



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**

III PROGRAMA DE ELABORACIÓN DE TESIS

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“Propuesta de Un Programa de Lubricación Industrial para Aumentar la Disponibilidad de los Motores y Bombas Del Área De Elaboración de la Empresa Agropucalá S.A.A.”

Autor:

Bach. Cristian José García Vallejos

Asesor:

M. Sc. Oscar Méndez Cruz

**Lambayeque – Perú
2022**



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Propuesta de un Programa de Lubricación Industrial para
aumentar la Disponibilidad de los Motores y
Bombas del Área de Elaboración de la Empresa Agropucalá S.A.A.”**

Autor: Cristian José García Vallejos

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE: Dr. Amado Aguinaga Paz

SECRETARIO: Dr. Daniel Carranza Montenegro

MIEMBRO: Ing. Percy Niño Vásquez

ASESOR: M. Sc. Oscar Méndez Cruz

**LAMBAYEQUE – PERÚ
2022**



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

TITULO

**“Propuesta de un Programa de Lubricación Industrial para
aumentar la Disponibilidad de los Motores y
Bombas del Área de Elaboración de la Empresa Agropucalá S.A.A.”**

CONTENIDOS

CAPITULO I : PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

CAPITULO II : MARCO TEÓRICO.

CAPITULO III : MARCO METODOLÓGICO.

CAPITULO IV : PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN

CAPITULO V : ANÁLISIS E INTERPRETACION DE DATOS

CAPITULO VI : CONCLUSIONES.

PRESIDENTE

SECRETARIO

MIEMBRO

ASESOR

**LAMBAYEQUE – PERÚ
2022**

DEDICATORIA

A MIS PADRES Y FAMILIARES. _

Quienes, con sus innumerables
esfuerzos, sacrificios y confianza
hacia mi persona fueron partícipes
para lograr el final de mi carrera
y así ser una persona de provecho
a la sociedad.

A MIS DOCENTES. _

Que me inculcaron los conceptos
básicos y necesarios para así seguir
el sueño de ser un buen profesional,
y por los valores inculcados en ,,,,,,,
dicho periodo académico.

AGRADECIMIENTO

A DIOS. _

Por ser la guía en nuestras
vidas y quien, en mi camino
puso personas apropiadas,
para lograr una vida tanto g
personal y profesional de
bien.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO. _

La cual me acogió en pregrado
dando así la oportunidad de
superarme y desarrollarme tanto
personalmente como profesional.

A VUESTRO ASESOR. _

M. Sc. Oscar Mendez Cruz,
por brindarme los conocimientos,
consejos y pautas para así poder
desarrollar con éxito mi trabajo de
investigación.

PRESENTACION

Señores Miembros del Jurado:

Es grato dirigirme hacia su persona y a la vez exponerle lo siguiente:

Según lo dispuesto en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica – Escuela profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, elevo a vuestra consideración el presente trabajo titulado:
“PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE LUBRICACIÓN INDUSTRIAL PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS MOTORES Y BOMBAS DEL ÁREA DE ELABORACIÓN DE LA EMPRESA AGROPUCALÁ S.A.A.”

Con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Mecánico y Electricista.

A la vez aprovecho la oportunidad para abogar a su espíritu de comprensión, por los errores cometidos en el transcurso de la elaboración del presente trabajo de Investigación.

RESUMEN

El presente Trabajo se desarrolló con la finalidad de encontrar una solución al problema que se tiene en el área de elaboración del Ingenio azucarero AGROPUCALA S.A.A. con los motores y bombas por la baja disponibilidad que se tiene, por lo cual propongo un Programa de Lubricación industrial con el objetivo de lograr “aumentar la disponibilidad de los motores y bombas a causa de una incorrecta y/o falta de lubricación”. De manera que nos permite formular la siguiente pregunta. ¿Un Programa de Lubricación Industrial aumentará la disponibilidad de los motores y bombas del área de Elaboración del Ingenio azucarero AGROPUCALA S.A.A.?

La cuál es la base para realizar el presente trabajo, dando así la problemática de optimizar la lubricación de los motores y bombas del área de Elaboración para aumentar la disponibilidad de los mismos.

El presente proyecto pretende dar la solución a dicha problemática ya que propone aumentar la disponibilidad de los motores y bombas del área de Elaboración, mediante un programa de lubricación industrial.

El Ingenio azucarero AGROPUCALA S.A.A. está ubicado en el distrito de Pucalá está situada en la parte norte de la costa peruana, al este de la provincia de Chiclayo; exactamente a 30.1 kilómetros de esta ciudad y a 800.1 kilómetros de la capital del Perú: Lima.

Sus coordenadas geográficas son: 6° 35' a 6° 48' latitud sur; y de 79° 21' a 79° 41' latitud oeste. Políticamente pertenece a la provincia de Chiclayo, departamento y región Lambayeque.

Palabras claves: Disponibilidad, Lubricación, Elaboración

ABSTRAC

The present Work was developed with the purpose of finding a solution to the problem that exists in the elaboration area of the AGROPUCALA S.A.A. with the motors and pumps due to their low availability, which is why I propose an Industrial Lubrication Program with the aim of "increasing the availability of motors and pumps due to incorrect and/or lack of lubrication". So that allows us to ask the following question. Will an Industrial Lubrication Program increase the availability of motors and pumps in the Elaboration area of the AGROPUCALA S.A.A. sugar mill?

Which is the base to carry out the present work, thus giving the problem of optimizing the lubrication of the motors and pumps of the Elaboration area to increase their availability.

This project aims to provide a solution to this problem since it proposes to increase the availability of motors and pumps in the Manufacturing area, through an industrial lubrication program.

The sugar mill AGROPUCALA S.A.A. is located in the district of Pucalá is located in the northern part of the Peruvian coast, east of the province of Chiclayo; exactly 30.1 kilometers from this city and 800.1 kilometers from the capital of Peru: Lima. Its geographical coordinates are: 6° 35' to 6° 48' south latitude; and from 79° 21' to 79° 41' west latitude. Politically it belongs to the province of Chiclayo, department and Lambayeque region.

Keywords: Availability, Lubrication, Elaboration

INDICE

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
PRESENTACIÓN.....	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRAC.....	VIII
ÍNDICE.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Realidad Problemática.....	2
1.2. Formulación del Problema.....	2
1.3. Delimitación de la Investigación.....	2
1.3.1. Delimitación espacial.....	2
1.3.2. Delimitación temporal.....	2
1.4. Justificación e Importancia de la TESIS.....	2
1.5. Limitaciones de la TESIS.....	3
1.6. Objetivos de la TESIS.....	3
1.6.1. Objetivo General.....	3
1.6.2. Objetivo Específicos.....	3
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	4
2.1. Antecedentes de Estudios.....	4
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	4
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	5
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado.....	6
2.2.1. Lubricación industrial.....	6
2.2.1.1. Importancia de la lubricación.....	7
2.2.2. Lubricantes.....	7
2.2.2.1. Tipos de lubricantes.....	7
2.2.2.2. Funciones de los lubricantes.....	8
2.2.3. Grasa.....	9

2.2.3.1. Tipos de grasa.....	9
2.2.3.2. Grado de consistencia de una grasa.....	11
2.2.4. Programa de lubricación.....	12
2.2.4.1. Selección de lubricante.....	12
2.2.4.2. Cantidad de grasa para relubricación de rodamientos.....	13
2.2.4.3. Periodos de relubricación para rodamientos.....	14
2.2.4.4. Equivalencia entre la cantidad de grasa y número de bombeadas.....	15
2.2.4.5. Rutas de lubricación.....	15
2.2.5. Indicadores de Gestión del mantenimiento.....	16
2.2.5.1. Tiempo Medio entre fallas (TMEF) / Mean time between failures (MTBF).....	16
2.2.5.2. Tiempo Medio de Reparación (TMDR) / Mean time to repair (MTTR).....	16
2.2.5.3. Disponibilidad.....	16
2.2.6. Bombas centrífugas.....	16
2.2.7. Chumaceras.....	19
2.2.8. Rodamientos.....	19
2.2.8.1. Tipos de rodamientos.....	19
2.2.9. Equipos del área de Elaboración.....	22
CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO.....	24
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	24
3.2. Población y muestra.....	24
3.3. Hipótesis.....	24
3.4. Variables – Operacionalizacion.....	24
3.5. Métodos y técnicas de investigación.....	26
3.5.1. Técnicas de Investigación.....	26
3.5.2. Instrumentos de Investigación.....	26
3.5.2.1. Check-List.....	26
3.5.2.2. Orden de trabajo de Lubricación.....	26
3.5.2.3. Historial de Equipos.....	26
3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	26
3.7. Diagnóstico de la empresa.....	27

3.7.1. Información general.....	28
3.7.2. Organigrama.....	28
3.7.3. Descripción del proceso productivo.....	28
3.7.4. Proceso de Lubricación industrial en el área de Elaboración.....	38
3.7.4.1. Responsabilidades.....	38
3.7.4.2. SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE.....	38
3.7.4.2.1. SEGURIDAD.....	38
3.7.4.2.2. MEDIO AMBIENTE.....	38
CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.....	39
4.1. Listado de codificación de Equipos.....	39
4.2. Propuesta de investigación.....	41
4.3. Cantidad de Grasa y períodos de Relubricación de rodamientos.....	41
4.4. Equivalencia entre la cantidad de grasa y el número de Bombeadas.....	45
4.5. Rutas de Lubricación.....	46
4.6. Programa de Lubricación Industrial.....	48
4.7. Propuesta Económica.....	52
CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	53
5.1. Análisis e Interpretación de los Datos.....	53
5.2. Resultados de la Investigación.....	53
5.3. Análisis estadístico de los resultados.....	53
5.3.1. Disponibilidad antes de la implementación de Programa de Lubricación Industrial.....	56
5.3.2. Disponibilidad con la implementación de Programa de Lubricación Industrial.....	56
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXOS.....	63

INDICE DE TABLAS

TABLA N° 01: Grados de consistencia de una grasa según ASTM D 217.....	12
TABLA N° 02: Equipos del área de elaboración.....	22
TABLA N° 03: Operacionalización de variables.....	25
TABLA N° 04: Codificación de equipos de área de Elaboración.....	39
TABLA N° 05: Detalle de equipos de área de Elaboración.....	40
TABLA N° 06: Cantidad de grasa y periodo de Relubricación de rodamientos por cada Equipo.....	42
TABLA N° 07: Programa de Lubricación para el área de Elaboración.....	49
TABLA N° 08: Costos Necesarios para implementación de Programa de Lubricación en el área de Elaboración por un Año.....	52
TABLA N° 09: Registro de Fallas en área de Elaboración 2018.....	54
TABLA N° 10: Resumen de fallas en el área de Elaboración antes de Programa de lubricación	55
TABLA N° 11: MTBF y MTTR de Equipos de Elaboración antes de Implementación de Programa de Lubricación	55
TABLA N° 12: Disponibilidad de Equipos área Elaboración antes de Implementación de Programa de Lubricación	56
TABLA N° 13: Registro de Fallas en área de Elaboración 2019.....	56
TABLA N° 14: Resumen de fallas en el área de Elaboración con el Programa de lubricación.....	57
TABLA N° 15: MTBF y MTTR de Equipos de Elaboración con la Implementación de Programa de Lubricación.....	58
TABLA N° 16: Disponibilidad de Equipos área Elaboración con la Implementación de Programa de Lubricación.....	58

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01: Tipos de Lubricantes según su estado.....	7
FIGURA N° 02: Tipos de Lubricantes según su naturaleza.....	8
FIGURA N° 03: Alimentación de grasa por rodamiento.....	14
FIGURA N° 04: Partes principales de una Bomba Centrífuga.....	17
FIGURA N° 05: Partes de una chumacera.....	18
FIGURA N° 06: Rodamiento rígido de bolas.....	20
FIGURA N° 07: Rodamiento de agujas.....	20
FIGURA N° 08: Rodamiento de rodillos cilíndricos.....	21
FIGURA N° 09: Rodamiento axial de Bolas.....	22
FIGURA N° 10: Procedimiento de Investigación.....	27
FIGURA N° 11: Organigrama estructural de la empresa Agropucalá S.A.A.....	28
FIGURA N° 12: Diagrama de operaciones del Proceso.....	36
FIGURA N° 13: Personal de mantenimiento del Área de Elaboración.....	37
FIGURA N° 14: Plano N° 17.....	47
FIGURA N° 15: Plano N° 18.....	48
FIGURA N° 16: Entrada a Fábrica Agropucalá.....	63
FIGURA N° 17: Orden de Trabajo en Excel.....	63
FIGURA N° 18: SKF Dial Set.....	65
FIGURA N° 19: Equipos de área de Elaboración.....	66
FIGURA N° 20: Boquilla de Engrase.....	66
FIGURA N° 21: Engrasadores.....	66
FIGURA N° 22: Bomba Engrasadora Manual... ..	67

INTRODUCCION

En el mundo actual, una maquina cualquiera aun siendo la más sencilla necesita de lubricación, conociendo que el lubricante en una maquina es como la sangre en un ser humano, es necesaria para su funcionamiento, ayudando alargar su vida útil y performance. Inicialmente una máquina nueva al funcionar debe ser trabajada a baja revoluciones para que se “asiente” es decir que al estar nueva aparentemente no tendría fallas, pero si observamos detenidamente y de forma ampliada las superficies que parecen lisas no lo son, debido a que observaríamos crestas y valles muy pronunciados los cuales al estar en movimiento desarrollarían el fenómeno de la Tribología, que es la ciencia que estudia la fricción, el desgaste y la lubricación.

Esta última al no desarrollarse de forma planificada, ocurre en los componentes de una máquina los dos fenómenos anteriores ocurriendo las fallas.

Por este motivo se debe, Lubricar.

Lubricar: " Hacer más suave o deslizante, aplicar o actuar como lubricante"

Lubricante: "Sustancia capaz de reducir el rozamiento, fricción, calor y desgaste cuando se introduce como una película entre superficies sólidas"

El Objetivo del presente trabajo de investigación es proponer un Programa de Lubricación Industrial para Aumentar la Disponibilidad de los Motores y Bombas Del Área De Elaboración de la Empresa Agro Pucalá S.A.A con lo cual se conseguirá elevar la producción y en consecuencia la mejora económica de la empresa.

La productividad de la empresa está relacionada, entre otros factores, con el estado de sus máquinas y equipos, es por ello, necesario contar con un plan que permita prolongar su vida útil a la vez que se mantenga un nivel de disponibilidad y confiabilidad aceptable, teniendo en cuenta factores como el desgaste de sus piezas debido a la fricción y el consumo de energía que ésta conlleva.

La Empresa Azucarera Industrial Agropucalá S.A.A., ubicado a 30,1 Km de la ciudad de Chiclayo, especializado en la elaboración de cristales de azúcar, cuenta con diversas máquinas y equipos que para su buen funcionamiento deben contar con un adecuado mantenimiento, es aquí donde interviene la lubricación, la que, sin ceñirse a un único programa es llevada de manera descoordinada entre sus secciones, quedando muchas veces equipos sin lubricación; es por esta situación que en el presente proyecto se iniciara el “Programa de Lubricación de Mantenimiento”, en el que se considerarán los puntos que requieran lubricación, sus períodos de re-lubricación y se plantearan criterios técnicos para continuar mejorando su desarrollo.

I. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

La lubricación es uno de los aspectos más vitales del mantenimiento industrial para lograr un funcionamiento eficiente de la maquinaria. Se trata de un campo con un gran potencial para el ahorro de costes, el incremento de la vida útil y una producción más eficaz.

Actualmente la empresa AGROPUCALA S.A.A. no cuenta con un programa de lubricación industrial, por lo que no se realiza una correcta lubricación a sus equipos, por lo cual sufren averías y acortan la vida útil de los mismos, en este trabajo solo se abarcarán los equipos como son los motores eléctricos y bombas del área de Elaboración, por ser una de las áreas más importantes en la fábrica de azúcar.

1.2. Formulación del Problema

¿Un programa de lubricación industrial influirá en la disponibilidad de los equipos del área de elaboración de la Empresa AGROPUCALÁ S.A.A.?

1.3. Delimitación de la Investigación

1.3.1. Delimitación espacial

El estudio se realizó en el Ingenio azucarero AGROPUCALA S.A.A. que está ubicado en el distrito de Pucalá está situada en la parte norte de la costa peruana, al este de la provincia de Chiclayo; exactamente a 30.1 kilómetros de esta ciudad y a 800.1 kilómetros de la capital del Perú: Lima.

Sus coordenadas geográficas son: 6° 35' a 6° 48' latitud sur; y de 79° 21' a 79° 41' latitud oeste. Políticamente pertenece a la provincia de Chiclayo, departamento y región Lambayeque.

1.3.2. Delimitación temporal

Este trabajo de tesis tuvo una duración de 06 meses.

1.4. Justificación e Importancia de la TESIS

Justificación técnica

Tecnológicamente, el lubricante para las máquinas es como la sangre para los seres humanos, por lo cual es indispensable que este se encuentre en buenas condiciones así como en las cantidades recomendadas, lo que permitirá aumentar la disponibilidad y la vida útil de la máquina o equipo. Siendo esta la línea de investigación

Justificación económica

Con el programa de Lubricación Industrial se va generar menos costes de mantenimiento y directamente menos consumo de lubricantes.

1.5. Limitaciones de la Tesis

Con Respecto a los datos recogidos sobre rodamientos, estos han sido proporcionados por la Empresa Industrial AGROPUCALA S.A.A.

La tesis desarrollada abarca los motores y bombas del área de Elaboración de la empresa Industrial AGROPUCALA S.A.A.

1.6. Objetivos de la TESIS

1.6.1. Objetivo General

Proponer un programa de lubricación industrial para aumentar la disponibilidad de los motores y bombas del área de elaboración de la empresa AGROPUCALÁ S.A.C.

1.6.2. Objetivo Específicos

- ✓ Definir los equipos y sus características a evaluar en un programa de lubricación industrial.
- ✓ Evaluar la disponibilidad de los equipos del área de Elaboración de la Empresa Agropucalá S.A.C. antes de implementar un sistema de lubricación industrial.
- ✓ Evaluar la disponibilidad de los equipos del área de Elaboración de la Empresa Agropucalá S.A.C., después de implementar un sistema de lubricación industrial.
- ✓ Trazar rutas de lubricación.
- ✓ Realizar un programa de Lubricación con ayuda de un software (Excel).

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se tomaron como antecedentes algunas informaciones que guardan relación con el tema desarrollado.

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Santiago Castro Castaño (Pereira, Colombia, 2018), realizó su trabajo de investigación titulado: Implementación de un programa de lubricación en una empresa de refrigeración en el proceso de metales, para obtener el grado académico de Ingeniero Mecánico en la Universidad Tecnológica de Pereira.

Objetivo:

Implementar un programa de lubricación en el proceso de metales.

Realizar el diagnostico actual de la lubricación en el proceso de metales.

Recopilar y consolidar la información necesaria para realizar la planeación de lubricación de una empresa de refrigeración.

Diseñar un programa de lubricación adecuado para el proceso de metales.

Resumen:

El proyecto Implementación de un programa de lubricación en una empresa de refrigeración en el proceso de metales, tiene como objetivo formalizar un programa de lubricación adecuado y en función de las actividades de la empresa.

