. Almacenamiento y manejo

Para aprovechar al máximo el lubricante es importante que se adopten mejores prácticas desde la recepción, el almacenamiento, el despacho y finalmente la disposición de los lubricantes usados. En esta categoría es importante tener un cuarto de lubricación (Almacén de lubricantes) que cumpla los estándares, contar con equipos de despacho y procedimientos adecuados para el manejo de lubricantes.

El propósito de este análisis y evaluación de desempeño es para identificar el punto de partida de cada una de las áreas en las que se aplican los recursos. Además de permitir que las propuestas de mejora tengan un punto de comparación.

Almacenamiento de grasa.

- Almacenar la grasa en un área donde la contaminación sea mínima (ambiente fresco y seco).
- Utilizar el contenedor que tiene más tiempo almacenado. Antes de hacer uso de una grasa que ha sido almacenada por un largo periodo se debe hacer una inspección para detectar exceso de separación de aceite (Sangrado).
- Mantener los contenedores de grasa bien tapados.
- Antes de abrir los contenedores de grasa se deberá limpiar las orillas de la tapa del contenedor con el fin de evitar el ingreso de tierra.
- Verificar la correcta limpieza de espátulas, bombas, engrasadores u otras herramientas antes de usarlas para sacar y colocar grasa en los contenedores.

NOTA:

Un mal almacenamiento de la grasa puede producir los siguientes efectos

- Separación de componentes de la grasa.
- Contaminación por ingreso de polvo y/u otros contaminantes.
- Reacción de la grasa debido a los componentes atmosféricos, como el oxígeno, dióxido de carbono, agua y/o vapores de agua.

Almacenamiento de aceite.

- No trasvasar aceite nuevo a un tambor de acero previamente usado, existe una alta posibilidad de que existan contaminantes.
- En las áreas interiores donde se almacenan los aceites se deben usar tarimas anti derrame, con una capacidad mayor a la contenida en el tambor de aceite.

**Figura 28**  
*Tarima antiderrame*



*Nota:* Tomado de Uline.

- Si por algún motivo el tambor de aceite es trasladado al exterior de forma temporal se debe hacer uso de estaciones de almacenaje para exteriores y/o cubiertas para los tambores. Los tambores de aceite deben ser almacenados de forma horizontal.

**Figura 29**  
*Estaciones de almacenaje para exteriores*



*Nota:* Tomado de <https://www.colonyhardware.com/Catalog/jobsite-protection/chemical-storage/P11-3039?option=9637-ULTRA>

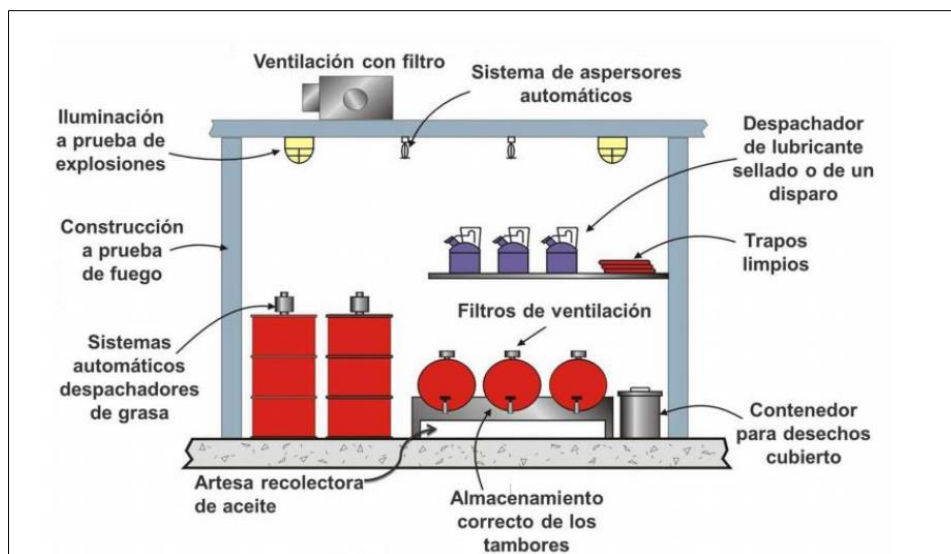
**Figura 30**  
*Cubiertas para tambores de lubricante*



*Nota:* Tomado de <https://www.raptorsupplies.es/pd/eagle/1666>

- Para el almacenamiento de aceite en el cuarto de lubricación se deben contar con sistemas de filtración (Estación de despacho de lubricantes). Los cuartos de lubricación deben cumplir con algunos requisitos generales, como los descritos en la siguiente imagen.

**Figura 31**  
*Estación de despacho de lubricantes en un cuarto de lubricación*



*Nota:* Tomado de <https://es.slideshare.net/slideshow/almacenamiento-y-manpulacion-de-lubricantes-pptx/269674020#1>

- Se deben usar armarios para el almacenamiento de depósitos de aceite, herramientas y demás accesorios. Todos los elementos mencionados deben estar correctamente ordenado y limpios.

**Figura 32**

*Armario para almacenamiento de depósitos de aceite*



*Nota: Tomado de Noria*

- No usar lubricantes que hayan estado almacenados por varios años a menos que se realice un análisis de aceite antes de ser usados.
- Los aceites con altos contenidos de aditivos almacenados a bajas temperaturas son de alto riesgo.
- Filtrar los aceites almacenados por un largo periodo de tiempo, cuando ha estado almacenado en exteriores, cuando se requiera una alta limpieza de aceite, etc.
- Llevar un inventario para mantener los aceites frescos. Establecer un programa de abastecimiento con el proveedor.

Manejo de aceite.

- Para el traslado de tambores de lubricantes desde un punto se debe hacer de forma segura, se podrían romper si no son manipulados de correctamente. Se pueden usar sujetadores de tambores cuando se levante con una grúa.
- Para el manejo de los tambores de lubricante también se puede hacer uso de montacargas, carretillas manuales de transporte, etc.

- Para el trasvase de aceite usando un contenedor de relleno debemos de asegurar lo siguiente:
  - Usar contenedores que puedan ser cerrados herméticamente.
  - Nunca usar contenedores que sean de un material galvanizado.
  - Cada deposito debe ser usado únicamente con un tipo de aceite y deben estar correctamente etiquetados a fin de no mezclar un aceite con otro (Contaminación cruzada).
  - Mantenerlos siempre cerrados herméticamente.
  - Colocar los contenedores en armarios o gabinetes cuando no estén en uso.
  - De forma periódica se deben realizar inspecciones de los contenedores de relleno a fin de identificar contaminantes como tierra, lodo o suciedad dentro de los contenedores.

**Figura 33**  
*Contenedores de relleno*



*Nota:* Tomado de Noria.

**Figura 34**  
*Engrasadoras*



*Nota:* Tomado de Noria.

- Respecto al uso de embudos en el trasvase de aceite se sugiere seguir las siguientes recomendaciones:
  - Evitar el uso de embudos (de preferencia usar contenedores de relleno con boquillas con cierre). En caso de que su uso sea inevitable, usar embudos desechables o con bolsas para embudo con cerrado hermético.
  - Limpiar y secar los embudos con toallas o trapos industriales para guardas en una bolsa con cerrado hermético. Los trapos industriales o toallas no deben soltar fibras o “pelusa”.
  - Usar las bolas de plástico para cubrir los puertos de llenado en los equipos.
- Para el trasvase de aceite en cantidades considerables de puede hacer uso de equipos móviles de transferencia de lubricantes. El equipo mencionado entre los principales elementos y componentes con los que debe contar son: Tener filtros de aceite, respirador, estar correctamente etiquetados, contar con boquillas de despacho opcionales para el uso en diferentes equipos que serán abastecidos de aceite.

**Figura 35**  
*Equipo móvil de transferencia de lubricantes*



*Nota:* Tomado de Noria.

#### **4.2.2.2. Técnicas de muestreo**

Tener un programa efectivo de análisis de aceite, depende directamente de la realización correcta de los muestreos de aceite, una mala muestra podría producir resultados erróneos. En muchas ocasiones la realización de esta actividad no es tomada con la debida importancia, ignorando los procedimientos y usando equipos y herramientas que no son las adecuadas. Es de suma importancia obtener una muestra de aceite representativa, por lo que se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Se deben realizar procedimientos de muestreo que garanticen uniformidad, sin alteraciones del medio externo (contaminación).
- Contar con equipos de muestreo de fácil uso, con la limpieza adecuada.
- De ser necesario de deben tener identificados varios puntos de muestreo en un solo equipo.
- Identificar los puntos de muestro principales y secundarios de los equipos, a fin de obtener la información necesaria.

- Al momento de la toma de muestra de aceite el equipo debe estar en condiciones de operación normal.
- La muestra de aceite debe ser tomada antes de los filtros de aceite y después de los componentes de desgaste como rodamientos, engranajes, bombas.
- Una vez tomada la muestra de aceite debe ser enviada para analizar. Las características del aceite se empiezan alterar desde que es extraída del equipo en el que operaba.
- Se deben hacer muestreos de aceite de los lubricantes almacenados siguiendo algunas recomendaciones:
  - o Realizar una muestra del fondo del tambor de aceite permitirá identificar el asentamiento de aditivos, lodo, agua, etc.
  - o Tomar las muestras de aceite manteniendo una distancia fija del fondo con el fin de tener una buena línea base de muestro.
  - o Rodar el tambor de aceite antes de muestrear a fin de identificar concentraciones de agua, polvo u otros contaminantes.
- La ISO 3722 define 03 categorías de limpieza de recipientes para la recolección de muestras de aceite:
  - o **Limpio:** Contienen menos de 100 partículas mayores a 10 micrones por milímetro de fluido. Son las más económicas y de uso común.
  - o **Super limpio:** Contienen menos de 10 partículas mayores a 10 micrones por milímetro de fluido.

- **Ultra limpio:** Contienen menos de 1 partícula mayor a 10 micrones por milímetro de fluido.

**Figura 36**

*Recipiente para recolección de muestras de aceite*



*Nota:* Tomado de Noria.

- La oxidación de las muestras de aceite por luz ultravioleta es un factor que altera el resultado de las características del aceite, por lo que es frecuente que muchos kits de muestreo de aceite incluyan un recipiente de sellado que lo proteja de la luz ultravioleta producida por los rayos del sol.
- Los mejores puntos donde se puede extraer una muestra son donde existe alta turbulencia, como en codos y/o donde existan cambios drásticos de dirección del flujo.

**Figura 37**

*Punto de muestro de aceite en cambio de dirección*



*Nota:* Tomado de Noria.

- En caso de que no se pueda extraer una muestra de aceite en la línea circulante, se podrá hacer en el tanque, en el área entre la succión y el retorno.

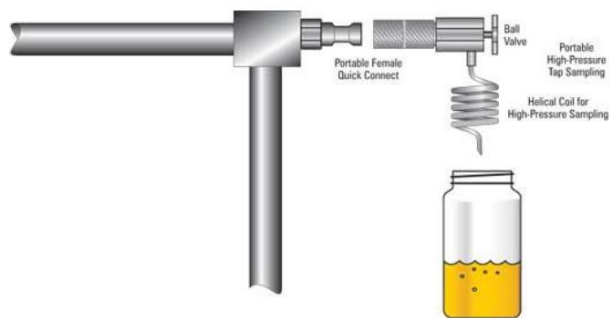
**Figura 38**  
*Punto de muestro en el tanque de lubricante*



*Nota:* Tomado de Noria.

- En el caso de que se requiera tomar muestras de aceite en líneas que trabajan en alta presión se utiliza una válvula con una espiral que sirve como reductor de presión.

**Figura 39**  
*Punto de muestro en líneas de alta presión*



*Nota:* Tomado de Noria.

- Cuando las líneas de retorno o drenaje no tienen suficiente presión se debe hacer uso de bombas de vacío para poder tomar las muestras.
- Actualmente también es recomendable el uso de conexiones tipo “Minimes” por su practicidad y fácil limpieza. Es importante mencionar que cuando no están en uso son tapadas para prevenir la contaminación.
- Antes de tomar cualquier muestra se debe hacer el purgado de la línea de aceite.

- En el caso de toma de muestras en sistemas no circulantes como reductores, si la muestra se realiza por la parte inferior se debe instalar un tupo para que la muestra provenga de la zona media del y este a 2 pulgadas como mínimo de las paredes y de los engranajes.

**Figura 39**

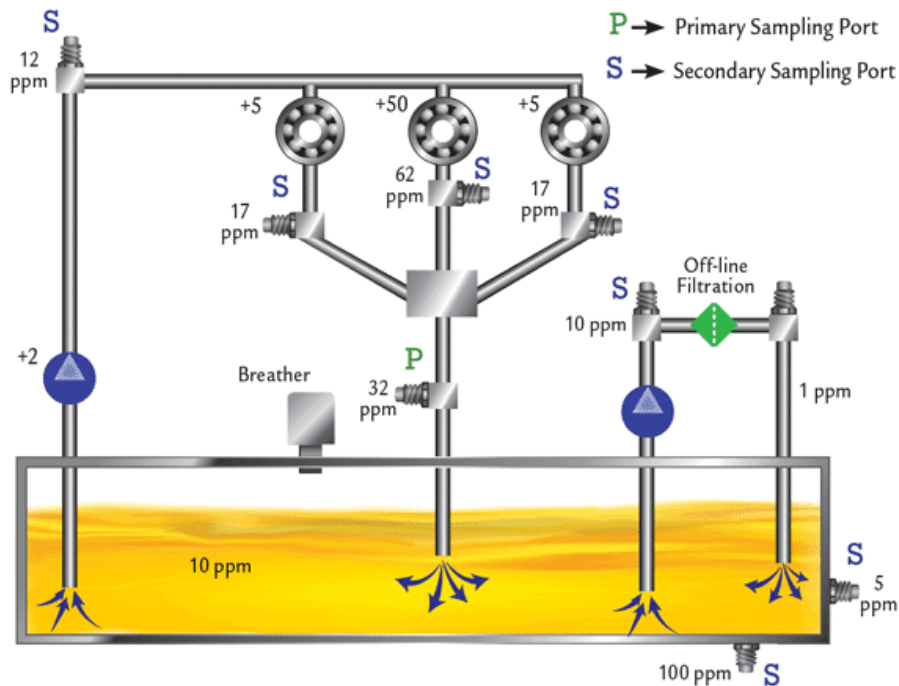
*Punto de muestro en sistemas no circulantes*



*Nota: Tomado de Noria.*

- Los puntos de muestreo primario son normalmente ubicados en la línea de retorno. Mientras que los puntos secundarios permiten identificar la fuente de anomalía de los resultados del punto de muestro primario.

**Figura 40**  
*Punto de muestro primarios y secundarios*



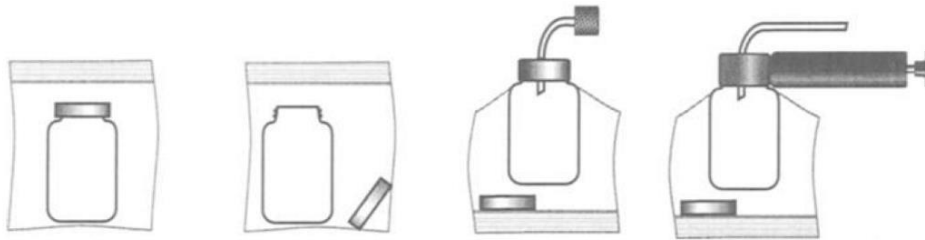
*Nota:* Tomado de Noria.

## PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

- Asegurarse que el equipo esté operando bajo condiciones normales y que el nivel de aceite sea normal.
- Seleccionar el recipiente correcto de muestro y póngalo en una bolsa sellada antes de ir al sitio, al igual que el equipo de muestro.
- Purgue la línea de muestreo correctamente antes de extraer la muestra de aceite.
- Abrir el recipiente de muestra sin sacarlo de la bolsa.
- Perforar la bolsa con la manguera y tomar la muestra hasta el nivel adecuado, dejando espacio de aire requerido según la viscosidad del aceite.
- Tapar el recipiente estando en la bolsa.

- Con la tapa puesta se puede remover la botella de la bolsa. Asegurar que la tapa este apretada y etiquetar la muestra.
- Revisar el nivel de aceite del equipo luego de haber tomado la muestra de aceite.

**Figura 41**  
*Procedimiento de muestreos de aceite*



*Nota:* Tomado de Noria.

### **RECOMENDACIONES PARA ETIQUETADO DE MUESTRAS DE ACEITE:**

- Nombre de la empresa
  - Nombre del equipo
  - Tipo de aceite
  - Marca y grado del aceite
  - Tiempo de uso del aceite
  - Problemas de uso
- Es importante establecer los límites superiores e inferiores de los resultados de las muestras de aceite, pues permitirán alertar de desgastes normales o anormales en los equipos, contaminación de aceite, estado de los aditivos, etc.

#### **4.2.2.3. Control de contaminación**

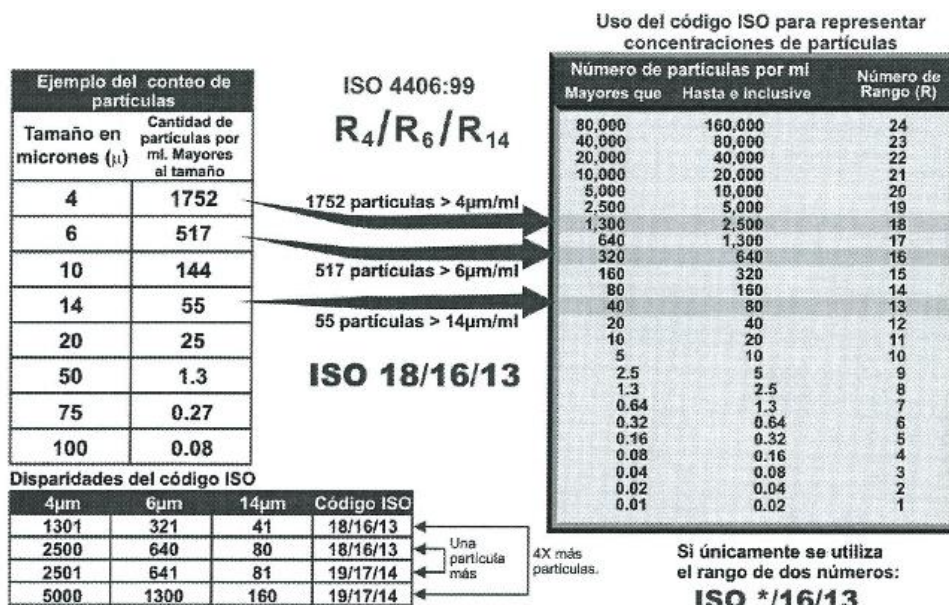
El realizar un buen control de contaminación permitirá determinar una mejor estrategia del programa de mantenimiento. Se obtienen beneficios de alto impacto con el hecho de tener un lubricante limpio. Hoy en día existen buenas prácticas que nos ayudaran a corregir y tomar acción en los sistemas contaminados y monitorear de forma efectiva los niveles de contaminación. Algunos de los conceptos y recomendaciones que no deben de pasar desapercibidos en esta categoría son:

- Los contaminantes que debemos evitar que ingresen y se mezclen con el aceite son polvo, agua, aire, combustible, refrigerantes, químicos, otros lubricantes y otras partículas que no han sido mencionadas anteriormente. Algunos daños causados por la contaminación en el aceite son:
  - Cambios químicos en el aceite: Oxidación, agotamiento prematuro de los aditivos, degradación térmica, etc.
  - Cambios físicos en el aceite: Aumento o disminución de la viscosidad, oxidación, bajo punto de inflamación, etc.
  - Ataque químico a la superficie del equipo: Formación de barniz, destrucción ácida, herrumbe, incremento de acidez, corrosión, etc.
  - Destrucción mecánica de la superficie del equipo: Abrasión, fatiga de la superficie, cavitación, rayado de superficie, pérdida de la resistencia de la película, etc.
- Es importante reconocer de donde viene la contaminación por partículas en el aceite. Existen tres formas:

- Contaminación por partículas incorporadas: Partículas que ingresaron durante el mantenimiento preventivo del equipo y/o partículas que se generaron cuando se fabricó el equipo.
  - Contaminación por partículas que ingresan: Durante el proceso de operación del equipo y/o producto de partículas que ingresan provenientes de la atmósfera.
  - Contaminación por partículas que son generadas: Por desgastes de las superficies de los elementos rotativos y/o por el Aceite.
- En los informes de los resultados del análisis de aceite existe una sección que va relacionada a la contaminación. Dentro de esta sección se detalla el tamaño de partículas y la cantidad que existen. Con esto se puede ver el código ISO 4406 de contaminación sólida. A continuación, se presenta una imagen que nos ayuda a determinar el código de ISO.

**Figura 42**

*Código ISO 4406 de contaminación sólida*



*Nota:* Tomado de Noria.

- Dentro de la Norma internacional ISO 4406 se hace mención específica del nivel de limpieza requerido de los componentes y sistemas hidráulicos. Se presenta el siguiente cuadro:

**Tabla 7**

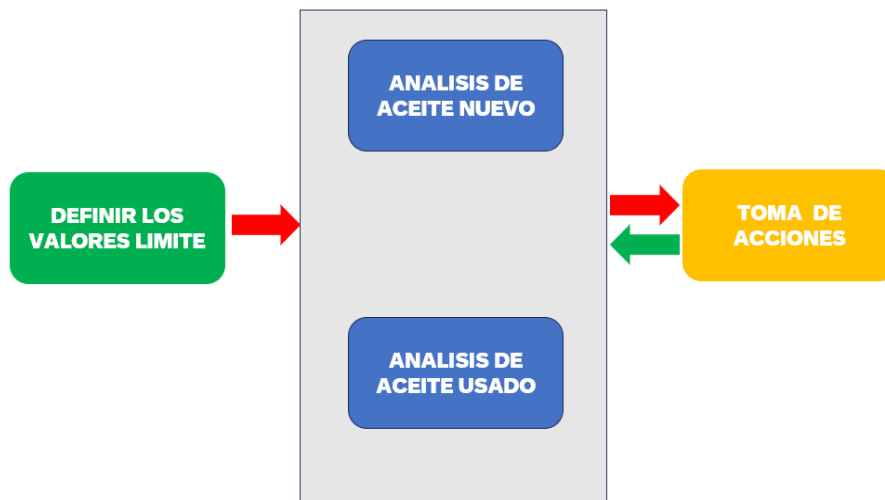
*Nivel de limpieza requerido de los compones y sistemas hidráulicos*

Componente	Código ISO
Control de servo válvula	16/14/11
/Válvulas proporcionales	17/15/12
Bombas / Motores (Paleta – Pistón)	18/16/13
Válvulas de control direccional	18/16/13
Reguladores de presión	18/16/13
Bombas de engranajes	19/17/14
Cilindros hidráulicos	20/18/15
Controladores de flujo	20/18/15
Aceite lubricante nuevo (Sin usar)	20/18/15

*Nota:* Tomado de la Norma Internacional ISO 4406.

- La estrategia recomendada para llevar un buen control de contaminantes tiene como primer paso definir los valores límites. Como segundo paso analizar un aceite nuevo versus el aceite usado. En base al comparativo entre ambos aceites se realizará un plan de acción. A continuación, se muestra la siguiente figura:

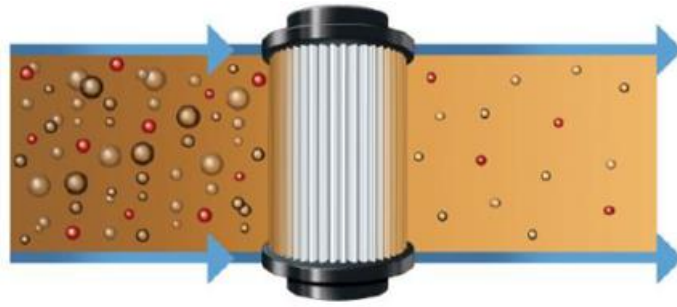
**Figura 43**  
*Estrategia para el buen control de contaminantes*



*Nota:* Tomado de Noria.

- Los tanques (reservorios de aceite) deben contar con deflectores internos a fin de lograr el asentamiento de partículas contaminantes, separación del aire y de otros contaminantes que puedan existir.
- En el caso de puntos de engrase, estos de preferencia deben ser cubiertos a fin de evitar el ingreso de partículas contaminantes.
- En el caso de que existan equipos lubricados por baño o salpique, se tiene la opción de implementar un sistema de filtrado de aceite fuera de línea (riñón).
- Dentro de los accesorios importantes para tener un mejor control de la contaminación tenemos los filtros de calidad (con tasa beta) al tamaño de partícula. Es relevante seleccionar un filtro respirador de alto desempeño de acuerdo al nivel de limpieza requerido en el equipo.
- La tasa Beta es un factor importante en relacionado a la filtración de aceite. La tasa Beta se define como la cantidad de partículas que ingresa al filtro, dividida entre la cantidad de partículas que sale del filtro a un tamaño de partícula determinado.

**Figura 44**  
Filtro de aceite



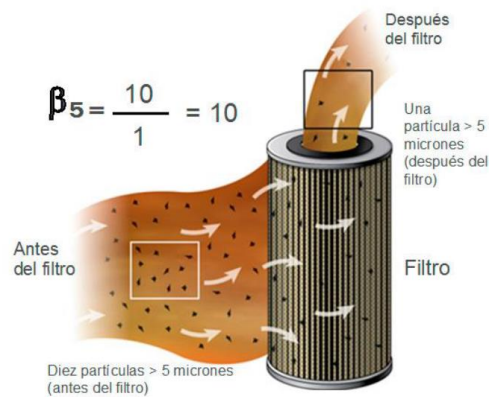
Nota: Tomado de Noria.

La tasa Beta se calcula con la siguiente fórmula:

$$\beta = \frac{\text{Partículas que ingresan al filtro}}{\text{Partículas que salen del filtro}} \quad [6]$$

Por ejemplo, un filtro de 5 micrones con una tasa beta de 10 ( $\beta_5 = 10$ ), tendrá en promedio 10 partículas mayores o iguales a 5 micrones antes de ingresar al filtro por cada partícula mayor o igual a 5 micrones que salen del filtro.

**Figura 45**  
Tasa Beta de filtro de aceite



Nota: Tomado de Noria.

Para el cálculo de la eficiencia del filtro se tiene la siguiente fórmula:

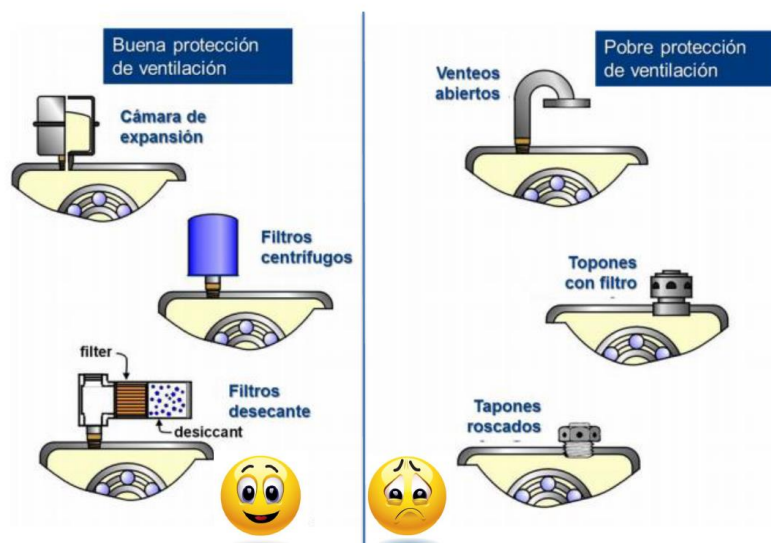
$$\text{Eficiencia} = \left( \frac{\beta - 1}{\beta} \times 100 \right) \quad [7]$$

- Respecto a los filtros respiradores podemos mencionar que durante su funcionamiento se requiere que tengan una buena protección durante la ventilación. Las clases de filtros que cumplen este requerimiento son tres:

- Filtros con cámara de expansión
- Filtros centrífugos
- Filtros desecantes

A continuación, se muestra una imagen de los filtros con los que nos dan una buena protección contra los sistemas y/o elementos del filtrado que nos dan una mala protección.

**Figura 46**  
*Filtros respiradores*

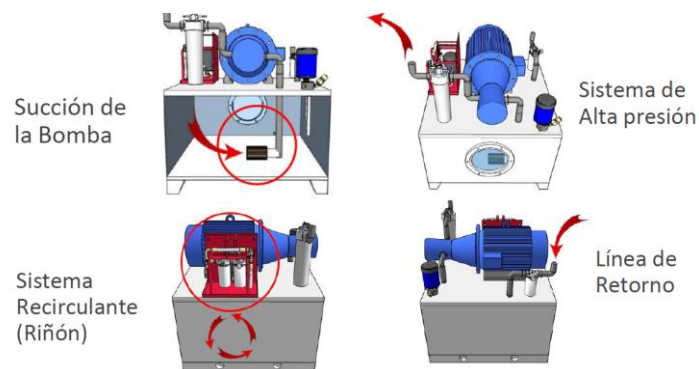


*Nota:* Tomado de Noria.

- Es importante saber en qué posición es conveniente instalar el filtro de aceite. Existen varias opciones como, por ejemplo:
  - En la succión de la bomba: Filtro con malla gruesa de alambre o tela. Usualmente las partículas se desprenden cuando se apaga el sistema.

- En la línea de presión del sistema: Usado en sistemas hidráulicos. Buena localización.
- En la línea de retorno del sistema: Es una localización ideal para sistemas hidráulicos.
- En el sistema recirculante (Riñón): El costo por gramo de suciedad retirada es menor. Se debe de asegurar que tener una tasa de flujo adecuada.

**Figura 47**  
*Sistema recirculante (Riñón)*



*Nota:* Tomado de Noria.

- Respecto a la selección y tamaño de respiradores se tienen las siguientes recomendaciones:
  - Para selección y determinar el tamaño de un filtro respirador es importante saber reconocer la máxima tasa de flujo de aire del respirador. Se debe reconocer que la caída de presión del flujo de aire a través de un filtro es una función cuadrática, por ejemplo, 2x el flujo de aire es igual a 4x la caída de presión.
  - Para determinar la máxima tasa de flujo de aire primero se debe determinar la tasa neta máxima de flujo de aceite (tasa del flujo de la bomba o flujo de retorno de los cilindros) en galones por minuto GPM. A continuación, los GPM los dividimos entre 7.48 para obtener el flujo de aire en pies cúbicos por minuto CFM. Finalmente,

obtenido el valor en CFM se verifica la ficha técnica del filtro respirador seleccionado.

**Figura 48**  
*Filtro desecante*



*Nota:* Tomado de HF Guard.

- En los equipos rotativos es importante seleccionar y verificar el buen estado del sello para evitar problemas de contaminación. Recordemos que los sellos de labio y de laberinto son retenedores de aceite y aseguran la exclusión de tierra, uno más eficiente que otro.

#### **4.2.2.4. Entrenamiento**

Tener un personal calificado es un recurso muy valioso para la organización. Para que un programa de lubricación tenga éxito se debe contar con personal entrenado, con el deseo de cooperar de forma eficiente y proactiva en el desarrollo del programa de lubricación. Es importante que el personal constantemente actualice sus conocimientos y de ser posible buscar certificaciones profesionales que acrediten y avalen sus estudios.

Conceptos y recomendaciones importantes en esta categoría son:

- El personal debe ser consciente de la importancia de hacer bien las cosas desde la primera vez.
- El personal de lubricación debe ser capaz de saber perfectamente lo que hace, sin dar cabida a las dudas.

- Dentro de las certificaciones de lubricación importantes tenemos la MLT, MLA, MLE, etc.
- Es importante que los conocimientos de lubricación sean cruzados con otras disciplinas como vibración, termografía, ultrasonido, etc.

#### 4.2.2.5. Análisis de lubricantes

El análisis de lubricantes es relevante pues permite determinar las estrategias correctivas, preventivas o proactivas que se deberán aplicar de acuerdo al reporte de análisis de lubricantes emitidos por la empresa especializada. El análisis de aceite o lubricantes es la herramienta perfecta para monitorear la condición de una máquina y detectar fallas potenciales.

Dentro de los conceptos y recomendaciones relevantes en análisis de lubricantes se destaca lo siguiente:

- Respecto al análisis de lubricantes existen tres categorías que son evaluadas. Estas categorías pueden pasar por distantes pruebas. En el siguiente cuadro se hace mención algunas pruebas relevantes y el beneficio que se podría obtener en cada una de las tres categorías que destacadas en un análisis de lubricantes.

**Tabla 8**

*Cuadro de análisis de lubricantes y las tres categorías de evaluación*

	PROPIEDADES DEL FLUIDO	CONTAMINACION	PARTICULAS DE DESGASTE
PRUEBAS POSIBLES			
Conteo de partículas	●	●	●
Análisis de humedad	●	●	●
Análisis de viscosidad	●	●	●
Densidad ferrosa	●	●	●
Ferroggrafía analítica	●	●	●
AN/BN (Neutralización)	●	●	●
Punto de inflamación	●	●	●
Leyenda:	● Máximo beneficio	● Mínimo beneficio	● No existe beneficio

*Nota:* Tomado de Noria.

- En los sistemas en los que se puede realizar un análisis de lubricantes son:
  - Reductores de velocidad
  - Aceite de circulación de rodamientos o cojinetes
  - Lubricantes de compresoras de aire
  - En trenes de transmisión de potencia
  - Mandos hidrostáticos
  - Bombas de alimentación de agua
  - Bombas de proceso (Lubricantes de rodamientos)
  - Sistemas hidráulicos industriales y móviles
  - Otros equipos rotativos
  
- El análisis de aceite puede ser una herramienta muy útil pues nos puede detectar una causa de la falla, nos puede ayudar con la detección de la falla en un inicio, nos permite determinar y hacer un diagnóstico exacto del problema que se tiene en el equipo, nos permite determinar el progreso de la falla.

#### **4.2.2.6. Prácticas de lubricación**

La forma como se aplica los lubricantes en los equipos es una tarea muy importante. Muchas veces las empresas optan por comprar costosos lubricantes, pero ignoran las prácticas de lubricación, lo que genera que la confiabilidad en los equipos sea baja. Es importante que se establezcan mejores prácticas al momento de aplicar los lubricantes en los equipos.

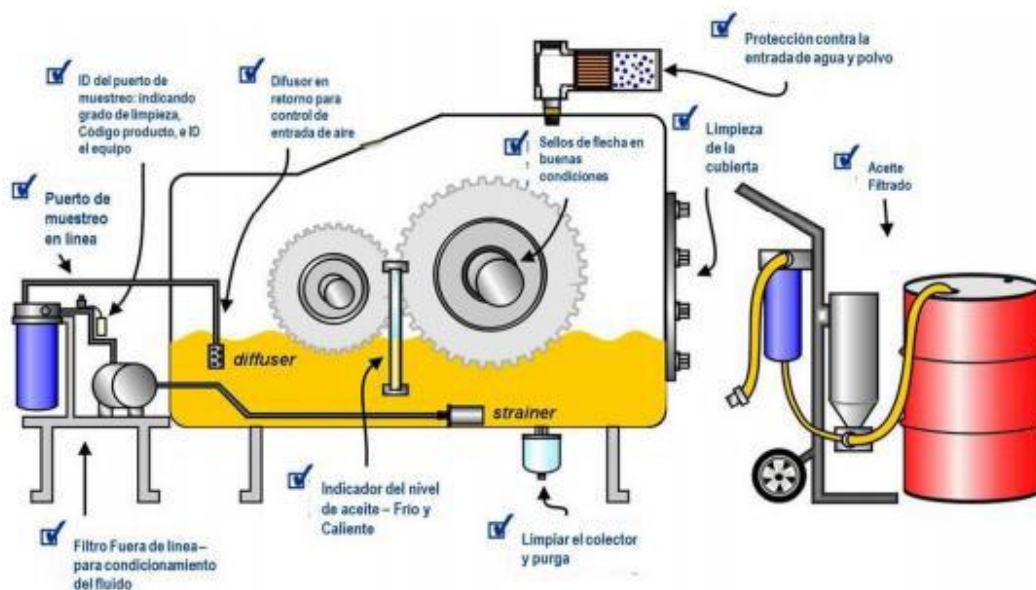
Dentro de los conceptos y recomendaciones en la categoría de prácticas de lubricación se pueden mencionar lo siguiente:

- De ser necesario se deben contratar empresas especializadas que realicen auditorías externas a las prácticas de lubricación para examinar y obtener oportunidades de mejora.
- El personal técnico lubricador que realice su trabajo de forma eficiente y con resultados positivos deben ser reconocidos.
- Existen muchos casos en donde la decisión de cambio de proveedor es tomada unilateralmente por logística, sin consultar al área usuaria (Mantenimiento). Es por esto que los lubricantes que se adquieran deben ser estandarizados y no comprados por marcas.
- Documentar las actividades de lubricación es una tarea esencial. Los informes diarios y mensuales ayudan a identificar los equipos con mayores problemas, como pérdidas de aceite, muestreos de aceite, inspecciones rutinarias, registros de cambios de componentes, etc.
- Se deben contar con protocolos de inspección de todos los equipos. Dentro de estos protocolos se debe hacer mención del lubricante que usa y los puntos de engrase. Estos documentos nos ayudaran a llevar un mejor control de los equipos en el transcurso del tiempo.
- En plantas donde existan cantidades considerables de equipos se deben contar con hojas de ruta que ayuden al personal a garantizar que no se olviden de inspeccionar algún equipo.
- Se deben registrar todos los problemas relacionados con los lubricantes, se deben emitir reportes, informes o un análisis de causa raíz según sea necesario.

- Hacer inspecciones periódicas de los cuartos de lubricación y equipos de planta, a fin de identificar posibles fallencias.
- Se debe gestionar el inventario de lubricantes que se deben tener en la planta. No tener un excedente en planta que me genere costos adicionales por almacenamiento o costos por pérdida de producción por falta de lubricantes. También se debe poner en práctica el método de almacenamiento que garantiza que lo primero en entrar en el almacén es lo primero en salir.
- El análisis de aceite puede ser una herramienta muy útil pues nos puede detectar una causa de la falla.
- Existen dos únicas justificaciones por las cuales se debe cambiar el aceite en un equipo. Una de ellas es por la degradación del aceite. La segunda es por los altos niveles de contaminación existentes.
- Es importante que durante las inspecciones que se hacen a los equipos se verifique lo siguiente:
  - Mantener el lubricante limpio, seco y frío siempre.
  - Revisar el nivel de temperatura del lubricante en operación.
  - En caso de contar con sistemas de enfriamiento, inspeccionar su estado y su eficiencia.
  - Los filtros de aceite deben ser cambiados de acuerdo a condición, por pérdida de eficiencia o presión diferencial.

- Inspección del estado de los sellos de aceite y conexiones del sistema. Evitar las fugas de lubricante.
- Verificar el estado de limpieza de las cubiertas y equipo.
- Inspeccionar el filtro respirador desecante (Protección contra la entrada de agua y polvo).
- En el indicador de nivel de aceite se debe verificar el nivel del aceite en el equipo y su estado.
- Inspeccionar el sistema de purga y limpiar el colector de ser necesario.
- Dentro de las inspecciones que se realicen a los equipos lubricados también es importante incluir la revisión de los instrumentos con los que cuenta el equipo, como sensores de temperatura, medidores de flujo, etc.

**Figura 49**  
*Inspección de equipos*

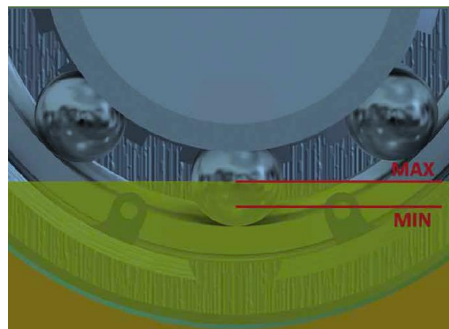


*Nota:* Tomado de Noria.

- En el caso de equipos que cuenten con lubricación por contacto directo. El nivel de aceite no debe estar por encima de la mitad de la bola inferior del rodamiento. Con un bajo nivel de aceite no se logrará formar una adecuada película de lubricante. Por el contrario, si el nivel está alto genera demasiada agitación produciendo una tasa de oxidación mayor.

**Figura 50**

*Nivel de lubricante en sistemas de contacto directo*



*Nota:* Tomado de Noria.

- En el caso de lubricación por salpicadura en reductores de velocidad se tiene niveles óptimos de llenado de aceite como se muestra en la siguiente imagen.
- Actualmente la tecnología en lubricación viene mostrando algunos cambios importantes. Dentro de estos, la incorporación de nuevos accesorios que facilitan las inspecciones de los equipos lubricados, como, por ejemplo, las mirillas 3D, mirillas de columna, tazones de agua y sedimentación.

*Figura 51*

*Mirilla de columna con tazón de agua y sedimentación*



*Nota:* De <https://power-mi.com/es/content/indicadores-de-niveles>.

**Figura 52**  
*Tazón de agua y sedimentación*



*Nota:* De <https://power-mi.com/es/content/indicadores-de-niveles>.

**Figura 53**  
*Mirilla 3D*



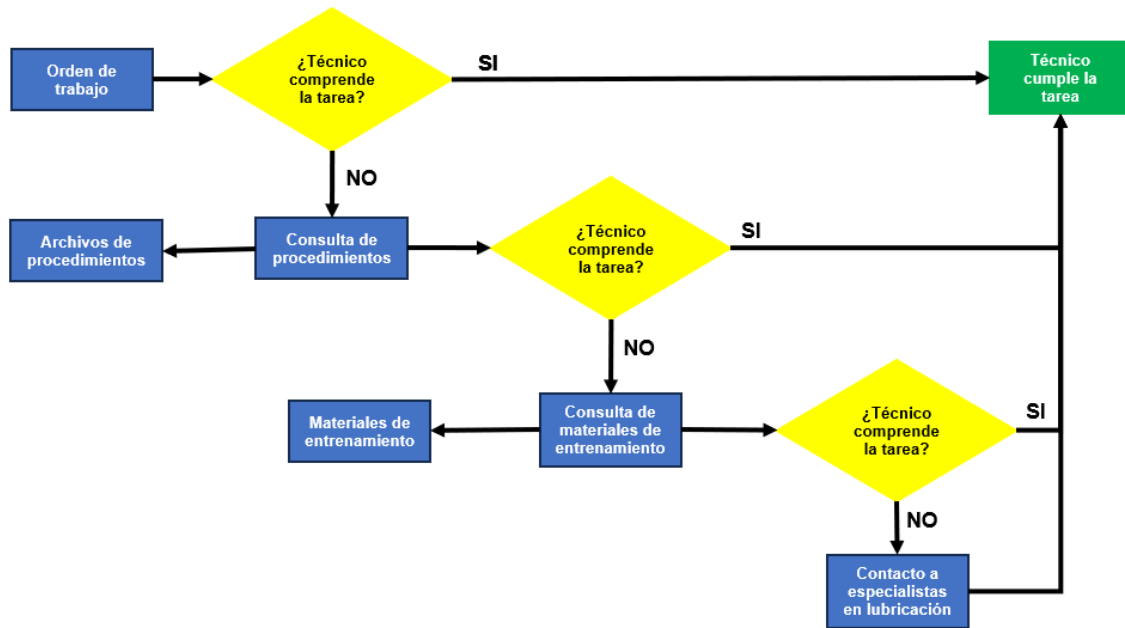
*Nota:* De <https://www.linkedin.com/pulse/visores-3d-marcio-gomes>.

#### **4.2.2.7. Administración del programa**

Para la administración del programa de lubricación se cuenta con la dirección del área de mantenimiento teniendo como áreas de soporte a personal de logística, administración y operaciones. Todos ellos juegan un rol vital en el proceso de la administración del programa de lubricación. Tener un manejo eficiente del programa de lubricación permitirá optimizar y aprovechar mejor los recursos destinados a las tareas de lubricación.

Para el caso específico en el que se designa una orden de trabajo de mantenimiento en lubricación se cuenta con un flujograma que ayudará para que la orden de mantenimiento asignada se realice con éxito.

**Figura 54**  
*Flujograma de asignación de ordenes de trabajo de lubricación*



#### 4.2.2.8. Procedimientos

Los procedimientos de trabajo asociados a las actividades de lubricación son documentos que sirven para normalizar el desarrollo de una actividad de acuerdo a pautas e indicaciones estándares, en función de factores como la calidad, seguridad y cuidado del medio ambiente.

Algunos puntos relevantes en lubricación referido a los procedimientos podemos mencionar lo siguiente:

- Los procedimientos escritos de lubricación deben ser lo más detallado posible y de preferencia con imágenes que ayuden al buen entendimiento. Es importante que en el procedimiento se identifique correctamente el lubricante, se debe mencionar la cantidad correcta de lubricante que se usará en el equipo y la frecuencia de cambio de lubricante o re-engrase (Según aplique).
- Se deben tener procedimientos escritos para el cambio de aceite, cambio de grasa y re engrase, relleno, flushing de sistemas hidráulicos, etc.

- Se debe contar con un programa para el cambio de aceite y reengrase de equipos.
- Se deben identificar correctamente todos los puntos de lubricación.
- Se debe contar las fichas técnicas y hojas MSDS de cada lubricante que se utilice.

#### **4.2.2.9. *Objetivos y métricas del programa***

Para que el programa de lubricación se pueda controlar y evaluar constantemente se deben implementar métricas que ayuden a verificar si se están cumpliendo las metas establecidas del programa.

Para medir el nivel de cumplimiento de las metas, se usan unos indicadores de desempeño (KPI's). Algunos que pueden usarse en el programa son:

- KPI's para los análisis de lubricantes usados para verificar la calidad de la lubricación.
- KPI's de la gestión del trabajo como, por ejemplo, el cumplimiento de las tareas de lubricación, tareas de lubricación vencidas.
- KPI's relacionadas al almacenamiento y manejo como, por ejemplo, la falta de lubricante en existencia.
- KPI's de salud y medio ambiente como, por ejemplo, la tasa de recolección de desperdicios lubricantes.
- KPI's de equipos como, por ejemplo, numero de fallas relacionadas con lubricación.
- Entre otras.

#### **4.2.2.10. *Seguridad y medio ambiente***

Las actividades de lubricación deben tener dos factores importantes siempre presentes, antes, durante y después del desarrollo de cualquier actividad relacionada a la lubricación de

equipos. Una buena gestión en el programa de lubricación de equipos tiene como hitos importantes la seguridad del trabajador y el cuidado del medio ambiente.

A continuación, se hace mención a algunas recomendaciones relacionadas a la seguridad y medio ambiente.

#### Seguridad:

- Antes de usar cualquier equipo se debe realizar una inspección visual y de requerirse hacer un check list de pre uso, con el fin de asegurar que el equipo se encuentra en condiciones de operación normales.
- Usar los equipos de protección personal siempre a fin de salvaguardar la integridad del personal que ejecuta las labores de lubricación.
- Cuando se hace la inspección de equipo en operaciones tener cuidado de no acercarse a la línea de fuego, especialmente tener mucha más precaución en puntos donde existan fugas de aceite en alta presión, debido a que existe un riesgo latente de liberación de energía.
- En el caso de las pistolas de engrase y los puntos de engrase de un equipo, se debe verificar que estén debidamente apretados a fin de evitar fugas de grasa o liberación espontánea de grasa a presión que pueda ocasionar lesiones al trabajador.
- Para el transporte de cilindros de lubricantes, se debe hacer con apoyo de equipos auxiliares de traslado y/o izaje según necesidad. El no usar los equipos de apoyo hacen que la probabilidad de ocurrencia de un accidente sea alta.
- Todo derrame de lubricante debe ser limpiado inmediatamente, a fin de evitar un posible accidente, en el caso de que el derrame tenga contacto directo con el medio

ambiente se debe contener inmediatamente y solicitar el apoyo del área especialista para el soporte y evaluación del plan de acción del incidente ambiente (de requerirse).

- Respecto al almacén de lubricantes es importante tener las siguientes recomendaciones de seguridad:
  - Los extintores de fuego deben estar ubicados estratégicamente y deben pasar por una inspección mensual. Adicionalmente tener en cuenta que los extintores tienen una fecha de vencimiento, es por ello que se debe manejar un programa de recambio.
  - Los elementos de limpieza como trapos o toallas de absorción usados deben ser dispuestos en contenedores apropiados (elementos contaminados con hidrocarburos).
  - Es importante que el almacén de lubricantes tenga un buen sistema de ventilación natural o forzada, una alta concentración de gases tóxicos puede ser muy perjudicial para la salud del personal.
  - Evitar el contacto directo y de forma prolongada del lubricante con la piel. Revisar las hojas MSDS de los lubricantes en caso de tener alguna inquietud o una irritación con la piel. Tener en cuenta que a largo plazo el contacto directo del lubricante con la piel puede ocasionar cáncer.
  - Evitar la inhalación de niebla de aceite durante las labores que realicen.
  - Está prohibido realizar cualquier trabajo que genere una fuente que genere chispas o llamas de fuego (trabajos en caliente). Esto incluye la prohibición de fumar.

Medio ambiente:

- Los lubricantes contienen materiales dañinos para la vida (elementos tóxicos) y al ambiente (elementos contaminantes).
- Es importante tener procedimientos adecuados para el almacenaje, recolección, manejo y desecho de los lubricantes, con el objetivo de evitar que sean liberados y exponer el contacto directo con el agua o tierra.
- Conservar el lubricante minimiza la cantidad usada y por lo tanto el impacto al medio ambiente. Dentro de las más importantes acciones que aportan en la conservación del lubricante son:
  - Buenas prácticas de recepción y almacenaje.
  - Tener un buen programa de monitoreo de condición y planes de acción que permitan llevar un buen control y evaluación del programa.
  - Cumplir con el programa de mantenimiento de los equipos.
  - Reciclar el lubricante si es posible
- El cilindro de aceite usado si no es correctamente identificado y dispuesto, es una fuente simple para poder ocasionar un accidente ambiental.
- No quemar el aceite o grasa usada al aire libre.