En general, se evidencia la necesidad de tener un control constante de la lubricación de todos los equipos, y debido a la gran cantidad de equipos que son necesarios para la operación de la empresa, se propone crear un programa de lubricación para el proceso de metales de la empresa, el cual es uno de los más críticos de la etapa productiva.

Los programas de lubricación permiten asegurar que todos los puntos de lubricación de una máquina sean correctamente atendidos. No sólo ayuda a los técnicos a identificar y ubicar todos los puntos de lubricación de una máquina determinada, sino que también es útil para verificar y estar seguros de conocer todos los puntos de lubricación de las máquinas.

Conclusión:

La planificación del mantenimiento disminuye los costos de reparación y operación de los equipos y /o máquinas industriales. Con un programa de lubricación, ajustes y limpieza de los

equipos y /o máquinas se logra disminuir notablemente el consumo de energía, manteniendo y hasta mejorando la calidad del producto final.

Tener un equipo de trabajo capacitado y con conocimientos básicos sobre lubricación, así como el uso de herramientas para el análisis de lubricantes y la implementación de mantenimientos predictivos, son importantes para ejecutar adecuadamente los programas de lubricación.

Tener unos objetivos y unos indicadores establecidos no solo favorece a que se dé un seguimiento adecuado al cumplimiento del cronograma de lubricación también a seguir buscando y generando estrategias de mejora continua.

El éxito del programa de lubricación depende de todas las personas involucradas en el proceso productivo de la empresa, desde el encargado del presupuesto hasta el operario de la máquina.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Diego Egoávil Méndez (Lima, 2019), realizó su trabajo de investigación titulado: *Implementación de un programa de lubricación para aumentar la disponibilidad de los scoops Caterpillar R1600G en la Compañía Minera Casapalca*, para obtener el grado académico de Ingeniero Mecánico en la Universidad Tecnológica del Perú.

Objetivo:

Implementar un programa de lubricación para incrementar la disponibilidad de los scoops Caterpillar R1600G de la Compañía Minera Casapalca.

Evaluar las estrategias de mantenimiento relacionadas a la lubricación en los scoops Caterpillar R1600G.

Evaluar y determinar los costos asociados a la lubricación en los scoops Caterpillar R1600G.

Resumen:

El presente trabajo desarrolla la implementación de un programa de lubricación para la flota de scoops Caterpillar R1600G con la finalidad de aumentar su disponibilidad.

Este programa de lubricación implementado utiliza prácticas de clase mundial, probadamente efectivas, como es el control de la contaminación y los análisis de aceites, enfocándose en los dos modos de falla considerados de mayor relevancia en las industrias: la lubricación inadecuada y la contaminación del lubricante.

El trabajo está organizado en cinco capítulos.

En el capítulo 1 se describe el problema a investigar, así como los objetivos y las razones por las cuales se realiza el trabajo.

En el capítulo 2 se mencionan los principales antecedentes de la lubricación centrada en confiabilidad y se abarcan los diferentes conceptos teóricos, tanto propios del estudio como complementarios.

En el capítulo 3 se definen las variables de la investigación, así como el tipo de estudio, el diseño y el método de investigación.

En el capítulo 4 se desarrolla toda la implementación del programa de lubricación para la flota de scoops Caterpillar R1600G, iniciando con el análisis situacional de la empresa con respecto a sus prácticas actuales en lubricación y posteriormente con la implementación del programa; así mismo, se presenta de manera concisa los recursos necesarios para su implementación y el análisis económico-financiero.

En el capítulo 5 se presentan los resultados y se realiza un análisis sobre cómo ha influido la implementación del programa de lubricación en la mejora de la disponibilidad de la flota de scoops Caterpillar R1600G.

Finalmente, se concluye que la implementación del programa de lubricación incidió en el incremento de la disponibilidad promedio de la flota de scoops R1600G, así como en una reducción de costos generados por la detección temprana de fallas potenciales.

Conclusión:

Luego de implementar el programa de lubricación en la Cía. Minera Casapalca se logró incrementar la disponibilidad de los scoops Caterpillar R1600G de 89 % a 94 % en los primeros tres meses de ejecutado el programa.

Si bien la tendencia del MTTR se mantuvo con respecto al promedio durante el 2018, la mejora del MTBF incidió directamente en el aumento de la disponibilidad.

Con respecto a la evaluación de los costos asociados a la lubricación en los scoops Caterpillar R1600G, podemos ver en la tabla 39 que el costo promedio anual por reemplazo de lubricantes en un scoop R1600G era de S/ 15 937,48 cuando se utilizaban lubricantes Mobil, y actualmente con el cambio a Chevron el costo promedio anual es de S/ 15 273,92, lo que se traduce en un ahorro de S/ 663,55 por equipo y de S/ 6 635,52 por la flota de 10 scoops.

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado

2.2.1. Lubricación industrial

La lubricación es un proceso mediante el cual se reduce la fricción entre dos partes móviles introduciendo un fluido para separar las dos superficies de contacto. El término "engrasado" se utiliza cuando se utiliza grasa como base lubricante.

2.2.1.1. Importancia de la lubricación

Gracias a la lubricación, se realizan varias funciones:

- Reducir la fricción (fricción o deformación),
- Reducir el desgaste de las piezas,
- Absorber/mitigar choques,
- Reducir/controlar la temperatura,
- Proteger de la corrosión,
- Aislar los componentes de la contaminación,
- Limpiar/eliminar los contaminantes.

2.2.2. Lubricantes

Un lubricante se define como toda materia que, introducida entre dos superficies en movimiento, tiende a separarlas reduciendo su fricción y su desgaste, además de protegerlas contra la corrosión y la herrumbre.

2.2.2.1. Tipos de lubricantes

Los lubricantes aparecen de diferentes maneras, en forma de fluido, grasa o sólido, dependiendo de los requerimientos de la aplicación.

De acuerdo a su estado los lubricantes se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a. Lubricantes gaseosos: aire
- b. Lubricantes líquidos: aceite
- c. Lubricantes semisólidos: grasas
- d. Lubricantes sólidos: grafito

En la figura 1 se muestran estos tipos de lubricantes, de los cuales se destacan por su mayor utilización en la industria los aceites y las grasas.

Figura N° 01. Tipos de lubricantes según su estado



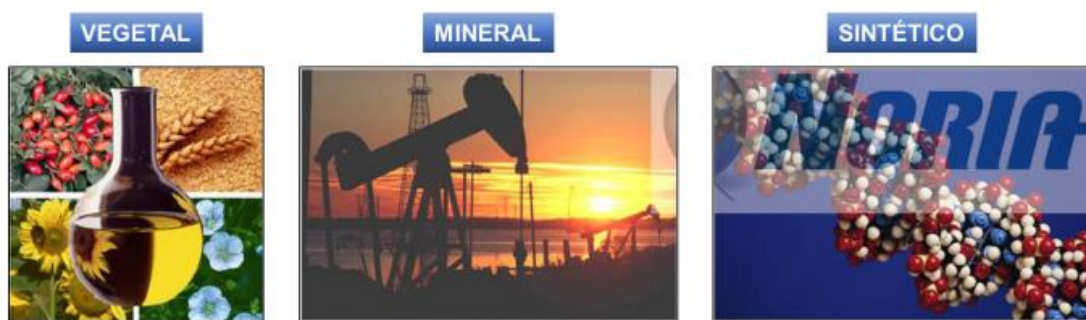
Fuente: Oil analysis basics

Y, según su naturaleza, los lubricantes se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a. Lubricantes vegetales: son extraídos de plantas y semillas, poco usados en lubricación industrial.
- b. Lubricantes animales: son extraídos de huesos y tejido adiposo de animales, de igual manera que los lubricantes vegetales, son poco usados en lubricación industrial.
- c. Lubricantes minerales: son derivados del petróleo, sus propiedades dependen de la calidad del crudo y de su proceso de refinación.
- d. Lubricantes sintéticos: son elaborados a partir de compuestos químicos hechos por el hombre.

En la figura 2 se muestran estos tipos de lubricantes.

Figura N° 02. Tipos de lubricantes según su naturaleza



Fuente: Oil analysis basics

2.2.2.2. Funciones de los lubricantes

Los lubricantes desempeñan funciones por demás importantes para la protección de los elementos que lubrican o de los sistemas en los que actúan, se pueden mencionar algunas:

- Reducción de fricción y desgaste: los lubricantes reducen fricción por medio de la separación de las superficies en movimiento con una película de fluido que transporta la carga. La fricción genera calor y origina degradación de la superficie en forma de desgaste.
- Control de la temperatura: los lubricantes fluidos absorben el calor en el punto en que este se genera, de tal forma que pueda disiparse naturalmente o ser removido por un intercambiador de calor u otro sistema de enfriamiento.
- Control de contaminación: los lubricantes sirven para aislar los componentes de las máquinas del medio ambiente, deteniendo o haciendo más lento el ingreso de contaminantes como partículas, agua y químicos. De igual manera, los lubricantes fluidos recogen los

contaminantes y los transportan al tanque o depósito, en donde se asientan por gravedad o los conducen a un filtro separador en donde son removidos.

- Prevención de ataques químicos: al formar una capa protectora sobre la superficie de los componentes los lubricantes proporcionan protección contra la herrumbre y la corrosión.
- Transmisión de potencia: en sistemas hidráulicos, el fluido es el medio por el cual la potencia se transmite para hacer actuar cilindros, válvulas, motores, entre otros componentes.

2.2.3. Grasa

Las grasas lubricantes pueden definirse como sólidos o semifluidos obtenidos de combinar en un lubricante líquido un agente espesante. En tanto que no pueden decirse exactamente líquidos o sólidos, se identifican como sólidos plásticos con propiedades viscoelásticas. Contienen del 65 al 95% en peso de aceite lubricante, del 5 al 35% de espesante y del 0 al 10% de aditivos (líquidos y/o sólidos). Dependiendo de la cantidad de sólidos, el producto resultante se clasifica como grasa (< 10% sólidos), grasa-pasta (del 10 al 40% de sólidos) y pasta (>40 % sólidos).¹

2.2.3.1. Tipos de grasa

Los tipos de grasa se clasifican por el empleo de un espesante comúnmente un jabón de calcio (Ca), litio (Li), o sodio (Na).

Grasas cálcicas (Ca)

Son de una estructura suave, tipo mantecoso y con buena estabilidad mecánica. Son insoluble en agua y tienen normalmente estabilidad con un 1% o 3% de agua. No deben utilizarse en motores cuya temperatura sea mayor de 60°C ya que el jabón se separa del aceite y la grasa pasa de ser semilíquida a líquida, perdiendo su consistencia normal.

Grasas líticas (Li)

Tienen frecuentemente una estructura similar a las anteriores, es decir son suaves y mantecosas. Tienen las propiedades positivas similares a las cálcicas y sódicas, pero además destaca su capacidad de adherirse a las superficies metálicas es perfectamente y su estabilidad a alta temperatura es excelente. Además, gran parte de este tipo de grasas se puede utilizar a temperaturas más amplia que las sódicas.

¹<https://www.interempresas.net/Mantenimiento/Articulos/113067-Grasas-lubricantes-caracteristicas-ventajas-y-aplicaciones.html>

Grasas sódicas (Na)

Este tipo de grasas se utilizan en un gran rango de temperaturas que las grasas de calcio. Además, tiene excelentes propiedades de obturación y adherencia, proporcionando una gran absorción de agua por lo cual protege a los elementos contra la oxidación. Actualmente para altas temperatura se están empleando grasas sintéticas del tipo sódico, que pueden soportar temperaturas máximas de 120°C.

Grasas de jabón compuesto

Estas grasas están conformadas por un jabón metálico y también por una sal. Las mas comunes son las que emplean jabones de calcio compuesto, cuyo ingrediente principal es el acetato de calcio. Este tipo de grasas tienen la particularidad de soportar mayores temperaturas que las grasas comunes.

Grasas espesadas con sustancias inorgánicas

Las grasas espesadas no solo se logran con jabón metálico como espesante, sino que se puede usar diferentes sustancias inorgánicas, tales como, gel de sílice y bentonita. La superficie activa utilizada sobre partículas de estas sustancias absorbe las moléculas de aceite. Estos tipos de grasas se mantienen estables a altas temperaturas y son resistentes al agua. Por este motivo, su uso a temperaturas normales hace que sus propiedades lubricantes disminuyan.

Grasas sintéticas

En estas grasas se incluyen las que están basadas en aceites sintéticos, como las aceites siliconas y ésteres, que no son como los aceites minerales que se oxidan rápidamente. Por esto, es que las grasas sintéticas tienen un amplio campo de aplicación. Se utilizan diferentes espesantes, tales como bentonita, PTFE (teflón) y jabón de litio. Frecuentemente, las grasas sintéticas a bajas temperaturas tienen poca resistencia al rozamiento..

Grasas para aplicaciones a bajas temperaturas (LT)

La composición de este tipo de grasa ofrece poca resistencia, particularmente en el arranque, de igual manera cuando su uso es a temperaturas tan bajas como -50° C. La viscosidad de estas grasas es de unos 15mm²/s a 40° C, ósea es baja. Su consistencia varia de NLGI 0 a NLGI 2; por lo cual, estas consistencias necesitan obturaciones efectivas para evitar que la grasa sea expulsada.

Grasas para aplicaciones a temperaturas medias (MT)

En este grupo de grasas están las denominadas grasas multiuso. Su uso es recomendable para equipos que trabajan con temperaturas de -30 a +110° C; por lo cual, estos se pueden emplear

en la mayoría de los casos. La viscosidad del aceite base debe estar entre 75 y 220mm²/s a 40° C. La consistencia según la escala NLGI es normalmente 2 o 3.

Grasas para aplicaciones a altas temperaturas (HT)

Este tipo de grasas permite su aplicación a temperaturas de hasta +150°C. La estabilidad a la oxidación se mejora con ciertos aditivos. La viscosidad del aceite base es de unos 110mm²/s a 40° C, no debe disminuirse mucho de este valor, debido a que la grasa se puede volver rígida a temperatura de ambiente y aumentar el par de rozamiento.

Grasas de uso a extrema presión (EP)

Generalmente una grasa de este tipo tiene compuestos de cloro, azufre ó fósforo y algunas veces contiene ciertos jabones de plomo. Por todo esto se produce una mayor resistencia de película, por lo cual, eleva la capacidad de carga de la película lubricante. Actúan cuando alcanzan temperaturas altas en el exterior de las superficies metálicas, desarrollándose una reacción química en esos lugares que evita la soldadura.

La viscosidad del aceite base es 175mm²/s (máx. 200mm²/s) a 40° C. Su consistencia corresponde a NLGI 2. En general, el uso de las grasas EP se deben emplear a temperaturas mayores de -30° C y menores de +110° C.

Grasas Antiengrane (EM)

Las grasas antiengrane EM proporcionan una película más resistente que los aditivos EP y contienen bisulfuro de molibdeno (MoS₂). Pero también se usan otros lubricantes sólidos como el grafito.² En el mercado son denominadas como las "antiengrane".

2.2.3.2. Grado de consistencia de una grasa³

El NGLI (National Lubricating Grease Institute), establece una clasificación de las grasas en función de su consistencia. Una grasa aumenta su consistencia al aumentar el contenido en espesante. La cantidad de espesante en una grasa varía desde el 2% (grasas muy fluidas) hasta el 25% (grasas más consistentes).

El sistema para clasificar las consistencias de las grasas, se define por la penetración producida por la caída de un cono estándar en una muestra de grasa (ASTM-D-217). Dependiendo del valor obtenido en esta prueba, la grasa se clasifica en uno de los 9 grados que se muestran en la tabla N° 01 que a tal efecto define el NLGI. Estos grados van desde el 000 para las grasas más fluidas, hasta el 6 para las grasas de mayor consistencia.

²<https://compralubricantes.com/blog/tipos-de-grasa/>

³https://lubrication-management.com/wp-content/uploads/sites/3/2014/07/Principios_basicos_grasas_lubricantes_ES.pdf

Tabla N° 01***Grados de consistencia de una grasa según ASTM D 217***

Grado NGLI	Penetración a 25 °C (mm)	Aplicaciones
000 (líquida)	445 – 475	Engranajes
00 (líquida)	400 – 430	Engranajes
0 (semifluida)	355 – 385	Cojinetes. Sistemas centralizados
1 (semifluida)	310 – 340	Cojinetes. Sistemas centralizados
2 (blanda)	265 – 295	Cojinetes
3 (regular)	220 – 250	Cojinetes
4 (semidura)	175 – 205	Cojinetes lisos. Grasa en briquetas
5 (dura)	130 – 160	Cojinetes. Grasa en briquetas
6 (extra - dura)	85 – 115	Cojinetes. Grasa en briquetas

Fuente: Lubrication management

2.2.4. Programa de lubricación⁴

Un programa de gestión de la lubricación se puede definir como la suma de las actividades realizadas en instalaciones determinadas para suministrar el lubricante adecuado, en la cantidad precisa, en el momento exacto y con el método más indicado. Lo que permite mejorar la disponibilidad de la planta y sus equipos.

Contar con un programa de lubricación de calidad le proporcionará beneficios como el ahorro de costes relacionado con mano de obra, paradas no planificadas, repuestos y consumo energético. Ya que estos imprevistos son causados por la contaminación del lubricante, su degradación, elección de un lubricante inadecuado y/o conocimientos insuficientes.

2.2.4.1. Selección de lubricante

El proceso de lubricación inicia con la selección del lubricante adecuado para la máquina.

Seleccionar el lubricante correcto es uno de los factores más importantes para la protección de sus componentes, permite construir una base sólida para la confiabilidad de los equipos y significa, en muchos casos, uno de los elementos que contribuyen de manera más importante en el tiempo de vida de una máquina.

El proceso de selección del lubricante debe involucrar los requerimientos de la maquinaria, su entorno operacional, las tecnologías disponibles, su aplicación, su precio, etc.

⁴<https://hfsoluciones.com.ar/news/gestion-de-lubricacion>

Una de las interrogantes que surge cuando un equipo se pone en operación por primera vez es sobre qué lubricantes utilizar para su correcto funcionamiento y su adecuada protección durante su vida útil. Como punto de partida, se debe consultar el manual de operación y mantenimiento del equipo y considerar las recomendaciones del fabricante, en base a estas seleccionar los lubricantes, y en caso de ser necesario, ir ajustándolas de acuerdo a los parámetros anteriores. En este proceso se puede involucrar también al proveedor de lubricantes. Sin embargo, la decisión final del lubricante debe recaer en la empresa que ha adquirido el equipo, ya que son ellos los que saben el entorno operacional y las condiciones en las que trabajará.

Es necesario que las empresas que compran sus lubricantes pongan énfasis en este proceso y lo conjuguen con la documentación de estándares genéricos y especificaciones del lubricante en el que se detallen sus características técnicas como sus propiedades físicas y químicas, grado de viscosidad, tipo de básico, aditivos, sus requisitos de desempeño, sus aplicaciones, entre otros, dependiendo de las necesidades de cada planta, para asegurar que el lubricante correcto llegará a sus equipos.

2.2.4.2. Cantidad de grasa para relubricación de rodamientos⁵

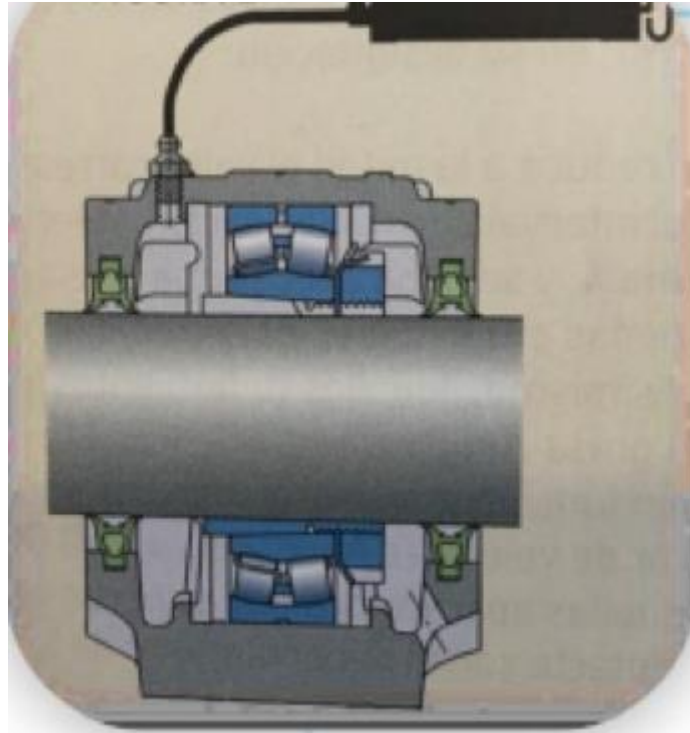
El exceso de grasa en un rodamiento incrementa la temperatura de operación y puede ocasionar un daño al rodamiento. Por otro lado, la falta de lubricación es un factor determinante para la falla del rodamiento.

Los fabricantes de rodamientos han establecido una fórmula para calcular la cantidad necesaria para re-lubricar un rodamiento basados en las dimensiones del mismo. Fórmula para calcular la cantidad de re-lubricación cuando la grasa se alimenta desde la lateral.

⁵<https://predictiva21.com/calculo-cantidad-grasa-re-lubricacion-periodica-rodamientos/>

Figura N° 03.

Alimentación de grasa para rodamiento



Fuente: Predictiva 21

Fórmula:

$$\text{Grs} = 0.005 * D * B$$

Donde:

Grs = Cantidad en gramos a dosificar (considerar que la densidad promedio de las grasas es de aproximadamente 1 gr/cm³, por lo cual 1gr ~ 1cm³)

D = Diámetro exterior del rodamiento, mm

B = Ancho del rodamiento, mm

2.2.4.3. Periodos de relubricación para rodamientos

Los intervalos de relubricación se determinan por la experiencia que trae la aplicación de criterios técnicos. Cuando se emplea para el uso en rodamientos se recomienda iniciar tomando en cuenta criterios recomendados por SKF, criterios puestos en el software "SKF Dial Set"

Este software ha sido creado para determinar la dosificación (gr/día; gr/semana) que deben tener sus equipos automáticos, sin embargo, también permite conocer la cantidad de grasa y los periodos de relubricación de grasa para los rodamientos, tomando en cuenta los siguientes factores:

a) Sobre el rodamiento:

- Dimensiones
- Tipo

b) Sobre las condiciones de Funcionamiento:

- rpm
- # de horas de trabajo diarias
- Temperatura de Funcionamiento
- Contaminación / Humedad
- Tipo de Carga (relación C/P)
- Si la carga está sujeta a vibración (como la criba)
- Temperatura Ambiente
- Orientación del eje Tipo de rellenado (ranura W33 o conductos)

c) Sobre la Grasa:

- Tipo de Grasa (grasas SKF o distintas)
- Para el caso de grasas especiales se debe hallar su equivalente para grasas SKF.

2.2.4.4. Equivalencia entre la cantidad de grasa y número de bombeadas

El equipo utilizado en el Ingenio Azucarero Pucalá para lubricar los rodamientos, chumaceras, etc. es la Bomba Grasera Manual de 500g.

En el transcurso de éste proyecto se ha contabilizado que el número de "Bombeadas" de éste equipo es aproximadamente de 190, por tanto:

Cantidad de Grasa en cada Bombeada = 2.5 g

2.2.4.5. Rutas de lubricación

La definición y elaboración de las rutas de lubricación es fundamental para la planificación, ejecución y control de las tareas de lubricación, así como la verificación y retroalimentación del programa de lubricación. Estas rutas pueden ser diseñadas en función del tipo de tarea a realizar, del tipo de lubricante a aplicar, del equipo requerido para efectuar la tarea, del tipo de máquina a la que se aplica la tarea, la frecuencia de la tarea, la capacidad y habilidades requeridas del técnico en lubricación para ejecutar la tarea, etc. Las rutas deben estar configuradas de tal manera que permitan la optimización de los recursos, de las cargas de trabajo y del personal. En función de lo anterior, las rutas deben tener una secuencia lógica de manera tal que el técnico en lubricación pueda realizarlas de manera efectiva y cumpliendo con los requerimientos de seguridad de la planta.

2.2.5. Indicadores de Gestión del mantenimiento

2.2.5.1. Tiempo Medio entre fallas (TMEF) / Mean time between failures (MTBF)

Es el tiempo de operación promedio entre paradas de la máquina expresado en horas. Éste índice da la frecuencia con que las averías pasan.

$$\text{MTBF (horas)} = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Nº de paradas}} \dots (1)$$

2.2.5.2. Tiempo Medio de Reparación (TMDR) / Mean time to repair (MTTR)

Es el tiempo de paro promedio para reparar una máquina expresado en horas. Nos ayuda saber mucho sobre las averías y que sucede en un equipo en función del tiempo medio hasta su solución.

$$\text{MTTR (horas)} = \frac{\text{Tiempo total de paro}}{\text{Nº de paradas}} \dots (2)$$

2.2.5.3. Disponibilidad

La disponibilidad se define como la relación entre el MTBF y la suma del MTBF y MTTR, expresada como porcentaje. Debido a esta relación matemática, al variar la disponibilidad, se puede determinar cuál de los otros dos factores tuvo la mayor influencia sobre ese cambio, esto permite reaccionar adecuadamente a los cambios en la disponibilidad y enfocar los esfuerzos y recursos en la frecuencia (MTBF) o duración (MTTR) de los paros.

$$D (\%) = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100 \dots (3)$$

2.2.6. Bombas centrífugas⁶

Una bomba centrífuga es una máquina hidráulica rotodinámica que transforma la energía mecánica del impulsor en energía cinética o de presión transmitiéndola a un fluido incompresible. El fluido ingresa por una tubería de succión hacia el centro del impulsor, el cual posee una serie de álabes para impulsar el fluido por medio de fuerza centrífuga hacia la tubería de descarga, pasando antes por la voluta o cuerpo de la bomba o a otros impulsores en el caso de bombas de más de una etapa.

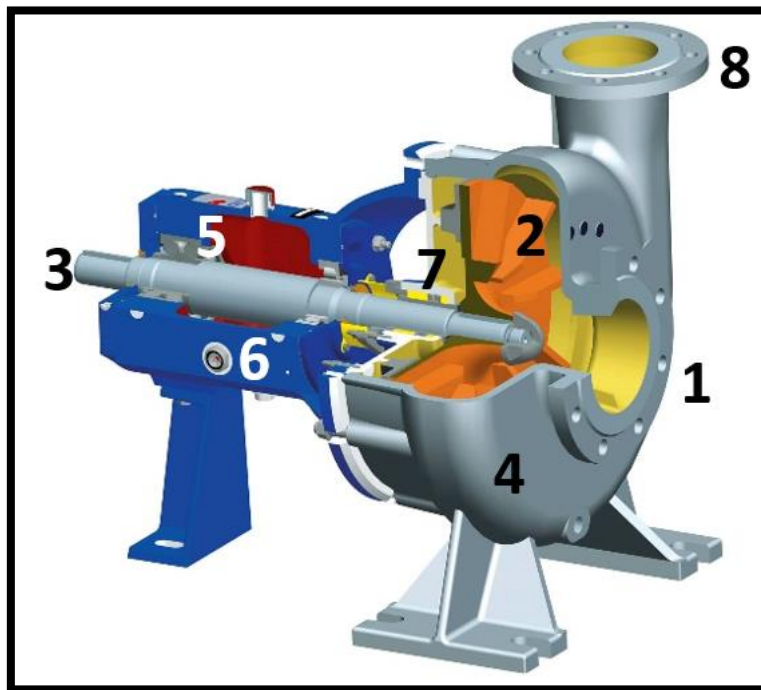
⁶<https://power-mi.com/es/content/an%C3%A1lisis-de-vibraciones-en-bombas-centr%C3%ADfugas>

Partes principales de una Bomba Centrífuga

Las partes que componen una bomba centrífuga son:

1. Tubería de succión
2. Impulsor o rodete
3. Rotor
4. Voluta
5. Rodamientos o cojinetes
6. Cajera de rodamientos
7. Sellos mecánicos
8. Tubería de descarga

Figura N° 04. Partes principales de una Bomba Centrífuga



Fuente: Víctor Yepes, Blog Upv

2.2.7. Chumaceras⁷

Se conoce con el nombre de chumacera a un cuerpo de acero moldeado que consta de unos orificios destinados a fijar el cuerpo a la máquina o superficie.

Es dentro del cuerpo de la chumacera donde se aloja el rodamiento de manera directa.

Así mismo, en cuanto a sus tipos, una chumacera puede ser de pedestal, también conocida bajo el nombre de clásica, y que va fijada al cuerpo de la máquina, de pared, tipo brida y tensora.

⁷<https://saditransmisiones.com/chumacera>

Tipos de chumacera

Como hemos indicado, disponemos de varios tipos de chumacera. Ahora vamos a pararnos en ellos con un poco más de atención.

Tensora

La chumacera tensora es frecuentemente utilizada en cintas transportadoras para alinear la banda y los ejes. De manera que se mantiene la banda todo el tiempo centrado correctamente. Cuenta con una guía para aflojar o apretar la pista.

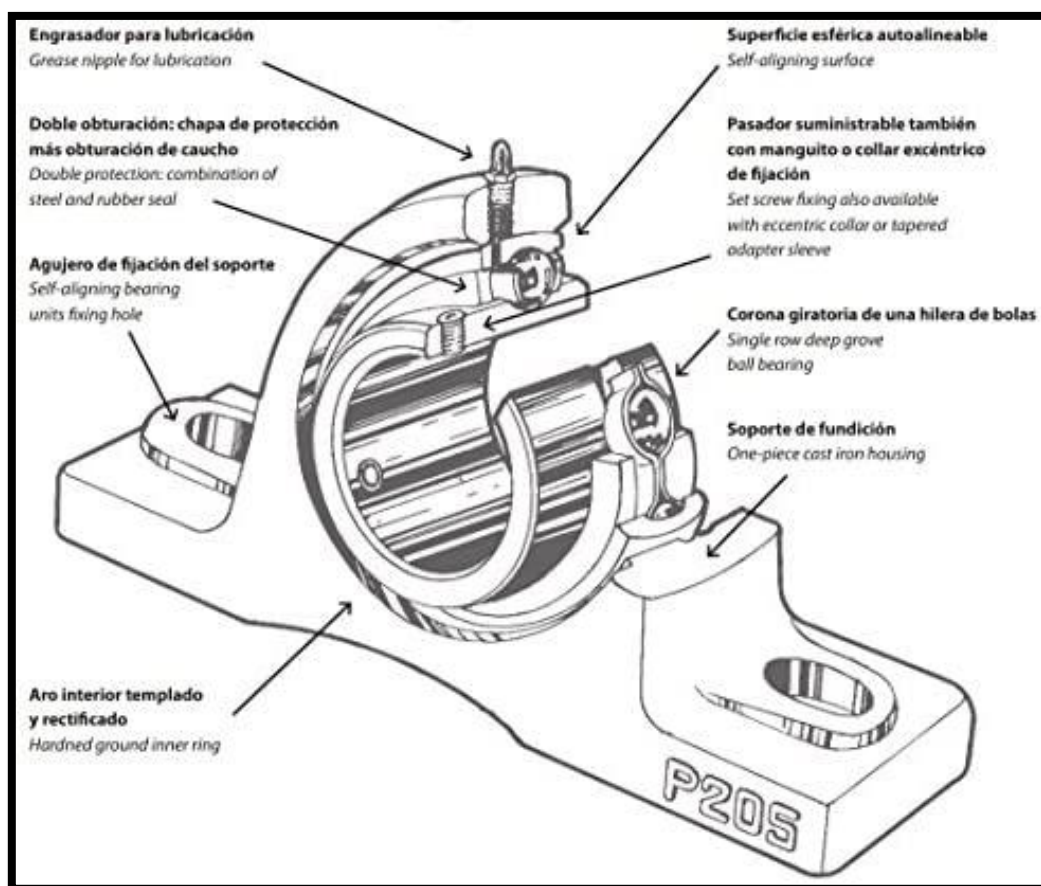
Pared

La chumacera de pared suele instalarse fija a la máquina y en ella se colocan los ejes. Cuenta con un cuadro de cuatro agujeros para fijarla en el soporte.

Brida

Esta chumacera de brida permite la alineación de los ejes de forma vertical y está sujeta a dos tornillos. Su ventaja principal es la poderse calibrar a voluntad según su uso.⁸

Figura N° 05. Partes de una chumacera



Fuente: BRR MX

⁸<https://brr.mx/chumaceras>

2.2.8. Rodamientos

Los rodamientos son elementos mecánicos que aseguran un enlace móvil entre dos elementos de un mecanismo, donde uno se encuentra en rotación con respecto a otro. Su función principal reside en permitir la rotación relativa de dichos elementos bajo carga, con presión y con un rozamiento mínimo, reduciendo la fricción entre un eje y las piezas conectadas a este por medio de una rodadura, que hace de apoyo y facilita su desplazamiento.⁹

2.2.8.1. Tipos de rodamientos

1. Rodamientos de bolas

Los rodamientos de bolas son la opción más extendida y se compone de multitud de variables según su forma y se pueden utilizar en múltiples aplicaciones. La elección de un tipo de rodamiento de bolas dependerá de la aplicación industrial para la que se utilizará, así como de la carga a la que estará expuesto. Los más comunes son:

- Rodamientos axiales
- Rodamientos de contacto angular
- Rodamientos rígidos de bolas
- Rodamientos de bolas autoalineables.
- Rodamientos de bolas de contacto angular de alta velocidad

Disponen de cuatro partes: anillo exterior, anillo interior, bolas, y jaula o separador y para aumentar el área de contacto y favorecer la resistencia de la transmisión a mayores cargas, las bolas corren en muecas construidas en los anillos. El separador por su parte, mantiene las ruedas separadas evitando contactos entre sí.

Ventajas:

- Altas velocidades de funcionamiento
- Requieren poco mantenimiento y son de fácil diseño
- Aumentan la capacidad de carga radial
- Tienen baja capacidad axial debido a los choques de las bolas con las ranuras del anillo

⁹<https://clr.es/blog/es/tipos-de-rodamientos-accionamientos>

Figura N° 06. Rodamiento rígido de bolas



Fuente: SKF

2. Rodamientos de agujas

El diseño de rodamientos de agujas destaca por contar con rodillos cilíndricos, finos y largos en su plano diametral. Son muy indicados para aplicaciones donde el espacio radialmente es limitado (la dimensión axial de las agujas o rodillos es mucho mayor que la radial), y son la opción idónea también cuando la transmisión requiere de una capacidad de carga radial elevada.

Ventajas:

- Buena capacidad de carga
- Útiles en ubicaciones con espacio radial limitado.

Figura N° 07. Rodamiento de agujas



Fuente: SKF

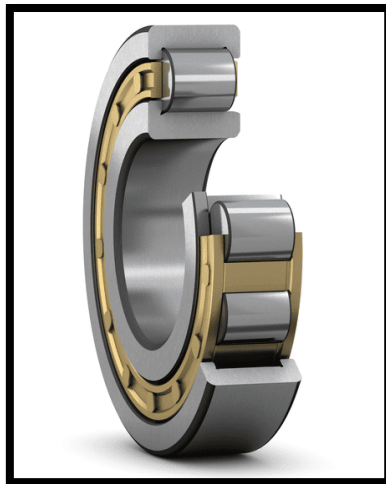
3. Rodamientos de rodillos

Estos componentes disponen de una hilera de rodillos cilíndricos enjaulados entre anillos exteriores e interiores macizos y coronas de rodillos cilíndricos. La jaula impide que los rodillos cilíndricos estén en contacto entre sí en el momento de la rodadura evitando fricciones innecesarias y resistiendo aceleraciones rápidas y en altas velocidades. Son semejantes a los de bolas, pero estas soportan altas cargas radiales, ya que tienen línea de contacto en lugar de puntos de contacto.

Ventajas:

- Soportan elevada carga radial
- Adecuados en elevadas velocidades de giro
- Son muy versátiles. Son fáciles de montar y desmontar pudiendo suministrarse como rodamientos libres, de apoyo o fijos.

Figura N° 08. Rodamiento de rodillos cilíndricos



Fuente: SKF

4. Rodamientos axiales

Como su propio nombre indica, están diseñados para soportar y responder a cargas axiales puras. No debe trabajar con cargas radiales. Se dividen en tipos de dirección simple (acomodan la carga axial en un sentido) y doble (acomodan la carga axial en ambos sentidos).

Ventajas

Es la solución más aconsejable cuando nuestro proyecto esté sometido a importantes cargas axiales.

Figura N° 09. Rodamiento axial de bolas



Fuente: SKF

2.2.9. Equipos del área de Elaboración

TABLA N° 02

Equipos del área de elaboración

Item	Sistema	Equipo
1	Bombas de soda cáustica	Bomba de soda cáustica N° 01 Bomba de soda cáustica N° 02
2	Bombas de tanques de agua	Bomba de tanque de agua N° 01 Bomba de tanque de agua N° 02 Bomba de tanque de agua N° 03
3	Bombas De Jarabe	Bomba De Jarabe N° 01 Bomba De Jarabe N° 02 Bomba De Jarabe N° 03
4	Bombas De Magma	Bomba De Magma N° 01 Bomba De Magma N° 02 Bomba De Magma N° 03
5	Bombas De Miel	Bomba De Miel N° 01 Bomba De Miel N° 02 Bomba De Miel N° 03
6	Bombas De Jugo Clarificado	Bomba De Jugo Clarificado N° 01

		Bomba De Jugo Clarificado N° 02
		Bomba De Jugo Clarificado N° 03
7	Bombas De Liquidación Clarificadores	Bomba De Liquidación Clarificador N° 01 Bomba De Liquidación Clarificador N° 02 Bomba De Liquidación Clarificador N° 03
8	Filtros De Cachaza	Motor Filtro De Cachaza N° 01 Motor Filtro De Cachaza N° 02 Motor Filtro De Cachaza N° 03
9	Clarificadores – Agitadores	Motor Agitador De Clarificador N° 01 Motor Agitador De Clarificador N° 02 Motor Agitador De Clarificador N° 03
10	Cristalizadores	Motor Cristalizador N° 01 Motor Cristalizador N° 02 Motor Cristalizador N° 03 Motor Cristalizador N° 04 Motor Cristalizador N° 05 Motor Cristalizador N° 06 Motor Cristalizador N° 07 Motor Cristalizador N° 08 Motor Cristalizador N° 09 Motor Cristalizador N° 10 Motor Cristalizador N° 11 Motor Cristalizador N° 12 Motor Cristalizador N° 13 Motor Cristalizador N° 14 Motor Cristalizador N° 15
11	Elevadores De Azúcar	Motor Elevador De Azúcar A Motor Elevador De Azúcar B

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo

Es aplicada¹⁰

En este tipo de investigación el énfasis del estudio está en la resolución práctica de problemas. Se centra específicamente en cómo se pueden llevar a la práctica las teorías generales. Su motivación va hacia la resolución de los problemas que se plantean en un momento dado.