#### ***4.2.2.11. Descripciones de los equipos***

A continuación, se le presentará un cuadro describiendo a los equipos del área de chancado, en donde sale su marca, modelo, el tipo de lubricante, su capacidad, etc. Todos estos

datos fueron obtenidos de manera efectiva por el manual de cada una de ellas y resumidas en un cuadro.

**Tabla 9**  
*Cuadro descriptivo de los equipos del área de chancado*

EQUIPO	MARCA	COMPONENTE	TIPO DE LUBRICANTE	TIPO DE ACEITE	CAPACIDAD GLNS	FRECUENCIA DE CAMBIO DE ACEITE	FRECUENCIA DE MUESTREO
TOLVA ROM	-	-	-	-	-	-	-
APRON FEEDER	OSBORN	UNIDAD HIDRÁULICA DE BOMBEO	ACEITE	MOBIL DTE 25	55	6 MESES	2 MESES
ZARANDA GRIZZLY	METSO	UNIDAD HIDRÁULICA EXCENTRICA	ACEITE	MOBIL GEAR 600 XP SHC 320	3	6 MESES	2 MESES
CHANCADORA DE QUIJADAS C120	METSO	UNIDAD HIDRAULICA DE BOMBEO	ACEITE	MOBIL DTE10 EXCEL 46	15	6 MESES	2 MESES
FAJA #1 (SACRIFICIO)	CONTINENTAL	REDUCTOR	ACEITE	MOBIL SHC627	3	6 MESES	2 MESES
FAJA #2	CONTINENTAL	REDUCTOR	ACEITE	MOBIL SHC627	5	6 MESES	2 MESES
FAJA #3 (CURVA)	CONTINENTAL	REDUCTOR A	ACEITE	MOBIL SHC627	35	6 MESES	1 MESES

#### 4.2.2.12. Cantidad de reengrase y frecuencia en rodamientos de las poleas en fajas transportadoras

Según SKF con las fórmulas previamente explicadas podemos calcular la cantidad de reengrase y frecuencia en los rodamientos de las poleas en las fajas transportadoras. Las fórmulas son las siguientes:

$$m_1 = D.B.x \text{ (gramos)} \quad T = K \left[ \left( \frac{14000000}{n\sqrt{d}} \right) - 4d \right] \text{ (horas)}$$

Ahora se les presentara una tabla donde esta todas las variables presentes en las fórmulas que se midieron en campo.

Para el cálculo del factor x se consideró el periodo de engrase semanalmente, entonces se escogió el valor correspondiente (Ver ANEXO 1).

Para el cálculo del factor K se consideró lo siguientes valores según tabla (Ver ANEXO 2).

$$F_t = 1 ; F_c = 0.2 ; F_h = 0.4 ; F_v = 0.3 ; F_d = 1 ; F_p = 1$$

Solo en los rodamientos 22222 EK que son 4 el  $F_p = 0.3$

**Tabla 10***Cuadro de valores de los rodamientos*

RODAMIENTO	FACTOR K	FACTOR DE PERIODO DE ENGRASE (x)	ANCHO DE RODAMIENTO (mm) (B)	DIAMETRO EXTERIOR (mm) (D)	DIAMETRO INTERIOR (mm) (d)	DIAMETRO DE POLEA (mm)	VELOCIDAD (RPM)
22232 CCK/W33	0.024	0.002	90	290	160	800	61.78
23140 CCK/W33	0.024	0.002	112	340	200	1000	49.42
22228 CCK/W33	0.024	0.002	68	250	140	630	78.44
23140 CCK/W33	0.024	0.002	112	340	200	800	61.78
23048 CCK/W33	0.024	0.002	92	360	220	1000	49.42
22232 CCK/W33	0.024	0.002	90	290	160	800	61.78
22228 CCK/W33	0.024	0.002	68	250	140	630	78.44
22222 EK	0.0072	0.002	53	200	110	630	78.44
22222 EK	0.0072	0.002	53	200	110	630	78.44
22228 CCK/W33	0.024	0.002	68	250	140	630	78.44
22232 CCK/W33	0.024	0.002	90	290	160	800	61.78
22228 CCK/W33	0.024	0.002	68	250	140	630	78.44
22228 CCK/W33	0.024	0.002	68	250	140	630	78.44
22232 CCK/W33	0.024	0.002	90	290	160	800	61.78
22228 CCK/W33	0.024	0.002	68	250	140	630	78.44
22222 EK	0.0072	0.002	53	200	110	630	78.44
22222 EK	0.0072	0.002	53	200	110	630	78.44
22228 CCK/W33	0.024	0.002	68	250	140	630	78.44
22232 CCK/W33	0.024	0.002	90	290	160	800	61.78
22228 CCK/W33	0.024	0.002	68	250	140	630	78.44
22228 CCK/W33	0.024	0.002	68	250	140	630	78.44
22232 CCK/W33	0.024	0.002	90	290	160	800	61.78
22228 CCK/W33	0.024	0.002	68	250	140	630	78.44
22228 CCK/W33	0.024	0.002	68	250	140	630	78.44
22232 CCK/W33	0.024	0.002	90	290	160	800	61.78
22228 CCK/W33	0.024	0.002	68	250	140	630	78.44
22228 CCK/W33	0.024	0.002	68	250	140	630	78.44

Tendiendo estos datos ya podemos reemplazar los valores en las fórmulas anteriores para obtener la cantidad de grasa y la frecuencia de engrase.

**Tabla 11***Cuadro de cantidad de grasa y frecuencia de re engrase*

ITEM	DESCRIPCION	RODAMIENTO	CANTIDAD DE GRASA (grs.) (m1)	FRECUENCIA DE RE ENGRASE (Hrs.) (T)
1	POLEA #1	22232 CCK/W33	52.2	414.6
2	POLEA #2	23140 CCK/W33	76.16	461.6
3	POLEA #3	22228 CCK/W33	34	348.6
4	POLEA #4	23140 CCK/W33	76.16	365.4
5	POLEA #5	23048 CCK/W33	66.24	437.3
6	POLEA #6	22232 CCK/W33	52.2	414.6
7	POLEA #7	22228 CCK/W33	34	348.6
8	POLEA #9	22222 EK	21.2	119.4
9	POLEA #10	22222 EK	21.2	119.4
10	POLEA #11	22228 CCK/W33	34	348.6
11	POLEA #12	22232 CCK/W33	52.2	414.6
12	POLEA #13	22228 CCK/W33	34	348.6
13	POLEA #14	22228 CCK/W33	34	348.6
14	POLEA #15	22232 CCK/W33	52.2	414.6
15	POLEA #16	22228 CCK/W33	34	348.6
16	POLEA #17	22222 EK	21.2	119.4
17	POLEA #18	22222 EK	21.2	119.4
18	POLEA #19	22228 CCK/W33	34	348.6
19	POLEA #20	22232 CCK/W33	52.2	414.6
20	POLEA #21	22228 CCK/W33	34	348.6
21	POLEA #22	22228 CCK/W33	34	348.6
22	POLEA #23	22232 CCK/W33	52.2	414.6
23	POLEA #24	22228 CCK/W33	34	348.6
24	POLEA #25	22228 CCK/W33	34	348.6

#### ***4.2.2.13. Cartillas de lubricación para los equipos***

Las cartillas se hicieron con el fin de mejorar, organizar y ordenar las tareas debidas a la lubricación de los equipos en el área de chancado, estas cartillas se deben realizar cada cierto tiempo para los diferentes equipos del área de chancado en las paradas programadas de cada uno. (VER ANEXO 3).

#### ***4.2.2.14. Procedimiento de lubricación de los equipos***

Se hizo también un procedimiento de lubricación para los equipos en el área de chancado, el cual indica el personal, el EPP, herramientas, las restricciones y el procedimiento para empezar a engrasar cualquier equipo en la planta. (VER ANEXO 4).

#### **4.2.3. Determinación de la confiabilidad de los equipos de chancado**

Para calcular la confiabilidad actual de los equipos de chancado se realizó un registro de parámetros de operación y el reporte de fallas de los equipos de chancado.

En primer lugar, se describen los parámetros de operación importantes para el cálculo de la confiabilidad de los equipos de chancado. Dentro de los datos operativos relevantes tenemos:

- Paradas programadas por mantenimiento en un año.
- Días disponibles para operación del circuito de chancado en un año.
- Tiempo de operación del circuito de chancado en un día.
- Tiempo de operación del circuito de chancado en un mes.

A continuación, se presenta una tabla con los registros de los parámetros de operación del circuito de chancado.

**Tabla 12***Parámetros de operación del circuito de Chancado*

Paradas programadas en un año (Días)	26	Días
Tiempo total disponible en un año (Días)	339	Días
Tiempo de operación disponible anual (Horas)	6102	Hrs
Tiempo de operación por días (Hrs)	18	Hrs
Tiempo total disponible en un mes (Hrs)	504	Hrs

Por otro lado, tenemos el reporte de fallas de los equipos de chancado, donde se identifican los siguientes ítems:

- Número de fallas.
- Equipo que presentó la falla.
- Día de la falla.
- Fecha y hora de inicio de la falla.
- Fecha y hora de fin de la falla.
- Tiempo fuera de servicio.
- Tiempo total fuera de servicio del equipo en un año.
- Descripción del reporte o evento.
- Tipo de mantenimiento.

Se presentan los reportes de fallas de los equipos de chancado de los años 2020 y 2021. En el año 2020 se tuvo en total 20 reportes de fallas, mientras que en el año 2021 se tuvieron 16.

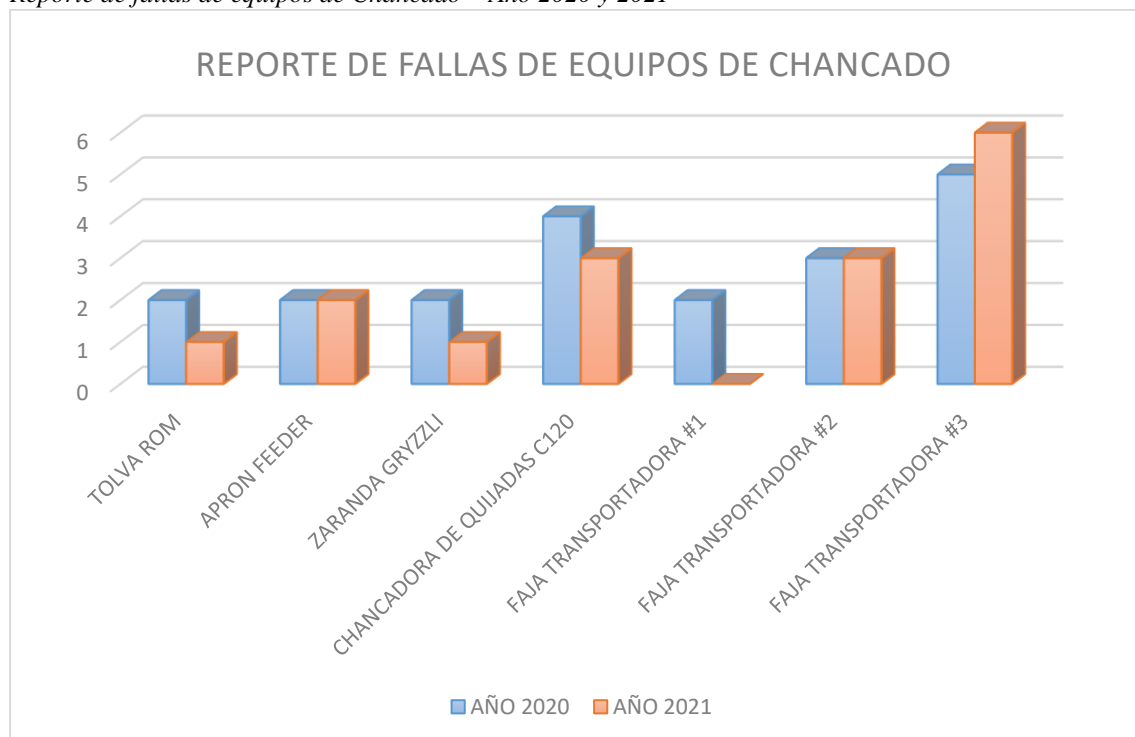
A continuación, presenta un cuadro de reporte de fallas por cada equipo en cada año:

**Tabla 13**  
*Reporte de fallas por cada equipo año 2020 y2021*

<b>REPORTE DE FALLAS DE CHANCADO</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
TOLVA ROM	2	1
APRON FEEDER	2	2
ZARANDA GRYZZLI	2	1
CHANCADORA DE QUIJADAS C120	4	3
FAJA TRANSPORTADORA #1	2	0
FAJA TRANSPORTADORA #2	3	3
FAJA TRANSPORTADORA #3	5	6
<b>TOTAL DE FALLAS EN EL AÑO</b>	<b>20</b>	<b>16</b>

Se presenta el registro de reporte de fallas de los equipos de chancado de los años 2020 y 2021.

**Figura 56**  
*Reporte de fallas de equipos de Chancado – Año 2020 y 2021*



**Tabla 14**

*Cuadro de reportes de fallas de chancado- Año 2020*

CUADRO DE REPORTES DE FALLAS DE CHANCADO - 2020										
Nº DE FALLA	EQUIPO	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS (Días)	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	TOLVA ROM	jueves, 23 de Abril de 2020	23/04/2020 / 09:35	23/04/2020 / 11:10	0.07	1.58	3	0.13	Caida de un liner central tipo L	Mantenimiento correctivo
2		martes, 15 de Setiembre de 2020	15/09/2020 / 17:47	15/09/2020 / 19:12	0.06	1.42			Rotura de pernos en liners centrales de la parrilla	Mantenimiento correctivo
3	APRON FEEDER	miércoles, 29 de Abril de 2020	29/04/2020 / 07:33	29/04/2020 / 22:46	0.63	15.22	51.85	2.16	Falla de bomba hidráulica #1 del sistema motriz del apron feeder	Mantenimiento correctivo
4		sábado, 5 de Setiembre de 2020	5/09/2020 / 13:47	07/09/2020 / 02:25	1.53	36.63			Calentamiento de rodamientos de eje motriz del apron feeder	Mantenimiento correctivo
5	ZARANDA GRIZZLI	jueves, 9 de Enero de 2020	9/01/2020 / 12:31	9/01/2020 / 14:10	0.07	1.65	14.55	0.61	Rotura de manguera hidráulica #3	Mantenimiento correctivo
6		martes, 30 de Junio de 2020	30/06/2020 / 05:44	30/06/2020 / 18:38	0.54	12.9			Rotura de manguera de retorno de aceite del sistema excéntrico.	Mantenimiento correctivo
7	CHANCADORA DE QUIJADAS C120	martes, 12 de Mayo de 2020	12/05/2020 / 18:05	13/05/2020 / 05:16	0.47	11.18	28.04	1.17	Alta temperatura en rodamiento lado A del Pitman	Mantenimiento correctivo
8		martes, 21 de Julio de 2020	21/07/2020 / 08:18	21/07/2020 / 10:30	0.09	2.2			Soltura de pernos de muela fija	Mantenimiento correctivo
9		viernes, 25 de Setiembre de 2020	25/09/2020 / 17:05	26/09/2020 / 01:43	0.36	8.63			Sonido fuerte y alta vibración en el motor eléctrico	Mantenimiento correctivo
10		martes, 15 de Diciembre de 2020	15/12/2020 / 20:15	16/12/2020 / 02:17	0.25	6.03			Alta temperatura en rodamiento lado B del Pitman	Mantenimiento correctivo
11	FAJA #1	sábado, 25 de Julio de 2020	25/07/2020 / 14:20	25/07/2020 / 00:38	0.43	10.3	11.7	0.49	Rotura de grapas	Mantenimiento correctivo
12		viernes, 30 de Octubre de 2020	30/10/2020 / 06:25	30/10/2020 / 07:49	0.06	1.4			Detención de faja por alta temperatura en reductor A	Mantenimiento correctivo
13	FAJA #2	miércoles, 17 de Junio de 2020	17/06/2020 / 10:35	17/06/2020 / 17:32	0.29	6.95	13.7	0.57	Corte de faja	Mantenimiento correctivo
14		lunes, 19 de Octubre de 2020	19/10/2020 / 21:12	19/10/2020 / 01:38	0.18	4.43			Corte de faja	Mantenimiento correctivo
15		martes, 24 de Noviembre de 2020	24/11/2020 / 16:53	24/11/2020 / 19:12	0.10	2.32			Rotura de grapas	Mantenimiento correctivo
16	FAJA #3	lunes, 17 de Febrero de 2020	17/02/2020 / 10:07	17/02/2020 / 11:53	0.07	1.77	17.38	0.72	Rotura de faja	Mantenimiento correctivo
17		lunes, 25 de Mayo de 2020	25/05/2020 / 04:27	25/05/2020 / 09:53	0.23	5.43			Desalineamiento de faja	Mantenimiento correctivo
18		jueves, 30 de Julio de 2020	30/07/2020 / 09:47	30/07/2020 / 11:12	0.06	1.42			Desalineamiento de faja	Mantenimiento correctivo
19		martes, 11 de Agosto de 2020	11/08/2020 / 11:25	11/08/2020 / 14:51	0.14	3.43			Calentamiento de polea #2 lado B	Mantenimiento correctivo
20		sábado, 21 de Noviembre de 2020	21/11/2020 / 19:38	21/11/2020 / 00:58	0.22	5.33			Detención de faja por alta temperatura en reductor A	Mantenimiento correctivo

**Tabla 15**

*Cuadro de reportes de fallas de chancado- Año 2021*

CUADRO DE REPORTES DE FALLAS DE CHANCADO - 2021										
N° DE FALLA	EQUIPO	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	TOLVA ROM	lunes, 31 de Mayo de 2021	31/05/2021 / 05:25	31/05/2021 / 08:23	0.12	2.97	2.97	0.12	Caida de un liner central tipo L	Mantenimiento correctivo
2	APRON FEEDER	sábado, 15 de Mayo de 2021	15/05/2021 / 10:23	16/05/2021 / 00:05	0.57	13.7	43.48	1.81	Falla de bomba hidráulica #1 del sistema motriz del apron feeder	Mantenimiento correctivo
3		martes, 2 de Noviembre de 2021	02/11/2021 / 12:37	03/11/2021 / 18:24	1.24	29.78			Calentamiento de rodamientos de eje motriz del apron feeder	Mantenimiento correctivo
4	ZARANDA GRYZZLI	domingo, 4 de Abril de 2021	04/04/2021 / 12:37	04/04/2021 / 00:24	0.49	11.78	11.78	0.49	Rotura de manguera de retorno de aceite del sistema excéntrico.	Mantenimiento correctivo
5	CHANCADORA DE QUIJADAS C120	viernes, 8 de Enero de 2021	08/01/2021 / 21:02	09/01/2021 / 06:11	0.38	9.15	18.79	0.78	Alta temperatura en rodamiento lado A del	Mantenimiento correctivo
6		lunes, 26 de Abril de 2021	26/04/2021 / 02:13	26/04/2021 / 04:44	0.11	2.52			Soltura de pernos de muela fija	Mantenimiento correctivo
7		viernes, 5 de Marzo de 2021	05/03/2021 / 16:58	05/03/2021 / 00:05	0.30	7.12			Sonido fuerte y alta vibración en el motor	Mantenimiento correctivo
8	FAJA #2	jueves, 13 de Febrero de 2020	13/02/2021 / 09:45	13/02/2021 / 13:55	0.17	4.1	11.77	0.49	Corte de faja	Mantenimiento correctivo
9		domingo, 15 de Agosto de 2021	15/08/2021 / 20:05	15/08/2021 / 01:26	0.22	5.21			Corte de faja	Mantenimiento correctivo
10		jueves, 16 de Setiembre de 2021	16/09/2021 / 14:55	16/09/2021 / 17:41	0.10	2.46			Rotura de grapas	Mantenimiento correctivo
11	FAJA #3	viernes, 22 de Enero de 2021	22/01/2021 / 05:03	22/01/2021 / 08:21	0.14	3.3	12.46	0.52	Rotura de faja	Mantenimiento correctivo
12		miércoles, 7 de Abril de 2021	07/04/2021 / 02:25	07/04/2021 / 03:03	0.03	0.63			Desalineamiento de faja	Mantenimiento correctivo
13		lunes, 14 de Junio de 2021	14/06/2021 / 04:59	14/06/2021 / 05:36	0.03	0.63			Desalineamiento de faja	Mantenimiento correctivo
14		domingo, 22 de Agosto de 2021	22/08/2021 / 14:31	22/08/2021 / 16:25	0.08	1.9			Calentamiento de polea #2 lado B	Mantenimiento correctivo
15		miércoles, 20 de Octubre de 2021	20/10/2021 / 11:47	20/10/2021 / 15:57	0.17	4.17			Detención de faja por alta temperatura en	Mantenimiento correctivo
16		lunes, 29 de Noviembre de 2021	29/11/2021 / 12:02	29/11/2021 / 13:52	0.08	1.83			Detención de faja por alta temperatura en	Mantenimiento correctivo

Con los datos de operación de chancado, con el reporte de fallas de los equipos de chancado y haciendo uso de la fórmula de confiabilidad descrita anteriormente se hace el cálculo de la confiabilidad de cada uno de los equipos de chancado.

#### 4.2.3.1. Confiabilidad de Tolva ROM

Como se mencionó anteriormente la tolva ROM es un equipo que recepciona el mineral de mina. Para el cálculo de la confiabilidad de los años 2020 y 2021 se tomarán en cuenta los registros de reportes de falla.

### Año 2020

**Tabla 16**

*Cuadro de reportes de fallas de tolva ROM – Año 2020*

Nº DE FALLA	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	jueves, 23 de Abril de 2020	23/04/2020 / 09:35	23/04/2020 / 11:10	0.07	1.58	3	0.13	Caida de un liner central tipo L.	Mantenimiento correctivo
2	martes, 15 de Setiembre de 2020	15/09/2020 / 17:47	15/09/2020 / 19:12	0.06	1.42			Rotura de pernos en liners centrales de la parrilla	Mantenimiento correctivo

**Tabla 17**

*Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la tolva ROM – Año 2020*

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN POR DIA</b>	18	Hrs
<b>PARADAS PROGRAMADAS</b>	26	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	339	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	6102	Hrs
<b>MTBF</b>	3049.5	Hrs
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE EN UN MES</b>	504	Hrs
<b>CONFIABILIDAD DE EQUIPO EN UN MES</b>	86%	

### Año 2021

**Tabla 18**

*Cuadro de reportes de fallas de tolva ROM – Año 2021*

Nº DE FALLA	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS (Días)	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	lunes, 31 de Mayo de 2021	31/05/2021 / 05:25	31/05/2021 / 08:23	0.12	2.97	2.97	0.12	Caida de un liner central tipo L.	Mantenimiento correctivo

**Tabla 19**

*Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la tolva ROM – Año 2021*

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN POR DIA</b>	18	Hrs
<b>PARADAS PROGRAMADAS</b>	26	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	339	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	6102	Hrs
<b>MTBF</b>	6099.0	Hrs
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE EN UN MES</b>	504	Hrs
<b>CONFIABILIDAD DE EQUIPO EN UN MES</b>	93%	

### 4.2.3.2. Confiabilidad del Apron Feeder

El alimentador de cadenas es un transportador de material con alta granulometría. En los años 2020 y 2021 tuvo los reportes de falla descritos líneas abajo, con ello se hará el cálculo de la confiabilidad del equipo en ambos años.

#### Año 2020

**Tabla 20**

*Cuadro de reportes de fallas del Apron Feeder – Año 2020*

N° DE FALLA	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS (Días)	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	miércoles, 29 de Abril de 2020	29/04/2020 / 07:33	29/04/2020 / 22:46	0.63	15.22	51.85	2.16	Falla de bomba hidráulica #1 del sistema motriz del apron feeder	Mantenimiento correctivo
2	sábado, 5 de Setiembre de 2020	5/09/2020 / 13:47	07/09/2020 / 02:25	1.53	36.63			Calentamiento de rodamientos de eje motriz del apron feeder	Mantenimiento correctivo

**Tabla 21**

*Cuadro de cálculo de la confiabilidad del Apron Feeder– Año 2020*

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN POR DIA</b>	18	Hrs
<b>PARADAS PROGRAMADAS</b>	26	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	339	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	6102	Hrs
<b>MTBF</b>	3025.1	Hrs
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE EN UN MES</b>	504	Hrs
<b>CONFIABILIDAD DE EQUIPO EN UN MES</b>	86%	

#### Año 2021

**Tabla 22**

*Cuadro de reportes de fallas del Apron Feeder – Año 2021*

N° DE FALLA	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS (Días)	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	sábado, 15 de Mayo de 2021	15/05/2021 / 10:23	16/05/2021 / 00:05	0.57	13.7	43.48	1.81	Falla de bomba hidráulica #1 del sistema motriz del apron feeder	Mantenimiento correctivo
2	martes, 2 de Noviembre de 2021	02/11/2021 / 12:37	03/11/2021 / 18:24	1.24	29.78			Calentamiento de rodamientos de eje motriz del apron feeder	Mantenimiento correctivo

*Tabla 23 Cuadro de cálculo de la confiabilidad del Apron Feeder– Año 2021*

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN POR DIA</b>	18	Hrs
<b>PARADAS PROGRAMADAS</b>	26	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	339	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	6102	Hrs
<b>MTBF</b>	3025.1	Hrs
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE EN UN MES</b>	504	Hrs
<b>CONFIABILIDAD DE EQUIPO EN UN MES</b>	86%	

### 4.2.3.3. Confiabilidad de la Zaranda Grizzly

La zaranda vibratoria Grizzly tuvo 02 reportes por falla de equipo en el año 2020 y 01 en el año 2021. Con estos datos se procederá a realizar el cálculo de la confiabilidad del equipo en los años en mención.