En este caso utilizaremos la teoría sobre lubricación industrial y disponibilidad, para aplicarlo en el Ingenio Azucarero Agropucalá.

Diseño

De acuerdo con (HERNÁNDEZ, 2014) en su libro Metodología de la investigación, el diseño de investigación del presente trabajo es de tipo no experimental, ya que no se van a manipular las variables de estudio, sino se analizarán tal como se dan en su contexto natural y se estudiarán las relaciones entre ellas.

3.2. Población y muestra

La población está constituida por los equipos del área de Elaboración de la Empresa Agropucalá S.A.A.

La muestra está constituida por 43 equipos del área de Elaboración, indicados en la Tabla N° 02, 20 Bombas y 23 Motores eléctricos.

3.3. Hipótesis

Con la propuesta de un programa de lubricación industrial se podrá aumentar la disponibilidad de los motores y bombas del área de Elaboración de la Empresa Industrial AGROPUCALA S.A.A.

3.4. Variables - Operacionalización

Tal como se muestra en la Tabla N° 03, se identifican las variables y se operacionalizan

X: Variable independiente: Programa de lubricación

Y: Variable dependiente: Disponibilidad

¹⁰<https://www.lifeder.com/investigacion-aplicada/>

Tabla N° 03

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores
Programa de Lubricación	Un programa de lubricación se puede definir como la suma de las actividades realizadas en instalaciones determinadas para suministrar el lubricante adecuado, en la cantidad precisa, en el momento exacto y con el método más indicado.	Se planteará un programa de lubricación para los equipos del área de Elaboración.	Historial de fallas, Plan de Lubricación, Monitoreo, Orden de trabajo, Inspección
Disponibilidad	La disponibilidad propiamente dicha es el cociente entre el tiempo disponible para producir y el tiempo total de parada. Para calcularlo, es necesario obtener el tiempo disponible, como resta entre el tiempo total, el tiempo por paradas de mantenimiento programado y el tiempo por parada no programada.	La disponibilidad se medirá en porcentaje con la siguiente fórmula: $D (\%) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$ Donde D = Disponibilidad MTBF = Tiempo Medio entre fallas MTTR= Tiempo medio de reparación	Equipo disponible (%)

Fuente: Elaboración Propia

3.5. Métodos y técnicas de investigación

De acuerdo con (MUÑOZ, 2011) en su libro *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis*, el método de investigación del presente trabajo es de tipo documental, ya que se concentra en la recopilación de datos de fuentes documentales, como libros, revistas y sitios web, con el propósito de obtener antecedentes documentales para profundizar en teorías, conceptos y aportaciones ya existentes sobre el tema que es objeto de estudio.

3.5.1. Técnicas de Investigación

La técnica de investigación que se ha utilizado fue la documental y empírica mediante la observación y recolección de datos obtenidos.

3.5.2. Instrumentos de Investigación

Los instrumentos de investigación que se utilizaron son los siguientes:

3.5.2.1. Check-List

Es un reporte diario el encargado del equipo tiene que realizar una inspección visual del equipo indicando que fallas encontró y las tiene que reportar al supervisor.

3.5.2.2. Orden de trabajo de Lubricación

Control de lubricación de los equipos.

3.5.2.3. Historial de Equipos

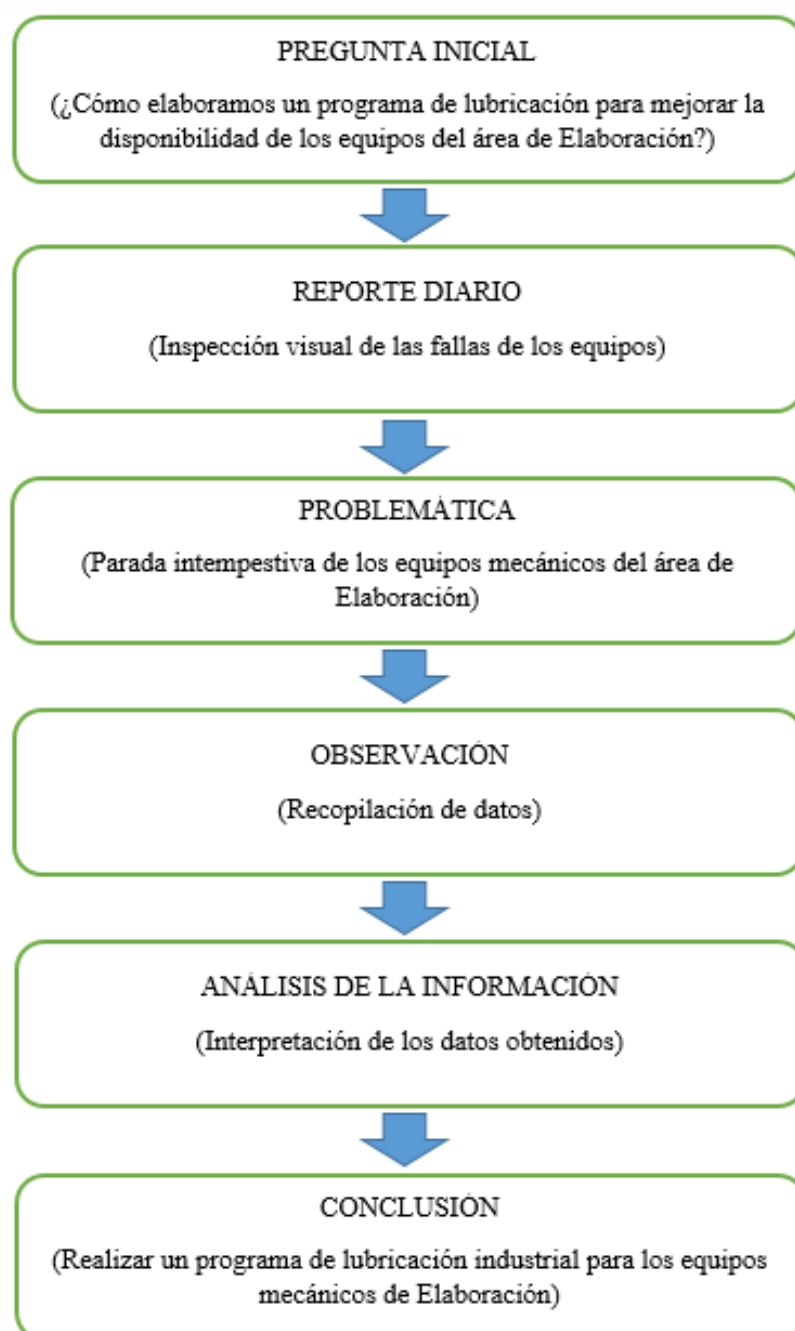
Registro de todas los mantenimientos preventivos y correctivos de los equipos del área de Elaboración.

3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

La técnica de procesamiento de datos que se tomará se realizará mediante el reporte diario de datos para obtener la información que se necesita. La investigación tendrá el siguiente procedimiento.

Figura N° 10.

Procedimiento de la Investigación



Fuente: Elaboración propia

3.7. Diagnóstico de la empresa

3.7.1. Información general

Razón social

AGROPUCALÁ S.A.A.

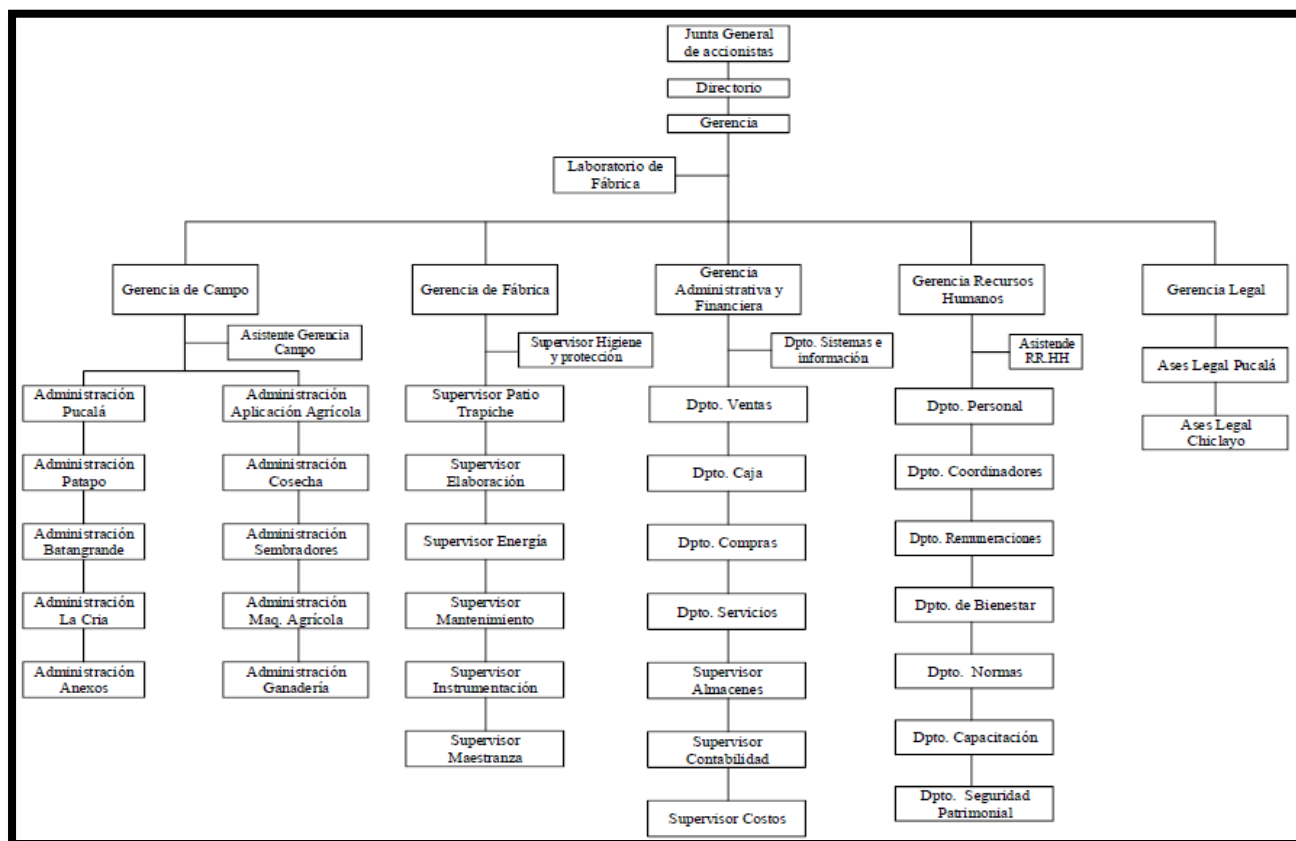
RUC

20113657872

3.7.2. Organigrama

Figura N° 11.

Organigrama estructural de la empresa Agropucalá S.A.A.



Fuente: Agropucalá S.A.A.

3.7.3. Descripción del proceso productivo

El proceso productivo de agro Pucalá, para la fabricación de cristales de azúcar rubia o azúcar cruda, consta de múltiples procesos y maquinarias que empieza en la recepción de caña hasta el almacenamiento del azúcar producido y consiste en obtener los cristales del azúcar presentes en el jugo de la caña mediante el centrifugado de la miel. Se procede, a describir el proceso de fabricación de azúcar rubia en la Empresa Agropucalá S.A.A.

A) RECEPCIÓN, PREPARACIÓN Y EXTRACCIÓN PESADO DE LA CAÑA.

En el campo la caña es quemada, cortada y transportada hacia la fábrica por medio de tráilers, con una capacidad de 30 toneladas; pero que se verifica con un Pesaje de la caña con el objetivo de tener un control real de la producción total, este control es para la materia prima (caña) y del producto terminado (azúcar), esta verificación o pesaje se realiza con una Balanza Semiautomática, con capacidad de 60 Toneladas.

DESCARGA DE CAÑA.

La descarga de la caña se efectúa desde los trailers por medio de un sistema de hilo (02 grúas hilo de 30 tn. c/u), cuyo objetivo es depositar la caña en dos mesas alimentadoras.

B) RECEPCION DE LA CAÑA.

La recepción se realiza en 02 mesas alimentadoras, las cuales tienen por finalidad de limpiar, deshojar y alimentar de caña a los conductores N° 01 y 02. La Mesa Alimentadora N° 02, es la de mayor capacidad (90 tn.) por lo que es la más se utiliza en el proceso; la caña del conductor N° 02 se deposita en un equipo llamado Carding Drun.

DISPERSADOR DE CAÑA.

El equipo Carding Drun es un cilindro con manotas, cuya finalidad es la remover la caña, este equipo está ubicado al final del Conductor N° 02 (cabezal).

C) LAVADO DE LA CAÑA.

El lavado de la caña se realiza en el conductor de caña N° 03, en el cual se emplea agua a una Temperatura de 35 °C, cuya finalidad es de eliminar la tierra, pajas y objetos extraños que viene con la caña del campo. Para realizar esta actividad se cuenta con 03 bombas de agua, de las cuales se utilizan dos y una está en stand by.

NIVELADO DE LA CAÑA.

Esta actividad se realiza en un equipo llamado nivelador N° 02, cuyo trabajo es igualar la distribución de la caña en el conductor; este equipo está ubicado en el conductor de caña N° 03 a unos 2.70 mts del lavado de la caña.

PRE - PICADO DE LA CAÑA.

Esta actividad se realiza en la Batería de Machetes N° 02, cuyo objetivo es la de pre-picar la caña mediante unos machetes que convierte a las cañas enteras en un material formado por pedazos cortos; trabajan con un ajuste amplio y, en consecuencia dejan pasar una alta proporción de cañas sin picar.

NIVELADO DE LA CAÑA PRE - PICADA.

La caña pre-cortada cae al conductor de caña N° 04, en el cual se encuentra ubicado el Nivelador N° 03, que sirve para nivelar el colchón de caña pre-picada.

PICADO DE LA CAÑA (picado final).

Esta Etapa se realiza en la Batería de Machetes N° 03, la cual tiene como función completar el picado de la caña, este equipo también se encuentra ubicado en el conductor de caña N° 04.

EXPARCIDOR DEL COLCHON DE CAÑA.

Esta etapa se realiza en una maquina llamado Kiker, que tiene como función esparcir el colchón de caña para facilitar el ingreso a la desfibradora, es un eje que está compuesto de 30 brazos y se encuentra ubicado en el cabezal del conductor de caña N° 04.

DESFIBRACIÓN DE LA CAÑA PICADA.

El colchón de caña cae a la desfibradora, la cual se encarga de completar la preparación y desfibrado de la caña, para facilitar la extracción del jugo en los molinos.

La desfibradora es una máquina que está compuesta de 60 martillos, se encuentra ubicada al inicio del conductor de caña N° 05.

D) EXTRACCION DEL JUGO (molienda de caña)

La caña desfibrada se muele en los molinos de trapiche, cuya función es de extraer el jugo de la caña; el cual está compuesto de 05 molinos: los 02 primeros trabajan con 4 masas y los 03 restantes trabajan con 3 masas; cada molino es accionado por una turbina a vapor de 400 PSIG y 680 °F a 4500 RPM y por medio de los reductores de baja a 5 RPM para el giro de los molinos. En el último molino se le adiciona agua imbibición caliente a una °T que oscila entre 75 - 85 °C para facilitar la sacarosa de la caña

Del molino N° 05 sale el bagazo que es Transportado por los Conductores de Bagazo N° 01, 02, 03, 04 y 05 a las calderas, y el bagazo sobrante va a la colca bagacera (stock).

El vapor que produce las calderas va a un Cabezal de Alta Presión (400 psig), desde donde se distribuye al Turbogenerador N° 01 Y 03, a la Turbina del Ventilador de tiro Inducido de la Caldera N° 05, al cabezal de alta presión de los sistemas motrices de los molinos y la turbina del desfibrador y al cabezal de vapor de escape de 30 psig. El vapor de escape de 30 psig del cabezal de alta presión como el vapor de salida de los sistemas motrices de los molinos y de la turbina del desfibrador, se distribuye a los equipos de la sección Elaboración (calentadores, tachos, vacumpanes, etc.) y a la sección Refinería.

SISTEMA DE IMBIBICIÓN.

El trapiche del Ingenio Azucarero Pucalá emplea el sistema de imbibición compuesto, con el cual se persigue lograr el reemplazo del jugo absoluto de la caña por agua y se lleva a cabo mediante la aplicación de éste sobre el colchón de bagazo que sale de cada molino, con lo que se logra la máxima dilución del jugo absoluto hasta quedar únicamente el jugo residual. La temperatura del agua de imbibición varía de 75^a 85 °C y la cantidad de agua a utilizar en la masa de caña debe estar entre 25 a 30% en caña.

El jugo extraído del quinto molino es bombeado a la entrada del cuarto molino, el jugo extraído de este molino es bombeado a la entrada del tercer molino, el jugo del tercer molino es bombeado a la entrada del segundo molino, el jugo extraído del segundo molino más el jugo del primero es bombeado al sistema de colado utilizando para éste último dos bombas, haciendo un total de cinco bombas inatorables.

E) OBTENCION DEL JUGO MEZCLADO.

El jugo obtenido del primer y segundo molino cae a una batea formándose el jugo mezclado que es conducido por sistema de bombas y tuberías al colador estático DSM o a las cribas vibratorias.

COLADO O ZARANDEO DEL JUGO MEZCLADO.

Esta Etapa se realiza en la maquina llamada colador estático DSM o a las Cribas Vibratorias, en donde el jugo mezclado se cuela y cae a un tanque receptor de jugo y el bagacillo saliente es conducido por sin fin al conductor de caña N° 04.

RECEPCION DEL JUGO COLADO.

El jugo colado cae a un tanque receptor para luego ser transportado por sistema de bombas y tuberías hacia la Balanza de Jugo.

F) PESADO DEL JUGO, ENCALAMIENTO DEL JUGO.

El jugo por un sistema de bombas y tuberías es conducido hacia una balanza de jugo, la cual pesa 6 Tn de jugo por tancada, luego en su paso se le adiciona lechada de cal, la cual sería base de un PH en el jugo frío de 8 para que resulte en el jugo clarificado un PH de 7.

Este encalamiento se realiza en un tanque y luego el jugo encalado cae a un segundo tanque de recepción, por un sistema de bombas y tuberías es conducido a 6 calentadores.