#### Año 2020

**Tabla 24**

*Cuadro de reportes de fallas de la Zaranda Grizzly – Año 2020*

N° DE FALLA	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	jueves, 9 de Enero de 2020	9/01/2020 / 12:31	9/01/2020 / 14:10	0.07	1.65	14.55	0.61	Rotura de manguera hidráulica #3	Mantenimiento correctivo
2	martes, 30 de Junio de 2020	30/06/2020 / 05:44	30/06/2020 / 18:38	0.54	12.9			Rotura de manguera de retorno de aceite del	Mantenimiento correctivo

**Tabla 25**

*Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Zaranda Grizzly– Año 2020*

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN POR DIA</b>	18	Hrs
<b>PARADAS PROGRAMADAS</b>	26	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	339	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	6102	Hrs
<b>MTBF</b>	3043.7	Hrs
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE EN UN MES</b>	504	Hrs
<b>CONFIABILIDAD DE EQUIPO EN UN MES</b>	86%	

#### Año 2021

**Tabla 26**

*Cuadro de reportes de fallas de la Zaranda Grizzly – Año 2021*

N° DE FALLA	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	domingo, 4 de Abril de 2021	04/04/2021 / 12:37	04/04/2021 / 00:24	0.49	11.78	11.78	0.49	Rotura de manguera de retorno de aceite del sistema excéntrico.	Mantenimiento correctivo

**Tabla 27**

*Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Zaranda Grizzly– Año 2021*

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN POR DIA</b>	18	Hrs
<b>PARADAS PROGRAMADAS</b>	26	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	339	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	6102	Hrs
<b>MTBF</b>	6090.2	Hrs
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE EN UN MES</b>	504	Hrs
<b>CONFIABILIDAD DE EQUIPO EN UN MES</b>	92%	

#### 4.2.3.4. Confiabilidad de la Chancadora de Quijadas C120

La chancadora de quijadas o trituradora de quijadas reporto 04 fallas en el año 2020 y 03 en el año 2021. Con los datos registrados en los años mencionados se calculará la confiabilidad del equipo.

#### Año 2020

**Tabla 28**

*Cuadro de reportes de fallas de la Chancadora de Quijadas C120 – Año 2020*

N° DE FALLA	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	martes, 12 de Mayo de 2020	12/05/2020 / 18:05	13/05/2020 / 05:16	0.47	11.18	28.04	1.17	Alta temperatura en rodamiento lado A del	Mantenimiento correctivo
2	martes, 21 de Julio de 2020	21/07/2020 / 08:18	21/07/2020 / 10:30	0.09	2.2			Soltura de pernos de muela fija	Mantenimiento correctivo
3	viernes, 25 de Setiembre de 2020	25/09/2020 / 17:05	26/09/2020 / 01:43	0.36	8.63			Sonido fuerte y alta vibración en el motor	Mantenimiento correctivo
4	martes, 15 de Diciembre de 2020	15/12/2020 / 20:15	16/12/2020 / 02:17	0.25	6.03			Alta temperatura en rodamiento lado B del	Mantenimiento correctivo

**Tabla 29**

*Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Chancadora de Quijadas C120– Año 2020*

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN POR DIA</b>	18	Hrs
<b>PARADAS PROGRAMADAS</b>	26	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	339	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	6102	Hrs
<b>MTBF</b>	1518.5	Hrs
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE EN UN MES</b>	504	Hrs
<b>CONFIABILIDAD DE EQUIPO EN UN MES</b>	73%	

#### Año 2021

**Tabla 30**

*Cuadro de reportes de fallas de la Chancadora de Quijadas C120 – Año 2021*

N° DE FALLA	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	viernes, 8 de Enero de 2021	08/01/2021 / 21:02	09/01/2021 / 06:11	0.38	9.15	18.79	0.78	Alta temperatura en rodamiento lado A del	Mantenimiento correctivo
2	lunes, 26 de Abril de 2021	26/04/2021 / 02:13	26/04/2021 / 04:44	0.11	2.52			Soltura de pernos de muela fija	Mantenimiento correctivo
3	viernes, 5 de Marzo de 2021	05/03/2021 / 16:58	05/03/2021 / 00:05	0.30	7.12			Sonido fuerte y alta vibración en el motor	Mantenimiento correctivo

**Tabla 31**

*Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Chancadora de Quijadas C120– Año 2021*

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN POR DIA</b>	18	Hrs
<b>PARADAS PROGRAMADAS</b>	26	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	339	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	6102	Hrs
<b>MTBF</b>	2027.7	Hrs
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE EN UN MES</b>	504	Hrs
<b>CONFIABILIDAD DE EQUIPO EN UN MES</b>	78%	

#### 4.2.3.5. Confiabilidad de la Faja Transportadora #1

La faja de sacrificio reporto 02 eventos de falla en el año 2020, mientras que en el año 2021 no se tuvieron eventos de falla. Con los datos registrados se realizará el cálculo de confiabilidad del equipo en los años mencionados.

#### Año 2020

**Tabla 32**

*Cuadro de reportes de fallas de la Faja Transportadora #1 – Año 2020*

Nº DE FALLA	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS (Días)	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	sábado, 25 de Julio de 2020	25/12/2020 / 14:20	26/12/2020 / 00:38	0.43	10.3	11.7	0.49	Corte faja	Mantenimiento correctivo
2	viernes, 30 de Octubre de 2020	30/10/2020 / 06:25	30/10/2020 / 07:49	0.06	1.4			Detención de faja por alta temperatura en reductor A	Mantenimiento correctivo

**Tabla 33**

*Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Faja Transportadora #1 – Año 2020*

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN POR DIA</b>	18	Hrs
<b>PARADAS PROGRAMADAS</b>	26	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	339	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	6102	Hrs
<b>MTBF</b>	3045.2	Hrs
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE EN UN MES</b>	504	Hrs
<b>CONFIABILIDAD DE EQUIPO EN UN MES</b>	85%	

#### Año 2021

No se tiene registro de reporte de fallas.

#### 4.2.3.6. Confiabilidad de la Faja Transportadora #2

La faja transportadora #2 reporto 03 eventos en el año 2020 y 03 en el año 2021. Con los datos registrados se realizará el cálculo de la confiabilidad del equipo en los años mencionados.

#### Año 2020

**Tabla 34**

*Cuadro de reportes de fallas de la Faja Transportadora #2 – Año 2020*

Nº DE FALLA	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS (Días)	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	miércoles, 17 de Junio de 2020	17/06/2020 / 10:35	17/06/2020 / 17:32	0.29	6.95	13.7	0.57	Corte de faja	Mantenimiento correctivo
2	lunes, 19 de Octubre de 2020	19/10/2020 / 21:12	19/10/2020 / 01:38	0.18	4.43			Corte de faja	Mantenimiento correctivo
3	martes, 24 de Noviembre de 2020	24/11/2020 / 16:53	24/11/2020 / 19:12	0.10	2.32			Rotura de grapas	Mantenimiento correctivo

**Tabla 35***Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Faja Transportadora #2– Año 2020*

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN POR DIA</b>	18	Hrs
<b>PARADAS PROGRAMADAS</b>	26	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	339	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	6102	Hrs
<b>MTBF</b>	2029.4	Hrs
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE EN UN MES</b>	504	Hrs
<b>CONFIABILIDAD DE EQUIPO EN UN MES</b>	79%	

**Año 2021****Tabla 36***Cuadro de reportes de fallas de la Faja Transportadora #2 – Año 2021*

N° DE FALLA	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	sábado, 13 de Febrero de 2021	13/02/2021 / 09:45	13/02/2021 / 13:55	0.17	4.1	11.77	0.49	Corte de faja	Mantenimiento correctivo
2	domingo, 15 de Agosto de 2021	15/08/2021 / 20:05	15/08/2021 / 01:26	0.22	5.21			Corte de faja	Mantenimiento correctivo
3	jueves, 16 de Setiembre de 2021	16/09/2021 / 14:55	16/09/2021 / 17:41	0.10	2.46			Rotura de grapas	Mantenimiento correctivo

**Tabla 37***Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Faja Transportadora #2– Año 2021*

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN POR DIA</b>	18	Hrs
<b>PARADAS PROGRAMADAS</b>	26	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	339	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	6102	Hrs
<b>MTBF</b>	2030.1	Hrs
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE EN UN MES</b>	504	Hrs
<b>CONFIABILIDAD DE EQUIPO EN UN MES</b>	78%	

**4.2.3.7. Confiabilidad de la Faja Transportadora #3**

La faja transportadora #3 es la encargada de alimentar el stock pile de la planta. Este equipo reportó 05 fallas en el año 2020 y 06 en el año 2021. Con los datos registrados se realizará el cálculo de la confiabilidad del equipo en los años mencionados.

**Año 2020****Tabla 38***Cuadro de reportes de fallas de la Faja Transportadora #3 – Año 2020*

N° DE FALLA	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	lunes, 17 de Febrero de 2020	17/02/2020 / 10:07	17/02/2020 / 11:53	0.07	1.77	17.38	0.72	Rotura de faja	Mantenimiento correctivo
2	lunes, 25 de Mayo de 2020	25/05/2020 / 04:27	25/05/2020 / 09:53	0.23	5.43			Desalineamiento de faja	Mantenimiento correctivo
3	jueves, 30 de Julio de 2020	30/07/2020 / 09:47	30/07/2020 / 11:12	0.06	1.42			Desalineamiento de faja	Mantenimiento correctivo
4	martes, 11 de Agosto de 2020	11/08/2020 / 11:25	11/08/2020 / 14:51	0.14	3.43			Calentamiento de polea #2 lado B	Mantenimiento correctivo
5	sábado, 21 de Noviembre de 2020	21/11/2020 / 19:38	21/11/2020 / 00:58	0.22	5.33			Detención de faja por alta temperatura en reductor A	Mantenimiento correctivo

**Tabla 39**

Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Faja Transportadora #3– Año 2020

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN POR DIA</b>	18	Hrs
<b>PARADAS PROGRAMADAS</b>	26	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	339	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	6102	Hrs
<b>MTBF</b>	1216.9	Hrs
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE EN UN MES</b>	504	Hrs
<b>CONFIABILIDAD DE EQUIPO EN UN MES</b>	68%	

**Año 2021****Tabla 40**

Cuadro de reportes de fallas de la Faja Transportadora #3 – Año 2021

N° DE FALLA	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	viernes, 22 de Enero de 2021	22/01/2021 / 05:03	22/01/2021 / 08:21	0.14	3.3	12.46	0.52	Rotura de faja	Mantenimiento correctivo
2	miércoles, 7 de Abril de 2021	07/04/2021 / 02:25	07/04/2021 / 03:03	0.03	0.63			Desalineamiento de faja	Mantenimiento correctivo
3	lunes, 14 de Junio de 2021	14/06/2021 / 04:59	14/06/2021 / 05:36	0.03	0.63			Desalineamiento de faja	Mantenimiento correctivo
4	domingo, 22 de Agosto de 2021	22/08/2021 / 14:31	22/08/2021 / 16:25	0.08	1.9			Calentamiento de polea #2 lado B	Mantenimiento correctivo
5	miércoles, 20 de Octubre de 2021	20/10/2021 / 11:47	20/10/2021 / 15:57	0.17	4.17			Detención de faja por alta temperatura en reductor A	Mantenimiento correctivo
6	lunes, 29 de Noviembre de 2021	29/11/2021 / 12:02	29/11/2021 / 13:52	0.08	1.83			Detención de faja por alta temperatura en reductor A	Mantenimiento correctivo

**Tabla 41**

Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Faja Transportadora #3– Año 2021

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN POR DIA</b>	18	Hrs
<b>PARADAS PROGRAMADAS</b>	26	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	339	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	6102	Hrs
<b>MTBF</b>	1014.9	Hrs
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE EN UN MES</b>	504	Hrs
<b>CONFIABILIDAD DE EQUIPO EN UN MES</b>	61%	

A continuación, se hace un resumen de los datos antes presentados a fin de hacer comparativos entre los indicadores calculados anteriormente; como, por ejemplo:

- La confiabilidad de cada equipo por año.
- El N° de fallas de cada equipo por año.
- El total de fallas en el año.
- El N° de fallas en el año asociadas a lubricación.
- Las horas totales de detención por año.

- Las horas de detención por año en temas asociados a lubricación.

En el siguiente cuadro se pueden apreciar los datos mencionados en el año 2020.

**Tabla 42**

*Cuadro resumen del año 2020*

REPORTE DE FALLAS DE CHANCADO	CONFIABILIDAD DEL EQUIPO EN EL AÑO 2020	Nº DE FALLAS EN EL AÑO 2020	Nº DE FALLAS EN EL AÑO 2020 ASOCIADAS A LUBRICACION	HORAS TOTALES DE DETENCION EN EL AÑO 2020	HORAS DE PARADA POR LUBRICACIÓN EN EL AÑO 2020
TOLVA ROM	86%	2	0	140.22	0
APRON FEEDER	86%	2	2		51.85
ZARANDA GRYZZLI	86%	2	2		14.55
CHANCADORA DE QUIJADAS C120	73%	4	3		25.84
FAJA TRANSPORTADORA #1	85%	2	1		1.4
FAJA TRANSPORTADORA #2	79%	3	0		0
FAJA TRANSPORTADORA #3	68%	5	2		8.76
<b>TOTAL DE FALLAS EN EL AÑO</b>		<b>20</b>	<b>10</b>		

En el siguiente cuadro se pueden apreciar los datos mencionados en el año 2021.

**Tabla 43**

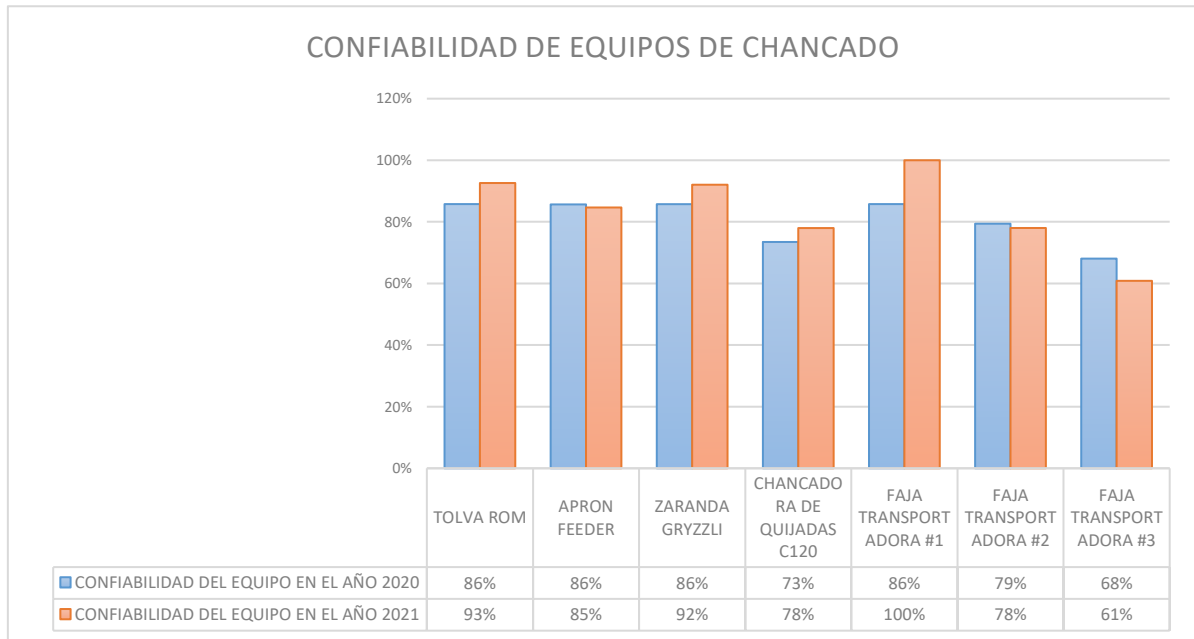
*Cuadro resumen del año 2021*

REPORTE DE FALLAS DE CHANCADO	CONFIABILIDAD DEL EQUIPO EN EL AÑO 2021	Nº DE FALLAS EN EL AÑO 2021	Nº DE FALLAS EN EL AÑO 2021 ASOCIADAS A LUBRICACION	HORAS TOTALES DE DETENCION EN EL AÑO 2021	HORAS DE PARADA POR LUBRICACIÓN EN EL AÑO 2021
TOLVA ROM	93%	1	0	101.25	0
APRON FEEDER	85%	2	2		43.48
ZARANDA GRYZZLI	92%	1	1		11.78
CHANCADORA DE QUIJADAS C120	78%	3	2		16.27
FAJA TRANSPORTADORA #1	100%	0	0		0
FAJA TRANSPORTADORA #2	78%	3	0		0
FAJA TRANSPORTADORA #3	61%	6	3		7.9
<b>TOTAL DE FALLAS EN EL AÑO</b>		<b>16</b>	<b>8</b>		

Ahora, se presenta un gráfico donde se puede apreciar la confiabilidad por cada equipo de chancado en los años 2020 y 2021. Como se aprecia en el siguiente gráfico la confiabilidad de los equipos de chancado en el año 2021 son mayores en comparación a los del año 2020, a excepción de lo reportado en la faja transportadora #3 que en el año 2020 tiene una confiabilidad del 68%, mientras que en el año 2021 tiene una confiabilidad del 61%.

**Figura 57**

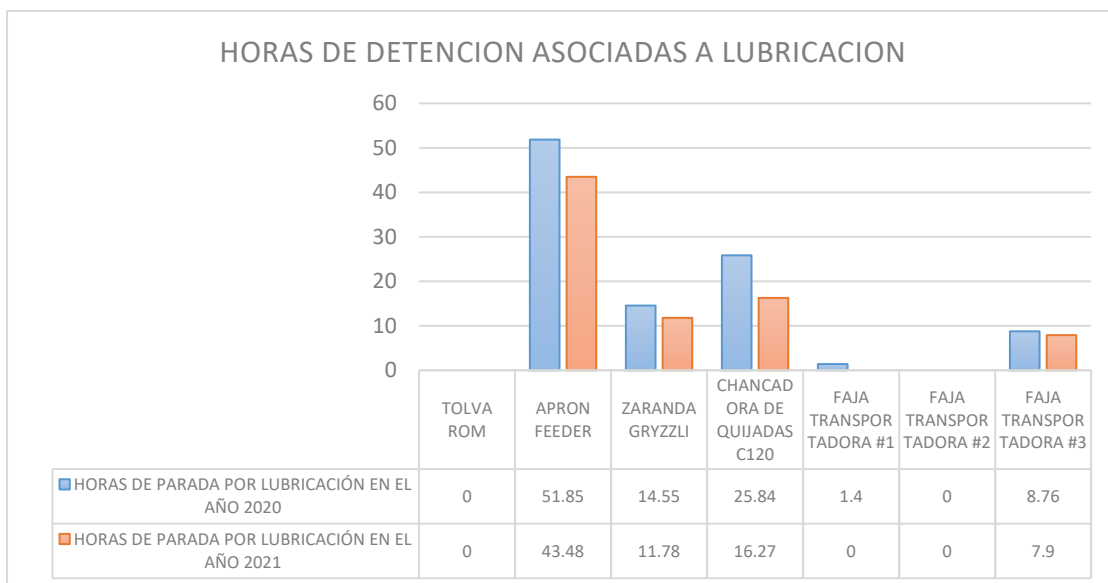
*Confiabilidad de equipos de Chancado – Año 2020 y 2021*



En el siguiente gráfico mostrado se puede apreciar las horas de detención por fallas asociadas a lubricación en los equipos de chancado. En el año 2020 se tuvo la detención más alta con 51.85 h en total por problemas en el apron feeder. En el año 2021 de igual forma se tuvo el mayor tiempo de detención de chancado debido a problemas en el apron feeder, esta vez fueron 43.48 h.

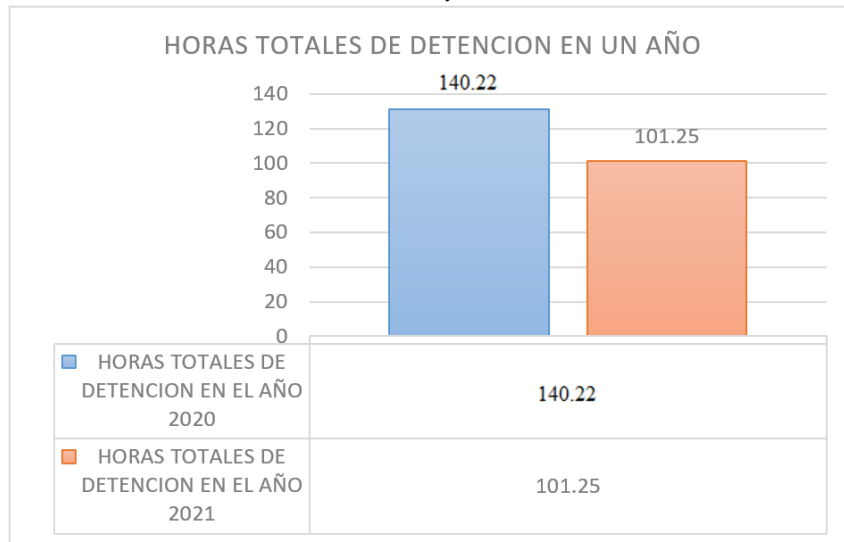
**Figura 58**

*Horas de detención asociadas a lubricación – Año 2020 y 2021*



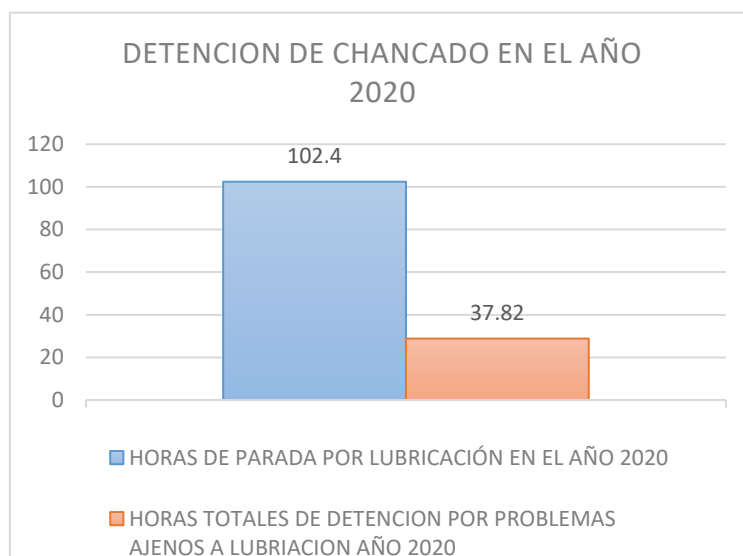
En el siguiente gráfico se puede apreciar la cantidad de horas que se detuvo chancado por fallas en los equipos. En el año 2020 se registran 140.22 h, mientras que en el año 2021 se registran 101.25 h.

**Figura 59**  
Horas totales de detención – Año 2020 y 2021



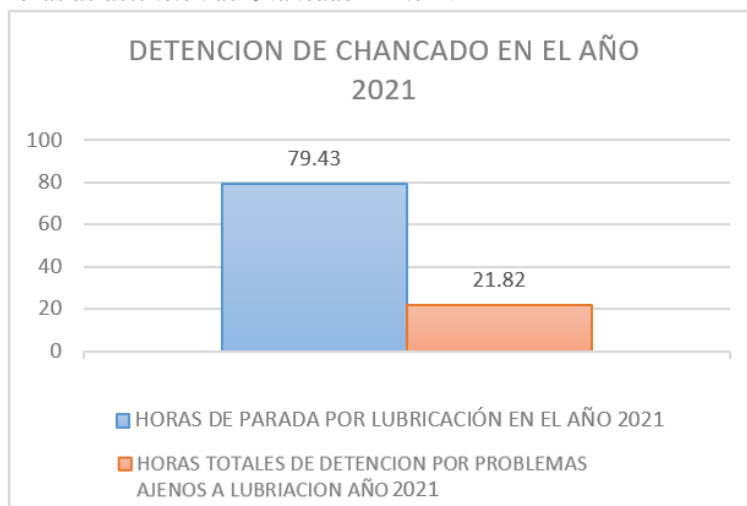
De las 140.22 h de detención de chancado en el año 2020, fueron 102.40 h las que se detuvo por fallas asociadas a lubricación, lo que representa el 73% del total de tiempo de paradas no planificadas del área de chancado.