CONDUCTOR DE BAGAZO

El residuo de la molienda de caña se llama bagazo, la gran mayoría de bagazo producido, que equivale aproximadamente a una tercera parte de toda la caña molida en el mundo, sirve como combustible para la generación de vapor en los ingenios productores de azúcar.

El bagazo generalmente genera de 2.0 – 2.5 Tn de vapor / Tn de Bagazo. El bagazo contiene aproximadamente:

Humedad 48 s 51 %

Sacarosa 1.8 a 4 %

Brix 3 a 4 %

Los datos varían de acuerdo a la eficiencia de los molinos. El bagazo es transportado por el conductor de cadena, el cual será utilizado como combustible en las calderas, para la generación de la energía básica: vapor vivo o recalentado que servirá de base para la generación de energía eléctrica y para acción las turbinas presentes en el ingenio. El bagazo sobrante se almacena en un

área apropiada llamada “patio” o “pampa de bagazo” para ser usado por retroalimentación en paradas de molienda.

PURIFICACIÓN DE JUGOS:

Consiste en la eliminación de impurezas del jugo colado que viene del trapiche.

El proceso de purificación de jugo de caña, será por defecación simple, el cual emplea agentes como cal y calor principalmente, es probable que sea uno de los métodos más antiguos y más baratos de purificación

PLANTA DE LECHADA DE CAL

La cal (CaO) es el reactivo más barato usado en la industria azucarera para incrementar el pH del jugo de caña, que ha sido extraído en el trapiche, llevándose hasta un pH de 7.5 a 8.0. Generalmente el consumo de cal es de 0.5 a 0.6 kilogramos por tonelada de caña.

La cal de buena calidad tiene de 85 a 95% de óxido de calcio aprovechable (CaO) y debe ser de color blanco lechoso

Para la preparación de lechada de cal, se cuenta con un hidratador rotatorio o apagador de cal, que consiste en un tambor rotatorio y que rota a baja velocidad (5 – 10 RPM), la cal y el agua se introducen en uno de los extremos y la lechada de cal es descargada por el otro a unos tanques con agitadores. Es necesario mantener suficiente lechada disponible para evitar interrupciones en el proceso. Siempre debe tenerse una tubería de retorno, que permite un bombeo continuo, con la finalidad de evitar un asentamiento de las partículas sólidas.

G) ENCALAMIENTO

Después de pesado el jugo mezclado recibe la cal en forma de lechada, iniciando el tratamiento y el acondicionamiento de la purificación del jugo crudo.

Cuando se emplea cal con bajo contenido de óxido de calcio y altas impurezas, el consumo de cal será mucho mayor, y la cantidad de impurezas afectará la clarificación y aumentará las incrustaciones en los evaporadores.

Este método usado en el Ingenio Azucarero Pucalá es llamado “Alcalinización en Frío”, donde al jugo crudo se le agrega lechada de cal, llevándolo a un pH de 7.6 - 8.

Entonces se calienta a 102- 104° C, dejándolo asentar.

Las reacciones químicas que tienen lugar en el encalamiento, según la composición de los jugos, son los siguientes:

- Cambio de PH, causado por la cal
- Coagulación de compuestos coloides.
- Formación de compuestos insolubles de calcio

- Formación de compuestos solubles de calcio

El jugo mezclado tiene un pH de 5.5 – 5.9 debido a esto es necesario añadirle suficiente lechada de cal para poder obtener un jugo clarificado de la más alta calidad posible. No puede generalizarse sobre cuál es el pH adecuado al que se debe alcalinizar el jugo, ya que depende de muchos factores.

H) CALENTAMIENTO DEL JUGO.

Luego de pasar el jugo mezclado por el encalamiento de inmediato el jugo ya encalado pasará al proceso de calentamiento, transportado por 3 bombas de las cuales dos están en operación y una de reserva para reemplazar cuando alguna de las dos se averíe.

En este calentamiento es conveniente que el jugo encalado sea calentado a una temperatura superior de 2 a 3° C al punto de ebullición del jugo a presión atmosférica (100.6° C); es por ello que se recomienda que el jugo encalado sea calentado a una temperatura de 102 a 105 °C

PREFLOCULACION DEL JUGO.

Por medio de una tubería ingresa el jugo caliente a un prefloculador en donde se le adiciona el floculante (2 p.p.m); con la finalidad de que el jugo sedimente mejor en los clarificadores Oliver.

I) CLARIFICACION DEL JUGO.

La clarificación consiste en eliminar todas las impurezas que viene en el jugo crudo mediante la sedimentación.

La clarificación se realiza en depósitos cilíndricos, llamados clarificadores Oliver. El clarificador tiene un eje central que gira muy lentamente (12 revoluciones / hora), y que lleva laminas raspadoras que barren lentamente el fondo de los compartimientos.

El jugo por decantarse llega tangencialmente a la parte superior de un compartimiento. En este lugar sobrenada un poco de espuma que se elimina por medio de un raspador especial que le empuja hacia un pequeño canal lateral de evacuación.

Los compartimientos se comunican entre sí. En cada uno, la cachaza se deposita, los arrastradores empujan lentamente hacia el centro de cada batea.

El jugo claro decantado sale de cada compartimiento por varios tubos conectados con la zona más tranquila y más clara de él, es decir, con la circunferencia situada en la parte superior de cada compartimiento cerca de la parte exterior del clarificador.

Las cachazas se toman de la parte inferior, generalmente se prefieren por ser muy espesas, sacarlas por medio de una bomba de diafragma, en la cual por medio de tuberías pasan al proceso de filtración.

FILTRACION DE LA CACHAZA.

La filtración es una operación unitaria que permite la separación sólido - líquido, la misma que puede llevarse a cabo en equipos a presión manométrica positiva

La cachaza proveniente de la clarificación de jugos es un lodo que contiene sacarosa y por lo tanto es necesaria su recuperación, para lo cual se someten a procesos de filtración, para esto se emplea filtros al vacío (filtros Oliver)

Que consiste en un tambor rotatorio, cubierto de láminas perforadas de acero, instaladas sobre costillares por donde circula el jugo, dividido en áreas conectadas a tubos interiores.

El Ingenio Azucarero cuenta con tres filtros rotatorios al vacío, marca Oliver Campbell.

La cachaza proveniente del clarificador, llega a un mezclador, donde se agrega bagacillo para mezclar con la cachaza y formar una masa más compacta para facilitar la filtración.

El filtro se pone en contacto con una batea que contiene la mezcla cachaza -bagacillo y succiona al máximo posible el jugo que contiene, quedando en la superficie del filtro una capa o Torta de cachaza.

Esta capa de cachaza que sale del filtro, es limpiada mediante un raspador y conducida por medio de fajas a las tolvas que luego van a ser transportadas en volquetes al campo como abono suplementario.

Conforme se forma la torta en el tambor de filtro, se lava con agua caliente, mediante unas toberas en forma de lluvia.

El jugo filtrado obtenido es enviado al tanque de jugo encalado por medio de un sistema de bombeo.

J) EVAPORACIÓN O CONCENTRACIÓN DEL JUGO

EVAPORACIÓN

El jugo clarificado que sale de los clarificadores es sometido a un proceso de evaporación en un sistema de evaporación de múltiple efecto para elevar las concentraciones de 15 a 65 °Brix aproximadamente, eliminando una gran parte de agua. Para esta operación se dispone de un tanque regulador de jugo claro y debajo del cual se encuentran 3 bombas que enviarán el jugo clarificado al sistema de evaporación.

La evaporación de jugos en la industria azucarera consiste en la eliminación de la mayor parte del agua del jugo clarificado hasta conseguir un jarabe de 60 a 65 °Brix, lo cual se verifica en los evaporadores al vacío de quintuple efecto. El jugo clarificado debe ser llevado a los evaporadores rápidamente y de forma continua, manteniéndose volumen lo más bajo posible con la finalidad de que la temperatura sea la más alta, aproximadamente de 205 °F porque de la temperatura depende, en mucho, la capacidad del evaporador.

El sistema de evaporación a quintuple efecto consta de 11 evaporadores en serie paralelo, teniendo cuatro cuerpos para el primer efecto (pre evaporador): El Pre Squier, el Pre BMA, el Pre Mc Neil y el Pre Francés

Cada cuerpo es de forma cilíndrica vertical, cerrado en la parte inferior por un fondo cónico, con puerta lateral para entrada de hombre, miras y aberturas para el pase de la tubería de alimentación de vapor y jugo, para extracción de condensado, salida de gases, etc.

Los evaporadores de calandria están asimismo equipados con conductos de bajada o bajantes (tubo central) sellados, los que conducen el líquido desde el pozo central de la calandria directamente a la descarga sin recirculación.

K) CRISTALIZACIÓN DEL AZÚCAR

Los objetivos de la cristalización son:

- a) Transformación del azúcar en solución a su estado cristalino, que en la centrifuga produzca un alto rendimiento de azúcar como producto comercial.
- b) Lograr la mayor transformación posible de la sacarosa disuelta a cristales y que la miel final quede lo más agotado posible.

Esta operación constituye la formación del grano de azúcar y es de primordial importancia para su calidad. Esta se verifica cargando el tacho con jarabe, después que se ha puesto en comunicación con el condensador y se ha normalizado el vacío, que suele ser de 25 a 26 pulg. Hg., hasta cubrir la superficie calórica. según se va concentrando, introducir en el tacho más cantidad para mantener la superficie calórica cubierta de líquido, hasta que llega el punto en el cual el jarabe concentrado no contiene suficiente agua para mantener disuelta la sacarosa, bajo cuyo estado de sobresaturación, la sacarosa cristaliza o se forman los granos iniciales.

Los cristales se presentan muy chiquitos como puntos brillantes y, en la segunda alimentación, ya se distinguen perfectamente los que constituyen la base inicial de la templa o las templas que de dicha cristalización se produzcan.

El aparato de cocción o tacho, según la versión española; “Vacum Pan”, según la versión inglesa, es un evaporador a simple efecto, similar a cualquiera de los cuerpos del evaporador.

L) CRISTALIZACIÓN

Hay dos tipos principales de éstos cristalizadores: tipo u y tipo cilíndrico, ambos con paletas agitadoras para mezclar bien las masa cocidas y, que a su vez, sirven de enfriamiento.

Los cristalizadores están destinados a recibir la masa cocida o templas de los tachos, que son descargados por medio de tuberías o canales clasificados de acuerdo con la clase o tipo de templa que reciben, por lo cual se denomina cristalizadores de primera, segunda y tercera, debiendo llevar cada uno esta marca de clasificación en una parte visible, para su control y ordenamiento.

En el Ingenio existen 15 cristalizadores abiertos tipo U, los primeros tres cristalizadores son para masas cocida primera y segunda, y los cristalizadores del 4 al 15 son para masa cocida tercera.

M) CENTRIFUGACIÓN DE MASAS COCIDAS

La centrifugación o purgado de masas cocidas constituye la separación de los cristales o granos de azúcar de la miel madre, cuya operación se verifica por unas máquinas denominadas centrífugas.

Las centrífugas están constituidas por una canastilla cilíndrica y mallas que gira a gran velocidad, la canastilla tiene sus costados perforados y forrados de una malla metálica, entre el forro y el costado hay láminas de metal que contienen de 400 a 600 perforaciones por pulgada cuadrada.

El Ingenio Azucarero cuenta con 9 centrífugas: tres para masa cocida primera, tres para masa cocida segunda, y tres para masa cocida tercera.

N) ENVASADO Y ALMACENAMIENTO DE AZÚCAR TRANSPORTADOR DE AZUCAR

El azúcar se descarga desde la centrifuga a unos transportadores o conductores de gusano sin fin, que se encuentran debajo de ellas, en forma horizontal, que conduce el azúcar hasta los elevadores de cangilones.

ELEVADORES DE AZUCAR

Los elevadores de cangilones de azúcar primera y segunda reciben el azúcar de los conductores sin fin, para ser llevada a las tolvas, bajo las cuales están las balanzas respectivas, los elevadores están constituidos por dos cadenas a las cuales se acoplan los cangilones o capachos que recogen el azúcar proveniente de las centrífugas y a descargan en las tolvas antes mencionadas.

O) ENVASADO DEL AZUCAR

El envasado de azúcar rubia se lleva a cabo en bolsas de papel, de tres folias, con un peso bruto de 50 Kg., bajo la denominación de azúcar rubia de uso doméstico.

P) ALMACENAMIENTO DE AZUCAR

El azúcar envasado, es transportado a través de unas parihuelas con una capacidad de 48 bolsas c/u, éstas a su vez son trasladadas a la bodega de almacenamiento, listas para su comercialización. El azúcar que se debe almacenar ha de ser de la más alta calidad y estar lo más seco posible, sobre todo si estará mucho tiempo almacenado. Se debe almacenar en lugares secos, libre de humedad, polvo y cenizas voladoras. Los almacenes de azúcar deben estar localizados lejos de lugares húmedos, tales como enfriadores, zanjas, etc. y con buena ventilación, evitando el contacto directo del azúcar envasado con el piso porque es perjudicial para las primeras rumas.

Diagrama de operaciones del Proceso



3.7.4. Proceso de Lubricación industrial en el área de Elaboración

3.7.4.1. Responsabilidades

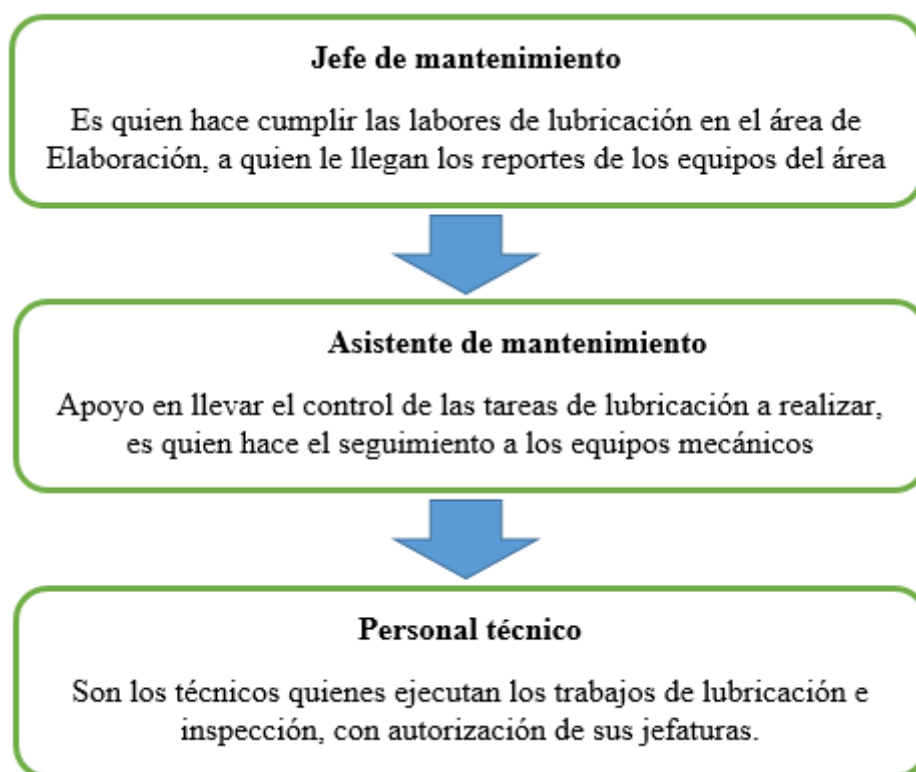
Jefe de Mantenimiento - Hacer cumplir el programa de Lubricación e inspecciones rutinarias de equipos.

Asistente de Mantenimiento - Apoyo en procesar lo determinado en este procedimiento.

Personal técnico del área - Ejecutar las labores de lubricación e inspecciones rutinarias.

Figura N° 13.

Personal de mantenimiento del área de Elaboración



Fuente: Elaboración Propia

3.7.4.2. SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

3.7.4.2.1. SEGURIDAD

Todo el personal involucrado en los trabajos de lubricación debe utilizar correctamente sus EPP (equipos de protección personal).

3.7.4.2.2. MEDIO AMBIENTE

En toda clase de mantenimiento se tiene un adecuado procedimiento el cual está verificado por el área de calidad para el cuidado del medio ambiente, además de contar con kit anti derrames y área de residuos.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

4.1. Listado de codificación de Equipos

Se dispone de 43 equipos, 20 Bombas y 23 Motores eléctricos

TABLA N° 04

Codificación de equipos de área de Elaboración

Sistema	Equipo	Código	N°
Bombas de soda cáustica	Bomba de soda cáustica N° 01	BBA SC 01	1
	Bomba de soda cáustica N° 02	BBA SC 02	2
Bombas de tanques de agua	Bomba de tanque de agua N° 01	BBA TA 01	3
	Bomba de tanque de agua N° 02	BBA TA 02	4
	Bomba de tanque de agua N° 03	BBA TA 03	5
Bombas De Jarabe	Bomba De Jarabe N° 01	BBA J 01	6
	Bomba De Jarabe N° 02	BBA J 02	7
	Bomba De Jarabe N° 03	BBA J 03	8
Bombas De Magma	Bomba De Magma N° 01	BBA M 01	9
	Bomba De Magma N° 02	BBA M 02	10
	Bomba De Magma N° 03	BBA M 03	11
Bombas De Miel	Bomba De Miel N° 01	BBA ML 01	12
	Bomba De Miel N° 02	BBA ML 02	13
	Bomba De Miel N° 03	BBA ML 03	14
Bombas De Jugo Clarificado	Bomba De Jugo Clarificado N° 01	BBA JC 01	15
	Bomba De Jugo Clarificado N° 02	BBA JC 02	16
	Bomba De Jugo Clarificado N° 03	BBA JC 03	17
Bombas De Liquidación Clarificadores	Bomba De Liquidación Clarificador N° 01	BBA L 01	18
	Bomba De Liquidación Clarificador N° 02	BBA L 02	19
	Bomba De Liquidación Clarificador N° 03	BBA L 03	20
Filtros De Cachaza	Motor Filtro De Cachaza N° 01	MT FC 01	21
	Motor Filtro De Cachaza N° 02	MT FC 02	22
	Motor Filtro De Cachaza N° 03	MT FC 03	23
Clarificadores – Agitadores	Motor Agitador De Clarificador N° 01	MT CL A 01	24
	Motor Agitador De Clarificador N° 02	MT CL A 02	25
	Motor Agitador De Clarificador N° 03	MT CL A 03	26
Cristalizadores	Motor Cristalizador N° 01	MT CRIS 01	27

	Motor Cristalizador N° 02	MT CRIS 02	28
	Motor Cristalizador N° 03	MT CRIS 03	29
	Motor Cristalizador N° 04	MT CRIS 04	30
	Motor Cristalizador N° 05	MT CRIS 05	31
	Motor Cristalizador N° 06	MT CRIS 06	32
	Motor Cristalizador N° 07	MT CRIS 07	33
	Motor Cristalizador N° 08	MT CRIS 08	34
	Motor Cristalizador N° 09	MT CRIS 09	35
	Motor Cristalizador N° 10	MT CRIS 10	36
	Motor Cristalizador N° 11	MT CRIS 11	37
	Motor Cristalizador N° 12	MT CRIS 12	38
	Motor Cristalizador N° 13	MT CRIS 13	39
	Motor Cristalizador N° 14	MT CRIS 14	40
	Motor Cristalizador N° 15	MT CRIS 15	41
Elevadores De Azúcar	Motor Elevador De Azúcar A	MT ELV AZ A	42
	Motor Elevador De Azúcar B	MT ELV AZ B	43

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 05

Detalle de equipos de área de Elaboración

N°	Código	Descripción	Marca	Modelo	Potencia (Hp)
1	BBA SC 01	Bomba	SIEMENS	OR792-6H	16
2	BBA SC 02	Bomba	SIEMENS	OR792-6H	16
3	BBA TA 01	Bomba	PUCALA SAC	CENTRIFUGA	33
4	BBA TA 02	Bomba	PUCALA SAC	CENTRIFUGA	25
5	BBA TA 03	Bomba	PUCALA SAC	CENTRIFUGA	25
6	BBA J 01	Bomba	PUCALA SAC	CENTRIFUGA	20
7	BBA J 02	Bomba	PUCALA SAC	CENTRIFUGA	30
8	BBA J 03	Bomba	PUCALA SAC	CENTRIFUGA	30
9	BBA M 01	Bomba	ALLIS – CHALMERS	G503	7.5
10	BBA M 02	Bomba	ALLIS – CHALMERS	G503	7.5
11	BBA M 03	Bomba	ALLIS – CHALMERS	G503	7.5
12	BBA ML 01	Bomba	FOSTER	-	7.7
13	BBA ML 02	Bomba	FOSTER	-	10
14	BBA ML 03	Bomba	FOSTER	-	7.5
15	BBA JC 01	Bomba	PUCALA SAC	CENTRIFUGA	25
16	BBA JC 02	Bomba	PUCALA SAC	CENTRIFUGA	30
17	BBA JC 03	Bomba	PUCALA SAC	CENTRIFUGA	25
18	BBA L 01	Bomba	SIEMENS	OR1326-6DF	25
19	BBA L 02	Bomba	SIEMENS	OR792-4H	18

20	BBA L 03	Bomba	GENERAL ELECTRIC	5K4324B3	15
21	MT FC 01	Motor	WESTHINGHOUSE	HT4063T	1
22	MT FC 02	Motor	WESTINGHOUSE	1778010 ^a	1
23	MT FC 03	Motor	LEESON	C182T17FB29E	3
24	MT CL A 01	Motor	WESTHINGHOUSE	5704	1
25	MT CL A 02	Motor	LEESON	C100T17FZ1C	6
26	MT CL A 03	Motor	SYNCRGEGAR- MOTOR	66-04080-799- F085871	1
27	MT CRIS 01	Motor	SIEMENS	-	5.5
28	MT CRIS 02	Motor	DELCROSA	NV13284	7.5
29	MT CRIS 03	Motor	ALLIS-CHALMERS	78	7.5
30	MT CRIS 04	Motor	SIEMENS	-	7.5
31	MT CRIS 05	Motor	DELCROSA	-	9
32	MT CRIS 06	Motor	ALLIS CHARMERS	G507	7.5
33	MT CRIS 07	Motor	SIEMENS	-	9
34	MT CRIS 08	Motor	ACEC	-	8.5
35	MT CRIS 09	Motor	ALLIS-CHALMERS	G502	5
36	MT CRIS 10	Motor	GENERAL ELECTRIC	-	5
37	MT CRIS 11	Motor	LINCOLN MOTORS	CGF453C61AP25	5
38	MT CRIS 12	Motor	ELECTRIC MOTORS	-	7.5
39	MT CRIS 13	Motor	FHP LEESON	N132T11FB1	7.3
40	MT CRIS 14	Motor	LINCOLN	CCF4P5TC61AP25	5
41	MT CRIS 15	Motor	GENERAL ELECTRIC	5KR4256B2	7.5
42	MT ELV AZ A	Motor	LEESON	C2504T17FC5C	15
43	MT ELV AZ B	Motor	ALLIS CHALMERS	G501	10

Fuente: Elaboración propia

4.2. Propuesta de investigación

Debido a la realidad problemática existente en el área de mantenimiento de Elaboración, de Agropucalá, en la cual se reporta diariamente fallas y paradas intempestivas de los equipos que afecta directamente en la producción de azúcar.

Se propone un programa de lubricación industrial de equipos del área de Elaboración, para poder aumentar la disponibilidad de los equipos y por consiguiente la producción de la empresa.

4.3. Cantidad de Grasa y períodos de Relubricación de rodamientos

Se realizó la investigación de los rodamientos de los equipos del área de Elaboración, con lo cual se calculó los intervalos de relubricación y dosificación de grasa, los cuales se muestran en la

Tabla N° 06. Se tomó en cuenta criterios recomendados por SKF, criterios puestos en el software "SKF Dial Set"

Este software ha sido creado para determinar la dosificación (gr/día; gr/semana) que deben tener sus equipos automáticos, sin embargo, también permite conocer la cantidad de grasa y los periodos de relubricación de grasa para los rodamientos, tomando en cuenta los siguientes factores:

a) Sobre el rodamiento:

- Dimensiones
- Tipo

b) Sobre las condiciones de Funcionamiento:

- rpm
- # de horas de trabajo diarias
- Temperatura de Funcionamiento
- Contaminación / Humedad
- Tipo de Carga (relación C/P)
- Si la carga está sujeta a vibración (como la criba)
- Temperatura Ambiente
- Orientación del eje Tipo de rellenado (ranura W33 o conductos)

c) Sobre la Grasa:

- Tipo de Grasa (grasas SKF o distintas)
- Para el caso de grasas especiales se debe hallar su equivalente para grasas SKF.

TABLA N° 06

Cantidad de grasa y periodo de Relubricación de rodamientos por cada Equipo

Equipo	Rp m	Lado	Tipo De Rodamient o	D	B	D	Cantidad De Grasa Por Rodamiento (G)	Periodo De Relub (Días)
BBA SC 01	1750	Cople	6310-2Z	110	27	50	15	16
BBA SC 01	1750	Opuesto	6310-2Z	110	27	50	15	16
BBA SC 02	1750	Cople	6310-2Z	110	27	50	15	16
BBA SC 02	1750	Opuesto	6310-2Z	110	27	50	15	16
BBA TA 01	1750	Cople	6310-2Z	110	27	50	15	16
BBA T A 01	1750	Opuesto	6310-2Z	110	27	50	15	16

BBA TA 02	1750	Cople	6310-2Z	110	27	50	15	16
BBA T A 02	1750	Opuesto	6310-2Z	110	27	50	15	16
BBA TA 03	1750	Cople	6310-2Z	110	27	50	15	16
BBA T A 03	1750	Opuesto	6310-2Z	110	27	50	15	16
BBA J 01	1775	Cople	6309-2Z	100	25	45	12	16
BBA J 01	1775	Opuesto	6311-2Z	120	29	55	17	13
BBA J 02	1775	Cople	6309-2Z	100	25	45	12	16
BBA J 02	1775	Opuesto	6311-2Z	120	29	55	17	13
BBA J 03	1775	Cople	6309-2Z	100	25	45	12	16
BBA J 03	1775	Opuesto	6311-2Z	120	29	55	17	13
BBA M 01	1170	Cople	6311	120	29	55	17	20
BBA M 01	1170	Opuesto	NU311	120	29	55	17	13
BBA M 02	1170	Cople	6311	120	29	55	17	20
BBA M 02	1170	Opuesto	NU311	120	29	55	17	13
BBA M 03	1170	Cople	6311	120	29	55	17	20
BBA M 03	1170	Opuesto	NU311	120	29	55	17	13
BBA ML 01	1170	Cople	6311	120	29	55	17	20
BBA ML 01	1170	Opuesto	NU311	120	29	55	17	13
BBA ML 02	1170	Cople	6311	120	29	55	17	20
BBA ML 02	1170	Opuesto	NU311	120	29	55	17	13
BBA ML 03	1170	Cople	6311	120	29	55	17	20
BBA ML 03	1170	Opuesto	NU311	120	29	55	17	13
BBA JC 01	1760	Cople	6311	120	29	55	17	7
BBA JC 01	1760	Opuesto	NU311	120	29	55	17	7
BBA JC 02	1760	Cople	6311	120	29	55	17	7
BBA JC 02	1760	Opuesto	NU311	120	29	55	17	7
BBA JC 03	1760	Cople	6311	120	29	55	17	7
BBA JC 03	1760	Opuesto	NU311	120	29	55	17	7
BBA L 01	1750	Cople	6311	120	29	55	17	13
BBA L 01	1750	Opuesto	NU311	120	29	55	17	7
BBA L 02	1750	Cople	6311	120	29	55	17	13
BBA L 02	1750	Opuesto	NU311	120	29	55	17	7
BBA L 03	1750	Cople	6311	120	29	55	17	13

BBA L 03	1750	Opuesto	NU311	120	29	55	17	7
MT FC 01	40	Cople	6205-2Z	52	15	25	4	40
MT FC 01	40	Opuesto	6205-2Z	52	15	25	4	40
MT FC 02	40	Cople	6205-2Z	52	15	25	4	40
MT FC 02	40	Opuesto	6205-2Z	52	15	25	4	40
MT FC 03	40	Cople	6205-2Z	52	15	25	4	40
MT FC 03	40	Opuesto	6205-2Z	52	15	25	4	40
MT CL A 01	150	Cople	6310	110	27	50	15	40
MT CL A 01	150	Opuesto	NU310	110	27	50	15	37
MT CL A 02	150	Cople	6310	110	27	50	15	40
MT CL A 02	150	Opuesto	NU310	110	27	50	15	37
MT CL A 03	150	Cople	6310	110	27	50	15	40
MT CL A 03	150	Opuesto	NU310	110	27	50	15	37
MT CRIS 01	43	Cople	6206	62	16	30	5	40
MT CRIS 01	43	Opuesto	6208	80	18	40	7	40
MT CRIS 02	43	Cople	6206	62	16	30	5	40
MT CRIS 02	43	Opuesto	6208	80	18	40	7	40
MT CRIS 03	43	Cople	6206	62	16	30	5	40
MT CRIS 03	43	Opuesto	6208	80	18	40	7	40
MT CRIS 04	43	Cople	6206	62	16	30	5	40
MT CRIS 04	43	Opuesto	6208	80	18	40	7	40
MT CRIS 05	43	Cople	6206	62	16	30	5	40
MT CRIS 05	43	Opuesto	6208	80	18	40	7	40
MT CRIS 06	43	Cople	6206	62	16	30	5	40
MT CRIS 06	43	Opuesto	6208	80	18	40	7	40
MT CRIS 07	43	Cople	6206	62	16	30	5	40
MT CRIS 07	43	Opuesto	6208	80	18	40	7	40
MT CRIS 08	43	Cople	6206	62	16	30	5	40
MT CRIS 08	43	Opuesto	6208	80	18	40	7	40
MT CRIS 09	43	Cople	6206	62	16	30	5	40
MT CRIS 09	43	Opuesto	6208	80	18	40	7	40
MT CRIS 10	43	Cople	6206	62	16	30	5	40
MT CRIS 10	43	Opuesto	6208	80	18	40	7	40

MT CRIS 11	43	Cople	6206	62	16	30	5	40
MT CRIS 11	43	Opuesto	6208	80	18	40	7	40
MT CRIS 12	43	Cople	6206	62	16	30	5	40
MT CRIS 12	43	Opuesto	6208	80	18	40	7	40
MT CRIS 13	43	Cople	6206	62	16	30	5	40
MT CRIS 13	43	Opuesto	6208	80	18	40	7	40
MT ELV AZ A	43	Cople	6206	62	16	30	5	40
MT ELV AZ A	43	Opuesto	6208	80	18	40	7	40
MT ELV AZ B	43	Cople	6206	62	16	30	5	40
MT ELV AZ B	43	Opuesto	6208	80	18	40	7	40
MT CRIS 14	43	Cople	6206	62	16	30	5	40
MT CRIS 14	43	Opuesto	6208	80	18	40	7	40
MT CRIS 15	43	Cople	6206	62	16	30	5	40
MT CRIS 15	43	Opuesto	6208	80	18	40	7	40

Fuente: Elaboración Propia

4.4. Equivalencia entre la cantidad de grasa y el número de Bombeadas

El equipo utilizado en el Ingenio Azucarero Pucalá para lubricar los rodamientos, chumaceras, etc. es la Bomba Grasa Manual de 500g.

En el transcurso de éste proyecto se ha contabilizado que el número de "Bombeadas" de éste equipo es aproximadamente de 190, por tanto:

Cantidad de Grasa en cada Bombeada = 2.5 g

Observaciones:

-Esta cantidad debe servir de referencia inicial ya que se debe conocer la equivalencia para cada tipo de grasa.

-Este valor nos puede servir como una referencia para dar las Órdenes de Trabajo.

-El software Microsoft Excel permite personalizar las unidades de la cantidad de lubricante utilizado, con lo que podríamos obtener "Ordenes de Servicio" en las que se indique directamente las cantidades de grasa para cada punto de lubricación expresadas en "Número de Bombeadas".

Consideraciones:

a. Para determinar éstos períodos de relubricación se han considerado situaciones críticas, como:

- Periodos de trabajo de 24 horas.

- Para el tipo de grasa se ha elegido una grasa Estándar (opción "no especificada")

b. Se ha considerado que operan a una temperatura de funcionamiento normal, es decir entre 63 y 78 °C.

c. Se ha considerado una temperatura ambiente media, es decir entre -10 °C y 40 °C

4.5. Rutas de Lubricación

Las Rutas que se han formado son las siguientes:

- Ruta de Lubricación # 03

- Ruta de Lubricación # 04

a. Ruta de lubricación # 03 (Figura N° 14. Plano N° 17)

- Bombas de Jugo Clarificado

- Bombas de Liquidación

- Bombas de Jugo Filtrado

- Filtros de Cachaza

- Clarificadores - Sistemas Motriz y Carteras de Cachaza

- Cristalizadores (desde el #01 hasta el 13)

- Elevador de Azúcar "A"

- Elevador de Azúcar "B"

- Cristalizadores # 14 y 15

b. Ruta de lubricación # 04 (Figura N° 15. Plano N° 18)

- Bomba de Soda Cáustica

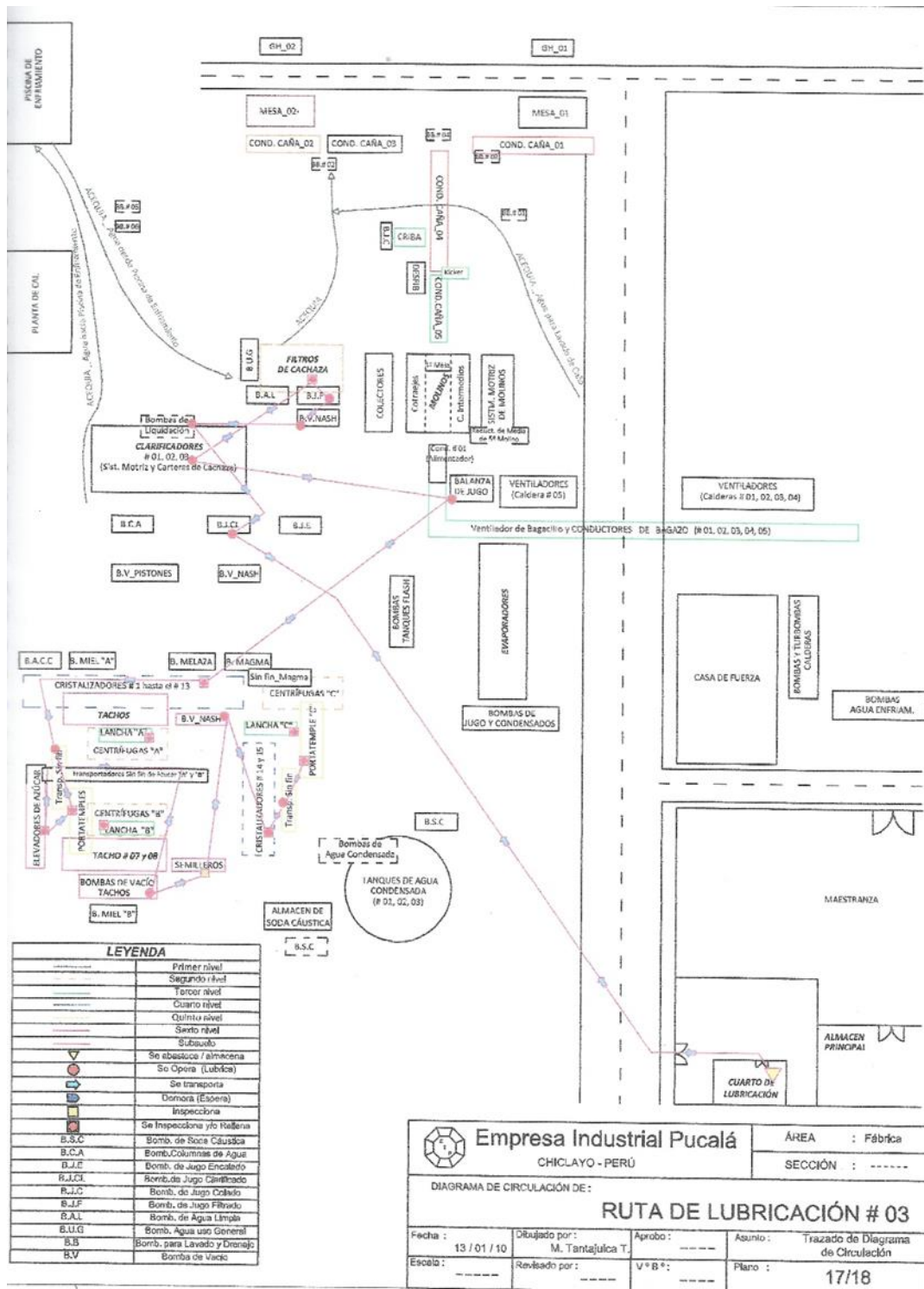
- Tanques de Agua Condensada _ Bombas centrífugas

- Bombas para traslado de condensados y jarabe de evaporadores

- Bombas de Melaza

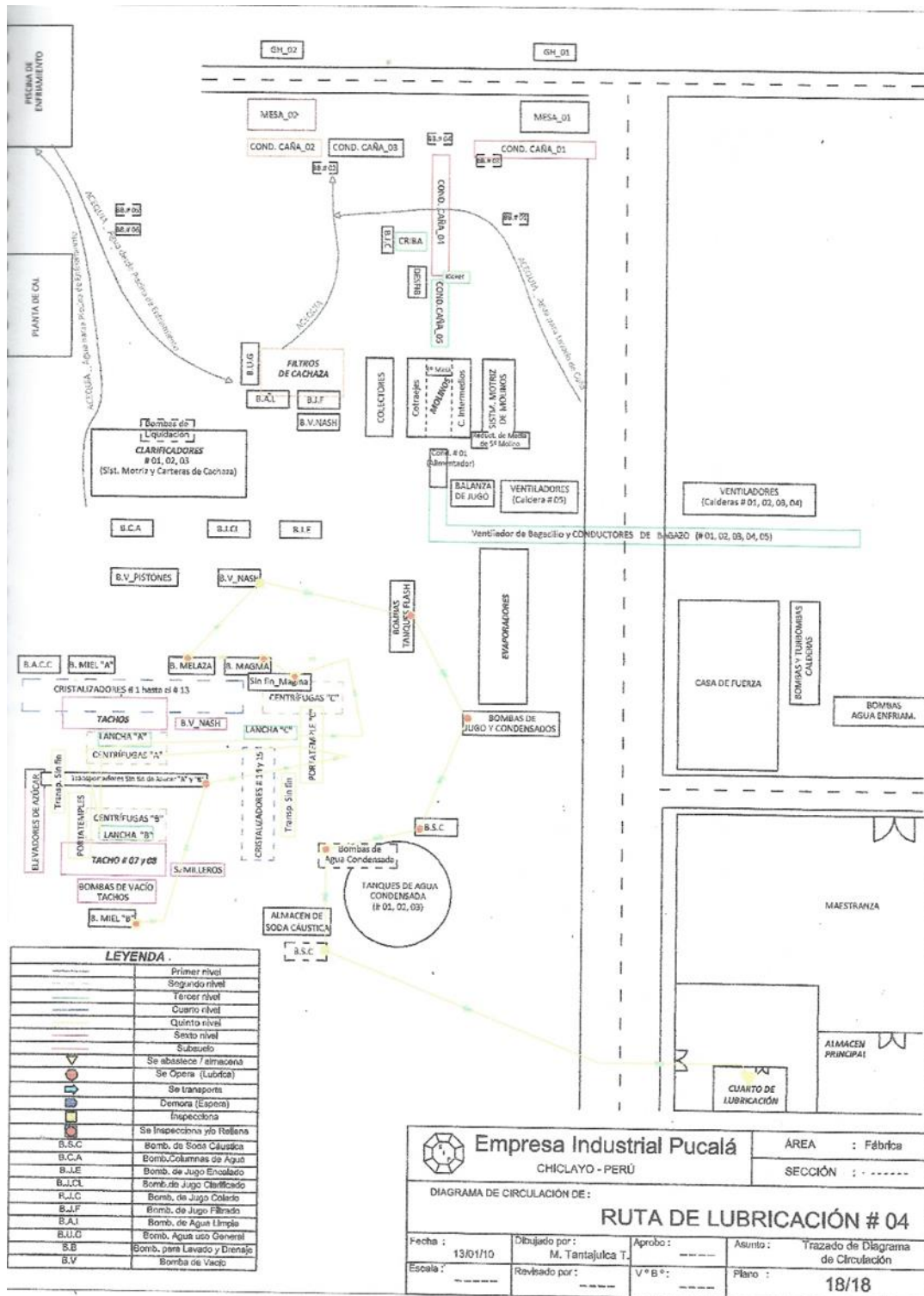
- Bombas de Magma

Figura N° 14. Plano N° 17.