**Figura 60**  
Horas de detención de Chancado – Año 2020



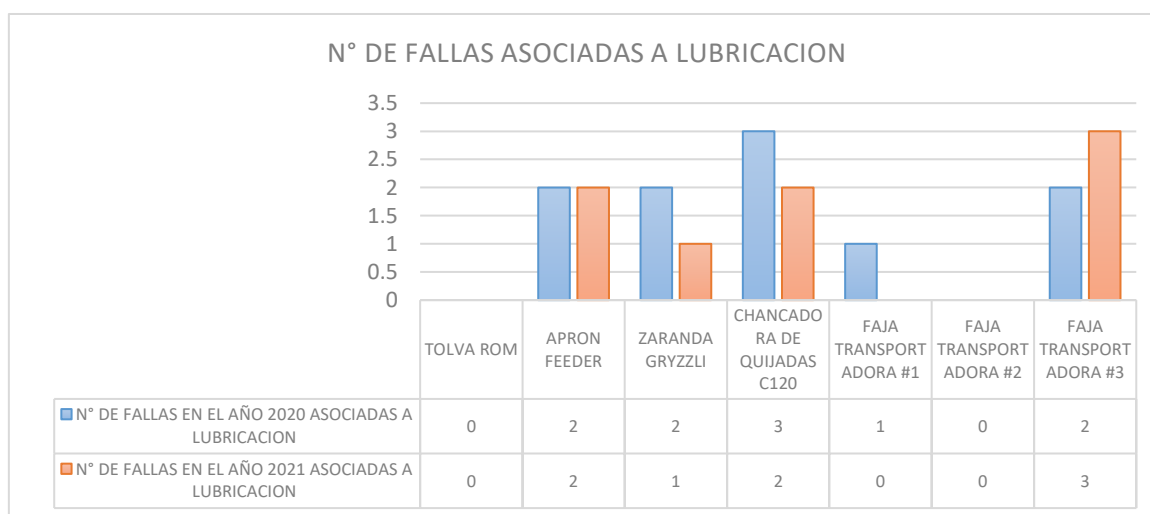
Por otro lado, en el año 2021, chancado estuvo detenido 101.25 hrs y fueron 79.43 hrs las que se detuvo por fallas asociadas a lubricación, lo que representa el 78% del total tiempo de paradas no planificadas del área de chancado.

**Figura 61**  
Horas de detención de Chancado – Año 2021



En el gráfico que se presenta a continuación se puede observar la cantidad de fallas en los equipos que fueron asociados a problemas de lubricación en los años 2020 y 2021. En el año 2020 se tuvieron 10 fallas asociadas a lubricación de las 20 registradas en total. En el año 2021, se tuvieron 08 fallas asociadas a lubricación de las 16 registradas en el año en mención.

**Figura 62**  
N° de fallas asociadas a lubricación – Año 2020 y 2021



Con los datos presentamos recientemente podemos afirmar que la principal causa de detención de los equipos de chancado en los años 2020 y 2021, se debieron a problemas asociados a la lubricación.

#### 4.2.4. Determinación de la confiabilidad de los equipos de chancado en el 2023

Con los datos de operación de chancado, con el reporte de fallas de los equipos de chancado del año 2023 y ya con las mejores prácticas asociadas a lubricación se hace el cálculo de la confiabilidad de cada uno de los equipos de chancado.

##### 4.2.4.1. Confiabilidad de Tolva ROM

Para el cálculo de la confiabilidad de la Tolva ROM en el año 2023 se tomarán en cuenta los registros de reportes de falla.

### Año 2023

**Tabla 44**

*Cuadro de reportes de fallas de la Tolva ROM – Año 2023*

CUADRO DE REPORTES DE DETENCION DE CHANCADO									
N° DE FALLA	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS (Días)	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	lunes, 9 de Octubre de 2023	09/10/2023 / 19:05	10/10/2023 / 02:34	0.31	7.48	12.38	0.52	Rotura de pernos de lanners laterales de la tolva	Mantenimiento correctivo
2	jueves, 30 de Noviembre de 2023	30/11/2023 / 05:03	30/11/2023 / 09:57	0.20	4.9			Caida de un linner central tipo L.	Mantenimiento correctivo

**Tabla 45**

*Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Tolva ROM– Año 2023*

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN POR DIA</b>	18	Hrs
<b>PARADAS PROGRAMADAS</b>	26	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	339	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	6102	Hrs
<b>MTBF</b>	3044.8	Hrs
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE EN UN MES</b>	504	Hrs
<b>CONFIABILIDAD DE EQUIPO EN UN MES</b>	86%	

##### 4.2.4.2. Confiabilidad del Apron Feeder

En el año 2023 se tuvo un reporte de falla descritos líneas abajo, con ello se hará el cálculo de la confiabilidad del Apron Feeder.

## Año 2023

**Tabla 46**

*Cuadro de reportes de fallas del Apron Feeder – Año 2023*

CUADRO DE REPORTES DE DETENCION DE CHANCADO									
N° DE FALLA	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS (Días)	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	viernes, 14 de Abril de 2023	14/04/2023 / 22:53	15/04/2023 / 00:19	0.06	1.43	1.43	0.06	Fuga de aceite en la manguera de alimentación de la bomba hidráulica	Mantenimiento correctivo

**Tabla 47**

*Cuadro de cálculo de la confiabilidad del Apron Feeder – Año 2023*

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN POR DÍA</b>	18	Hrs
<b>PARADAS PROGRAMADAS</b>	26	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	339	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	6102	Hrs
<b>MTBF</b>	6100.6	Hrs
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE EN UN MES</b>	504	Hrs
<b>CONFIABILIDAD DE EQUIPO EN UN MES</b>	92%	

### 4.2.4.3. Confiabilidad de la Zaranda Grizzly

La zaranda vibratoria Grizzly tuvo reportes 03 reportes por falla de equipo en el año 2023. Con estos datos se procederá a realizar el cálculo de la confiabilidad del equipo en el año en mención.

## Año 2023

**Tabla 48**

*Cuadro de reportes de fallas de la Zaranda Grizzly – Año 2023*

CUADRO DE REPORTES DE DETENCION DE CHANCADO									
N° DE FALLA	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS (Días)	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	miércoles, 17 de Mayo de 2023	17/05/2023 / 10:22	17/05/2023 / 16:31	0.26	6.15	16.88	0.70	Soltura de pernos de fijación del deck #1 y caída de plancha bimetalica de impacto.	Mantenimiento correctivo
2	martes, 22 de Agosto de 2023	22/08/2023 / 06:55	22/08/2023 / 09:34	0.11	2.65			Rotura de 04 mangueras del sistema de lubricación de la excéntrica.	Mantenimiento correctivo
3	miércoles, 25 de Octubre de 2023	25/10/2023 / 19:26	26/10/2023 / 03:31	0.34	8.08			Cáidas de 02 planchas laterales y soltura de faldas de contención del lado derecho de la zaranda.	Mantenimiento correctivo

**Tabla 49**

*Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Zaranda Grizzly– Año 2023*

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN POR DÍA</b>	18	Hrs
<b>PARADAS PROGRAMADAS</b>	26	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	339	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	6102	Hrs
<b>MTBF</b>	2028.4	Hrs
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE EN UN MES</b>	504	Hrs
<b>CONFIABILIDAD DE EQUIPO EN UN MES</b>	78%	

#### 4.2.4.4. Confiabilidad de la Chancadora de Quijadas C120

La chancadora de quijadas o trituradora de quijadas reporte 04 fallas en el año 2023. Con los datos registrados en los años mencionados se calculará la confiabilidad del equipo.

**Año 2023**

**Tabla 50**

*Cuadro de reportes de fallas de la Chancadora de Quijadas – Año 2023*

CUADRO DE REPORTES DE DETENCIÓN DE CHANCADO									
N° DE FALLA	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS (Días)	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	viernes, 3 de Febrero de 2023	03/02/2023 / 09:19	03/02/2023 / 10:41	0.06	1.37	9.67	0.40	Falla de chancadora por ingreso de inchancable	Mantenimiento correctivo
2	lunes, 30 de Octubre de 2023	30/10/2023 / 04:09	30/10/2023 / 08:52	0.20	4.72			Rotura de correas 04 correas de transmisión de potencia	Mantenimiento correctivo
3	jueves, 2 de Noviembre de 2023	02/11/2023 / 06:19	18/07/2023 / 07:46	0.06	1.45			Soltura de correas de transmisión de potencia	Mantenimiento correctivo
4	domingo, 24 de Diciembre de 2023	24/12/2023 / 18:58	05/03/2021 / 20:27	0.09	2.13			Falla de chancadora por ingreso de inchancable	Mantenimiento correctivo

**Tabla 51**

*Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Chancadora de Quijadas– Año 2023*

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN POR DÍA</b>	18	Hrs
<b>PARADAS PROGRAMADAS</b>	26	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	339	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	6102	Hrs
<b>MTBF</b>	1523.1	Hrs
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE EN UN MES</b>	504	Hrs
<b>CONFIABILIDAD DE EQUIPO EN UN MES</b>	72%	

#### 4.2.4.5. Confiabilidad de la Faja Transportadora #1

La faja de sacrificio reporto un evento de falla en el año 2023. Con los datos registrados se realizará el cálculo de confiabilidad del equipo.

**Año 2023**

**Tabla 52**

*Cuadro de reportes de fallas de la Faja Transportadora #1 – Año 2023*

CUADRO DE REPORTES DE DETENCIÓN DE CHANCADO									
N° DE FALLA	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS (Días)	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	miércoles, 5 de Abril de 2023	05/04/2023 / 10:23	05/04/2023 / 16:56	0.27	6.55	6.55	0.27	Fuga de aceite en reductor. Se realiza el cambio de reductor.	Mantenimiento correctivo

**Tabla 53***Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Faja Transportadora #1– Año 2023*

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN POR DIA</b>	18	Hrs
<b>PARADAS PROGRAMADAS</b>	26	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	339	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	6102	Hrs
<b>MTBF</b>	6095.5	Hrs
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE EN UN MES</b>	504	Hrs
<b>CONFIABILIDAD DE EQUIPO EN UN MES</b>	92%	

**4.2.4.6. Confiabilidad de la Faja Transportadora #2**

La faja transportadora #2 reporto 02 eventos en el año 2023. Con los datos registrados se realizará el cálculo de la confiabilidad del equipo.

**Año 2023****Tabla 54***Cuadro de reportes de fallas de la Faja Transportadora #2 – Año 2023*

CUADRO DE REPORTES DE DETENCION DE CHANCADO									
N° DE FALLA	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFs (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFs (Días)	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCION
1	sábado, 7 de Enero de 2023	07/01/2023 / 13:59	07/01/2023 / 01:06	0.30	7.11	14.21	0.59	Rotura de eje de la polea motriz lado A.	Mantenimiento correctivo
2	lunes, 10 de Abril de 2023	10/04/2023 / 22:10	10/04/2023 / 05:16	0.30	7.1			Calentamiento de rodamiento de la polea motriz lado B. Se ajusta manguito de rodamiento.	Mantenimiento correctivo

**Tabla 55***Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Faja Transportadora #2– Año 2023*

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN POR DIA</b>	18	Hrs
<b>PARADAS PROGRAMADAS</b>	26	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	339	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	6102	Hrs
<b>MTBF</b>	3043.9	Hrs
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE EN UN MES</b>	504	Hrs
<b>CONFIABILIDAD DE EQUIPO EN UN MES</b>	85%	

**4.2.4.7. Confiabilidad de la Faja Transportadora #3**

La faja transportadora #3 es la encargada de alimentar el stock pile de la planta. Este equipo reporto 03 fallas en el año 2023. Con los datos registrados se realizará el cálculo de la confiabilidad del equipo.

## Año 2023

**Tabla 56**

*Cuadro de reportes de fallas de la Faja Transportadora #3 – Año 2023*

<b>CUADRO DE REPORTES DE DETENCION DE CHANCADO</b>									
Nº DE FALLA	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS (Días)	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETENCIÓN
1	jueves, 23 de Marzo de 2023	23/03/2023 / 17:03	23/03/2023 / 18:11	0.05	1.13	15.29	0.64	Desalinamiento de la faja 3	Mantenimiento correctivo
2	lunes, 12 de Junio de 2023	12/06/2023 / 20:57	13/06/2023 / 07:10	0.42	10.13			Desgaste prematura de rodamiento lado A de la polea #3	Mantenimiento correctivo
3	sábado, 9 de Setiembre de 2023	09/09/2023 / 13:03	09/09/2023 / 17:05	0.17	4.03			Calentamiento de rodamiento lado B de la polea vertical por contaminación. Falla del sello de tacomite.	Mantenimiento correctivo

**Tabla 57**

*Cuadro de cálculo de la confiabilidad de la Faja Transportadora #3 – Año 2023*

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN POR DÍA</b>	18	Hrs
<b>PARADAS PROGRAMADAS</b>	26	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	339	Días
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	6102	Hrs
<b>MTBF</b>	2028.9	Hrs
<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE EN UN MES</b>	504	Hrs
<b>CONFIABILIDAD DE EQUIPO EN UN MES</b>	78%	

### 4.3. Contratación de hipótesis

Con la determinación de la confiabilidad de los equipos de chancado en los años 2020 – 2021 y con el plan de gestión de lubricación (buenas prácticas de lubricación) ya aplicado en el año 2023 se determina que el plan de gestión de lubricación tuvo un impacto positivo en la confiabilidad de los equipos de chancado. Se acepta la hipótesis del presenta trabajo de investigación.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSION**

#### **5.1. Pruebas de validación del modelo experimental**

Para validar nuestra propuesta de implementación de un plan de gestión de lubricación para mejorar la confiabilidad de los equipos de chancado, se implementaron muchas de las oportunidades de mejora expuestas en el capítulo IV en la sección 4.2.2.

Hasta la fecha la propuesta guarda coherencia con el objetivo al que apunto inicialmente en su estudio, aumentar la confiabilidad de los equipos de chancado. A continuación, se presentan los cuadros de reportes de fallas de los equipos de chancado correspondientes al año 2023.

**Tabla 58**

*Cuadro de reportes de fallas de chancado- Año 2023*

CUADRO DE REPORTES DE FALLAS DE CHANCADO - 2023										
N° DE FALLA	EQUIPO	REPORTE (Día)	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FIN	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO TPFS (Días)	TIEMPO DE FUERA DE SERVICIO (Hrs.)	TIEMPO TOTAL FUERA DE SERVICIO EN UN AÑO (Hrs.)	TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN UNA AÑO TPFS (Días)	DESCRIPCIÓN DEL REPORTE	TIPO DE DETECCIÓN
1	TOLVA ROM	lunes, 9 de Octubre de 2023	09/10/2023 / 19:05	10/10/2023 / 02:34	0.31	7.48	12.38	0.52	Rotura de pernos de lliners laterales de la tolva	Mantenimiento correctivo
2		jueves, 30 de Noviembre de 2023	30/11/2023 / 05:03	30/11/2023 / 09:57	0.20	4.9			Caída de un liner central tipo L	Mantenimiento correctivo
3	APRON FEEDER	viernes, 14 de Abril de 2023	14/04/2023 / 22:53	15/04/2023 / 00:19	0.06	1.43	1.43	0.06	Fuga de aceite en la manguera de alimentación de la bomba hidráulica	Mantenimiento correctivo
4	ZARANDA GRYZLI	miércoles, 17 de Mayo de 2023	17/05/2023 / 10:22	17/05/2023 / 16:31	0.26	6.15	16.88	0.70	Soltura de pernos de fijación del deck #1 y caída de plancha bimetalica de impacto.	Mantenimiento correctivo
5		martes, 22 de Agosto de 2023	22/08/2023 / 06:55	22/08/2023 / 09:34	0.11	2.65			Rotura de 04 mangueras del sistema de lubricación de la excentrica.	Mantenimiento correctivo
6		miércoles, 25 de Octubre de 2023	25/10/2023 / 19:26	26/10/2023 / 03:31	0.34	8.08			Caidas de 02 planchas laterales y soltura de falderas de contención del lado derecho de la zaranda.	Mantenimiento correctivo
7	CHANCADORA DE QUIJADAS C120	viernes, 3 de Febrero de 2023	03/02/2023 / 09:19	03/02/2023 / 10:41	0.06	1.37	9.67	0.40	Falla de chancadora por ingreso de inchancable	Mantenimiento correctivo
8		lunes, 30 de Octubre de 2023	30/10/2023 / 04:09	30/10/2023 / 08:52	0.20	4.72			Rotura de correas 04 correas de transmisión de potencia	Mantenimiento correctivo
9		jueves, 2 de Noviembre de 2023	02/11/2023 / 06:19	18/07/2023 / 07:46	0.06	1.45			Soltura de correas de transmisión de potencia	Mantenimiento correctivo
10		domingo, 24 de Diciembre de 2023	24/12/2023 / 18:58	05/03/2021 / 20:27	0.09	2.13			Falla de chancadora por ingreso de inchancable	Mantenimiento correctivo
11	FAJA #1	miércoles, 5 de Abril de 2023	05/04/2023 / 10:23	05/04/2023 / 16:56	0.27	6.55	6.55	0.27	Fuga de aceite en reductor. Se realiza el cambio de reductor.	Mantenimiento correctivo
12	FAJA #2	sábado, 7 de Enero de 2023	07/01/2023 / 13:59	07/01/2023 / 01:06	0.30	7.11	14.21	0.59	Rotura de eje de la polea motriz lado A	Mantenimiento correctivo
13		lunes, 10 de Abril de 2023	10/04/2023 / 22:10	10/04/2023 / 05:16	0.30	7.1			Calentamiento de rodamiento de la polea motriz lado B. Se ajusta manguito de rodamiento.	Mantenimiento correctivo
14	FAJA #3	jueves, 23 de Marzo de 2023	23/03/2023 / 17:03	23/03/2023 / 18:11	0.05	1.13	15.29	0.64	Desalinamiento de la faja 3	Mantenimiento correctivo
15		lunes, 12 de Junio de 2023	12/06/2023 / 20:57	13/06/2023 / 07:10	0.42	10.13			Desgaste premarura de rodamiento lado A de la polea #3	Mantenimiento correctivo
16		sábado, 9 de Setiembre de 2023	09/09/2023 / 13:03	09/09/2023 / 17:05	0.17	4.03			Calentamiento de rodamiento lado B de la polea vertical por contaminación. Falla del sello de taconite.	Mantenimiento correctivo

De la misma manera que se presentaron los datos de confiabilidad, N° de fallas, total de fallas en el año, N° de fallas en el año asociadas a lubricación, horas totales de detención por año y horas de detección por año asociadas a lubricación de los años 2020 y 2021 se presentan los mismos ítems referidos al año 2023.

En el siguiente cuadro se pueden apreciar los datos mencionados en el año 2023.

**Tabla 59**

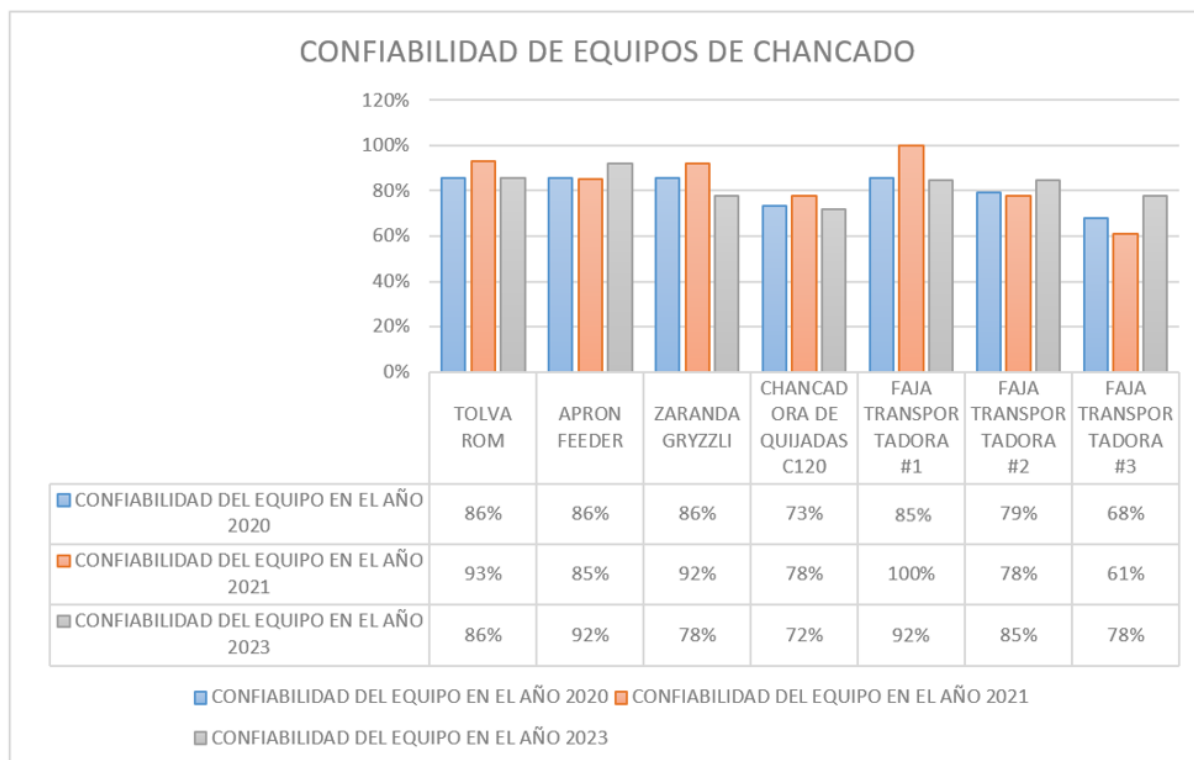
*Cuadro resumen del año 2023*

REPORTE DE FALLAS DE CHANCADO	CONFIABILIDAD DEL EQUIPO EN EL AÑO 2023	N° DE FALLAS EN EL AÑO 2023	N° DE FALLAS EN EL AÑO 2023 ASOCIADAS A LUBRICACION	HORAS TOTALES DE DETENCION EN EL AÑO 2023	HORAS DE PARADA POR LUBRICACION EN EL AÑO 2023
TOLVA ROM	86%	2	0	76.41	0
APRON FEEDER	92%	1	1		1.43
ZARANDA GRYZZLI	78%	3	1		2.65
CHANCADORA DE QUIJADAS C120	72%	4	0		0
FAJA TRANSPORTADORA #1	92%	1	1		6.55
FAJA TRANSPORTADORA #2	85%	2	1		7.1
FAJA TRANSPORTADORA #3	78%	3	2		14.16
<b>TOTAL DE FALLAS EN EL AÑO</b>		<b>16</b>	<b>6</b>		

Ahora se muestra un gráfico donde se realiza el comparativo de la evolución de la confiabilidad por cada equipo de chancado en los años 2020, 2021 y 2023.

**Figura 63**

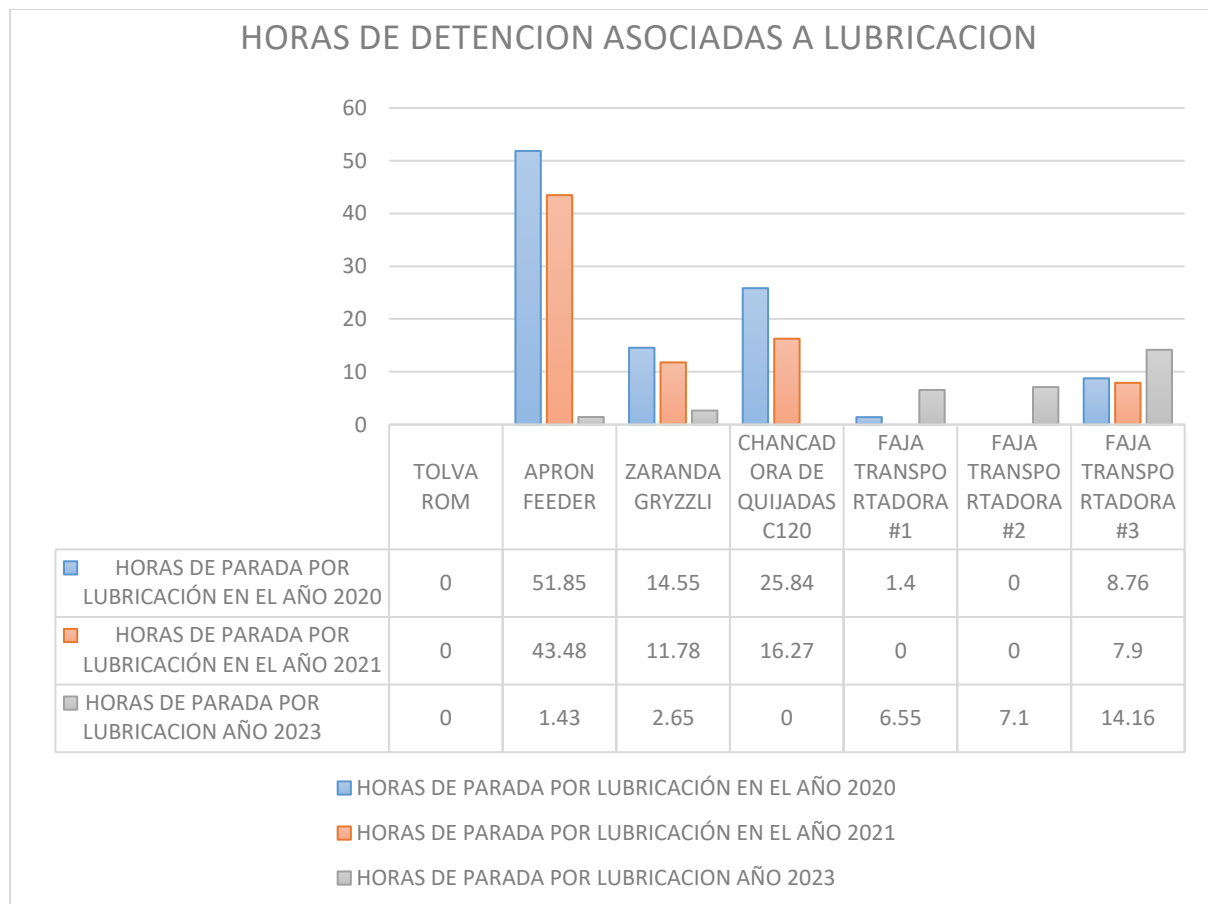
*Confiabilidad de equipos de Chancado – Año 2020, 2021 y 2023*



Como se puede observar en el gráfico anterior la confiabilidad de los equipos de chancado en el último año (2023), ha sufrido fluctuaciones positivas y negativas en comparación de los años anteriores como, por ejemplo, en la tolva ROM, zaranda grizzly, chancadora de quijadas y faja transportadora #1 se presentan unas fluctuaciones negativas, debido principalmente a problemas operaciones o mecánico. Por otro lado, en el apron feeder, faja transportadora #2 y faja transportadora #3 se presentan fluctuaciones positivas que se traducen en un aumento de la confiabilidad. Las causas originarias de la disminución y aumento de la confiabilidad de cada equipo de chancado es importante identificar. Estas causas están descritas en el cuadro de reportes de fallas de chancado del año 2023.

**Figura 64**

*Horas de detención asociadas a lubricación – Año 2020, 2021 y 2023*



Por otro lado, para determinar si la propuesta de implementación del plan de gestión de lubricación para los equipos de chancado está cumpliendo con el objetivo de aumento de confiabilidad es necesario evaluar otros indicadores adicionales. En este caso se muestra en gráfico comparativo de las horas de detención de equipos asociadas a lubricación en los años 2020, 2021 y 2023.

En el reciente gráfico presentado se observa que las horas totales de detección por temas asociados a lubricación en el año 2023 han caído abruptamente en comparación a los años 2020 y 2021. Estos resultados presentados en el gráfico se deben a que se han implementado muchas de las mejores prácticas mencionadas en el capítulo IV sección 4.3.

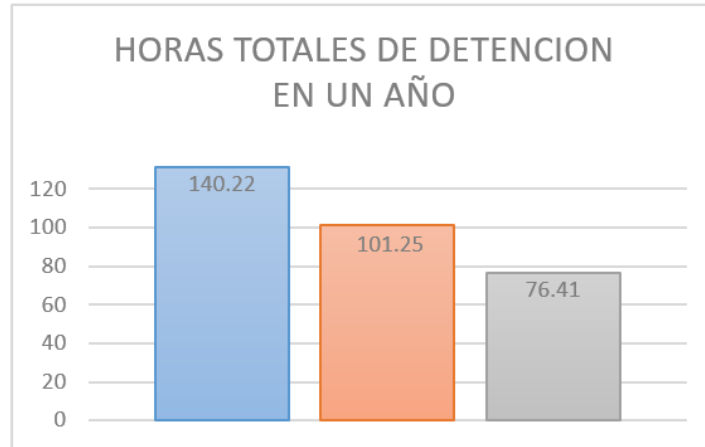
Es importante mencionar también que, si hacemos un comparativo de las descripciones de los reportes de falla de equipos de los años 2020 y 2021 contra los del año 2023, podríamos encontrar una consideración interesante, si podríamos estimar los costos asociados a la falla, como el costo de repuestos, mano de obra, costos por pérdidas de producción, etc. con la descripción del reporte de falla, se puede aseverar que las fallas asociadas a lubricación reportadas en el año 2023 generaron menos pérdidas económicas que las fallas reportadas de los años 2020 y 2021. Otro sustento válido son los tiempos que se tomaron para la realización de los mantenimientos correctivos y poder en operación nuevamente el equipo intervenido.

Otro indicador que nos ayudará a determinar si la propuesta de implementación del plan de gestión de lubricación para los equipos de chancado viene impactando de forma positiva es evaluar y comparar las horas totales de detención de chancado en un periodo de tiempo de un año. En el año 2020 se tuvieron 140.22 h de indisponibilidad del circuito de chancado, en el año 2021 se tuvieron 101.25 h de indisponibilidad y finalmente en el año 2023 se registraron 76.41 h de indisponibilidad.

Este indicador se muestra favorable con el transcurso del tiempo. Esto también nos muestra que existen mejoras dentro de la administración de tareas de mantenimiento en los equipos de chancado.

**Figura 65**

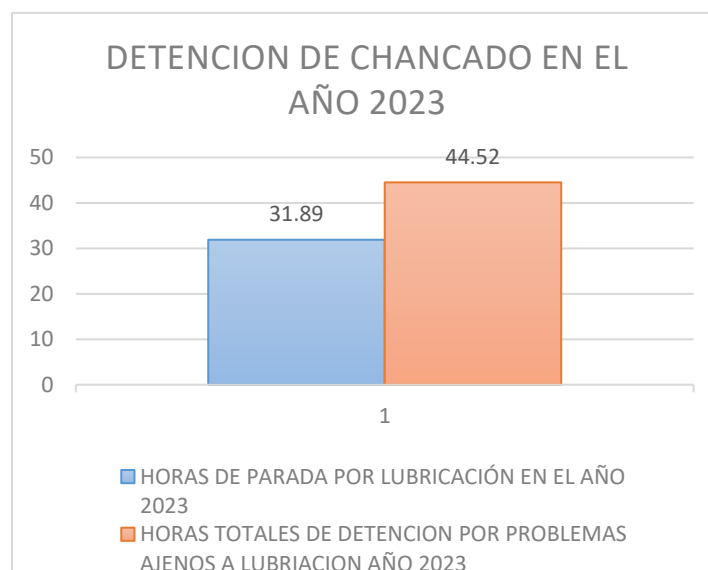
*Horas totales de detención– Año 2020, 2021 y 2023*



El siguiente indicador es un complemento del anterior, en el gráfico se determinarán las horas de parada por fallas de lubricación de los equipos de chancado en el año 2023 y las horas totales de detención por problemas ajenos a lubricación de los equipos de chancado en el año 2023.

**Figura 66**

*Horas de detención de Chancado– Año 2023*

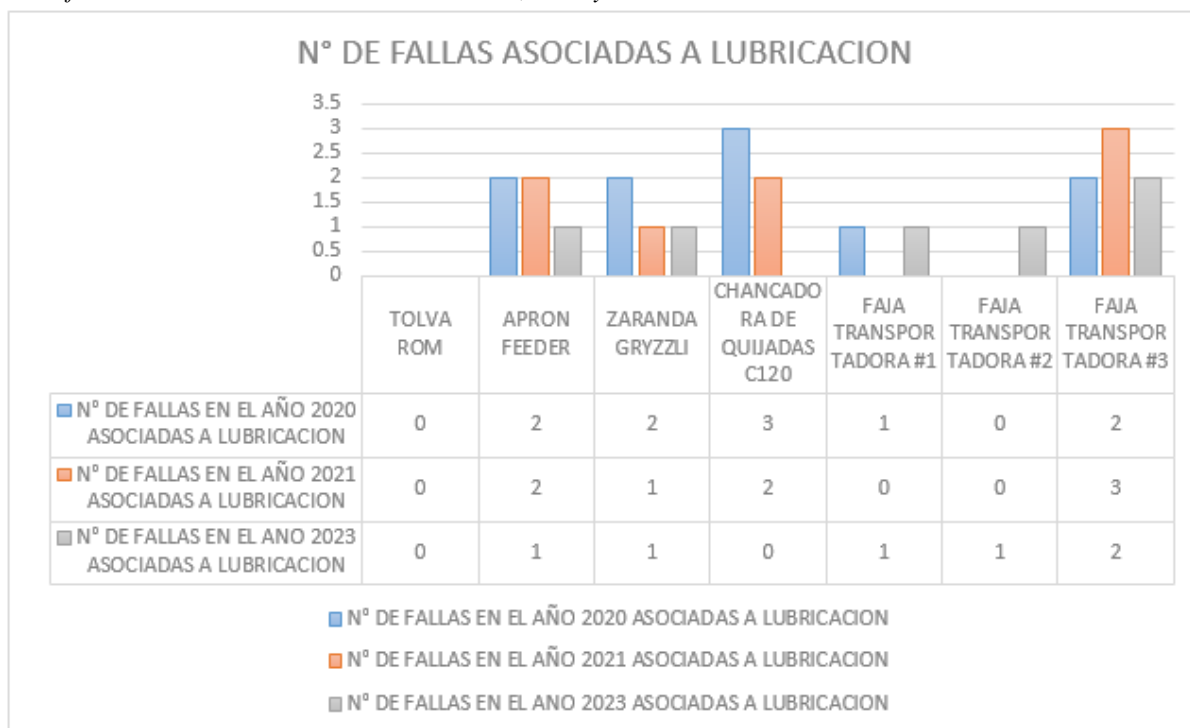


De las 76.41 h que chancado estuvo detenido en el año 2023, 31.89 h se debieron a fallas asociadas a lubricación, lo que representa el 42% del total de tiempo de no disponibilidad del área de chancado, un porcentaje favorable si lo comparamos con los de los años anteriores.

Finalmente, el último gráfico nos muestra el número de fallas asociadas a lubricación en los tres años. En el año 2020 se contabilizaron 10 fallas asociadas a lubricación, en el año 2021 se contabilizaron 08 fallas, mientras que en el año 2023 se reportaron 06 fallas asociadas a problemas de lubricación. Este indicador también nos muestra que las mejoras aplicadas a lubricación tuvieron un impacto positivo.

**Figura 67**

*N° de fallas asociadas a lubricación – Año 2020, 2021 y 2023*



Con el gráfico recientemente presentado se puede observar que de las 16 fallas reportadas en el 2023 solo 06 corresponden a lubricación y que los mayores tiempos de detención se debieron a problemas ajenos a lubricación. Esta situación es favorable y distinta a la de los años 2020 y 2021.

## **5.2. Aplicación de la tecnología encontrada**

Las propuestas de mejora que hemos implementado en esta investigación se pueden aplicar en otras empresas del mismo rubro, sin embargo, hay que tener en cuenta que, para ver una mejora significativa en la confiabilidad de otras máquinas similares, se debe de considerar hacer previamente inspecciones inopinadas en la empresa que deseamos aplicar las mejoras, para así poder determinar con mayor exactitud las deficiencias con respecto a la lubricación en la empresa.

Esta investigación les será muy útil de base a las empresas para poder tener un punto de partida, es decir, tener soluciones aprobadas y demostradas que si mejoran la confiabilidad de los equipos en el ámbito de la lubricación.

## **5.3. Contraste con trabajos de investigación similares**

Los resultados favorables en el aumento de la confiabilidad de los equipos con la implementación de un plan de la gestión de lubricación han sido mostrados en este trabajo de investigación como también en otros trabajos predecesores como, por ejemplo:

- En el trabajo de pre grado, Acosta (2006) “PLAN DE GESTIÓN PARA EL ALMACENAMIENTO, MANEJO Y MANIPULACIÓN DEL RECURSO LUBRICANTE EN LA PLANTA SIDERÚRGICA DE ACERÍAS PAZ DEL RÍO S.A.”
- García & Neira (2015) en su trabajo de investigación “LUBRICACIÓN BASADA EN CONFIABILIDAD”.
- Ruiz (2022) en su trabajo de investigación titulado “PROPUESTA MODELO DE GESTIÓN DE LUBRICACIÓN PARA PYMES EN BOGOTÁ”.

## CONCLUSIONES

- La confiabilidad de los equipos de chancado aumentó en el año 2023 en comparación a los otros años (2021 y 2020) debido a la implementación de mejoras asociadas a lubricación a excepción de la tolva ROM, zaranda grizzly, chancadora de quijadas que tuvieron reportes de fallas mecánicas que no son asociadas a la lubricación.
- Las horas de detención de chancado en el año 2023, también se redujeron en comparación de los años 2021 y 2020. En el año 2023 se reportaron un total de 76.41 h de detención de chancado, de las cuales 31.89 h se debieron a temas asociados a lubricación. En el año 2021 se reportaron 101.25 h, de detención de chancado, de las cuales 79.43 h se debieron a fallas de equipos por lubricación. Finalmente, en el año 2020 se tuvieron 140.22 h de detención del área de chancado y de las cuales 102.40 h se debieron por fallas de equipos asociadas a temas de lubricación. Como se puede apreciar existe una disminución de horas debido a fallas por temas asociados a lubricación, lo que evidencia también que las buenas prácticas de lubricación y un buen plan de la gestión de la lubricación han impactado de forma positiva en el área de chancado, dándole una mayor confiabilidad al proceso.
- Otro aspecto importante que evidencia que se tuvo un impacto positivo de la aplicación de buenas prácticas de lubricación son la cantidad de fallas que se reportaron en los años. Por ejemplo, en el año 2020 se tuvieron 10 reportes de fallas asociadas a lubricación, mientras que el 2021 se tuvieron 08 reportes de fallas relacionadas a lubricación y para el 2023 solo se reportaron 06 fallas que estaban asociadas a lubricación. También es importante considerar que los reportes del año 2023 se debieron a problemas menores, de esto parte que, las horas de detención también estuvieron muy por debajo de los años anteriores, ya que se dieron soluciones rápidas.

- Con la implementación del plan de gestión de lubricación (buenas prácticas de lubricación), se logró implementar algunas cartillas de inspección, mejorar los procedimientos de lubricación de equipos, cuadro de control de consumos de aceite, cuadros de control de desarrollo de actividades como cambio de aceite y muestro etc. Todo esto durante el proceso de desarrollo de un mejor plan de gestión de lubricación.

## RECOMENDACIONES

- El plan de gestión de lubricación no es un sistema estático, es dinámico, es decir, siempre debe estar sujeto a los cambios, buscando siempre la mejora continua por ejemplo actualizando los procedimientos de trabajos, realizando investigación sobre nuevas tecnologías y proyectos que se puedan aplicar al proceso de chancado, etc.
- Concientizar a todo el personal que realiza las tareas de lubricación sobre la importancia que tienen estas actividades en el mantenimiento de los equipos, es uno de los primeros escalenos que se debe subir para la implementación del plan de gestión de lubricación a través de las buenas prácticas. Por otro lado, la empresa debe tener siempre dos objetivos:
  - Dedicar horas de capacitación al personal a fin de las actividades de lubricación que se realicen sean de calidad para lograr el buen desempeño de los equipos.
  - Brindar incentivos al personal de mantenimiento para buscar la certificación asociada a lubricación como la MLA, MLT y/o MLE.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Zamudio, J. A. (2006). Plan de Gestión para el Almacenamiento, Manejo y Manipulación del Recursos Lubricante en la Planta Siderúrgica de Acerías Paz del Río. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. [Tesis de Pregrado. Universidad Industrial de Santander]. Bucamaranga.
- [https://www.academia.edu/30090766/PLAN\\_DE\\_GESTION\\_PARA\\_EL\\_ALMACENAMIENTO\\_MANEJO\\_Y\\_MANIPULACION\\_DEL\\_RECURSO\\_LUBRICANTE\\_EN\\_LA\\_PLANTA\\_SIDER%C3%9ARGICA\\_DE\\_ACER%C3%8DAS\\_PAZ\\_DEL\\_R%C3%8DO](https://www.academia.edu/30090766/PLAN_DE_GESTION_PARA_EL_ALMACENAMIENTO_MANEJO_Y_MANIPULACION_DEL_RECURSO_LUBRICANTE_EN_LA_PLANTA_SIDER%C3%9ARGICA_DE_ACER%C3%8DAS_PAZ_DEL_R%C3%8DO)
- Arriaga Arriaga, V. G. (2016). Mantenimiento de clase mundial en la gestión de la lubricación en HOLCIM Tecomán. Instituto Tecnológico de Colima.
- Castillo Félix, D. A., & Cieza Castañeda, O. A. (2014). Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento preventivo basado en la lubricación que permita mejorar la confiabilidad de las maquinarias en la planta Merrill Crowe de minera Coimolache SA.
- Monsalves, G., Alexis, D., & Neira Salas, C. M. (2015). Lubricación basada en confiabilidad.
- Quispe Mendoza, A. (2017). Implementación del análisis de lubricante como herramienta de mejora en el monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa OPP FILM para el año 2017.
- Ramos Morales, Héctor. (2018). Implementación de estrategias de mantenimiento por medio de diagnóstico. (Medición de vibraciones y pruebas a aceites lubricantes). Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
- <http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/2057>
- Ruiz Amaya, M. C. (2022). Propuesta modelo de gestión de lubricación para pymes en Bogotá.
- Villafuerte Araoz, J. C. (2019). Selección de lubricantes según la función de componentes mecánicos.

## ANEXOS

### Anexo 01

La siguiente Tabla es sacada de SKF para el cálculo de la cantidad de reengrase en poleas, el factor x depende del periodo de engrase desde semanales a anuales.

Periodo de engrase	x
semanal	0,002
mensual	0,003
anual	0,004

### Anexo 02

La siguiente Tabla muestra todos los factores de corrección para el cálculo de la frecuencia de engrase en poleas.

Factor	Condición	Rango de operación promedio	Factor de corrección
Ft	Temperatura en la carcasa	< 65°C	1.0
		65 a 80°C	0.5
		80 a 93°C	0.2
		> 93°C	0.1
Fc	Contaminación sólida	Ligera, polvo no abrasivo	1.0
		Severa, polvo no abrasivo	0.7
		Ligera, polvo abrasivo	0.4
		Severa, polvo abrasivo	0.2
Fh	Humedad	Humedad inferior a 80%	1.0
		Entre 80% y 90%	0.7
		Condensación ocasional	0.4
		Agua ocasional en carcasa	0.1
Fv	Vibración	Velocidad pico < 0.2 ips*	1.0
		0.2 a 0.4 ips	0.6
		> 0.4 ips	0.3
Fp	Posición del eje	Horizontal	1.0
		45 grados	0.5
		Vertical	0.3
Fd	Diseño del rodamiento	Rodamiento de bolas	10
		Rodillos cilíndricos/aguja	5
		Rodillos cónicos/esféricos	1



## Cartilla de lubricación de zaranda grizzly

**Tipo**

Frecuencia : 1 Mes

N° de Plan SAP: \_\_\_\_\_ H. Ruta : \_\_\_\_\_ COD. INTERNO : \_\_\_\_\_ Estrategia : \_\_\_\_\_ O.T. : \_\_\_\_\_

### Datos Generales

Equipo:  
Ubicación:

Fecha Real Inicio : \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ Fecha Real Fin: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_  
 Hora Real Inicio: \_\_\_\_ : \_\_\_\_ Hora Real Fin: \_\_\_\_ : \_\_\_\_ Tiem. Real: \_\_\_\_ : \_\_\_\_

Personal Planificado	Nombre y Apellido	Qty Planif:	Horas Planif:

### Descripción del Trabajo , TIPO , FREC. 1 Mes

TID Pto. Trab.	Descripción	Hecho	Observaciones
----------------	-------------	-------	---------------



**MECANISMO VIBRATORIO**

- 1 MECPB Inspeccionar temperatura de mecanismo vibrador, debe ser menor de 70 °C
- 2 MECPB Verificar de probables fugas de aceite
- 3 MECPB Verificar nivel de lubricante
- 4 MECPB Verificar sujeción de guarda protectora de vibrador.

☐	
☐	
☐	

### Otros Trabajos Relacionados , TIPO , FREC. 1 Mes

Task ID	Trabajo	Tipo de Trabajo	Hora	Hora Fin

### Lista de Materiales , TIPO , FREC. 1 Mes

N° Parte	Codigo	Materiales	Plan Qty.	Real Qty.	Observaciones

## Cartilla de lubricación de la Chancadora mandibulas

**Tipo**

Frecuencia : 06 mes

COD. INTERNO :

N° de Plan SAP:

H. Ruta :

Estrategia :

O.T. : \_\_\_\_\_

**Datos Generales**

Equipo:  
Ubicación:

Fecha Real Inicio :

\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Fecha Real Fin:

\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Hora Real Inicio:

\_\_\_\_ : \_\_\_\_

Hora Real Fin:

\_\_\_\_ : \_\_\_\_

Tiem. Real:

\_\_\_\_ : \_\_\_\_

Personal Planificado

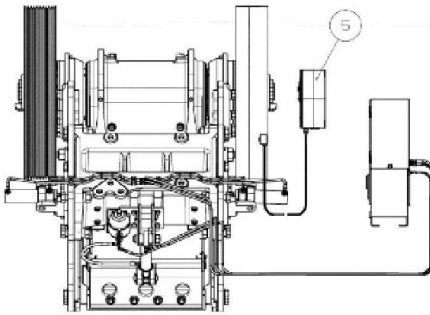
Nombre y Apellido

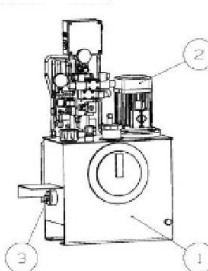
Qty Planif:

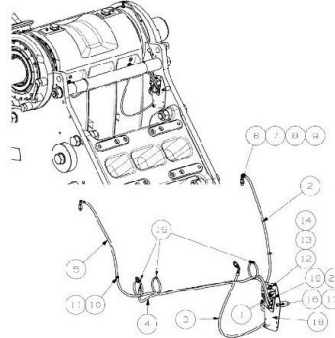
Horas Planif:


**Descripción del Trabajo** , TIPO , FREC. 06 mes

TID Pto. Trab.	Descripción	Hecho	Observaciones
----------------	-------------	-------	---------------







**\*\*\*\*\* GENERAL \*\*\*\*\***

1	MECPB	Limpieza general del equipo, para su inspección	
2	MECPB	Inspeccionar y ajustar pernos-tuercas de sujeción/anclaje	
3	MECPB	Eliminar fugas de aceite	
4	MECPB	Verificar vigas y columnas de cimentación (Flexión, fracturas, etc.)	
5	MECPB	Inspeccionar los cojinetes de los ejes excéntricos.	
6	MECPB	Comprobar la temperatura de los cojinetes	
7	MECPB	Comprobar la salida de la grasa	
8	MECPB	Comprobar el funcionamiento de los sensores de temperatura de los cojinetes, si se utilizan.	
9	MECPB	Engrasar los cojinetes del eje excéntrico	
10	MECPB	Lubricar el árbol de contramarcha de la transmisión de la trituradora	

**\*\*\*\*\* SISTEMA HIDRAULICO \*\*\*\*\***

11	MECPB	Cambiar el aceite y el filtro.	
12	MECPB	Comprobar la presión del acumulador de presión	
13	MECPB	Comprobar las posibles fugas en las juntas. Sustituir las juntas si es necesario.	
14	MECPB	Compruebe la cantidad de grasa de los cojinetes de la biela y el bastidor	
15	MECPB	Comprobar el estado de los cojinetes del cilindro de tensión y lubríquelos	
16	MECPB	Lubricar el dispositivo de ajuste del reglaje	
17	MECPB	Lubricar el cojinete de empuje de la varilla tensora.	
18	MECPB	Comprobar el funcionamiento y la cantidad de aceite (añadir si es necesario).	
19	MECPB	Comprobar el funcionamiento y la cantidad de grasa del depósito (añadir si es necesario).	