Fuente: Agropucalá S.A.A.

Figura N° 15. Plano N° 18



Fuente: Agropucalá S.A.A.

4.6. Programa de Lubricación Industrial

Luego de haber identificado los componentes/sistemas a lubricar, los lubricantes a utilizar, las frecuencias y cantidades, entre otros, se elaboró el Programa de Lubricación para los equipos del área de Elaboración, el cual se muestra en la Tabla N° 07.

Tabla N° 07***Programa de Lubricación para el área de Elaboración***

Equipo	Punto	Cant.(g) / Gal	#Bomb./ Punto	Frec. (Días)	Lubricante
BBA SC 01	LC	15	6	16	Grasa Shell Alvania EP2
BBA SC 01	LO	15	6	16	Grasa Shell Alvania EP2
BBA SC 02	LC	15	6	16	Grasa Shell Alvania EP2
BBA SC 02	LO	15	6	16	Grasa Shell Alvania EP2
BBA TA 01	LC	15	6	16	Grasa Shell Alvania EP2
BBA T A 01	LO	15	6	16	Grasa Shell Alvania EP2
BBA TA 02	LC	15	6	16	Grasa Shell Alvania EP2
BBA T A 02	LO	15	6	16	Grasa Shell Alvania EP2
BBA TA 03	LC	15	6	16	Grasa Shell Alvania EP2
BBA T A 03	LO	15	6	16	Grasa Shell Alvania EP2
BBA J 01	LC	12	5	16	Grasa Shell Alvania EP2
BBA J 01	LO	17	7	13	Grasa Shell Alvania EP2
BBA J 02	LC	12	5	16	Grasa Shell Alvania EP2
BBA J 02	LO	17	7	13	Grasa Shell Alvania EP2
BBA J 03	LC	12	5	16	Grasa Shell Alvania EP2
BBA J 03	LO	17	7	13	Grasa Shell Alvania EP2
BBA M 01	LC	17	7	20	Grasa Shell Alvania EP2
BBA M 01	LO	17	7	13	Grasa Shell Alvania EP2
BBA M 02	LC	17	7	20	Grasa Shell Alvania EP2
BBA M 02	LO	17	7	13	Grasa Shell Alvania EP2
BBA M 03	LC	17	7	20	Grasa Shell Alvania EP2
BBA M 03	LO	17	7	13	Grasa Shell Alvania EP2
BBA ML 01	LC	17	7	20	Grasa Shell Alvania EP2
BBA ML 01	LO	17	7	13	Grasa Shell Alvania EP2
BBA ML 02	LC	17	7	20	Grasa Shell Alvania EP2
BBA ML 02	LO	17	7	13	Grasa Shell Alvania EP2
BBA ML 03	LC	17	7	20	Grasa Shell Alvania EP2
BBA ML 03	LO	17	7	13	Grasa Shell Alvania EP2
BBA JC 01	LC	17	7	7	Grasa Shell Alvania EP2
BBA JC 01	LO	17	7	7	Grasa Shell Alvania EP2
BBA JC 02	LC	17	7	7	Grasa Shell Alvania EP2
BBA JC 02	LO	17	7	7	Grasa Shell Alvania EP2
BBA JC 03	LC	17	7	7	Grasa Shell Alvania EP2
BBA JC 03	LO	17	7	7	Grasa Shell Alvania EP2
BBA L 01	LC	17	7	13	Grasa Shell Alvania EP2
BBA L 01	LO	17	7	7	Grasa Shell Alvania EP2
BBA L 02	LC	17	7	13	Grasa Shell Alvania EP2

BBA L 02	LO	17	7	7	Grasa Shell Alvania EP2
BBA L 03	LC	17	7	13	Grasa Shell Alvania EP2
BBA L 03	LO	17	7	7	Grasa Shell Alvania EP2
FC CH 01	LC	4	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
FC CH 01	LO	4	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
FC CH 02	LC	4	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
FC CH 02	LO	4	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
FC CH 03	LC	4	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
FC CH 03	LO	4	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
CL A 01	LC	15	6	40	Grasa Shell Alvania EP2
CL A 01	LO	15	6	37	Grasa Shell Alvania EP2
CL A 02	LC	15	6	40	Grasa Shell Alvania EP2
CL A 02	LO	15	6	37	Grasa Shell Alvania EP2
CL A 03	LC	15	6	40	Grasa Shell Alvania EP2
CL A 03	LO	15	6	37	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 01	LC	5	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 01	LO	7	3	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 02	LC	5	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 02	LO	7	3	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 03	LC	5	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 03	LO	7	3	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 04	LC	5	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 04	LO	7	3	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 05	LC	5	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 05	LO	7	3	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 06	LC	5	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 06	LO	7	3	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 07	LC	5	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 07	LO	7	3	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 08	LC	5	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 08	LO	7	3	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 09	LC	5	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 09	LO	7	3	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 10	LC	5	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 10	LO	7	3	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 11	LC	5	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 11	LO	7	3	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 12	LC	5	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 12	LO	7	3	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 13	LC	5	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 13	LO	7	3	40	Grasa Shell Alvania EP2
ELV AZ A	LC	5	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
ELV AZ A	LO	7	3	40	Grasa Shell Alvania EP2

ELV AZ B	LC	5	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
ELV AZ B	LO	7	3	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 14	LC	5	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 14	LO	7	3	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 15	LC	5	2	40	Grasa Shell Alvania EP2
CRIS 15	LO	7	3	40	Grasa Shell Alvania EP2
BBA M 01	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
BBA M 02	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
BBA M 03	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
BBA ML 01	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
BBA ML 02	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
BBA ML 03	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
FC 01	Reductor	1		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
FC 02	Reductor	1		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
FC 03	Reductor	1		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
CL A 01	Reductor	1		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
CL A 02	Reductor	1		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
CL A 03	Reductor	1		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
CRIS 01	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
CRIS 02	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
CRIS 03	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
CRIS 04	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
CRIS 05	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
CRIS 06	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
CRIS 07	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
CRIS 08	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
CRIS 09	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
CRIS 10	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
CRIS 11	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
CRIS 12	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
CRIS 13	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
ELV AZ A	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
ELV AZ B	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
CRIS 14	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220
CRIS 15	Reductor	2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220

Fuente: Elaboración Propia

4.7. Propuesta Económica

En la tabla N° 08, se muestra los costos generados en la implementación del programa de Lubricación.

Tabla N° 08

Costos Necesarios para implementación de Programa de Lubricación en el área de Elaboración por un Año

Área	Concepto	Valor Unitario	Cantidad	Total	
Equipos y Herramientas	Engrasadora manual	S/ 70	2	S/	140,00
	Kit de boquillas de engrase	S/ 150	2	S/	300,00
	Kit de engrasadores	S/ 100	2	S/	200,00
Consumibles	Grasa	S/ 28,89	23	S/	664,47
	Aceite	S/ 39,45	194	S/	7.653,30
	Trapo industrial	6	24	S/	144,00
Equipos de Información	Laptop	S/ 2000	1	S/	2.000,00
	Impresora	S/ 690	1	S/	690,00
Materiales	Papel Bond	S/ 10	1	S/	10,00
	Cuadernillos	S/ 5	3	S/	15,00
	Lapiceros	S/ 2	4	S/	8,00
Capacitaciones	Curso de lubricación industrial (30 Horas)	S/ 600	4	S/	2.400,00
Total				S/	14.224,77

Fuente: Elaboración Propia

El presupuesto total estimado para esta investigación es de: S/ 14.224,77

CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis e Interpretación de los Datos

Se recopiló información de los equipos del área de Elaboración de la empresa Agropucalá S.A.A. con el fin de mejorar la disponibilidad a través de la implementación de un programa de lubricación.

Se presentarán los resultados obtenidos de la implementación del programa de lubricación y cómo esto ha influido en la disponibilidad de los equipos del área de Elaboración.

5.2. Resultados de la Investigación

Mejorando las actividades de lubricación en el área de Elaboración mediante la implementación de un programa de lubricación industrial nos permitió mejorar la disponibilidad acumulada de los equipos en un 22,18%.

5.3. Análisis estadístico de los resultados

Para el análisis estadístico de resultados se elaboran las siguientes tablas, las cuales se extrajeron de los informes mensuales, resumen de horas totales, horas totales de paradas de equipos, resumen de disponibilidades mensuales antes de la implementación del programa de lubricación industrial de los meses de Julio a Diciembre de 2018, y después de la implementación del programa de Lubricación industrial de los meses de Enero a Abril de 2019 que se maneja mensualmente.

5.3.1. Disponibilidad antes de la implementación de Programa de Lubricación Industrial

Se evaluó la disponibilidad antes del Programa de Lubricación Industrial a los equipos designados, en base a la data histórica del área de elaboración de la empresa desde el mes de julio a diciembre de 2018, para lo cual previo se encuentran indicadores de mantenimiento, MTBF, *Mean Time Between Failures*, o “tiempo promedio entre fallas” y MTTR, *Mean Time To Repair*, es decir, el “tiempo promedio de reparación”, con los cuales se determina la disponibilidad, las cuales se muestran en la tabla N° 12. Encontrando una disponibilidad acumulada de 74.68 %.

$$A = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) \times 100 \%$$

A: Disponibilidad

Tabla N° 09

Registro de Fallas en área de Elaboración 2018

N°	Código	Julio	HR	Agosto	HR	Setiembre	HR	Octubre	HR	Noviembre	HR	Diciembre	HR
1	BBA SC 01	1	4	1	4	1	4	0	0	1	4	0	0
2	BBA SC 02	1	4	1	4	1	4	0	0	1	4	0	0
3	BBA TA 01	1	4	1	4	1	4	0	0	1	4	0	0
4	BBA TA 02	1	4	1	4	1	4	0	0	2	8	0	0
5	BBA TA 03	1	4	1	4	1	4	0	0	2	8	0	0
6	BBA J 01	2	8	1	5	3	12	1	4	2	8	3	12
7	BBA J 02	2	8	1	4	3	12	1	4	2	8	3	12
8	BBA J 03	1	4	1	4	3	12	1	4	2	8	3	12
9	BBA M 01	2	8	1	4	3	12	1	4	2	8	4	16
10	BBA M 02	1	4	1	4	3	12	1	4	2	8	4	16
11	BBA M 03	1	4	1	4	3	12	1	4	2	8	3	12
12	BBA ML 01	2	8	1	4	2	8	1	4	2	8	4	17,45
13	BBA ML 02	1	4	1	4	2	8	1	4	2	8	4	17
14	BBA ML 03	1	4	1	4	2	8	1	4	2	8	3	12
15	BBA JC 01	2	8	1	4	2	10,45	1	4	2	8	3	12
16	BBA JC 02	1	4	1	4	2	8	0	0	2	8	3	12
17	BBA JC 03	1	4	1	4	2	8	0	0	2	8	3	12
18	BBA L 01	1	4	1	4	2	8	0	0	2	8	1	4
19	BBA L 02	1	4	1	4	2	8	0	0	2	8	1	4
20	BBA L 03	1	4	1	4	1	4	0	0	2	8	1	4
21	MT FC 01	1	4	1	4	2	8	1	4	2	8	2	8
22	MT FC 02	1	4	1	4	2	8	1	4	2	8	2	8
23	MT FC 03	1	4	1	4	2	8	1	4	2	8	2	8
24	MT CL A 01	1	4	1	4	2	8	1	4	2	9,45	2	8
25	MT CL A 02	1	4	1	4	2	8	1	4	2	9	2	8
26	MT CL A 03	1	4	1	4	2	8	1	4	2	8	2	8
27	MT CRIS 01	1	4	1	4	2	8	1	4	2	8	2	8
28	MT CRIS 02	1	4	1	4	2	8	1	4	2	8	2	8
29	MT CRIS 03	1	4	1	4	2	8	1	4	2	8	2	8
30	MT CRIS 04	1	4	1	4	2	8	1	4	2	8	2	8
31	MT CRIS 05	1	4	1	4	2	8	1	4	2	8	2	8
32	MT CRIS 06	1	4	1	4	2	8	0	0	2	8	2	8
33	MT CRIS 07	1	4	1	4	2	8	0	0	2	8	2	8
34	MT CRIS 08	1	4	1	4	2	8	0	0	2	8	2	8
35	MT CRIS 09	1	4	1	4	2	8	0	0	2	8	2	8
36	MT CRIS 10	1	4	1	4	2	8	0	0	2	8	2	8
37	MT CRIS 11	1	4	1	4	2	8	0	0	2	8	2	8
38	MT CRIS 12	1	4	1	4	2	8	0	0	2	8	2	8
39	MT CRIS 13	1	4	1	4	2	8	0	0	2	8	2	8
40	MT CRIS 14	1	4	0	0	2	8	0	0	2	8	2	8
41	MT CRIS 15	1	4	0	0	1	4	0	0	2	8	2	8
42	MT ELV AZ A	1	4	1	4	1	4	0	0	2	8	2	8
43	MT ELV AZ B	1	4	0	0	1	4	0	0	2	8	2	8

Tabla N° 10

Resumen de fallas en el área de Elaboración antes de Programa de lubricación

MES 2018	Equipo	Cant.	N° F. Total	H. Rep. Total
Julio	Bombas	20	25	100
	Motores	23	23	92
Agosto	Bombas	20	20	81
	Motores	20	20	80
Setiembre	Bombas	20	40	162,45
	Motores	23	43	172
Octubre	Bombas	10	10	40
	Motores	11	11	44
Noviembre	Bombas	20	37	148
	Motores	23	46	186,45
Diciembre	Bombas	15	43	174,45
	Motores	23	46	184

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 11

MTBF y MTTR de Equipos de Elaboración antes de Implementación de Programa de Lubricación

Mes 2018	Días/ Mes	Hrs/ Día	Tiempo Total Disponibile (h)	Tiempo De Operación (h)	N° De Fallas	Tiempo De Reparación (h)	TMEF (MTBF) (Tiempo Operación /Parada)	TMDR (MTTR) (Tiempo Demora/P arada)
Julio	31	24	744	552	48	192	11,50	4,00
Agosto	31	24	744	583	40	161	14,58	4,03
Setiembre	30	24	720	385,55	83	334,45	4,65	4,03
Octubre	31	24	744	660	21	84	31,43	4,00
Noviembre	30	24	720	385,55	83	334,45	4,65	4,03
Diciembre	31	24	744	385,55	89	358,45	4,33	4,03
Promedio							11,85	4,02

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 12***Disponibilidad de Equipos área Elaboración antes de Implementación de Programa de Lubricación***

Mes 2018	Disponibilidad	Disponibilidad Acumulada
Julio	74,19 %	74,19 %
Agosto	78,36 %	76,47 %
Setiembre	53,55 %	71,82 %
Octubre	88,71 %	79,47 %
Noviembre	53,55 %	76,88 %
Diciembre	51,82 %	74,68 %

Fuente: Elaboración Propia**5.3.2. Disponibilidad con la implementación de Programa de Lubricación Industrial**

Después de la aplicación del Programa de Lubricación Industrial a los equipos designados, se realizó una base de data histórica del área de elaboración de la empresa desde el mes de enero a abril de 2019, se realizó la misma operación anterior, y se muestran en la tabla N° 10 los MTBF, MTTR, determinándose la disponibilidad en este periodo, las cuales se muestran en la tabla N° 16. Encontrando una disponibilidad acumulada de 96.87 %, observándose un incremento de la disponibilidad de 22.18%.