**Otros Trabajos Relacionados** , TIPO , FREC. 06 mes

Task ID	Trabajo	Tipo de Trabajo	Hora	Hora Fin

**Lista de Materiales** , TIPO , FREC. 06 mes

N° Parte	Codigo	Materiales	Plan Qty.	Real Qty.	Observaciones

## Cartilla de lubricación de faja de sacrificio

**Tipo**

Frecuencia : 4 Semanas

N° de Plan SAP:

H. Ruta :

COD. INTERNO :

Estrategia :

O.T. : \_\_\_\_\_

**Datos Generales**

Equipo:  
Ubicación:

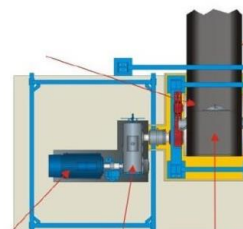
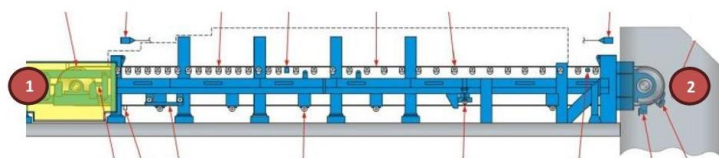
Fecha Real Inicio :     /     /     Fecha Real Fin:     /     /       
 Hora Real Inicio:     :     :     Hora Real Fin:     :     :

Tiem. Real:     :     :

Personal Planificado	Nombre y Apellido	Qty Planif:	Horas Planif:

**Descripción del Trabajo** , TIPO , FREC. 4 Semanas

TID Pto. Trab.	Descripcion	Hecho	Observaciones
----------------	-------------	-------	---------------



- \*\*\*\*\*POLEAS \*\*\*\*\*
- 1 MECPB     INSPECCIONAR ESTADO POLEA CABEZA / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
- 2 MECPB     INSPECCIONAR ESTADO POLEA COLA / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
  
- \*\*\*\*\*REDUCTOR \*\*\*\*\*
- 3 MECPB     REVISAR FUGA DE ACEITE
- 4 MECPB     REVISAR NIVEL ACEITE
- 5 MECPB     REVISAR SONIDOS EXTRAÑOS
- 6 MECPB     MEDIR TEMPERATURA
- 7 MECPB     REVISAR SOLTURAS DE PERNOS DE BASES

☐		
☐		
☐		
☐		
☐		

**Otros Trabajos Relacionados** , TIPO , FREC. 4 Semanas

Task ID	Trabajo	Tipo de Trabajo	Hora	Hora Fin

**Lista de Materiales** , TIPO , FREC. 4 Semanas

N° Parte	Codigo	Materiales	Plan Qty.	Real Qty.	Observaciones

## Cartilla de lubricación de faja transportadora #02

**Tipo**

**Frecuencia : 4 Semanas**

N° de Plan SAP:

H. Ruta :

**COD. INTERNO :**

**Estrategia :**

**O.T. :** \_\_\_\_\_

**Datos Generales**

Equipo:  
Ubicación:

Fecha Real Inicio :

\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Fecha Real Fin:

\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Hora Real Inicio:

\_\_\_\_ : \_\_\_\_

Hora Real Fin:

\_\_\_\_ : \_\_\_\_

Tiem. Real: \_\_\_\_ : \_\_\_\_

Personal Planificado

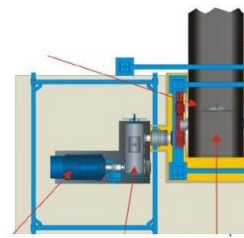
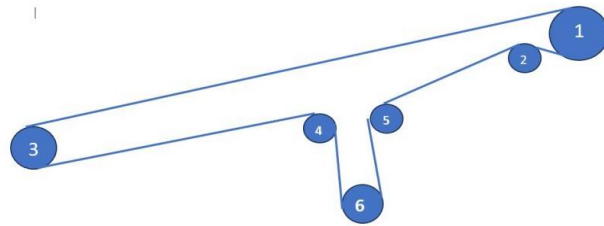
Nombre y Apellido

Qty Planif:

Horas Planif:


**Descripción del Trabajo** , TIPO , FREC. 4 Semanas

TID	Pto. Trab.	Descripción	Hecho	Observaciones
-----	------------	-------------	-------	---------------



- \*\*\*\*\*POLEAS \*\*\*\*\***
- 1 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA MOTRIZ / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
  - 2 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA TENSORA / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
  - 3 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA COLA / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
  - 4 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA TENSORA / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
  - 5 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA TENSORA / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
  - 6 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA CONTRAPESO / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS

- \*\*\*\*\*REDUCTOR \*\*\*\*\***
- 7 MECPB REVISAR FUGA DE ACEITE
  - 8 MECPB REVISAR NIVEL ACEITE
  - 9 MECPB REVISAR SONIDOS EXTRAÑOS
  - 10 MECPB MEDIR TEMPERATURA
  - 11 MECPB REVISAR SOLTURAS DE PERNOS DE BASES


**Otros Trabajos Relacionados** , TIPO , FREC. 4 Semanas

Task ID	Trabajo	Tipo de Trabajo	Hora	Hora Fin

**Lista de Materiales** , TIPO , FREC. 4 Semanas

N° Parte	Codigo	Materiales	Plan Qty.	Real Qty.	Observaciones

## Cartilla de lubricación de faja transportadora #03

**Tipo**

Frecuencia : 4 Semanas

COD. INTERNO :

N° de Plan SAP:

H. Ruta :

Estrategia :

O.T. : \_\_\_\_\_

**Datos Generales**

Equipo:

Ubicación:

Fecha Real Inicio :

Fecha Real Fin:

Hora Real Inicio:

Hora Real Fin:

Tiem. Real:

Personal Planificado

Nombre y Apellido

Qty Planif:

Horas Planif:

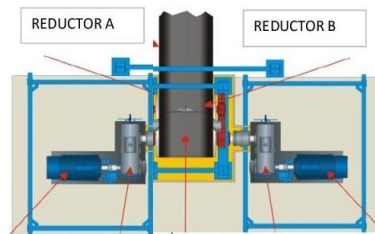
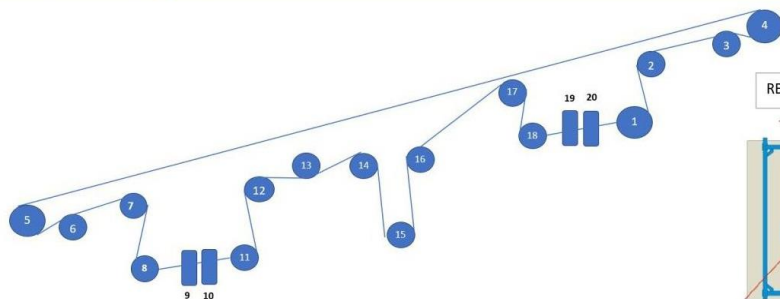
**Descripción del Trabajo** , TIPO , FREC. 4 Semanas

TID Pto. Trab.

Descripcion

Hecho

Observaciones



**\*\*\*\*\*POLEAS \*\*\*\*\***

- 1 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA MOTRIZ / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
- 2 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA TENSORA / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
- 3 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA DEFLECTORA/ MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
- 4 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA CABEZA / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
- 5 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA COLA / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
- 6 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA DEFLECTORA / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
- 7 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA TENSORA / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
- 8 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA TENSORA / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
- 9 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA VERTICAL / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
- 10 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA VERTICAL / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
- 11 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA TENSORA / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
- 12 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA TENSORA / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
- 13 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA DEFLECTORA / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
- 14 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA TENSORA / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
- 15 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA CONTRAPESO / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
- 16 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA TENSORA / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
- 17 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA TENSORA / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
- 18 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA TENSORA / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
- 19 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA VERTICAL / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS
- 20 MECPB INSPECCIONAR ESTADO POLEA VERTICAL / MEDIR TEMPERATURA EN CHUMACERAS

**\*\*\*\*\*REDUCTOR \*\*\*\*\***

- 21 MECPB REVISAR FUGA DE ACEITE
- 22 MECPB REVISAR NIVEL ACEITE EN REDUCTOR A Y B
- 23 MECPB REVISAR SONIDOS EXTRAÑOS
- 24 MECPB MEDIR TEMPERATURA EN REDUCTOR A Y B
- 25 MECPB REVISAR SOLTURAS DE PERNOS DE BASES EN REDUCTOR A Y B


**Otros Trabajos Relacionados** , TIPO , FREC. 4 Semanas

Task ID	Trabajo	Tipo de Trabajo	Hora	Hora Fin

**Lista de Materiales** , TIPO , FREC. 4 Semanas

N° Parte	Codigo	Materiales	Plan Qty.	Real Qty.	Observaciones

## Anexo 04

### Procedimiento de lubricación de equipos en general.

	<b>PROCEDIMIENTO: "LUBRICACIÓN DE EQUIPOS"</b>	
--	--	--

#### 1. PERSONAL:

- 1.1 01 supervisor responsable
- 1.2 01 mecánico de planta (o dos dependiendo del trabajo)

#### 2. EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL:

- 2.1 Casco tipo jockey
- 2.2 Barbiquejo
- 2.3 Mameluco con cinta reflectora
- 2.4 Traje tyvek
- 2.5 Guantes de jebe o badana
- 2.6 Zapatos de seguridad con punta de acero
- 2.7 Lentes de seguridad
- 2.8 Protector Respiratorio con filtros 2097 y/o 6059
- 2.9 Arnes
- 2.10 Línea doble de vida y/o retráctil

#### 3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES:

- 3.1 Bomba manual de grasa o aceite
- 3.2 Juego de llaves mixta
- 3.3 Llave francesa ½"
- 3.4 Martillo mecánico
- 3.5 Solvente
- 3.6 Grasa o aceite
- 3.7 Trapo industrial
- 3.8 Candado de bloqueo

#### 4. PROCEDIMIENTO:

- 4.1 Coordinar con el jefe de guardia y supervisor inmediato para realizar el trabajo
- 4.2 Inspeccionar el área de trabajo, EPP, equipos y herramientas.
- 4.3 Realizar la documentación de seguridad respectiva: Orden de Trabajo, IPERC, PETAR si se requiere según la evaluación en casos de trabajos de alto riesgo, check list de pre uso.
- 4.4 De ser necesario bloquear el equipo en la sala eléctrica (Con apoyo de personal electricista).
- 4.5 Realizar la prueba y verificación de bloqueo presionando el pulsador de arranque.
- 4.6 Retirar las guardas que se requieran para poder lubricar el equipo con la autorización del supervisor del área.
- 4.7 Proceder a aplicar la grasa en los puntos de lubricación del equipo (fitting).
- 4.8 Realizar la limpieza de grasa usada, utilizando el trapo industrial y el solvente. Siempre con los guantes de jebe.
- 4.9 En caso de apertura de chumaceras, se bloqueará equipo, se desmonta la chumacera, se realiza la limpieza de grasa usada y luego se aplicación de grasa nueva procediéndose al cierre de la chumacera.
- 4.10 Rellenar con grasa los componentes de acuerdo a la necesidad.
- 4.11 Montaje de guardas retiradas para el procedimiento de lubricación del equipo.
- 4.12 Desbloqueo de equipo si se hubiera colocado.
- 4.13 Realizar el orden y limpieza del área, retiro de trapos sucios y depositados en el contenedor adecuado (rojo).
- 4.14 Terminado el trabajo realizar una inspección del área dejando el área en las condiciones que se encontraron.
- 4.15 Informar la culminación del mantenimiento al jefe de planta y/o mantenimiento.

#### 5. RESTRICCIONES:

- 5.1 Nunca realizar la lubricación de equipos cuando se encuentren en movimiento y exista el riesgo de atrapamiento.
- 5.2 En caso de identificar una condición sub estándar no identificada al comienzo de la actividad, esta se paralizará y se reportará dicha condición a su supervisor.
- 5.3 No retirar las guardas cuando los equipos se encuentren en movimiento.
- 5.4 No realizar los trabajos con clima adverso o tormenta eléctrica (Alerta naranja en adelante).

## Anexo 05

Informe de comprobación de la implementación del plan de gestión de lubricación.

### I. ANTECEDENTES Y PRINCIPALES HALLAZGOS:

INFORME DE IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DE LUBRICACIÓN	
DIRIGIDO A : JEFE MANTTO. PLANTA	FECHA: 10-12-2023
DE : SUP. MECANICO PLANTA	

- ✓ Constantemente se han tenido detenciones no programadas de los equipos de chancado teniendo recurrentemente causa raíz asociada a temas de lubricación. Así tenemos, por ejemplo; fallas en rodamientos, desgaste prematuro de componentes mecánicos en equipos rotativos, mal procedimiento de las actividades de lubricación, etc.

### II. ALGUNAS MEJORES PRÁCTICAS DE LUBRICACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DE LUBRICACIÓN EN EL ÁREA DE CHANCADO:

Actualmente se cuenta con un cuadro que ayuda a identificar el equipo, el sistema, el lubricante y la cantidad de lubricante que corresponde a cada uno de los equipos de chancado. (recordemos que los lubricantes asignados a los equipos son según recomendación del fabricante). También se muestra que los cambios de aceite son a condición, determinados por los resultados de las muestras de aceite. Finalmente se cuenta con una columna que indica la frecuencia con la que se realizan los muestreos de aceite, el tiempo es determinado debido a los registros de eventos de fallas que se han tenido anteriormente.

*Tabla 1 Programa de lubricación de equipos de Chancado y control de cambios de aceite*

ITEM	AREA	EQUIPO	SISTEMA	COMPONENTE	TIPO DE LUBRICANTE	CAPACIDAD (GALONES)	FRECUENCIA DE CAMBIO DE ACEITE	FRECUENCIA DE MUESTREO
1	CHANCADO	APRON FEEDER	SISTEMA MOTRIZ DE ACCIONAMIENTO	UNIDAD HIDRAULICA DE BOMBEO	ACEITE	35	A CONDICION	2 MESES
		ZARANDA GRIZZLY	SISTEMA MOTRIZ EXCENTRICO	UNIDAD HIDRAULICA EXCENTRICA	ACEITE	3	A CONDICION	1 MESES
		CHANCADORA DE QUIJADAS C120	SISTEMA DE APERTURA/CIERRE DE SETING	UNIDAD HIDRAULICA DE BOMBEO	ACEITE	15	A CONDICION	2 MESES
		FAJA #1 (SACRIFICIO)	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR	ACEITE	3	A CONDICION	1 MESES
		FAJA #2	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR A	ACEITE	5	A CONDICION	2 MESES
		FAJA #3 (CURVA)	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR B	ACEITE	35	A CONDICION	1 MESES

Fuente: Propia

- Otra buena práctica que ha tenido un impacto positivo en el plan de gestión de lubricación es la cantidad de grasa para el re engrase semanales que se deben realizar en las poleas de las fajas transportadoras. A continuación, se muestra un ejemplo de lo mencionado.

*[Firma]*  
Mantto. Planta

Cantidad de reengrase  $m_1$  para periodos de reengrase de semanales a anuales

$$m_1 = D \cdot B \cdot x \text{ [g]}$$

Periodo de engrase	x
semanal	0,002
mensual	0,003
anual	0,004

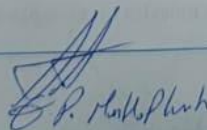
$$T = K \left[ \left( \frac{14,000,000}{n \sqrt{d}} \right) - 4d \right]$$

T = Frecuencia (horas)  
 K = Producto de todos los factores de corrección - Ft\*Fc\*Fh\*Fv\*Fp\*Fd  
 n = velocidad (RPM)  
 d = diámetro interior (mm)

Factor	Condición	Rango de operación permitido	Factor de corrección
Ft	Temperatura en la carcasa	< 65°C	1.0
		65 a 80°C	0.5
		80 a 93°C	0.2
		> 93°C	0.1
Fc	Contaminación sólida	Ligera, polvo no abrasivo	1.0
		Severa, polvo no abrasivo	0.7
		Ligera, polvo abrasivo	0.4
		Severa, polvo abrasivo	0.2
Fh	Humedad	Humedad inferior a 80%	1.0
		Entre 80% y 90%	0.7
		Condensación ocasional	0.4
		Agua ocasional en carcasa	0.1
Fv	Vibración	Velocidad pico < 0.2 ips*	1.0
		0.2 a 0.4 ips	0.5
		> 0.4 ips	0.1
Fp	Posición del eje	Horizontal	1.0
		45 grados	0.5
		Vertical	0.2
Fd	Diseño del rodamiento	Rodamiento de bolas	1.0
		Rodillos cilíndricos, agujas	0.5
		Rodillos cónicos, esféricos	1

ips = pulgadas por segundo (in./seg)  
 0.2 ips = 5 mm./seg

ITEM	DESCRIPCION	RODAMIENTO	CANTIDAD DE GRASA (grs.)	CANTIDAD DE BOMBEO DE GRASA	FRECUENCIA DE RE ENGRASE (Hrs.)	FRECUENCIA DE RE ENGRASE (Dias)
1	POLEA #1	22232 CCK/W33	52.2	34	414.6	21
2	POLEA #2	23140 CCK/W33	76.16	49	461.6	23
3	POLEA #3	22228 CCK/W33	34	22	348.6	17
4	POLEA #4	23140 CCK/W33	76.16	49	365.4	18
5	POLEA #5	23048 CCK/W33	66.24	43	437.3	22
6	POLEA #6	22232 CCK/W33	52.2	34	414.6	21
7	POLEA #7	22228 CCK/W33	34	22	348.6	17
8	POLEA #9	22222 EK	21.2	14	119.4	6
9	POLEA #10	22222 EK	21.2	14	119.4	6
10	POLEA #11	22228 CCK/W33	34	22	348.6	17
11	POLEA #12	22232 CCK/W33	52.2	34	414.6	21
12	POLEA #13	22228 CCK/W33	34	22	348.6	17
13	POLEA #14	22228 CCK/W33	34	22	348.6	17
14	POLEA #15	22232 CCK/W33	52.2	34	414.6	21
15	POLEA #16	22228 CCK/W33	34	22	348.6	17
16	POLEA #17	22222 EK	21.2	14	119.4	6
17	POLEA #18	22222 EK	21.2	14	119.4	6
18	POLEA #19	22228 CCK/W33	34	22	348.6	17
19	POLEA #20	22232 CCK/W33	52.2	34	414.6	21
20	POLEA #21	22228 CCK/W33	34	22	348.6	17



- Una buena práctica que impacto en la faja transportadora #3 fue la implementación de trampas de vapor de aceite y filtros desecantes en los reductores A y B de la faja transportadora #3. Anteriormente se registraban cambios de aceite por contaminación con una frecuencia de 03 meses (Se usaban respiradores de taponos roscados). Hoy en día se realizan los cambios de aceite cada 12 meses aproximadamente debido a la reducción de ingreso de polvo y agua a los reductores (Uso de trampas de vapor de aceite que evitan que el aceite condensado llegue al filtro desecante y del filtro desecante).



*Figura 1 Reductores de velocidad de con trampa de vapor de aceite y filtro desecante*  
Fuente: Propia

- Otra buena práctica que se realiza hoy en día y que ha tenido un gran impacto es el entrenamiento del personal en temas asociados a lubricación con el fin de que las tareas de lubricación asignadas al personal de mantenimiento se realicen con eficiencia y eficacia. A continuación, se muestra una PPT como evidencia de lo mencionado.



- La implementación de un cuadro que ayude a llevar un control de los planes de acción en los equipos ha sido muy favorable. Pues controlar el cumplimiento de los planes de acción a generado una mejor administración de recursos. A continuación, se muestra un ejemplo de cómo se debería de llenar estos cuadros.

*E. P. Mario Ruiz*

ITEM	EQUIPO	FECHA DE REPORTE	ESTADO	ACCIÓN	FECHA DE EJECUCION DE PLAN DE ACCION	COMENTARIOS
1	ZARANDA VIBRATORIA GRUZZLY	18/08/2023	ALERTA	Cambio de mangueras de lubricación. (Desgaste por fricción) OK Cambio de aceite y flushing de todo el sistema. OK Inspección y/o cambio de respiradores. OK Revisar repuestos. OK	29/08/2023	Realizar la toma de muestra de aceite.
2	CHANCADORA C 120	18/08/2023	ALERTA	Cambio de aceite y flushing de todo el sistema. Inspección y/o cambio de repuestos.	4/09/2023	
3	FAJA TRANSPORTADORA N°01 CHANCADO	18/08/2023	ALERTA	Cambio de aceite y flushing de todo el sistema.	4/09/2023	
4	FAJA TRANSPORTADORA N°02 CHANCADO	18/08/2023	ALERTA	Cambio de aceite y flushing de todo el sistema.	4/09/2023	

- Se implementaron procedimientos de trabajo para la realización de las tareas de lubricación.

También se cuentan con protocolos de inspección y programas semanales de lubricación.

<b>PROCEDIMIENTO: "LUBRICACIÓN DE EQUIPOS"</b>
--

**1. PERSONAL:**

- 1.1 01 supervisor responsable
- 1.2 01 mecánico de planta (o dos dependiendo del trabajo)

**2. EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL:**

- 2.1 Casco tipo jockey
- 2.2 Barbiqúe
- 2.3 Mameluco con cinta reflectora
- 2.4 Traje tyvek
- 2.5 Guantes de jebe o badana
- 2.6 Zapatos de seguridad con punta de acero
- 2.7 Lentes de seguridad
- 2.8 Protector Respiratorio con filtros 2097 y/o 6059
- 2.9 Arnes
- 2.10 Línea doble de vida y/o retráctil

**3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES:**

- 3.1 Bomba manual de grasa o aceite
- 3.2 Juego de llaves mixta
- 3.3 Llave francesa 1/2"
- 3.4 Martillo mecánico
- 3.5 Solvente
- 3.6 Grasa o aceite
- 3.7 Trapo industrial
- 3.8 Candado de bloqueo

**4. PROCEDIMIENTO:**

- 4.1 Coordinar con el jefe de guardia y supervisor inmediato para realizar el trabajo
- 4.2 Inspeccionar el área de trabajo, EPP, equipos y herramientas.
- 4.3 Realizar la documentación de seguridad respectiva. Orden de Trabajo, IPERC, PETAR si se requiere según la evaluación en casos de trabajos de alto riesgo, check list de pre uso.
- 4.4 De ser necesario bloquear el equipo en la sala eléctrica (Con apoyo de personal electricista).
- 4.5 Realizar la prueba y verificación de bloqueo presionando el pulsador de arranque.
- 4.6 Retirar las guardas que se requieran para poder lubricar el equipo con la autorización del supervisor del área.
- 4.7 Proceder a aplicar la grasa en los puntos de lubricación del equipo (fitting).
- 4.8 Realizar la limpieza de grasa usada, utilizando el trazo industrial y el solvente. Siempre con los guantes de jebe.
- 4.9 En caso de apertura de chumaceras, se bloqueará equipo, se desmonta la chumacera, se realiza la limpieza de grasa usada y luego se aplicación de grasa nueva procediéndose al cierre de la chumacera.
- 4.10 Rellenar con grasa los componentes de acuerdo a la necesidad.
- 4.11 Montaje de guardas retradas para el procedimiento de lubricación del equipo.
- 4.12 Desbloqueo de equipo si se hubiera colocado.
- 4.13 Realizar el orden y limpieza del área, retiro de trapos sucios y depositados en el contenedor adecuado (rojo).
- 4.14 Terminado el trabajo realizar una inspección del área dejando el área en las condiciones que se encontraron.
- 4.15 Informar la culminación del mantenimiento al jefe de planta y/o mantenimiento.

**5. RESTRICCIONES:**

- 5.1 Nunca realizar la lubricación de equipos cuando se encuentren en movimiento y exista el riesgo de atrapamiento.
- 5.2 En caso de identificar una condición sub estándar no identificada al comienzo de la actividad, esta se paralizará y se reportará dicha condición a su supervisor.
- 5.3 No retirar las guardas cuando los equipos se encuentren en movimiento.
- 5.4 No realizar los trabajos con clima adverso o tormenta eléctrica (Alerta naranja en adelante).

**Cartilla de Mantenimiento Preventivo  
CARGADORA HERRIBLAS**

**Tipos**  
PREVENTIVO DE MANTENIMIENTO

**N.º de Plan SAP:** \_\_\_\_\_ **N.º Ruta:** \_\_\_\_\_ **Entrevista:** \_\_\_\_\_ **F. Y.:** \_\_\_\_\_

**Objeto:** CARGADORA HERRIBLAS **Revisión:** 100   
**Revisión:** CARGADORA HERRIBLAS **100**   
**100**

**Fecha Mes Año:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ **Fecha Mes Año:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
**Mesa Mes Años:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ **Mesa Mes Años:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ **Tem. Med:** \_\_\_\_\_

Operaciones	Revisión	Revisión
TARJERAS HERRIBLAS	3	1000

**Descripción del Trabajo** CARGADORA HERRIBLAS, TIPO, FREC. DE MANTENIMIENTO

- \*\*\*\*\* SISTEMA HIDRAULICO \*\*\*\*\*
- 01. 000000 Inspeccionar la presión del acumulador de presión.
- 02. 000000 Comprobar la presión del acumulador de presión.
- 03. 000000 Comprobar las posibles fugas en las juntas. Sustituir las juntas si es necesario.
- 04. 000000 Comprobar la cantidad de grasa de los cojinetes de la biela y el bastidor.
- 05. 000000 Comprobar el estado de los cojinetes del cilindro de tensión y lubriquetos.
- 06. 000000 Lubricar el dispositivo de ajuste del reglaje.
- 07. 000000 Comprobar los muelles de goma.
- 08. 000000 Lubricar el cojinete de empuje de la varilla tensora.
- 09. 000000 Comprobar el funcionamiento y la cantidad de aceite (añadir si es necesario).
- 10. 000000 Comprobar el funcionamiento y la cantidad de grasa del depósito (añadir si es necesario).

**Otras Trabajos Realizados:** CARGADORA HERRIBLAS, TIPO, FREC. DE MANTENIMIENTO


**Lista de Materiales:** CARGADORA HERRIBLAS, TIPO, FREC. DE MANTENIMIENTO


- \*\*\*\*\* SISTEMA HIDRAULICO \*\*\*\*\*
- 24. 01. MEC. 01. Cambiar el aceite y el filtro.
- 25. 01. MEC. 01. Comprobar la presión del acumulador de presión.
- 26. 01. MEC. 01. Comprobar las posibles fugas en las juntas. Sustituir las juntas si es necesario.
- 27. 01. MEC. 01. Comprobar la cantidad de grasa de los cojinetes de la biela y el bastidor.
- 28. 01. MEC. 01. Comprobar el estado de los cojinetes del cilindro de tensión y lubriquetos.
- 29. 01. MEC. 01. Lubricar el dispositivo de ajuste del reglaje.
- 30. 01. MEC. 01. Comprobar los muelles de goma.
- 31. 01. MEC. 01. Lubricar el cojinete de empuje de la varilla tensora.
- 32. 01. MEC. 01. Comprobar el funcionamiento y la cantidad de aceite (añadir si es necesario).
- 33. 01. MEC. 01. Comprobar el funcionamiento y la cantidad de grasa del depósito (añadir si es necesario).

*[Handwritten signature]*  
S. R. Mant. Planta

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PLANTA BENEFICIO									
20240001									
SEMANA 7									
Actividad	Responsable	Inicio	Fin	Estado	Observaciones	Actividad	Responsable	Inicio	Fin
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

- Reuniones periódicas para la revisión de avances en el proceso de desarrollo de mejoras en la gestión del programa de lubricación y propuestas de mejora.



- Adquisición de equipos nuevos para el desarrollo de las actividades de lubricación.



# PLAN DE GESTION DE LUBRICACIÓN

## 1. Objetivo

El objetivo principal de este plan de gestión de lubricación es mejorar las practicas con respecto a lubricación en el área de chancado.

## 2. Prácticas de mejora para el personal técnico

Para la capacitación del personal en los distintos temas de lubricación, se hara de manera periódica, a lo largo de 2 meses y entraran los temas que abordaremos a continuación.

### 2.1. Almacenamiento y manejo

Para aprovechar al máximo el lubricante es importante que se adopten mejores prácticas desde la recepción, el almacenamiento, el despacho y finalmente la disposición de los lubricantes usados. En esta categoría es importante tener un cuarto de lubricación (Almacén de lubricantes) que cumpla los estándares, contar con equipos de despacho y procedimientos adecuados para el manejo de lubricantes.

El propósito de este análisis y evaluación de desempeño es para identificar el punto de partida de cada una de las áreas en las que se aplican los recursos. Además de permitir que las propuestas de mejora tengan un punto de comparación.

Almacenamiento de grasa.

- Almacenar la grasa en un área donde la contaminación sea mínima (ambiente fresco y seco).
- Utilizar el contenedor que tiene más tiempo almacenado. Antes de hacer uso de una grasa que ha sido almacenada por un largo periodo se debe hacer una inspección para detectar exceso de separación de aceite (Sangrado).
- Mantener los contenedores de grasa bien tapados.
- Antes de abrir los contenedores de grasa se deberá limpiar las orillas de la

tapa del contenedor con el fin de evitar el ingreso de tierra.

- Verificar la correcta limpieza de espátulas, bombas, engrasadores u otras herramientas antes de usarlas para sacar y colocar grasa en los contenedores.

NOTA:

Un mal almacenamiento de la grasa puede producir los siguientes efectos

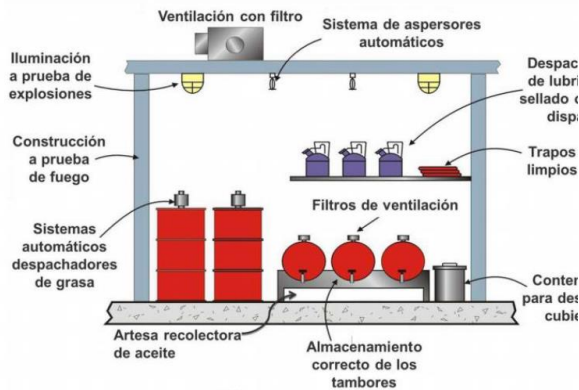
- Separación de componentes de la grasa.
- Contaminación por ingreso de polvo y/u otros contaminantes.
- Reacción de la grasa debido a los componentes atmosféricos, como el oxígeno, dióxido de carbono, agua y/o vapores de agua.

Almacenamiento de aceite.

- No trasvasar aceite nuevo a un tambor de acero previamente usado, existe una alta posibilidad de que existan contaminantes.
- En las áreas interiores donde se almacenan los aceites se deben usar tarimas anti derrame, con una capacidad mayor a la contenida en el tambor de aceite.
- Si por algún motivo el tambor de aceite es trasladado al exterior de forma temporal se debe hacer uso de estaciones de almacenaje para exteriores y/o cubiertas para los tambores. Los tambores de aceite deben ser almacenados de forma horizontal.



- Para el almacenamiento de aceite en el cuarto de lubricación se deben contar con sistemas de filtración (Estación de despacho de lubricantes). Los cuartos de lubricación deben cumplir con algunos requisitos generales, como los descritos en la siguiente imagen.



- No usar lubricantes que hayan estado almacenados por varios años a menos que se realice un análisis de aceite antes de ser usados.
- Los aceites con altos contenidos de aditivos almacenados a bajas temperaturas son de alto riesgo.
- Filtrar los aceites almacenados por un largo periodo de tiempo, cuando a estado almacenado en exteriores, cuando se requiera una alta limpieza de aceite, etc.
- Llevar un inventario para mantener los aceites frescos. Establecer un programa de abastecimiento con el proveedor.

#### Manejo de aceite.

- Para el traslado de tambores de lubricantes desde un punto se debe hacer de forma segura, se podrían romper si no son manipulados de correctamente. Se pueden usar sujetadores de tambores cuando se levante con una grúa.

- Para el manejo de los tambores de lubricante también se puede hacer uso de montacargas, carretillas manuales de transporte, etc.

- Para el trasvase de aceite usando un contenedor de relleno debemos de asegurar lo siguiente:

- o Usar contenedores que puedan ser cerrados herméticamente.
- o Nunca usar contenedores que sean de un material galvanizado.
- o Cada deposito debe ser usado únicamente con un tipo de aceite y deben estar correctamente etiquetados a fin de no mezclar un aceite con otro (Contaminación cruzada).
- o Mantenerlos siempre cerrados herméticamente.
- o Colocar los contenedores en armarios o gabinetes cuando no estén en uso.
- o De forma periódica se deben realizar inspecciones de los contenedores de relleno a fin de identificar contaminantes como tierra, lodo o suciedad dentro de los contenedores.



- Respecto al uso de embudos en el trasvase de aceite se sugiere seguir las siguientes recomendaciones:

- o Evitar el uso de embudos (De preferencia usar contenedores de relleno con boquillas con cierre). En caso de que su uso sea inevitable, usar embudos

desechables o con bolsas para embudo con cerrado hermético.

- Limpiar y secar los embudos con toallas o trapos industriales para guardas en una bolsa con cerrado hermético. Los trapos industriales o toallas no deben soltar fibras o “pelusa”.
- Usar las bolas de plástico para cubrir los puertos de llenado en los equipos.
- Para el trasvase de aceite en cantidades considerables de puede hacer uso de equipos móviles de transferencia de lubricantes. El equipo mencionado entre los principales elementos y componentes con los que debe contar son: Tener filtros de aceite, respirador, estar correctamente etiquetados, contar con boquillas de despacho opcionales para el uso en diferentes equipos que serán abastecidos de aceite.

## 2.2. Técnicas de muestreo

Tener un programa efectivo de análisis de aceite, depende directamente de la realización correcta de los muestreos de aceite, una mala muestra podría producir resultados erróneos. En muchas ocasiones la realización de esta actividad no es tomada con la debida importancia, ignorando los procedimientos y usando equipos y herramientas que no son las adecuadas. Es de suma importancia obtener una muestra de aceite representativa, por lo que se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Se deben realizar procedimientos de muestreo que garanticen uniformidad, sin alteraciones del medio externo (contaminación).
- Contar con equipos de muestreo de fácil uso, con la limpieza adecuada.
- De ser necesario de deben tener identificados varios puntos de muestreo en un solo equipo.

- Identificar los puntos de muestro principales y secundarios de los equipos, a fin de obtener la información necesaria.
- Al momento de la toma de muestra de aceite el equipo debe estar en condiciones de operación normal.
- La muestra de aceite debe ser tomada antes de los filtros de aceite y después de los componentes de desgaste como rodamientos, engranajes, bombas.
- Una vez tomada la muestra de aceite debe ser enviada para analizar. Las características del aceite se empiezan alterar desde que es extraída del equipo en el que operaba.
- Se deben hacer muestreos de aceite de los lubricantes almacenados siguiendo algunas recomendaciones:
  - Realizar una muestra del fondo del tambor de aceite permitirá identificar el asentamiento de aditivos, lodo, agua, etc.
  - Tomar las muestras de aceite manteniendo una distancia fija del fondo con el fin de tener una buena línea base de muestro.
  - Rodar el tambor de aceite antes de muestrear a fin de identificar concentraciones de agua, polvo u otros contaminantes.
- La ISO 3722 define 03 categorías de limpieza de recipientes para la recolección de muestras de aceite:
  - **Limpio:** Contienen menos de 100 partículas mayores a 10 micrones por milímetro de fluido. Son las más económicas y de uso común.

○ **Super limpio:**

Contienen menos de 10 partículas mayores a 10 micrones por milímetro de fluido.



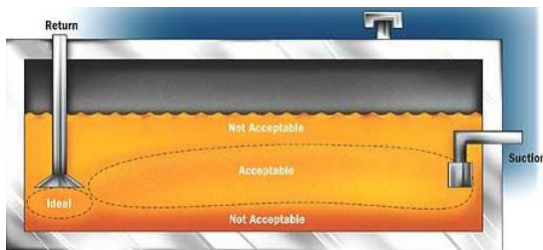
○ **Ultra limpio:**

Contienen menos de 1 partícula mayor a 10 micrones por milímetro de fluido.

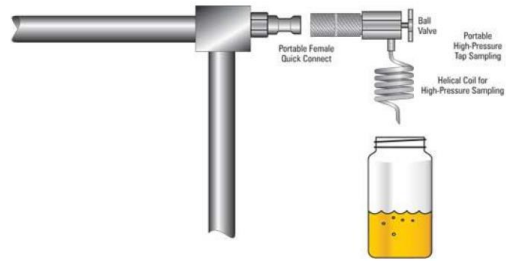
- La oxidación de las muestras de aceite por luz ultravioleta es un factor que alterar el resultado de las características del aceite, por lo que es frecuente que muchos kits de muestreo de aceite incluyan un recipiente de sellado que lo proteja de la luz ultravioleta producida por los rayos del sol.
- Los mejores puntos donde se puede extraer una muestra es donde existe alta turbulencia, como en codos y/o donde existan cambios drásticos de dirección del flujo.



- En caso de que no se pueda extraer una muestra de aceite en la línea circulante, se podrá hacer en el tanque, en el área entre la succión y el retorno.



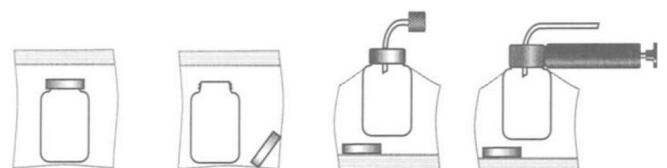
- En el caso de que se requiera tomar muestras de aceite en líneas que trabajan en alta presión se utiliza una válvula con una espiral que sirve como reductor de presión.



- Cuando las líneas de retorno o drenaje no tienen suficiente presión se debe hacer uso de bombas de vacío para poder tomar las muestras.

### PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

- Asegurarse que el equipo esté operando bajo condiciones normales y que el nivel de aceite sea normal.
- Seleccionar el recipiente correcto de muestro y póngalo en una bolsa sellada antes de ir al sitio, al igual que el equipo de muestro.
- Purgue la línea de muestro correctamente antes de extraer la muestra de aceite.
- Abrir el recipiente de muestra sin sacarlo de la bolsa.
- Perforar la bolsa con la manguera y tomar la muestra hasta el nivel adecuado, dejando espacio de aire requerido según la viscosidad del aceite.
- Tapar el recipiente estando en la bolsa.
- Con la tapa puesta se puede remover la botella de la bolsa. Asegurar que la tapa este apretada y etiquetar la muestra.
- Revisar el nivel de aceite del equipo luego de haber tomado la muestra de aceite.



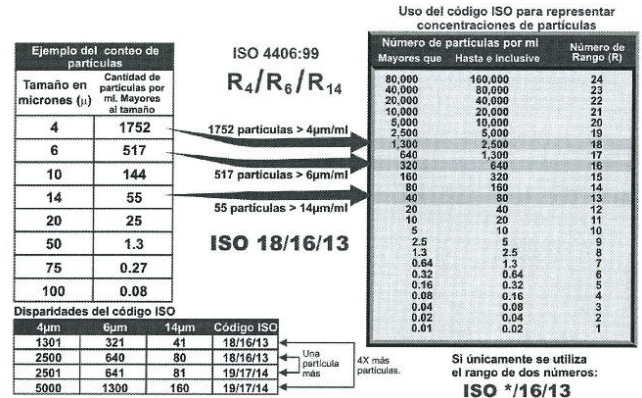
### 2.3. Control de contaminación

El realizar un buen control de contaminación permitirá determinar una mejor estrategia del programa de mantenimiento. Se obtienen beneficios de alto impacto con el hecho de tener un lubricante limpio. Hoy en día existen buenas prácticas que nos ayudaran a corregir y tomar acción en los sistemas contaminados y monitorear de forma efectiva los niveles de contaminación. Algunos de los conceptos y recomendaciones que no deben de pasar desapercibidos en esta categoría son:

- Los contaminantes que debemos evitar que ingresen y se mezclen con el aceite son polvo, agua, aire, combustible, refrigerantes, químicos, otros lubricantes y otras partículas que no han sido mencionadas anteriormente. Algunos daños causados por la contaminación en el aceite son:
  - o Cambios químicos en el aceite: Oxidación, agotamiento prematuro de los aditivos, degradación térmica, etc.
  - o Cambios físicos en el aceite: Aumento o disminución de la viscosidad, oxidación, bajo punto de inflamación, etc.
  - o Ataque químico a la superficie del equipo: Formación de barniz, destrucción ácida, herrumbe, incremento de acidez, corrosión, etc.
  - o Destrucción mecánica de la superficie del equipo: Abrasión, fatiga de la superficie, cavitación, rayado de superficie, pérdida de la resistencia de la película, etc.
- Es importante reconocer de donde viene la contaminación por partículas en el aceite. Existen tres formas:
  - o Contaminación por partículas incorporadas: Partículas que ingresaron

durante el mantenimiento preventivo del equipo y/o partículas que se generaron cuando se fabricó el equipo.

- o Contaminación por partículas que ingresan: Durante el proceso de operación del equipo y/o producto de partículas que ingresan provenientes de la atmósfera.
- o Contaminación por partículas que son generadas: Por desgastes de las superficies de los elementos rotativos y/o por el Aceite.
- En los informes de los resultados del análisis de aceite existe una sección que va relacionada a la contaminación. Dentro de esta sección se detalla el tamaño de partículas y la cantidad que existen. Con esto se puede ver el código ISO 4406 de contaminación sólida. A continuación, se presenta una imagen que nos ayuda a determinar el código de ISO.



- Los tanques (Reservorios de aceite) deben contar con deflectores internos a fin de lograr el asentamiento de partículas contaminantes, separación del aire y de otros contaminantes que puedan existir.
- Dentro de los accesorios importantes para tener un mejor control de la contaminación tenemos los filtros de calidad (con tasa beta) al tamaño de partícula. Es relevante seleccionar un filtro respirador de alto desempeño de

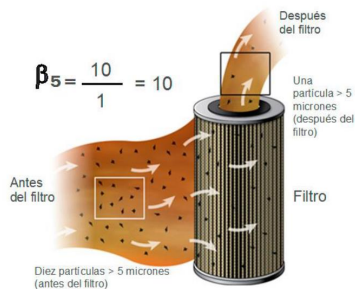
acuerdo al nivel de limpieza requerido en el equipo.

- La tasa Beta es un factor importante en relacionado a la filtración de aceite. La tasa Beta se define como la cantidad de partículas que ingresa al filtro, dividida entre la cantidad de partículas que sale del filtro a un tamaño de partícula determinado.

La tasa Beta se calcula con la siguiente fórmula:

$$\beta = \frac{\text{Partículas que ingresan al filtro}}{\text{Partículas que salen del filtro}}$$

Por ejemplo, un filtro de 5 micrones con una tasa beta de 10 ( $\beta_5 = 10$ ), tendrá en promedio 10 partículas mayores o iguales a 5 micrones antes de ingresar al filtro por cada partículas mayor o igual a 5 micrones que salen del filtro.



Para el cálculo de la eficiencia del filtro se tiene la siguiente fórmula:

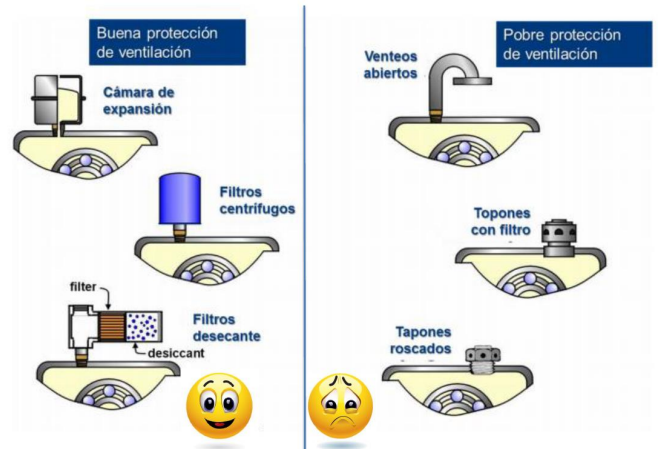
$$\text{Eficiencia} = \left( \frac{\beta - 1}{\beta} \times 100 \right)$$

- Respecto a los filtros respiradores podemos mencionar que durante su funcionamiento se requiere que tengan una buena protección durante la ventilación. Las clases de filtros que cumplen este requerimiento son tres:

- o Filtros con cámara de expansión
- o Filtros centrífugos
- o Filtros desecantes

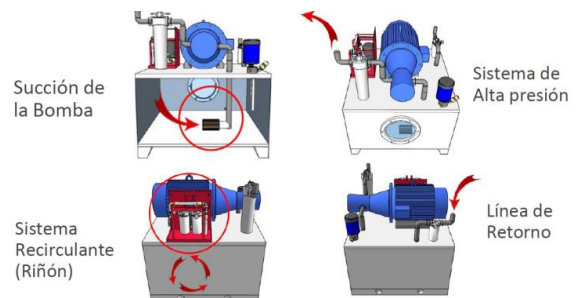
A continuación, se muestra una imagen de los filtros con nos dan una buena protección contra los sistemas y/o

elementos del filtrado que nos dan una mala protección.



- Es importante saber en qué posición es conveniente instalar el filtro de aceite. Existen varias opciones como, por ejemplo:

- o En la succión de la bomba: Filtro con malla gruesa de alambre o tela. Usualmente las partículas se desprenden cuando se apaga el sistema.
- o En la línea de presión del sistema: Usado en sistemas hidráulicos. Buena localización.
- o En la línea de retorno del sistema: Es una localización ideal para sistemas hidráulicos.
- o En el sistema recirculante (Riñón): El costo por gramo de suciedad retirada es menor. Se debe de asegurar que tener una tasa de flujo adecuada.



- Respecto a la selección y tamaño de respiradores se tienen las siguientes recomendaciones:

- Para selección y determinar el tamaño de un filtro respirador es importante saber



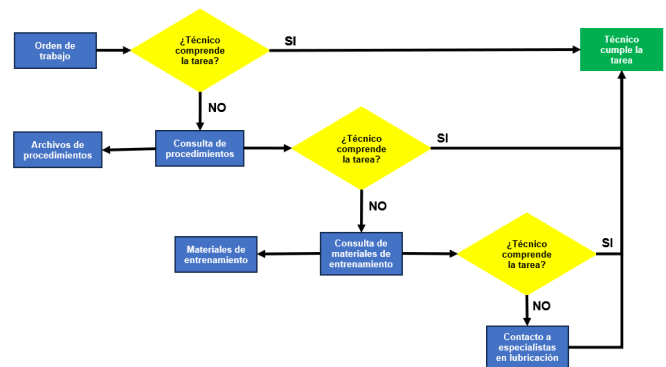
reconocer la máxima tasa de flujo de aire del respirador. Se debe reconocer que la caída de presión del flujo de aire a través de un filtro es una función cuadrática, por ejemplo, 2x el flujo de aire es igual a 4x la caída de presión.

- Para determinar la máxima tasa de flujo de aire primero se debe determinar la tasa neta máxima de flujo de aceite (tasa del flujo de la bomba o flujo de retorno de los cilindros) en galones por minuto GPM. A continuación, los GPM los dividimos entre 7.48 para obtener el flujo de aire en pies cúbicos por minuto CFM. Finalmente, obtenido el valor en CFM se verifica la ficha técnica del filtro respirador seleccionado.

### 3. Administración del programa

Para la administración del programa de lubricación se cuenta con la dirección del área de mantenimiento teniendo como áreas de soporte a personal de logística, administración y operaciones. Todos ellos juegan un rol vital en el proceso de la administración del programa de lubricación. Tener un manejo eficiente del programa de lubricación permitirá optimizar y aprovechar mejor los recursos destinados a las tareas de lubricación.

Para el caso específico en el que se designa una orden de trabajo de mantenimiento en lubricación se cuenta con un flujograma que ayudara para que la orden de mantenimiento asignada se realice con éxito.



### 4. Datos Generales de los equipos.

Se presentan los datos de los equipos en el área de chancado para una planta beneficio de minerales.

En los 3 cuadros siguientes vamos a poder ver la marca de los equipos el componente en donde se lubrica, el tipo de lubricante que usaremos y la marca del mismo, su capacidad, la frecuencia de cambio y la frecuencia de muestreo que todo este dado por el fabricante de cada máquina.

EQUIPO	MARCA
TOLVA ROM	-
APRON FEEDER	OSBORN
ZARANDA GRIZZLY	METSO
CHANCADORA DE QUIJADAS C120	METSO
FAJA #1 (SACRIFICIO)	CONTINENTAL
FAJA #2	CONTINENTAL
FAJA #3 (CURVA)	CONTINENTAL

EQUIPO	COMPONENTE	TIPO DE LUBRICANTE
TOLVA ROM	-	-
APRON FEEDER	UNID HIDRÁULICA BOMBEO	ACEITE
ZARANDA	UNID HIDRÁULICA EXCÉNTRICA	ACEITE
CHANCADORA	UNID HIDRAULICA BOMBEO	ACEITE
FAJA #1	REDUCTOR	ACEITE
FAJA #2	REDUCTOR	ACEITE
FAJA #3	REDUCTOR A	ACEITE

EQUIPO	TIPO DE ACEITE	CAPACIDAD GLNS	FRECUENCIA DE CAMBIO DE ACEITE	FRECUENCIA DE MUESTREO
TOLVA ROM	-	-	-	-
APRON FEEDER	MOBIL DTE 25	55	6 MESES	2 MESES
ZARANDA	MOBIL GEAR 600 XP SHC 320	3	6 MESES	2 MESES
CHANCADORA	MOBIL DTE10 EXCEL 46	15	6 MESES	2 MESES
FAJA #1	MOBIL SHC627	3	6 MESES	2 MESES
FAJA #2	MOBIL SHC627	5	6 MESES	2 MESES
FAJA #3	MOBIL SHC627	35	6 MESES	1 MESES

## 5. Procedimiento y cartillas de lubricación para los equipos.

Para el correcto procedimiento de lubricación para los equipos se hizo una hoja de lubricación para que los técnicos tengan una guía que seguir al momento de realizar una actividad de lubricación para cualquier equipo.

En esta guía se ve el personal involucrado, los equipos de protección personal, las herramientas a utilizar, el procedimiento de lubricación paso a paso y algunas restricciones que deben considerar siempre por temas de seguridad.

Este procedimiento lo puede ver el en ANEXO 04 de este trabajo de investigación.

Se hicieron también unas cartillas de lubricación que sirven para llevar un control de las actividades que tengan que ver con lubricación.

En estas cartillas nos indica la frecuencia con la cual debemos aplicarlas, además de eso tenemos imágenes ilustrativas indicando en donde se debe aplicar la lubricación, también nos muestra una serie de actividades que debemos realizar como mantenimiento preventivo para el equipo y así reducir las fallas debidas a lubricación. Las cartillas nos permiten también anotar alguna actividad extra que no figure en éstas.

Las cartillas de cada equipo se pueden visualizar en el ANEXO 03 de este trabajo de investigación.

## 6. Control del programa

Para que el programa de lubricación se pueda controlar y evaluar constantemente se deben implementar

métricas que ayuden a verificar si se están cumpliendo las metas establecidas del programa.

Para medir el nivel de cumplimiento de las metas, se usan unos indicadores de desempeño (KPI's). Algunos que pueden usarse en el programa son:

- KPI's para los análisis de lubricantes usados para verificar la calidad de la lubricación.
- KPI's de la gestión del trabajo como, por ejemplo, el cumplimiento de las tareas de lubricación, tareas de lubricación vencidas.
- KPI's relacionadas al almacenamiento y manejo como, por ejemplo, la falta de lubricante en existencia.
- KPI's de salud y medio ambiente como, por ejemplo, la tasa de recolección de desperdicios lubricantes.