Tabla N° 13***Registro de Fallas en área de Elaboración 2019***

N°	Código	Enero	HR	Febrero	HR	Marzo	HR	Abril	HR
1	BBA SC 01	0	0	0	0	0	0	0	0
2	BBA SC 02	0	0	0	0	0	0	0	0
3	BBA TA 01	0	0	0	0	0	0	0	0
4	BBA TA 02	0	0	0	0	0	0	0	0
5	BBA TA 03	0	0	0	0	0	0	0	0
6	BBA J 01	2	9	1	3	0	0	0	0
7	BBA J 02	2	9	0	0	1	4	0	0
8	BBA J 03	2	9	0	0	0	0	1	4
9	BBA M 01	2	8	1	2,88	0	0	0	0
10	BBA M 02	2	8	0	0	1	4	0	0
11	BBA M 03	1	4	0	0	0	0	1	4
12	BBA ML 01	1	4	0	0	1	4	0	0
13	BBA ML 02	1	4	0	0	0	0	1	4

14	BBA ML 03	1	4	0	0	0	0	0	0
15	BBA JC 01	1	4	0	0	0	0	1	3
16	BBA JC 02	1	4	0	0	0	0	0	0
17	BBA JC 03	1	4	0	0	0	0	0	0
18	BBA L 01	1	4	0	0	0	0	0	0
19	BBA L 02	1	4	0	0	0	0	0	0
20	BBA L 03	1	4	0	0	0	0	0	0
21	MT FC 01	1	4	0	0	1	5	0	0
22	MT FC 02	1	4	0	0	0	0	1	4
23	MT FC 03	1	4	0	0	0	0	0	0
24	MT CL A 01	1	4	0	0	1	5	0	0
25	MT CL A 02	1	4	0	0	0	0	1	4
26	MT CL A 03	1	4	0	0	0	0	0	0
27	MT CRIS 01	1	4	0	0	0	0	0	0
28	MT CRIS 02	1	4	0	0	0	0	0	0
29	MT CRIS 03	1	4	0	0	0	0	0	0
30	MT CRIS 04	1	4	0	0	0	0	0	0
31	MT CRIS 05	0	0	0	0	0	0	0	0
32	MT CRIS 06	0	0	0	0	0	0	0	0
33	MT CRIS 07	0	0	0	0	0	0	0	0
34	MT CRIS 08	0	0	0	0	0	0	0	0
35	MT CRIS 09	0	0	0	0	0	0	0	0
36	MT CRIS 10	0	0	0	0	0	0	0	0
37	MT CRIS 11	0	0	0	0	0	0	0	0
38	MT CRIS 12	0	0	0	0	0	0	0	0
39	MT CRIS 13	0	0	0	0	0	0	0	0
40	MT CRIS 14	0	0	0	0	0	0	0	0
41	MT CRIS 15	0	0	0	0	0	0	0	0
42	MT ELV AZ A	1	4	0	0	0	0	0	0
43	MT ELV AZ B	1	4	0	0	0	0	1	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 14

Resumen de fallas en el área de Elaboración con el Programa de Lubricación

Mes 2019	Equipo	Cant.	N° F Total	H. Rep. Total
Enero	Bombas	15	20	83
	Motores	12	12	48
Febrero	Bombas	2	2	5,88
	Motores	0	0	0
Marzo	Bombas	3	3	12
	Motores	2	2	10
Abril	Bombas	4	4	15
	Motores	3	3	12

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 15

MTBF y MTTR de Equipos de Elaboración con la Implementación de Programa de Lubricación

Mes 2019	Días/ Mes	Hrs/ Día	Tiempo Total Disponibile (h)	Tiempo De Operación (h)	N° De Fallas	Tiempo De Reparación (h)	TMEF (MTBF) (Tiempo Operación /Parada)	TMDR (MTTR) (Tiempo Demora/P arada)
Enero	31	24	744	613	32	131	19,16	4,09
Febrero	28	24	672	666,12	2	5,88	333,06	2,94
Marzo	15,5	24	372	350	5	22	70,00	4,40
Abril	18,75	24	450	423	6	27	70,50	4,50
Promedio							123,18	3,98

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 16

Disponibilidad de Equipos área Elaboración con la Implementación de Programa de Lubricación

Mes 2019	Disponibilidad	Disponibilidad Acumulada
Enero	82.39 %	82.39 %
Febrero	99.13 %	98.04 %
Marzo	94.09 %	97.36 %
Abril	94 %	96.87 %

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se definió los equipos y sus características del área de Elaboración las cuales están constituidas por 43 equipos, indicados en la Tabla N° 02, 20 Bombas y 23 Motores eléctricos.
- Se evaluó la disponibilidad de los equipos antes de aplicar el sistema de lubricación, obteniendo el 74.68% de disponibilidad.
- Así mismo, se evaluó después de la aplicación obteniendo una disponibilidad del 96.7%, con lo cual se concluye que aplicando este sistema de lubricación la disponibilidad mejoro en un 22.19%, en los primeros cuatro meses. Demostrando que sin haber realizado ningún cambio al programa de mantenimiento, se observó que aplicando el programa de Lubricación Industrial la disponibilidad mejoró.
- Se realizó las rutas de lubricación, las cuales se encuentran en la figura N° 14 plano 17 y figura N° 15 plano 18. Además, se propone un programa de Lubricación en la Tabla N° 07.
- Se desarrolló un Programa elaborado en Excel, en el que se registra puntos de lubricación, dosificación y frecuencias de relubricación.

RECOMENDACIONES

- Si la disponibilidad en el área de elaboración mejoro, se debe aplicar a las diferentes áreas donde existan equipos para mejorar la producción.
- Al aplicar un sistema de lubricación a los diferentes equipos de la empresa, se debe verificar que cada equipo y/o maquina se recomienda un tipo de lubricante recomendado en el manual de lubricación del fabricante.
- Se recomienda verificar mensualmente los indicadores principales de mantenimiento para hacer seguimiento al sistema de lubricación.
- Se debe realizar una auditoria trimestralmente al programa de Lubricación, para observar su actuación en el área de trabajo y si es necesario modificarlo.

BIBLIOGRAFÍA

- Díaz Sepúlveda, J (2006), Documento de apoyo a la gestión de mantenimiento, para la selección y aplicación de lubricantes (Tesis de ing. Mecánica) Universidad Austral de Chile
- Luna Arechúa, y. Bastidas Guevara, J (2011), Grasas y aceites lubricantes con grado alimenticio para las industrias (Tesis de ing. Químico) Universidad de Guayaquil
- Castillo Félix, F. Cieza Castañeda, O (2013), 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 s.a. (Tesis de ing. Industrial) Universidad Privada del Norte
- Santos Martínez, E (1992) Lubricación industrial (Tesis de ing. Mecánica) Universidad Autónoma de nuevo león
- Muños Iberibarriaga, J (2014), Propuesta de desarrollo y análisis de la gestión del mantenimiento industrial en una empresa de fabricación de cartón corrugado (Tesis de ing. Industrial) Universidad de ciencias aplicadas.
- Muñoz Abella, B (2014), Mantenimiento industrial (Tesis de ing. Mecánica) Universidad Carlos III de Madrid.
- Uzcategui Correa, D (2012), Mejora del seguimiento y plan de lubricación de las prensas de vulcanizado en la planta de BFVZ C.A (Tesis de ing. Mecánica) Universidad Simón Bolívar
- “IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LUBRICACIÓN PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE LAS MAQUINAS EN LAS LINEAS DE PRODUCCION DE LA PLANTA MONDELEZ PERÚ EN EL AÑO 2017”
- Gil Padilla, J Pág. 85

- Mella Castillo, K (2002) Plan de lubricación con aplicación del software SAP, modulo mantención, en la empresa Masisa planta Puschmann (Tesis de ing. Mecánica) Universidad Austral de Chile
- Carrión Llaña, C (2007) Implementación del sistema de análisis de lubricantes utilizando software oil view y laboratorio de análisis minilab (Tesis de ing. Mecánica) universidad del Bio-Bío
- Sánchez Luyo, L (2014) Diseño de una planta industrial para la Re-refinación de aceites lubricantes usados en el distrito de chilca (Tesis de ing. Química) Universidad nacional del callao
- Uribe Altamirano, R (2007) La lubricación en la industria y el transporte (Tesis de ing. Mecánico Electricista) Universidad Nacional Autónoma de México
- Noria. (2010). Manual de Lubricación de Maquinaria I. México.
- Noria. (2010). Manual de Lubricación de Maquinaria II. México.
- SCA care of life (2015) Mantenimiento Autónomo. México
- Palomino Espinoza, M (2012) Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes (Tesis de ing. Industrial) Pontificia Universidad Católica del Perú
- Egoávil, D. (2019). Implementación de un programa de lubricación para aumentar la disponibilidad de los scoops Caterpillar R1600G en la Compañía Minera Casapalca. Lima: Perú.
- Widman. (2016) Auditorias al Programa de Lubricación y Filtración. Recuperado de <http://www.widman.biz/boletines/89.html>.

- Reliabilityweb. (2017) La lubricación como elemento fundamental del mantenimiento de clase mundial. Recuperado de <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/la-lubricacion-como-elemento-fundamental-del-mantenimiento-de-clase-mundial>.
- Noria. (2016) La importancia de la lubricación de excelencia en una planta con TPM. Recuperado de <http://noria.mx/lublearn/la-importancia-de-la-lubricacion-de-excelencia-en-una-planta-con-tpm/>.
- Castro, S. (2018). Implementación de un Programa de Lubricación en una Empresa de Refrigeración en el proceso de metales. Pereira: Colombia
- <https://www.interempresas.net/Mantenimiento/Articulos/113067-Grasas-lubricantes-caracteristicas-ventajas-y-aplicaciones.html>
- <https://compralubricantes.com/blog/tipos-de-grasa/>
- https://lubrication-management.com/wp-content/uploads/sites/3/2014/07/Principios_basicos_grasas_lubricantes_ES.pdf
- <https://hfsoluciones.com.ar/news/gestion-de-lubricacion>
- <https://predictiva21.com/calculo-cantidad-grasa-re-lubricacion-periodica-rodamientos/>
- <https://power-mi.com/es/content/an%C3%A1lisis-de-vibraciones-en-bombas-centr%C3%ADfugas>
- <https://saditransmisiones.com/chumacera>
- <https://brr.mx/chumaceras>
- <https://clr.es/blog/es/tipos-de-rodamientos-accionamientos>
- <https://www.lifeder.com/investigacion-aplicada/>
- <https://www.skf.com/pe/products/rolling-bearings>
- <https://www.skf.com/pe/support/engineering-tools/dialset>

ANEXOS

Figura N° 16. Entrada a Fábrica Agropucalá



Figura N° 17. Orden de Trabajo en Excel

PROGRAMA DE LUBRICACION								FECHAS	
SISTEMA	EQUIPO	PUNTO	Cant. (kg)	cant. (g) / Gal	#bomb./punto	Frec.	Lubricante	Fecha de lubri.	próxima fecha
BOMBAS DE SODA CAUSTICA	BBA SC 01	LC	0,015	15	6	16	Grasa Shell Alvania EP2		
	BBA SC 01	LO	0,015	15	6	16	Grasa Shell Alvania EP2		
	BBA SC 02	LC	0,015	15	6	16	Grasa Shell Alvania EP2		
	BBA SC 02	LO	0,015	15	6	16	Grasa Shell Alvania EP2		
BOMBAS DE TANQUE DE AGUA	BBA TA 01	LC	0,015	15	6	16	Grasa Shell Alvania EP2		
	BBA TA 01	LO	0,015	15	6	16	Grasa Shell Alvania EP2		
	BBA TA 02	LC	0,015	15	6	16	Grasa Shell Alvania EP2		
	BBA TA 02	LO	0,015	15	6	16	Grasa Shell Alvania EP2		
	BBA TA 03	LC	0,015	15	6	16	Grasa Shell Alvania EP2		
BOMBAS DE JARABE	BBA J 01	LC	0,012	12	5	16	Grasa Shell Alvania EP2		
	BBA J 01	LO	0,017	17	7	13	Grasa Shell Alvania EP2		
	BBA J 02	LC	0,012	12	5	16	Grasa Shell Alvania EP2		
	BBA J 02	LO	0,017	17	7	13	Grasa Shell Alvania EP2		
	BBA J 03	LC	0,012	12	5	16	Grasa Shell Alvania EP2		
BOMBAS DE MAGMA	BBA M 01	LC	0,017	17	7	20	Grasa Shell Alvania EP2		
	BBA M 01	LO	0,017	17	7	13	Grasa Shell Alvania EP2		
	BBA M 01	Reductor		2,5		120	Aceite Mobil Gear 600 xp 220		
	BBA M 02	LO	0,017	17	7	20	Grasa Shell Alvania EP2		
	BBA M 02	LC	0,017	17	7	13	Grasa Shell Alvania EP2		

Figura N° 18. SKF Dial set

SKF DialSet

Opciones Imprimir Idioma Acerca de

Programación Dosificación Condiciones de funcionamiento Cálculos Tabla de selección Accesorios

Datos Básicos de Rodamientos

Dimensiones Tipo

d 50 1.97
D 110 4.33
B 27 1.06
mm in

Tipo: Rodamientos rígidos de bolas

Lubricante

☒ LAGD 60
 ☐ TSLD 250
 ☐ TLMP
☐ LAGD 125
 ☐ TLMR 120ml
☐ TSLD 125
 ☐ TLMR 380ml

Grasa

☒ No
 ☐ LGHB 2
 ☐ LGHP 2
 ☐ LGFP 2
☐ LGEV 2
 ☐ LGWM 1
 ☐ LGMT 2
 ☐ LGWM 2
☐ LGEM 2
 ☐ LGEP 2
 ☐ LGLT 2
 ☐ LGHQ 2
☐ LGWA 2
 ☐ LGMT 3
 ☐ LGGB 2
 ☐ LGFQ 2

Condiciones de funcionamiento

n - Velocidad Op hrs/día

1750 rpm 24 hrs

Temperatura de funcionamiento

☐ Baja: 47 a 63 °C
☒ Normal: 63 a 78 °C
☐ Alta: 78 a 93 °C
☐ Muy alta: 93 a 107 °C

Contaminación/Humedad: Alto

☐ Bajo
 ☐ Moderado
 ☒ Alto

Carga: Moderado


Carga de impacto: Sí

Temperatura ambiente: Media

Orientación del eje: Vertical

Rellenado: Desde el lateral

Aro exterior giratorio: Sí



Resultados

t-relub: Intervalo de relubricación t-relub: Intervalo de corrección

10200 hrs 400 hrs

Gp: Cantidad de grasa Qf: Dosificación media

15.0 gr 1.00 gr/día

Programación LAGD 60

2 Meses

Nota: 1/3

En las aplicaciones en las que el aro exterior gira, el factor de velocidad A se calcula de un modo diferente: en este caso, se debe usar el diámetro exterior del rodamiento D en lugar de dm. Es indispensable usar una buena obturación para evitar las pérdidas de grasa. Si el aro exterior alcanza altas velocidades (es decir, > 40 % de la velocidad de referencia especificada en las tablas de rodamientos), se deben seleccionar grasas con un

Figura N° 19. Equipos de Área de Elaboración



Figura N° 20. Boquilla de Engrase



Figura N° 21. Engrasadores



Figura N° 22. Bomba Engrasadora Manual





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DECANATO



**ACTA DE SUSTENTACIÓN
DE TESIS VIRTUAL N°020**

En la ciudad de Lambayeque, siendo las 11 a.m horas del día...13 de mayo del Año 2022 en la sala de sustentaciones virtuales de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, se reunieron virtualmente los miembros del jurado, tal como se comprueba en la grabación, designados mediante **Resolución N° 099-2022-D-VIRTUAL-FIME**, de fecha 11 de mayo de 2022 conformado por los siguientes catedráticos:

Dr. Ing. AMADO AGUINAGA PAZ	PRESIDENTE
Dr. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO	SECRETARIO
Ing. PERCY EDWAR NIÑO VASQUEZ	MIEMBRO
M.Sc. Ing. OSCAR MENDEZ CRUZ	ASESOR

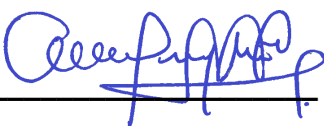
Se recibió el Trabajo de Tesis titulada:

“PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE LUBRICACIÓN INDUSTRIAL PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS MOTORES Y BOMBAS DEL ÁREA DE ELABORACIÓN DE LA EMPRESA AGROPUCALÁ S.A.C.”

Presentada virtualmente por su autor, Bachiller: **GARCÍA VALLEJOS CRISTIAN JOSÉ**
Finalizada la sustentación virtual, el sustentante respondió a través de la plataforma virtual de manera acertada las preguntas formuladas por el jurado examinador procediendo a deliberar y se acordó Aprobar (15) la sustentación de Tesis.

Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, debiendo cumplir antes con las exigencias de las normas legales vigentes.

Siendo las 12.10 p.m horas del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:


Presidente
Secretario
Miembro
Asesor

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Lambayeque, 06 de abril del 2022

Señor

Dr. ANIBAL SALAZAR MENDOZA

JEFE DE LA OFICINA DE INVESTIGACION – FIME

ASUNTO: CONFORMIDAD DE ELABORACION DE TESIS

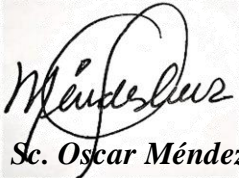
Es grato dirigirme a Ud. Para saludarlo cordialmente y hacer de su conocimiento que, a la fecha, quien suscribe la presente es ASESOR de la tesis elaborada por el Bach. **Cristian José García Vallejos**, tesis titulada: **“Propuesta de Un Programa de Lubricación Industrial para Aumentar la Disponibilidad de los Motores y Bombas Del Área De Elaboración de la Empresa Agropucalá S.A.A.”** En ese sentido, después de haber revisado dicha tesis y después de someterlo a revisión en el software Turnitin, este arroja 20% de duplicidad, por lo tanto, procedo a dar CONFORMIDAD, quedando el Sr. **Cristian José García Vallejos**, APTO para la sustentación respectiva, en la hora y fecha que su despacho tenga a bien designar.

Agradecido por su atención al presente, me despido de Ud.

Adjunto Recibo digital de Turnitin en formato de pdf.

Se adjunta el reporte digital de Turnitin en formato pdf.

Atentamente:


M. Sc. Oscar Méndez Cruz
ASESOR

Propuesta de Un Programa de Lubricación Industrial para Aumentar la Disponibilidad de los Motores y Bombas Del Área De Elaboración de la Empresa Agropucalá S.A.A.

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	vsip.info Fuente de Internet	2%
4	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.utp.edu.co Fuente de Internet	1%
6	1library.co Fuente de Internet	1%
7	kupdf.net Fuente de Internet	1%
8	predictiva21.com Fuente de Internet	1%

9	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
10	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
11	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.autonoma.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	mobility-work.com Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
15	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
16	biblioteca.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
17	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
18	www.gekon.net.pl Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.udl.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	www.etmbach.be	

Fuente de Internet

<1 %

21

www.interempresas.net

Fuente de Internet

<1 %

22

repositorio.espe.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

23

Submitted to Universidad Senor de Sipan

Trabajo del estudiante

<1 %

24

repositorio.unjfsc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

25

Submitted to Aliat Universidades

Trabajo del estudiante

<1 %

26

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

27

www.itand.com

Fuente de Internet

<1 %

28

prezi.com

Fuente de Internet

<1 %

29

repositorio.upagu.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

30

repositorio.ute.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

31

equipo7deelectromecanica.blogspot.com

Fuente de Internet

<1 %




Recibo digital


Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Cristian José García Vallejos
Título del ejercicio: TESIS GARCIA VALLEJOS
Título de la entrega: Propuesta de Un Programa de Lubricación Industrial para A...
Nombre del archivo: PROY._DE_TESIS_-_GARCIA_VALLEJOS_CRISTIAN_JOSE_REVISIO...
Tamaño del archivo: 4.88M
Total páginas: 78
Total de palabras: 17,790
Total de caracteres: 86,813
Fecha de entrega: 11-mar.-2022 04:26p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 1782224444



UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

"Propuesta de Un Programa de Lubricación Industrial para Aumentar la Disponibilidad de los Motores y Bombas Del Área De Elaboración de la Empresa Agropucalá S.A.A."

Autor:
Bach. Cristian José García Vallejos

Asesor:
M. Sc. Oscar Méndez Cruz

Lambayeque – Perú
2021